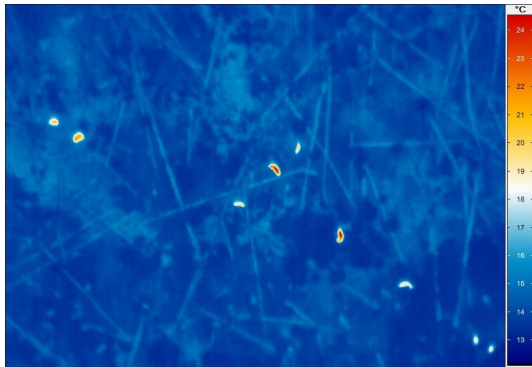


# Erprobung und Entwicklung eines praxistauglichen Verfahrens zum Monitoring von Großsäugern in Waldgebieten mittels innovativer simultaner, luftgestützter Infrarot- und Echtbild-Aufnahmen

## Abschlussbericht



Quirnheim-Boßweiler im Juli 2012  
Ulrich Franke; Bianca Goll

**Projekträger**



**Gefördert durch**

AZ.: 26179

gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

## Projekträger:



Dipl. Ing. (FH) Ulrich Franke  
Dipl. Biol. Bianca Goll  
Auf dem Gries 1  
67280 Quirnheim  
Tel. +49-(0)6359-2098541  
E-Mail: [info@aerosense.de](mailto:info@aerosense.de)  
[www.aerosense.de](http://www.aerosense.de)

## Gefördert durch:

gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
An der Bornau 2  
49090 Osnabrück  
[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

## In Kooperation mit:



Forschungsanstalt für Waldökologie und  
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF)  
Dr. Ulf Hohmann  
Hauptstraße 16  
67705 Trippstadt  
[www.wald-rlp.de](http://www.wald-rlp.de)



Nationalpark  
Bayerischer Wald



Dr. Marco Heurich  
Freyunger Str. 2  
94481 Grafenau  
[www.nationalpark-bayerischer-wald.de](http://www.nationalpark-bayerischer-wald.de)



Nationalpark  
Hainich

Michael Hornschuh  
Bei der Marktkirche 9  
99947 Bad Langensalza  
[www.nationalpark-hainich.de](http://www.nationalpark-hainich.de)

Nationalpark  
Kellerwald-Edersee



Wolfgang Kommallein  
Laustraße 8  
34537 Bad Wildungen  
[www.nationalpark-kellerwald-edersee.de](http://www.nationalpark-kellerwald-edersee.de)

• **Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	<b>26179-33/0</b>	Referat	Fördersumme	<b>123.350 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>“Erprobung und Entwicklung eines praxistauglichen Verfahrens zum Monitoring von Großsäugern in Waldgebieten mittels innovativer simultaner, luftgestützter Infrarot- und Echtbild-Aufnahmen“</b>		
<b>Stichworte</b>				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)	
<b>3,5Jahre</b>	<b>01.10.2008</b>	<b>31.03.2012</b>		
Zwischenberichte 7.09.09, 2.11.10				
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Ingenieurbüro aerosense		Tel 06359 - 2098541	
	Herr Ulrich Franke		Fax	
	Auf dem Gries 1		Projektleitung	
	67280 Quirnheim-Boßweiler		Dipl. Ing. (FH) Ulrich Franke	
Bearbeiter				
<b>Kooperationspartner</b>	Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF), Hauptstr. 16, 67705 Trippstadt Nationalpark Bayerischer Wald, Freyungerstr.2, 94481 Grafenau Nationalpark Hainich, Bei der Marktkirche 9, 99947 Bad Langensalza Nationalpark Kellerwald-Edersee, Laustr. 8, 34537 Bad Wildungen			

### **Zielsetzung und Anlass des Vorhabens**

Bestandszahlen und die Kenntnis über die räumliche und zeitliche Verteilung von Wildtieren sind bei der Integration von Naturschutzzielen in Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Jagd, im Straßenneubau und der Siedlungsentwicklung, sowie beim Schutzgebietsmanagement unabdingbar. Aber auch direkte ökonomische Gesichtspunkte wie die Verbiss- und Schälproblematik in der Forstwirtschaft, die Schäden in der Landwirtschaft durch Wildschweine, sowie die Seuchenbekämpfung (Schweinepest) erfordern dringend verlässliche Bestandszahlen. Ziel ist die Entwicklung und Einführung eines praxistauglichen, luftgestützten Monitoringsystems für Wildtiere, v. a. Huftiere, in Waldgebieten mittels innovativer Kopplung von simultanen Infrarotaufnahmen (IR) und visuellen Aufnahmen (VIS). Sie soll zuverlässig, bearbeiterunabhängig, nachvollziehbar, reproduzierbar, praktikabel, kostengünstig und flexibel einsetzbar sein.

### **Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

Die Befliegungen sollen mit einem kostengünstigen, störungsarmen Leichtflugzeug durchgeführt werden. Das Flugzeug ist mit GPS Navigation ausgerüstet, was das genaue Abfliegen von vorher geplanten Transekten (Flugrouten) ermöglicht. Weiterhin werden die Kameras über ein onboard Computersystem so angesteuert, dass bei der Messung einer einstellbaren Schwellenwerttemperatur (Tierdetektion) durch die IR Kamera, ein hochaufgelöstes visuelles Bild ausgelöst wird. Mit diesem soll eine artspezifische Ansprache des Tieres ermöglicht werden. Wichtige Parameter wie Befliegungszeitraum, Flughöhe/Bildfeldbreite, Schwellenwerttemperatur und Beleuchtung sollen in Testflügen erprobt werden. Weiterhin wird in einem Experiment die Entdeckungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Abdeckungsgrades ermittelt. In den Nationalparks Bayerischer Wald, Hainich, Kellerwald-Edersee sowie dem Naturpark Pfälzer Wald sollen Bestandszahlen von Huftieren mittels Transektbefliegungen ermittelt werden. Mit Hilfe der Transektlängen und der Bildfeldbreiten können die bei einer Befliegung detektierten Tiere auf eine Fläche bezogen werden. Mit der Entdeckungswahrscheinlichkeit soll dann der tatsächliche Bestand bestimmt werden. Die erfassten Daten für die einzelnen Schutzgebiete sollen abschließend mit anderen vorhandenen Monitoringdaten (Scheinwerttaxation, Streckenrückrechnung) verglichen werden.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Kurzfassung des Berichts .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Einleitung.....</b>	<b>2</b>
2.1. Anlass und Handlungsbedarf.....	2
2.2. Bisherige Verfahren zur Bestandserfassung von Schalenwild .....	2
2.3. Bisherige Verfahren zur Bestandserfassung von Großsäugern mit Hilfe von Wärmebildtechnik.....	3
2.4. Zielsetzung.....	5
<b>3. Arbeitsschritte und Methoden .....</b>	<b>5</b>
3.1. Arbeitsschritte .....	5
3.2. Methodenbeschreibung .....	6
3.2.1. Kameraträger.....	6
3.2.2. Aufnahmesystem .....	7
3.2.3. Erfassungsflüge .....	8
3.2.4. Auswertung.....	9
<b>4. Beschreibung der Untersuchungsgebiete.....</b>	<b>10</b>
<b>5. Ergebnisse.....</b>	<b>17</b>
5.1. Flüge zur Erfassung von Huftieren entlang von Transekten .....	17
5.1.1. Nationalpark Bayerischer Wald .....	20
5.1.2. Nationalpark Hainich.....	21
5.1.3. Nationalpark Kellerwald-Edersee .....	22
5.1.4. Wildforschungsgebiet Pfälzerwald.....	23
5.2. Repräsentativität der Transektbefliegungen .....	23
5.3. Methodeneignung in Abhängigkeit der Vegetation .....	25
5.3.1. Sichere Artansprache und Vegetation .....	25
5.3.2. Ermittlung der Entdeckungswahrscheinlichkeit unter Vegetation durch Erfassung von Tieren in Gattern .....	26
5.3.3. Experiment zur Ermittlung der Entdeckungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Vegetationsabdeckung .....	27
5.3.4. Statistische Analysen über den Einfluss der Waldstruktur auf die Erfassbarkeit von Huftieren .....	32
5.4. Methodeneignung in Abhängigkeit weiterer Faktoren.....	32
5.4.1. Jahreszeit .....	34
5.4.2. Tageszeit.....	35
5.4.3. Wetterbedingungen.....	36
5.5. Artspezifische Erkennbarkeit .....	37
<b>6. Vergleich mit anderen Methoden des Wildtiermonitorings .....</b>	<b>41</b>
6.1. Methodenvergleich mit Jagdstrecken.....	41
6.2. Methodenvergleich mit der Scheinwerferzählung im Nationalpark.....	42
Kellerwald-Edersee .....	42
6.3. Methodenvergleich mit der Scheinwerferzählung im Wildforschungsgebiet .....	48
Pfälzerwald .....	48
6.4. Methodenvergleich mit GPS-besenderten Tieren.....	48

<b>7. Diskussion .....</b>	<b>50</b>
7.1. Methodik .....	50
7.2. Einfluss der Vegetation.....	51
7.3. Einfluss der Wetterbedingungen.....	52
7.4. Einfluss der Tageszeit und der Jahreszeit.....	52
7.5. Einflussfaktoren für die artspezifische Bestimmung.....	53
7.6. Vergleich mit anderen Methoden des Wildtiermonitorings .....	56
<b>8. Projektbegleitende Öffentlichkeitsarbeit und Wissenstransfer .....</b>	<b>57</b>
<b>9. Fazit.....</b>	<b>58</b>
<b>10. Literatur .....</b>	<b>59</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>62</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Ultraleichtflugzeug des Typs S-STOL.....	6
Abb. 2:	Lage der vier Projektgebiete in Deutschland.....	10
Abb. 3:	Biotoptypen der Projektgebiete.....	12
Abb. 4:	Beispiel einer Totholzfläche im Nationalpark Bayerischer Wald.....	14
Abb. 5:	Beispiel eines Laubwaldes mit Wildwiese im Nationalpark Kellerwald-Edersee.....	14
Abb. 6:	Beispiel eines Laubwaldes im Norden des Nationalparks Hainich.....	15
Abb. 7:	Beispiel einer Sukzessionsfläche im Südteil des Nationalparks Hainich (Kindel).....	15
Abb. 8:	Beispiel eines Mischwaldes im Wildforschungsgebiet Pfälzerwald.....	16
Abb. 9:	Entwicklung des durchschnittlichen Anteils der synchron zum IR-Bild aufgenommenen VIS-Bilder und der auf Artniveau bestimmten Tiere.....	19
Abb. 10:	Lineare Regression der beim Erfassungsflug am 18.03.2009 im Nationalpark Hainich gezählten Huftiere über die Flugdauer.....	24
Abb. 11:	Schalenwildichten bei 10 zufälligen Unterstichproben aus dem Ergebnis der Befliegung des Nationalparks Hainich am 18.03.09.....	25
Abb. 12:	Vegetationstypen, in denen Huftiere sicher auf Artniveau angesprochen werden konnten.....	26
Abb. 13:	Beispiel für Rothirsche in einem Laubwaldbereich bei einem Erfassungsflug des Gatters in Rheingönheim.....	26
Abb. 14:	Kartografische Darstellung der Befliegung des Wintergatters „Neuhüttenwiese“ im Nationalpark Bayerischer Wald.....	27
Abb. 15:	Kurzhaariger Weimaraner neben einem Markierungspflock im Vegetationstyps „Laubwald alt stammnah“.....	28
Abb. 16:	Boxplot-Diagramm der Abdeckungsgrade in Prozent der verschiedenen Vegetationstypen.....	29
Abb. 17:	Beispiel eines IR-VIS-Bildpaares für den Parameters „Laubwald alt; Tiere kronenmittig“.....	30
Abb. 18:	Entdeckungswahrscheinlichkeit mittels IR-Signal in Abhängigkeit des Abdeckungsgrades durch die Vegetation.....	31
Abb. 19:	Aufteilung der durchgeführten Erfassungsflüge entlang von Transekten hinsichtlich der Jahreszeit.....	34
Abb. 20:	Beispiel für eine Erfassung von Rothirschen im Sommerhalbjahr.....	35
Abb. 21:	Aufteilung der durchgeführten Erfassungsflüge entlang von Transekten hinsichtlich der Tageszeit.....	35
Abb. 22:	Aufteilung der durchgeführten Erfassungsflüge entlang von Transekten hinsichtlich der Sonneneinstrahlung.....	36
Abb. 23:	Verteilung der auf Artniveau bestimmten Wildtiere.....	37
Abb. 24:	Beispiel eines Fuchses im Nationalpark Hainich.....	38
Abb. 25:	Beispiele von Rotwild im Winter im Nationalpark Kellerwald-Edersee.....	38
Abb. 26:	Beispiele von Damwild im Winter in den Nationalparks Kellerwald-Edersee und Hainich.....	38

## Fortsetzung Abbildungsverzeichnis

Abb. 27:	Beispiel für eine geschlechtsspezifische Ansprache von drei Rothirschen.....	39
Abb. 28:	Beispiel für eine altersspezifische Ansprache von Rothirschkuh und Kalb.....	40
Abb. 29:	Ausschnitte aus visuellen Aufnahmen von Wildschweinen im Nationalpark Hainich.....	40
Abb. 30:	Übersicht der Jagdstrecken im Nationalpark Hainich von 1995 bis 2011.....	41
Abb. 31:	Lineare Regression der beim Erfassungsflug im Kellerwald am 14.04.2010 gezählten Huftiere über die Flugdauer.....	43
Abb. 32:	Kartografische Darstellung der bei der Scheinwerfer-Taxation am 19.04.10 sowie bei der Befliegung am 09.04.10 erfassten Schalenwildarten.....	46
Abb. 33:	Kartografische Darstellung der bei den Erfassungsflügen im April 2010 ermittelten Vorkommen von Rotwild und Damwild im Nationalpark Kellerwald-Edersee.....	47
Abb. 34:	Übersichtskarte zu den Telemetriepositionen der Hirsche und Rehe sowie der Flugpfade im Nationalpark Bayerischer Wald.....	49

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Beschreibung der Projektgebiete .....	11
Tab. 2:	Durchgeführte Flüge zur Erfassung von Schalenwild. ....	18
Tab. 3:	Ergebnisse ausgewählter Erfassungsflüge in den beiden Untersuchungsgebieten des Nationalparks Bayerischer Wald. ....	20
Tab. 4:	Ergebnisse ausgewählter Erfassungsflüge im Nationalpark Hainich. ....	21
Tab. 5:	Ergebnisse ausgewählter Erfassungsflüge im Nationalpark Kellerwald-Edersee. ....	22
Tab. 6:	Ergebnisse ausgewählter Erfassungsflüge im Wildforschungsgebiet im Pfälzerwald. ....	23
Tab. 7:	Beschreibung der Vegetationstypen, in denen die Transekte zur Ermittlung der Entdeckungswahrscheinlichkeit angelegt worden sind. ....	28
Tab. 8:	Durchschnittliche Abdeckungsgrade und Entdeckungswahrscheinlichkeiten der untersuchten Vegetationstypen. ....	30
Tab. 9:	Erfassungsflüge, bei denen eine Auswertung der beeinflussenden Faktoren möglich ist. ....	33
Tab. 10:	Vergleich der in den Jagdbezirken des Nationalparks Hainich 2008/09 erlegten und im Frühjahr 2009 prozentual aus der Luft gezählten Schalenwildarten. ....	42
Tab. 11:	Gegenüberstellung der Ergebnisse der Scheinwerferzählungen und der Erfassungsflüge mittels IR-VIS-Kameras im Frühjahr 2010.....	44
Tab. 12:	Die im Wildforschungsgebiet Pfälzerwald maximal erfasste Anzahl von Rothirschen.....	48

## Anhang

Tab. A1:	Transektbefliegung des Rachel-Lusen-Gebietes (Altpark) im Bayerischen Wald am 20.07.2009.	
Karte A1:	Tierdetektionen bei der Befliegung des Rachel-Lusen-Gebietes (Altpark) des Nationalparks Bayerischen Wald am 20.07.2009.	
Tab. A2:	Transektbefliegung des Falkenstein-Rachel-Gebietes (Erweiterung) im Bayerischen Wald am 10.11.2010.	
Karte A2:	Tierdetektionen bei der Befliegung des Falkenstein-Rachel-Gebietes (Erweiterung) des Nationalparks Bayerischen Wald am 10.11.2010	
Tab. A3:	Transektbefliegung des Nationalparks Hainich am 14.03.2011.	
Karte A3:	Tierdetektionen bei der Befliegung des Nationalparks Hainich am 14.03.2011.	
Tab. A4:	Transektbefliegung des Nationalparks Kellerwald-Edersee am 14.04.2010.	
Karte A4:	Tierdetektionen bei der Befliegung des Nationalparks Kellerwald-Edersee am 14.04.2010.	
Tab. A5:	Transektbefliegung Pfälzerwald am 03.02.2009.	
Karte A5:	Tierdetektionen bei der Befliegung im Pfälzerwald am 03.02.2009.	



## Dankeschön

Dr. Ulf Hohmann danken wir besonders für die langjährige Unterstützung und die vielen wichtigen Gespräche. Ihm ist zu verdanken, dass die Ideen des Wildtiermonitorings aus der Luft mit Hilfe eines gekoppelten Kamerasystems überhaupt erst reifen konnten.

Dem ehemaligen Institut für Wildtierforschung, jetzt Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW) an der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, hier vor allem Dr. Egbert Strauß, danken wir für die unkomplizierte Bereitstellung einer Wärmebildkamera für die ersten luftgestützten Aufnahmen im Herbst 2004.

Doch die praktische Umsetzung, Erprobung und Weiterentwicklung dieser Idee wäre ohne die finanzielle Unterstützung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) wohl kaum möglich gewesen. Hierfür möchten wir uns ganz herzlich bedanken. Über die Betreuung durch Dr. Volker Wachendörfer, DBU sind wir sehr dankbar. Durch Hinweise und Tipps stand er uns immer helfend zur Seite.

Ebenfalls danken möchten wir den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Nationalparkverwaltungen Bayerischer Wald, Hainich und Kellerwald-Edersee sowie Landesforsten Rheinland-Pfalz, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) für das Vertrauen, das sie uns und der Methode durch ihr mehrjähriges Engagement entgegenbrachten. Unser besonderer Dank gilt den Ansprechpartnern in den Gebieten: Dr. Marco Heurich und Anja Stache (bis 2010), Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald und Dr. Ulf Hohmann, FAWF halfen uns sehr, Fragen wissenschaftlich auf den Grund zu gehen. Wolfgang Kommallein, Nationalparkverwaltung Kellerwald-Edersee danken wir für die sehr freundliche Betreuung und die große Unterstützung beim 1. Workshop, der im Nationalpark stattfinden konnte. Michael Hornschuh, Nationalparkamt Hainich stand uns immer schnell und zuverlässig bei Fragen zur Seite.

Wir danken Felix Wilmes, Freising unter anderem für seinen Mut und seine Ausdauer, die er durch das Einlassen auf eine Diplomarbeit mit einem aufwändigen Freiland-Experiment zeigte und die uns wertvolle Ergebnisse lieferte.

Den Studenten Christian Kuntscher, Sebastian Steinmüller, Katharina Zink und Prof. Dr. Torsten Hothorn, Institut für Statistik an der Ludwig-Maximilians-Universität München danken wir ganz herzlich für die Durchführung des statistischen Praktikums.

Eine Vielzahl von Gesprächen und Diskussionen mit Experten aus den Bereichen Wildtierbiologie, Forst und Jagd gaben wichtige Impulse für die Methodenentwicklung und Verbesserung. Hierfür herzlichen Dank an: Prof. Dr. Walter Arnold und Andreas Duscher, Veterinärmedizinische Uni Wien; Prof. Dr. Roland Klein, Fachbereich Biogeographie der Uni Trier; Olaf Simon, Institut für Tierökologie und Naturbildung; Prof. Dr. Gunter Sodeikat, ehemals TiHo Hannover. Weiterhin gaben uns folgende Personen wertvolle Hilfestellungen in den Bereichen Fernerkundung und Kameratechnik: Dr. Matthias Krauß, Fa. InfraTec, Dresden; Johannes Meyer, TU Darmstadt; Dr. Thomas Kremmers, Fa. GISCAT.

Allen hier nicht genannten Personen, die in der einen oder anderen Weise geholfen haben dieses Projekt durchzuführen, ein herzliches Dankeschön.

Zuletzt danken wir besonders unseren Familien, die nicht nur durch die Vielzahl an Befliegungen schon mal auf uns verzichten mussten.

## 1. Kurzfassung des Berichts

Die Frage, wieviele größere Säugetiere in unseren Wäldern leben, ist für viele Gruppen von großem Interesse. So werden Bestandsangaben von Schalenwild häufig kontrovers zwischen Vertretern aus Forst, Jagd, Naturschutz, Kommunen und anderen diskutiert. Vor diesem Hintergrund wurde dieses von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderte Forschungsprojekt initiiert. Ziel war die Erprobung und Entwicklung einer neuartigen, standardisierten, zuverlässigen, transparenten und kostengünstigen Monitoringmethode von Schalenwild.

Das innovative der entwickelten Erfassungsmethode ist der Einsatz eines kostengünstigen, umweltfreundlichen und leisen Leichtflugzeuges und der simultanen Nutzung einer Wärmebildkamera (IR-Kamera) und einer hochauflösenden Normalbildkamera (VIS-Kamera). Die beiden Kameras werden über ein onboard-Computersystem angesteuert, wobei die IR-Kamera zur Entdeckung der Tiere und das synchron ausgelöste visuelle Bild zur Bestimmung der Tierart dient. Ein Vorteil der Erfassungsflüge ist, dass sie unabhängig vom Wegenetz sind und auch schwer zugängliche Regionen nach Wildtieren abgesucht werden können.

In den vier Projektgebieten unserer Kooperationspartner, den Nationalparks Bayerischer Wald, Kellerwald-Edersee und Hainich sowie dem Wildforschungsgebiet im Biosphärenreservat Pfälzerwald-Nordvogesen wurde die Methode durch 46 Erfassungsflüge getestet. Dabei wurden mit jeweils ca. 1500-2000 ha Fläche pro Flug etwa 1/3 bis 1/4 der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes standardisiert nach Huftieren abgesucht. Innerhalb der Projektlaufzeit konnten gebietsabhängige Angaben zu Schalenwildichten gemacht werden. In einigen Gebieten lagen die Ergebnisse deutlich über den Erwartungen, während im Pfälzerwald die Bestandsdichten unter den bisherigen Schätzungen lagen.

Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes war festzustellen, für welche Tierarten die Erfassungsmethode anwendbar ist. Im Laufe des Projektes konnten durch Methodenverbesserungen ca. 60 % der mit der IR-Kamera entdeckten Tiere auf Artniveau angesprochen werden. Für die Zählung von Rudeltieren, wie Rothirsche und Damhirsche, ist die Methode in vielen Habitaten gut geeignet. Rehe können mit dem derzeitigen Entwicklungsstand nicht zuverlässig erfasst werden.

Produkte der Befliegungen sind neben Bestandsdichteangaben auch Karten zu Verbreitungsschwerpunkten von Schalenwildarten.

Experimentell wurde getestet unter welchen Vegetationsabdeckungen größere Säugetiere gezählt werden können. Dabei zeigte sich, dass beispielsweise unter altem Buchenwald 88% der Hunde, die als Wärmequelle eingesetzt wurden, gezählt werden konnten. Unter Fichtenstangenholz waren Detektionen nicht mehr möglich. Es konnten Faktoren identifiziert werden, die die Methodeneignung beeinflussen. Diese werden im vorliegenden Bericht erörtert. Zum Schluss werden die Ergebnisse der Befliegungen mit den in den Gebieten bisher erhobenen Angaben verglichen und diskutiert.

## 2. Einleitung

Der vorliegende Bericht gibt die Ergebnisse des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes „Erprobung und Entwicklung eines praxistauglichen Verfahrens zum Monitoring von Großsäugern in Waldgebieten mittels innovativer simultaner, luftgestützter Infrarot- und Echtbild-Aufnahmen“ wieder. Es wurde von Oktober 2008 bis März 2012 durchgeführt.

### 2.1. Anlass und Handlungsbedarf

Bestandszahlen und die Kenntnis über die räumliche und zeitliche Verteilung von Wildtieren, hier vor allem von Schalenwild, sind bei der Integration von Naturschutzziele in Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Jagd, im Straßenneubau und der Siedlungsentwicklung sowie beim Schutzgebietsmanagement unabdingbar. Auch ökonomische Interessen von Landnutzern wie die Forstwirtschaft und Jagd spielen hierbei eine große Rolle und erfordern dringend verlässliche Bestandszahlen. So führen Verbiss- und Schälschäden durch Rehe bzw. Rothirsche oder Wildschäden durch Wildschweine immer wieder zu Konflikten zwischen Jagd, Forstwirtschaft bzw. Landwirtschaft und Naturschutz (z.B. WOTSCHIKOWSKY & FISCHER 2004).

Innerhalb von Schutzgebieten sind Zahlen über die Bestände und Bestandsentwicklungen von Wildtieren Grundlage für jedes Gebietsmanagement und sind zudem wertvolle Indikatoren über den Erfolg dieses Managements, z.B. Auswirkungen der Aufgabe der jagdlichen Nutzung im Nationalpark Bayerischer Wald (HEURICH et al. 2007, FIETZ & HEURICH 2004). Das Vorkommen generell, sowie die Dichte und die Wanderkorridore von Rotwild im speziellen sind beispielsweise bei den Diskussionen über das Zulassen der freien Verbreitung von Rotwild von großem Interesse (WOTSCHIKOWSKY et al. 2006).

Auch bei der Seuchenbekämpfung (z.B. Schweinepest) sind detaillierte Kenntnisse über die räumliche und zeitliche Verteilung und eine Bestimmung der Populationsdichten von entscheidender Bedeutung.

Für all diese Fragestellungen wird eine praxistaugliche, d.h. kostengünstige, flexibel einsetzbare, störungsarme und zuverlässige Methode zur Bestandsermittlung von Großsäugern, hier vorrangig die jagdbaren Huftiere, benötigt.

Transparente und nachvollziehbare Aussagen zu Bestandszahlen würden die oft emotional geführten Diskussionen zwischen den Beteiligten (Politik, Jagd, Forst, Landwirtschaft, Naturschutz) versachlichen und wären Grundlage für jedes zielgerichtete Wildtiermanagement.

### 2.2. Bisherige Verfahren zur Bestandserfassung von Schalenwild

Nach wie vor ist die Suche nach verlässlichen und praxistauglichen Erfassungsmethoden von Schalenwild insbesondere in walddreichen Gebieten ein wesentlicher Forschungsschwerpunkt in der Wildtierforschung. Abhängig von der Fragestellung werden Angaben über Bestandsveränderungen bzw. Trends, Mindestbestände oder Informationen zu absoluten Bestandesgrößen bzw. -dichten benötigt.

Methoden, die im Wildtiermonitoring bisher zur Anwendung kommen, sind:

- Jagdstreckenanalyse (z. B. Rückrechnungsmodelle für Rotwild siehe RAESFELD & REULECKE 2003, MILNER et al. 2006),
- Linientaxationen z. B. Spuren-, Scheinwerfer- oder Infrarottaxationen, Kilometerindex (direkte Sichtbeobachtungen zu Fuß) (z. B. OVERTON 1969, PEGEL 1986, PETRAK 1998),

- Rasterkartierungen oder Punktstopzählungen z. B. als Spuren- (z. B. Schneespurzählungen, vgl. HALFPENNY & BIESIOT 1986) oder Losungszählungen (TOTTEWITZ et al. 1996),
- Distance Sampling in Kombination mit Linientaxationen (vgl. BUCKLAND et al. 2001 und 2004; THOMAS et al. 2002),
- Invasive (z. B. OTIS et al. 1978) oder nicht-invasive (FICKEL & HOHMANN 2006, EBERT et al. 2012) Fang-Markierung-Wiederauffang-Verfahren.

Manche Methoden sind nur unter bestimmten Bedingungen anwendbar. So ist beispielsweise ein Wegenetz für die Taxationen vom Boden aus erforderlich. Weiterhin sind größere Gebiete nur mit hohem Aufwand zu bearbeiten.

Die Aussagekraft bei bisherigen Methoden (z. B. Streckenrückrechnung oder Losungszählung) ist umstritten. Selbst bei aufwändigeren Methoden und vor allem in deckungsreichen Lebensräumen ist nicht bekannt bzw. wird unterschiedlich eingeschätzt, inwieweit die ermittelten Bestände in der Nähe der tatsächlichen Bestandsdichten liegen (vgl. BORKOWSKI et al. 2011, DANIELS 2006, SMART et al. 2004, FOCARDI et al. 2001).

### **2.3. Bisherige Verfahren zur Bestandserfassung von Großsäugern mit Hilfe von Wärmebildtechnik**

Aus der Luft wurden Wildtiere zunächst durch reine Sichtbeobachtungen gezählt, was in Abhängigkeit von Tierart und verschiedenen Umgebungsparametern, wie Art und Deckungsgrad der Vegetation, Schneelage oder Größe der Tiergruppen, eine große Ungenauigkeit aufwies (CAUGHLEY 1974).

Mit der Weiterentwicklung der IR-Technologie wurden verschiedene Ansätze zur Erfassung von Wildtieren mittels Wärmebildgeräten zunächst vom Boden und später aus der Luft entwickelt.

Die Wärmebildkamera (IR-Kamera) ermöglicht die Aufnahme der elektromagnetischen Eigenstrahlung von Warmblütern. Sie erlaubt eine hohe und selektive Erfassung von Wildtieren, ohne die Tiere aktiv stören zu müssen (Scheinwerfer, Fang etc.). Tiere, die aufgrund ihrer Tarnung mit dem menschlichen Auge oder mit Kameras, die im sichtbaren Spektrum operieren, nicht erfasst werden können, werden mit der Wärmebildkamera kontrastreich dargestellt. Bei ausreichender Auflösung der IR-Bilder kann eine Art- oder Geschlechtsangabe möglich sein.

So konnten bereits GILL et al. (1997) von einem Fahrzeug aus und zu Fuß mit einer in der Hand gehaltenen IR-Kamera verschiedene Huftiere erfassen. Eine Arterkennung war den Autoren mit dieser Methode im Offenland teilweise möglich.

Befliegungen unter Einsatz von IR-Kameras wurden bisher meist in den USA mit Helikoptern oder 1- und 2-motorigen Flugzeugen (DANIELS 2006, POTVIN 2005, BERNATAS & NELSON 2004, HAROLDSON et al. 2003, EYHOLZER et al. 2002, HAVENS & SHARP 1998, NAUGLE et al. 1996, GARNER et al. 1995) oder mit Drohnen (LICOPPE & DAHMEN 2006) durchgeführt.

Beim Einsatz von Hubschraubern oder tiefen Überflügen mit Hubschraubern und Motorflugzeugen kommt es zu einer starken Beunruhigung der Tiere und die Gefahr von Doppelzählungen ist durch die Flucht der Tiere vergrößert (BERNATAS & NELSON 2004). Die beiden Forscher versuchten, das Problem der Störung und der Doppelzählung durch höher fliegende (600 m über Grund) zweimotorige Flächenflugzeuge zu lösen. Dann zeigten die Dickhornschafe zwar keine Störreaktionen mehr, aber durch die große Flughöhe waren Zählungen mit einer IR-Kamera nur noch im Offenland möglich.

Der Einsatz von Militärtechnik (Drohnen, Militärhubschrauber) ist in der Praxis kaum durchführbar, da die zivile Nutzung des Militärs umstritten ist, sehr hohe Kosten entstehen und die Technik nicht flexibel einsetzbar ist. So geben LICOPPE & DAHMEN (2006) beispielsweise Kosten von 2.200 € pro Flugstunde der Drohne an. Je nach Ausrüstung fallen für einen Hubschrauber Kosten von ca. 1.000-4.000 € pro Flugstunde an. FRANKE (2004) konnte in ersten Testflügen zeigen, dass eine luftgestützte Taxation mittels Einsatz eines Ultraleichtflugzeuges sowie einer für den zivilen Gebrauch entwickelten IR-Kamera zur Erfassung von Wildtieren möglich ist. Die Kosten sind gegenüber herkömmlichen Erfassungen aus der Luft deutlich reduziert.

In den bisherigen Studien wurden die Flächen meistens aktiv von einem Kameraoperator abgesucht, so dass die Trefferquote stark beobachterabhängig war (vgl. POTVIN 2005, BERNATAS & NELSON 2004, HAROLDSON et al. 2003, HAVENS & SHARP 1998).

Zur genaueren Identifizierung des mittels IR erfassten Objektes wurde es aktiv näher beobachtet, z. B. durch Kreisen über dem Objekt (vgl. GARNER et al. 1995) und / oder durch Umschalten der Brennweite von WFOV (Weitwinkelobjektiv) auf NFOV (Teleobjektiv) (vgl. LICOPPE & DAHMEN 2006, BERNATAS & NELSON 2004, HAVENS & SHARP 1998).

Bei der Auswertung der IR-Daten besteht somit ein weiterer unerwünschter bearbeiterabhängiger Einfluss. So stellten HAROLDSON et al. (2003), NAUGLE et al. (1996) und GARNER et al. (1995) fest, dass die Anzahl gezählter Wildtiere stark von der Erfahrung des Kameraführers bzw. des Mitarbeiters, der die gespeicherten IR-Bilder auswertet, abhängen. Bei Testflügen des österreichischen Militärs zeigte sich ferner, dass das Umschalten auf NFOV zu viel Zeit benötigte und dadurch ein kontinuierliches Absuchen der Untersuchungsfläche schwer zu realisieren war (DUSCHER, pers. Mitt. 2008). Zusätzlich erschweren das aktive Absuchen und der Objektivwechsel die Bestimmung der tatsächlich erfassten Fläche, wodurch die für Bestandsdichteangaben notwendigen Flächenbezüge verloren gehen.

KISSELL & NIMMO (2011) und HARALDSON et al. (2003) empfehlen eine standardisierte Befliegung entlang von Transekten, um Aussagen zu Bestandsdichten durch den Flächenbezug machen zu können.

Eine Bestimmung der Tierart mittels der Wärmebildtechnik ist bisher nur dann möglich, wenn die Vegetation niedrig bzw. nicht vorhanden ist und die Tiere nicht verdeckt werden. So konnten beispielsweise LICOPPE & DAHMEN 2006, POTVIN 2005 und BERNATAS & NELSON 2004 mit Hilfe von Objektivwechsel bzw. niedriger Flughöhe verschiedene Schalenwildarten im Offenland identifizieren. Auch beim Monitoring von Meeressäugern, z. B. bei der Zählung des Pazifischen Walrosses auf Packeis (BURN et al. 2009), wird die Wärmebildtechnik angewandt.

In deckungsreicheren Gebieten, in denen nur eine größere Säugetierart vorkommt, wurden diese allein aufgrund der IR-Signatur identifiziert, z. B. Zählung von Weißwedelhirschen durch NAUGLE et al. (1996) oder KISSELL & NIMMO (2011).

Beim Vorkommen verschiedener größerer Säugetierarten im Untersuchungsgebiet war eine Arterkennung unter Vegetation selbst mit Wechsel der Objektive und aktiver Suche mit Kreisen über dem mittels der IR-Kamera erfassten Objekt nicht möglich (vgl. EYHOLZER et al. 2002).

## 2.4. Zielsetzung

Um eine artspezifische Erkennung von Schalenwild in Waldgebieten aus der Luft zu ermöglichen, empfehlen HOHMANN & FRANKE (2007) und FRANKE (2004), ein fest in das Ultraleichtflugzeug eingebautes radiometrisches Wärmebildsystems (IR-Kamera) mit einer hochauflösenden Echtfarbenkamera (VIS-Kamera) zu koppeln. Mit Hilfe der IR-Kamera sollen die Großsäuger entdeckt und mit Hilfe der simultanen, hochauflösenden Echtaufnahmen auf Artniveau angesprochen werden. Erste Testflüge im Frühjahr 2007 in den Nationalparken Kellerwald-Edersee und Hainich sowie im Biosphärenreservat Pfälzerwald waren erfolgversprechend.

Die Erprobung, Weiterentwicklung und Etablierung einer standardisierten, praxistauglichen Methode zur Bestandsermittlung von Wildtieren vor allem in Waldgebieten aus der Luft mit Hilfe der innovativen Kopplung einer IR-Kamera mit einer hochauflösenden Normalbildkamera (VIS-Kamera) war Hauptziel des Vorhabens.

Zielarten waren in erster Linie die Schalenwildarten Rothirsch, Damhirsch, Reh und Wildschwein, wobei die Methode vor allem in Gebieten mit Vorkommen mehrerer größerer Säugetiere erprobt werden sollte.

Die Erfassungsmethode soll flexibel einsetzbar, störungsarm, kostengünstig, transparent und nachvollziehbar sein. Durch einen Flächenbezug sollen Bestandsdichteangaben möglich sein.

Fragestellungen waren:

- Können größere Säugetierarten, speziell Schalenwild, aus der Luft mit Hilfe der Wärmebildkamera auch unter Vegetationsabdeckung entdeckt werden?
- Kann das Schalenwild mit Hilfe der gekoppelten Wärmebild- und Normalbildkamera auf Artniveau angesprochen werden?
- Welche Parameter beeinflussen die Methodeneignung und die Entdeckungswahrscheinlichkeit?
- Wie stellt sich diese Erfassungsmethode im Vergleich der bisherigen Methoden des Schalenwildmonitorings dar?

## 3. Arbeitsschritte und Methoden

### 3.1. Arbeitsschritte

Das Vorhaben konnte wie geplant durchgeführt werden.

Mit Projektbeginn am 1.10.2008 standen technische und organisatorische Vorarbeiten im Vordergrund. Die Erfassungsmethode von Huftieren konnte dann in 3 vegetationsfreien Zeiten (Februar bis April 2009; November 2009 bis April 2010; März bis April und November 2011) sowie im Sommer (Juli 2009) erprobt werden (s. Kap. 5.1). Die Erfassungsflüge wurden dabei bewusst zu unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt.

Im 3. Projektjahr lag der Schwerpunkt in Auswertungen zur Methodeneignung (s. Kap. 5.3, 5.4 und 5.5) sowie in Vergleichen der Ergebnisse der Befliegungen mit denen anderer Erfassungsmethoden (s. Kap. 6)

Projektbegleitend wurde gemeinsam mit den Kooperationspartnern über das Projekt informiert und der Austausch mit Fachleuten gesucht (s. Kap. 8).

## 3.2. Methodenbeschreibung

### 3.2.1. Kameraträger

Die Befliegungen wurden im 1. Projektjahr mit einem **Ultraleichtflugzeug** (UL) der Marke Comco Ikarus C 22 und ab dem 2. Projektjahr mit einem UL der Marke Roland Aircraft S-STOL durchgeführt. Der Einsatz eines ULs bietet gegenüber den bisher eingesetzten Hubschraubern oder den Motormaschinen mehrere Vorteile. Es ist geräuscharm, so dass bei Tiersichtungen während der Erfassungsflüge oder auf den visuellen Aufnahmen einzelne Tiere mal hoch schauen, es aber nie zu einem Fluchtverhalten der Tiere kam (vgl. auch FRANKE 2004). Ein weiterer Vorteil liegt in den niedrigeren Betriebskosten. So verbraucht das Triebwerk des ULs etwa 15 Liter normales Super-Benzin pro Flugstunde. Im Vergleich dazu braucht eine Cessna 40 Liter Avgas (hochwertiger Kraftstoff für Flugzeuge) pro Flugstunde. Weitere Vorteile in der Verwendung eines Ultraleichtflugzeuges liegen in den guten Flugeigenschaften im Langsamflugbereich (70 – 100 km/h) und in den kurzen Lande- und Startstrecken. Letzteres erlaubt den Einsatz auch von kleinen Flugplätzen aus, was die Kosten aufgrund kurzer An- und Abflüge zu den Untersuchungsgebieten zusätzlich reduziert.

Das Flugzeug ist mit einem **GPS-Navigationssystemen** ausgestattet, was eine genaue Navigation und das genaue Abfliegen einer vorher festgelegten Route (Transekte) ermöglicht.



**Abb. 1:** Ultraleichtflugzeug des Typs S-STOL mit dem die Erfassungsflüge ab dem 2. Projektjahr durchgeführt wurden.

### 3.2.2. Aufnahmesystem

Eine Innovation der Erfassungsmethode ist die **Kopplung einer Thermographiekamera (IR) mit einer hochauflösenden Normalbildkamera (VIS)** mit der neben dem Auffinden der Tiere die artspezifische Ansprache ermöglicht werden soll.

Als Aufnahmesystem kamen eine Thermographiekamera (Jenoptic mit 640\*480 Pixel) und eine digitale Spiegelreflexkamera (Canon 5D Mark 2 mit 21 Mio. Pixeln) zum Einsatz.

Die Infrarotkamera VarioCam high resolution des deutschen Herstellers Jenoptic ist mit einem modernen ungekühlten Mikrobolometer Detektor mit 640\*480 Pixel ausgestattet. Die kompakte Kamera wiegt nur ca. 1,5 kg und ließ sich damit sehr gut in das UL einbauen. Sie ist mit einem FireWire Interface (IEEE1394) ausgestattet und ermöglicht so die digitale Echtzeitspeicherung bis zu einer Bildwiederholfrequenz von 60 Hz. Die Temperaturlösung liegt unter 0,08 Kelvin. Es wurde ein Objektiv mit 75 mm Brennweite eingesetzt, was zu Öffnungswinkeln (FOV) von 12\*9 Grad führt.

Die visuellen Aufnahmen wurden mit der digitalen Spiegelreflexkamera Canon 5D Mark 2 gemacht. Sie verfügt über einen Vollformat CMOS Sensor mit 21 Mio. Pixeln. Es wurde ein Objektiv mit 135 mm Brennweite verwendet, so dass gegenüber dem IR Bild ein geringfügig größeres Bildfeld realisiert wird. Testaufnahmen mit einem 50 mm Objektiv zeigten, dass bei gleicher Flughöhe die Bodenaufklärung so gering ist, dass eine Arterkennung gegenüber dem 135 mm Objektiv deutlich weniger möglich war (s. Erfassungsflyg Bayerischer Wald am 7.11.10).

Sowohl die IR-Kamera, als auch die VIS-Kamera wurden über ein onboard Computersystem angesteuert. Eine spezielle Software ermöglicht die Auswertung der IR-Daten in Echtzeit, so dass bei Erreichen einer einstellbaren Schwellenwerttemperatur ein Triggerimpuls generiert wird, der unmittelbar die visuelle Kamera auslöst. Dadurch wird bei der IR-Detektion eines Tieres ein hochauflösendes Foto aufgenommen, mit dem eine artspezifische Erkennung ermöglicht werden soll. Bei jeder Auslösung der visuellen Kamera wird in den Infrarotdatenstrom die VIS-Bildnummer gespeichert, sodass beim Ansehen der Wärmebilddaten sofort erkannt werden kann, ob visuelle Daten zu der IR-Sequenz vorliegen.

Die IR-Aufnahmen und die Daten des GPS-Gerätes wurden auf der Festplatte des Computersystems im UL, die VIS-Bilder auf der Speicherkarte der Kamera gespeichert, so dass sie für die spätere Auswertung zur Verfügung standen. Im 1. Projektjahr zeigte sich, dass zum Teil die Größe der eingesetzten Speicherkarte nicht ausreichte. Durch eine größere Speicherkarte konnte dieses Problem behoben werden. Diese Methodenverbesserung zeigt sich auch in dem deutlichen Anstieg des Anteils synchron aufgenommener VIS-Bilder zu den Detektionen mittels der IR-Kamera (vgl. Kap. 5.1).

Durch die automatisierte Datenerfassung wird eine Einflussnahme des Piloten oder des Beobachters auf die Messergebnisse ausgeschlossen.



### 3.2.3. Erfassungsflüge

Um eine hohe Standardisierung zu erreichen, wurden die Befliegungen entlang von vorher festgelegten **parallelen Transekten** durchgeführt. Es wurde das gesamte Untersuchungsgebiet befliegen und keine Vorauswahl von Teilgebieten getroffen, die eventuell als Lebensraum besser geeignet sind. Der Abstand der Transekte wurde so geplant und abgeflogen, dass etwa 1/3 bis 1/4 des Untersuchungsgebietes mit dem Kamerasystem aufgenommen wurde.

Neben der Minimierung des Erfassungsaufwandes wurden nicht überlappende Transekte auch deshalb favorisiert, um Doppelzählungen von Tieren zu vermeiden. Bei überlappenden oder dicht aneinander liegenden Transekten könnten ziehende Tiere bei benachbarten Transekten doppelt gezählt werden. Da bisher keinerlei Fluchtverhalten von Tieren beim Überfliegen mit dem leisen Ultraleichtflugzeug beobachtet werden konnte, ist die Gefahr der Doppelzählungen gegenüber dem Einsatz von lautereren Fluggeräten bereits reduziert. Doppelzählungen könnten prinzipiell auch verhindert werden, wenn man beim Auswerten die Detektionen von nebeneinander liegenden Transekten vergleicht und Tiere gleicher Art bzw. Rudelgröße rausrechnet.

Je geringer die **Flughöhe** über Grund ist, desto höher ist die Auflösung des Objektes in den Aufnahmen, aber desto geringer ist auch die Bildfeldbreite und somit die mit dem Kamerasystem erfasste Fläche. Zudem sind bei geringen Flughöhen über Grund Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen. Bei größeren Flughöhen wird das Objekt in geringerer Auflösung erfasst.

Um die optimale Flughöhe zur Erfassung von Huftieren aus der Luft festzustellen, wurden am 25.1. und 14.2.2009 Erfassungsflüge eines Rothirschgatters bei Ludwigshafen-Rheingönheim (Rheinland-Pfalz) in drei verschiedenen Flughöhen über Grund (300 m, 450 m und 600 m) durchgeführt. Die Testflüge ergaben eine optimale Flughöhe zur Erfassung der Rothirsche von 450 m über Grund.

Bei der Angabe der Flughöhe ist zu bemerken, dass es bei längeren Befliegungen, wie bei den Erfassungsflügen entlang von Transekten, aufgrund von Turbulenzen und des unterschiedlichen Reliefs nicht möglich ist, eine bestimmte Höhe über Grund exakt einzuhalten. Dies ist aber auch nicht erforderlich, da der Flugweg und die Flughöhe über NN kontinuierlich über das GPS-System dokumentiert werden. Die tatsächliche Flughöhe über Grund wird dann durch eine Verschneidung mit dem digitalen Höhenmodell des Untersuchungsgebietes berechnet. Mit Hilfe der Flughöhe über Grund kann die am Boden erfasste Fläche ermittelt (Bildfeldbreite \* Transektlänge) werden, was ein Flächenbezug für die gezählten Tiere ermöglicht. Damit kann neben der absoluten Anzahl der Tiere auch eine Bestandsdichte angegeben werden.

Um die Zuverlässigkeit der Erfassungsmethode überprüfen zu können, wurden pro Erfassungszeitraum und Gebiet **drei Wiederholungsflüge** durchgeführt. Diese Wiederholungen fanden wegen des unterschiedlichen Raumnutzungsverhaltens der Huftiere zeitlich möglichst nah aufeinander statt. In Anlehnung an TRENKEL et al. (1997) und DANIELS (2006) wurden zur Beschreibung der Wiederholungszählungen der Mittelwert, die Standardabweichung sowie der Variationskoeffizient der Schalenwildichten berechnet. Der Variationskoeffizient beschreibt die Abweichung vom Mittelwert in Prozent. Ein direkter Vergleich der Anzahl der Tiere ist nicht möglich, da zumindest teilweise nicht die gleichen Flächen bzw. unterschiedlich große Flächen befliegen werden konnten. Größere Unterschiede bei den erfassten Flächen kamen dadurch zustande, dass Flüge wegen sich ändernder

Wetterbedingungen, eintretender Dunkelheit bei abendlichen Flügen oder aus technischen Gründen verkürzt werden mussten. Geringe Unterschiede der erfassten Flächen sind aber auch bei einer Wiederholung entlang der gleichen Flugstrecken unumgänglich, da die geplante Flughöhe über Grund wegen Turbulenzen oder dem Relief nicht exakt eingehalten werden kann.

Die Flüge zur Erfassung des Schalenwildes wurden **in der Regel in der laubfreien Zeit von Oktober bis April** durchgeführt, um die Abdeckung gering zu halten. Aus Testzwecken fanden drei Befliegungen im Sommer im Nationalpark Bayerischer Wald statt.

#### **3.2.4. Auswertung**

Die Auswertung eines Erfassungsfluges wurde mit der manuellen Durchsicht des Infrarotfilms mithilfe der Software „IRBIS Vision“ begonnen. Bei erkennen eines auffälligen Wärmesignals (IR-Signal), wird der Film angehalten und die Infrarotbilder einzeln angeschaut sowie das dazugehörige VIS-Bild auf einem zweiten Bildschirm betrachtet.

Nach Prüfung des auslösenden Objektes im IR Film und dem Vergleich mit dem visuellen Bild, kann eine Tierdetektion bestätigt oder widerlegt werden. Die Auswertesoftware wurde in Zusammenarbeit mit der Firma INFRA TEC während des Projektes mehrmals angepasst.

Die Detektionen wurden dann tabellarisch mit Uhrzeit, IR-Bildnummer, VIS-Bildnummer, Tierart und Anzahl Individuen dokumentiert. Hinsichtlich der Bestimmung der Tierart wurde wie folgt verfahren: Die Tierart wurde nur als sicher dokumentiert, wenn die Bestimmung anhand der visuellen Aufnahme eindeutig war; war es aufgrund verschiedener Merkmale wahrscheinlich, dass es sich um diese Tierart handelt, wurde die Tierart mit einem „?“ versehen; bestanden Zweifel, um welche Art es sich handelt, blieb die Artangabe offen.

Für die sicher bestimmten Tiere wurde eine Datenbank erstellt.

Die Standorte der erfassten Tiere wurden im Anschluss in einem Geoinformationssystem digitalisiert und konnten dann kartografisch dargestellt werden.

Die Ergebnisse des Wildtiermonitorings aus der Luft sind aufgrund der standardisiert erhobenen und gespeicherten digitalen Filme und Bilder transparent und jederzeit nachvollziehbar.

#### 4. Beschreibung der Untersuchungsgebiete

Die neuartige Erfassungsmethode von Schalenwild konnte in vier verschiedenen Gebieten Deutschlands, den Nationalparks Bayerischer Wald, Hainich und Kellerwald-Edersee sowie dem Wildforschungsgebiet im Biosphärenreservat Pfälzerwald/Nordvogesen, erprobt werden (s. Abb. 2).



**Abb. 2:** Lage der vier Projektgebiete in Deutschland.

- 1: Wildforschungsgebiet Pfälzerwald
- 2: Nationalpark Kellerwald-Edersee
- 3: Nationalpark Hainich
- 4: Nationalpark Bayerischer Wald

Eine Erprobung der Erfassungsmethode in den Großschutzgebieten hatte mehrere Vorteile. So ist ein großes Interesse an transparenten Informationen über Schalenwildbestände vorhanden und teilweise wurden bzw. werden andere Methoden zur Ermittlung der Schalenwildbestände angewandt, so dass Methodenvergleiche möglich sind.

Tab. 1 gibt eine Übersicht über die standörtlichen Parameter, die relevanten Schalenwildarten sowie die Bejagung in den Projektgebieten.

In den Abb. 3a-d sind die Anteile der Biotoptypen der Gebiete für die Kategorien Nadelwald, Mischwald, Laubwald, Pionierwald, Totholzflächen, Offenland und Sonstiges (z. B. Wege, Gewässer, Infrastruktur) grafisch dargestellt. Die Grafiken vermitteln einen ersten Eindruck über die zu erwartende Durchsicht, also die Möglichkeit, aus der Luft Wildtiere auf dem Boden entdecken zu können.

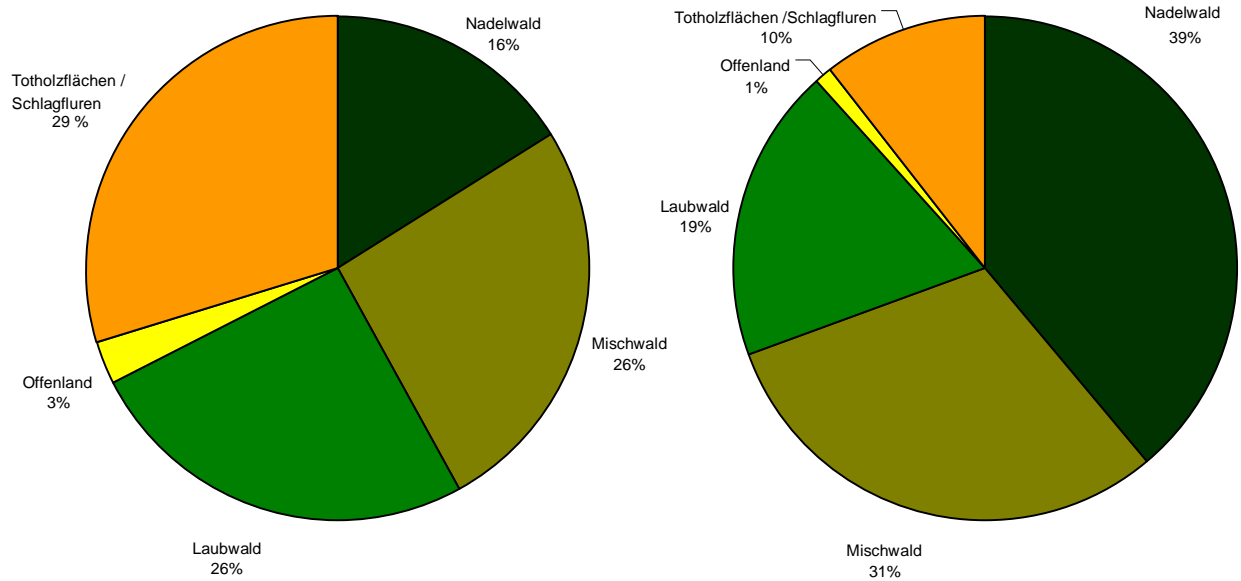
Während im Nationalpark Hainich beispielsweise nur 3% der Fläche mit Nadelwald bestanden ist, finden sich im Wildforschungsgebiet Pfälzerwald ca. 60% Nadelwald und im Erweiterungsgebiet des Nationalparks Bayerischer Wald (Falkenstein-Rachel) 70% Nadel- und Mischwald. Im Nationalpark Kellerwald-Edersee nimmt dagegen Laubwald mit fast 80% den größten Teil des Gebietes ein. Beachtenswert ist der hohe Offenlandanteil von 30 % im Nationalpark Hainich, der in der ehemals militärischen Nutzung begründet ist.

Im Nationalpark Bayerischer Wald liegen zwei Untersuchungsgebiete: das Rachel-Lusen-Gebiet (Altpark) im Süden sowie das Falkenstein-Rachel-Gebiet (Erweiterungsgebiet) im Norden. Eine Besonderheit sind die über 30% Totholzflächen im Rachel-Lusen-Gebiet. In dem bereits 1970 als Nationalpark ausgewiesenen Gebiet entstanden durch Windwurf und Borkenkäferbefall diese ausgedehnten Totholzflächen. Im zweiten Testgebiet, der 1997 erfolgten Erweiterung des Nationalparks, liegt der Anteil an Totholzflächen bei ca. 10% (HEURICH et al. 2012).

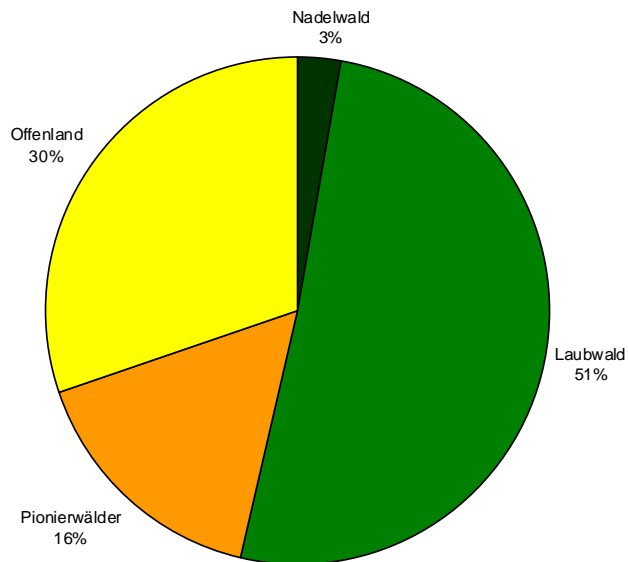
Die Luftbilder in den Abb. 4 - Abb. 8 vermitteln einen optischen Eindruck der typischen Biotoptypen der Gebiete.

**Tab. 1:** Beschreibung der Projektgebiete. Quellen: EWALD et al. (2011), HOHMANN (2011), HEURICH & NEUFANGER (2005), NATIONALPARK BAYERISCHER WALD (2011a,b), NATIONALPARK HAINICH (2010), NATIONALPARK KELLERWALD-EDERSEE (2008).

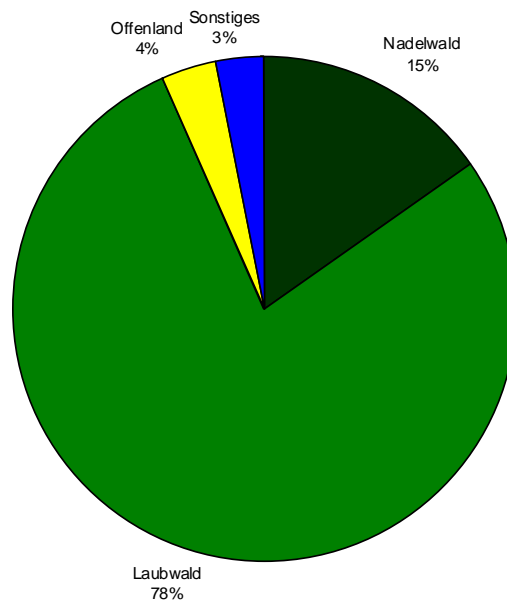
	Nationalpark Bayerischer Wald	Nationalpark Hainich	Nationalpark Kellerwald-Edersee	Wildforschungsbereich Pfälzerwald
<b>Höhenlage</b>	600-1.450 m; 1/3 des Gebietes höher 1.000 m	ca. 300 – 500 m	200-626 m	210-609 m
<b>Niederschlag</b>	1.100-1.400mm in Tal- und Hanglagen; 1.400-1.800mm in Hochlagen (viel als Schnee)	700 mm	600 – 800 mm	600 – 1000 mm
<b>Durchschnittstemperatur</b>	5-6°C in Tal- und Hanglagen; 3-5°C in Hochlagen	6-7°C	6-8°C	8-9°C
<b>Relief</b>	Mittelgebirge; Tal-, Hang- und Hochlagen; Muldentäler	Geringe Höhenunterschiede	Mittelgebirge; viele Berge und Hügel; Kerb- und Muldentäler	Mittelgebirge; sehr wechselhaftes Relief; Kerbtäler
<b>Gesteine / Böden</b>	Gneis und Granit; v. a. nährstoffarme Böden; Nährstoffreichere Böden in Tal- und Hochlagen	Muschelkalk mit Loßauflagen / nährstoffreiche Böden	Tonschiefer, Grauwacken z. T. mit Loß; v. a. nährstoffarme Böden; in Tallagen nährstoffreich	Buntsandstein / v. a. nährstoffarme Böden
<b>Geschichte</b>	Rachel-Lusen-Gebiet seit 1970 und Erweiterung Falkenstein-Rachel seit 1997 Nationalpark	Seit 1997 Nationalpark Bis Anfang 90er Jahre Südteil (Kindel) militärisch genutzt	Seit 2004 Nationalpark	Seit 1992 Biosphärenreservat
<b>Größe</b>	24.250 ha (ca. 40 km lang, 6 km breit) Rachel-Lusen: 13.300 ha; Falkenstein-Rachel: 10.950 ha	7.500 ha	5.700 ha	10.360 ha
<b>Vegetation</b>	Tallagen: Fichte, Moorbirke, Tanne; Hanglagen: Bergmischwälder; Hochlagen: v. a. Fichte; ausge-dehnte Windwurfflächen	Kalk-Buchenwälder Sukzessionsflächen	Buchenwälder (v. a. Hainsimsen-Buchenwald); ca. 80 % Laubwald	ca. 60 % Nadelwald (v. a. Kiefern)
<b>Huftierarten</b>	Rothirsch Reh Wildschwein	Rothirsch Damhirsch Reh Wildschwein	Rothirsch Damhirsch Reh Wildschwein Mufflon	Rothirsch Reh Wildschwein
<b>Jagd / Sonstiges</b>	Rachel-Lusen: 7.000 ha jagdfrei; 2 Wintergatter Rothirsch; Falkenstein-Rachel: 10.000 ha jagdfrei; 2 Wintergatter Rothirsch; Gatterabschuss Rothirsch; Regulierung von 1.09.-31.01.	4 Zonen: Jagdruhe im Zentralteil (Weberstedter Holz: 800 ha; seit 2011 1.573 ha in Weltnaturerbe); Bewegungsjagden auf ca. 55 % der Fläche; Anstizjagden in Randbereichen von 1.08.-31.12.; ab 2011 Jagd eingeschränkt	Bewegungsjagden von Okt.-Dez.; seit 2011 Weltnaturerbefläche (ca. 1470 ha) jagdfrei; Damhirschbestand soll deutlich reduziert und Mufflonbestand aufgelöst werden	Bewegungs- und Anstizjagden; ab 2013 Einstellung der Jagd in Kernzone (2.400 ha) geplant



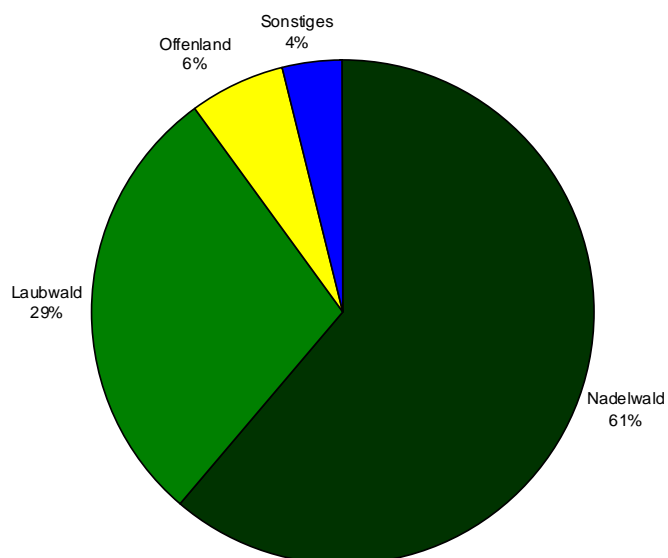
**Abb. 3a:** Biotypen der beiden Teilgebiete des Nationalparks Bayerischer Wald:  
 Rachel-Lusen (Altpark) Falkenstein-Rachel (Erweiterung).



**Abb. 3b:** Biotypen des Nationalparks Hainich.



**Abb. 3c:** Biotypen des Nationalparks Kellerwald-Edersee.



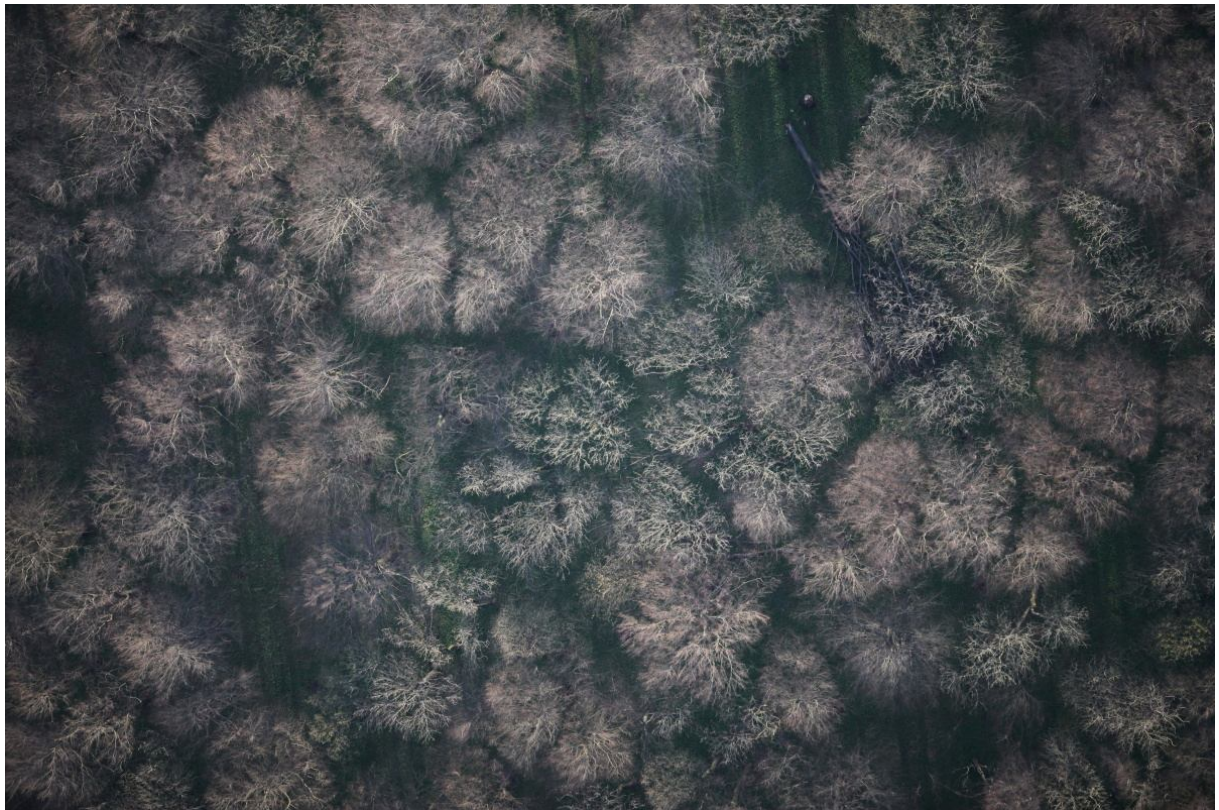
**Abb. 3d:** Biotypen des Wildforschungsgebietes Pfälzerwald.



**Abb. 4:** Beispiel einer Totholzfläche im Nationalpark Bayerischer Wald.



**Abb. 5:** Beispiel eines Laubwaldes mit einer Wildwiese im Nationalpark Kellerwald-Edersee.



**Abb. 6:** Beispiel eines Laubwaldes im Norden des Nationalparks Hainich.



**Abb. 7:** Beispiel einer Sukzessionsfläche im Südteil des Nationalparks Hainich (Kindel).





**Abb. 8:** Beispiel eines Mischwaldes im Wildforschungsgebiet Pfälzerwald.

## 5. Ergebnisse

Während der Projektlaufzeit wurden Erfassungsflüge entlang von Transekten entsprechend der in Kap. 3.2 beschriebenen Methode durchgeführt.

Ziel des Projektes war die Erprobung und Etablierung dieser neuen Monitoringmethode. Durch das Vorhaben war es erst möglich geworden, die Methodeneignung zu ganz unterschiedlichen Bedingungen zu testen.

Durch Wiederholungen und Zählungen von Tiergattungen mit bekanntem Besatz sollte die Zuverlässigkeit der Methode getestet und Erkenntnisse über Faktoren gewonnen werden, die die Methodeneignung beeinflussen. Weiterhin wurden ein Experiment und spezielle Auswertungen durchgeführt, um den Einfluss der Abdeckung durch die Vegetation auf die Erfassungsmethode zu analysieren.

Nach Literaturlauswertungen und aufgrund der Erfahrungen wird für folgende Faktoren ein Einfluss auf die Eignung der Erfassungsmethode erwartet und im Folgenden näher betrachtet: Vegetation, Jahreszeit, Tageszeit, Wetterbedingungen und Tierart.

Zunächst werden die Ergebnisse der in den Projektgebieten durchgeführten Erfassungsflüge vorgestellt, dann erste Auswertungen zur Repräsentativität der Stichprobe gezeigt und schließlich auf die beeinflussenden Faktoren eingegangen.

### 5.1. Flüge zur Erfassung von Huftieren entlang von Transekten

Tab. 2 gibt eine Übersicht der erfolgten Erfassungsflüge. Die ursprünglich geplante Anzahl von insgesamt 36 Flügen entlang von Transekten wurde mit 46 Flügen deutlich erhöht. Ein Erfassungsflug dauerte ohne An- und Abflug durchschnittlich 1h 35 min (MIN 41 min; MAX 2h 13 min). Je nach Dauer des Fluges, Windverhältnissen und der von der Flughöhe über Grund abhängigen Bildfeldbreite der Bodenaufnahmen wurden Flächen zwischen 825 ha und 2.460 ha nach Huftieren abgesucht.

In den untersuchten Gebieten wurden zwischen 6 und 232 Huftiere gezählt. Die daraus ermittelten Schalenwildsdichten liegen zwischen 0,3 und 19,7 Stück/100 ha.

Tab. 2: Durchgeführte Flüge zur Erfassung von Schalenwild.

Gebiet	Datum	Anz. Schalenwild	Anz. Detektionen	Fläche [ha]	Schalenwild-dichte [St./100 ha]	Anteil VIS-Bilder	Anteil Erkennung Tierart
<b>Bayerischer Wald - Rachel-Lusen (Altpark)</b>							
	16.04.2009	6	2	1747	0,3	100%	50%
	22.04.2009 <sup>(1)</sup>						
	25.04.2009	6	4	1410	0,4	25%	0%
	17.07.2009	32	14	1240	2,6	93%	94%
	20.07.2009	81	44	952	8,5	70%	75%
	22.07.2009	18	12	1288	1,4	67%	72%
	05.11.2010	76	40	1779	4,3	73%	54%
	07.11.2010	86	44	2060	4,2	100%	40% <sup>(3)</sup>
	15.10.2011						
	18.10.2011						
	21.10.2011 <sup>(5)</sup>	81	49	1796	4,5	82%	59%
<b>Bayerischer Wald - Rachel-Falkenstein (Erweiterung)</b>							
	09.11.2010	35	17	2462	1,4	100%	46%
	10.11.2010	33	14	2195	1,5	86%	61%
	13.11.2010 <sup>(4)</sup>						
	16.10.2011						
	20.10.2011						
	21.10.2011 <sup>(5)</sup>	23	13	829	2,8	100%	87%
<b>Hainich</b>							
	16.03.2009	212	98	1074	19,7	79%	21%
	18.03.2009	232	98	1673	13,9	60%	42%
	30.03.2009	157	79	1709	9,2	72%	27%
	18.04.2010	42	4	1860	2,3	75%	95%
	22.04.2010	47	22	855	5,5	100%	32%
	23.04.2010	27	10	1795	1,5	100%	74%
	24.04.2010 <sup>(1)</sup>						
	08.03.2011 <sup>(1)</sup>						
	14.03.2011	168	72	1415	11,9	85%	40%
	14.03.2011	155	57	1935	8,0	91%	60%
<b>Kellerwald-Edersee</b>							
	03.03.2009	87	34	1420	6,1	56%	30%
	04.03.2009	76	17	1317	5,8	53%	29%
	07.03.2009	115	29	1646	7,0	69%	26%
	09.04.2010	218	89	1680	13,0	85%	48%
	10.04.2010	129	39	1768	7,3	92%	56%
	14.04.2010	163	57	1768	9,2	84%	47%
	10.04.2011	50	13	951	5,2	100%	78%
	10.04.2011 <sup>(2)</sup>	30	6			100%	90%
	11.04.2011	36	14	2111	1,7	100%	39%
	11.04.2011 <sup>(1)</sup>						
<b>Pfälzerwald</b>							
	02.02.2009	53	31	1767	3,0	45%	4%
	03.02.2009	30	18	1871	1,6	56%	40%
	15.02.2009	22	17	1338	1,6	47%	36%
	17.03.2010	22	13	1999	1,1	100%	27%
	30.03.2010	46	30	1987	2,3	77%	7%
	02.04.2010	9	8	1925	0,5	100%	0%
	19.03.2011						
	20.03.2011						
	04.04.2011 <sup>(5)</sup>	14	7	825	1,7	100%	50%

(1): Flüge, die bei direkter Sonneneinstrahlung durchgeführt wurden und sich als schwer auswertbar herausstellten.

(2): Zu Testzwecken wurden bei einer Befliegung am Abend alle Wildwiesen auf den VIS-Bilder nach Huftieren abgesucht.

(3): Zu Testzwecken wurden VIS-Aufnahmen mit einem 50 mm-Objektiv gemacht. Daher ist die artspezifische Erkennbarkeit geringer.

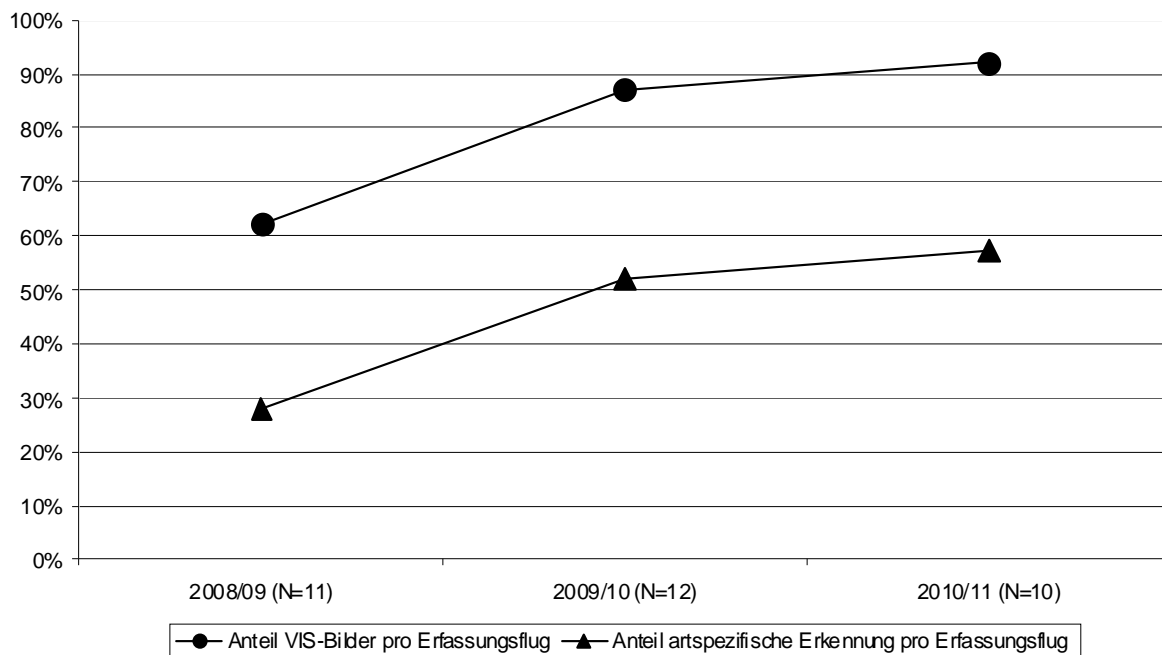
(4): Befliegung wegen Turbulenzen abgebrochen.

(5): 2011 wurde von den Wiederholungsflügen nur der Flug mit den besten Aufnahmebedingungen ausgewertet.

Gelingt es, die Tierart aus der Luft zu bestimmen? Hierzu betrachten wir noch mal den Ablauf der Erfassung: Mit Hilfe der Wärmebildkamera werden die größeren Säugetiere entdeckt. Die IR-Signatur kann Hinweise auf die Tierart geben. Für eine sichere Artansprache wird dann aber das synchron zur Detektion der IR-Kamera aufgenommene visuelle Bild (VIS-Bild) herangezogen und wenn möglich die Tierart bestimmt.

Die VIS-Bildrate gibt Auskunft über den Anteil an synchron aufgenommenen visuellen Bildern (s. Tab. 2 Spalte „Anteil VIS-Bilder“). Bei wie viel Prozent aller detektierten Individuen eine Artbestimmung möglich war, gibt der Anteil an artspezifisch erkannten Tieren wieder (s. Tab. 2 Spalte „Anteil Erkennung Tierart“).

Die Weiterentwicklung des Aufnahmesystems zeigt sich sehr gut bei der Betrachtung sowohl der VIS-Bildrate als auch des Anteils artspezifisch erkannter Tiere (s. Abb. 9). So lagen im 1. Projektjahr 2008/09 für durchschnittlich 62% der Tierdetektionen synchron aufgenommene visuelle Bilder vor. Anhand dieser Bilder konnte für nur 27% der insgesamt erfassten Huftiere die Tierart eindeutig identifiziert werden. Durch technische Weiterentwicklungen gelang es die Anteile an VIS-Bildern auf durchschnittlich 93% zu steigern und eine Arterkennungsrate von durchschnittlich 57% aller Tiere zu erzielen. In Kap. 5.5 und 7.5 wird näher betrachtet, für welche Tierarten sich die neuartige Erfassungsmethode vor allem eignet.



**Abb. 9:** Entwicklung des durchschnittlichen Anteils der synchron zum Infrarotbild aufgenommenen visuellen Aufnahmen (VIS-Bilder) und der auf Artniveau bestimmten Tiere über die Projektlaufzeit (N = Anzahl ausgewertete Erfassungsflüge).

### 5.1.1. Nationalpark Bayerischer Wald

Im Nationalpark Bayerischer Wald fanden insgesamt 11 Befliegungen des Rachel-Lusen-Gebiets (Altpark) und 6 Befliegungen des Falkenstein-Rachel-Gebiets (Erweiterungsgebiet) zur Erprobung der Erfassungsmethode statt. In Tab. 3 sind für jeden Untersuchungszeitraum die Ergebnisse von mindestens einem Erfassungsflug genauer dargestellt. Zur besseren Übersicht wurden Wiederholungsflüge nur aufgenommen, wenn damit etwas Besonderes gezeigt werden kann.

**Tab. 3:** Ergebnisse ausgewählter Erfassungsflüge in den beiden Untersuchungsgebieten des Nationalparks Bayerischer Wald.

(RH: Rothirsch; DH: Damhirsch; WS: Wildschwein; „?“ hinter dem Artnamen bedeutet, dass es sich wahrscheinlich um die Tierart handelt; unbestimmt: Tierart konnte nicht identifiziert werden)

Gebiet	Datum	Tages-zeit	Sonne	Anzahl Huftiere						Fläche [ha]	Dichte [St./100ha]		
				RH	DH	RH? / DH?	WS / WS?	Reh / Reh?	unbestimmt		ges.	Schalen-wild	RH/RH?
<b>Bayerischer Wald - Rachel-Lusen</b>													
	16.04.2009	Morgen	+	3		3				6	1747	0,3	0,3
	20.07.2009	Abend	-	61		4		1	15	81	952	8,5	6,8
	05.11.2010	Mittag	-	41		2			33	76	1779	4,3	2,4
	07.11.2010	Mittag	-	34		5			47	86	2060	4,2	1,9
	21.10.2011	Mittag	-	43		10		13	15	81	1796	4,5	2,9
<b>Bayerischer Wald - Rachel-Falkenstein</b>													
	09.11.2010	Mittag	+	16		7	2	2	8	35	2462	1,4	0,9
	10.11.2010	Mittag	+	20		4	1		8	33	2195	1,5	1,1
	21.10.2011	Abend	+	20					3	23	829	2,8	2,4

Im Anhang sind beispielhaft die Ergebnisse der Befliegungen vom Altpark (Rachel-Lusen) am 20.07.09 und vom Erweiterungsgebiet (Falkenstein-Rachel) am 10.11.10 tabellarisch und kartografisch aufgeführt.

Im Nationalpark Bayerischer Wald wurden fast nur Rothirsche gezählt. Dort besteht die Besonderheit, dass die Rothirsche im Winterhalbjahr von den schneereichen Hoch- und Hanglagen in die Tallagen abwandern. Die Nationalparkverwaltung hat sowohl im älteren Teil des Nationalparks (Rachel-Lusen) als auch im jüngeren Teil (Falkenstein-Rachel) jeweils zwei Wintergatter eingerichtet, in denen die Tiere gefüttert und der Bestand reguliert wird.

Im Jahr 2009 wurde nur der Altpark befliegen. Am 16.04.09 wurden auf über 1.700 ha nur 3 Rothirsche und 3 Tiere, die wahrscheinlich Rothirsche sind, außerhalb der beiden Rotwildgatter gezählt. Dies zeigt, dass fast alle Rothirsche im Laufe des Winters die Gatter aufsuchen.

Bei den beiden Erfassungsflügen zu Winteranfang im November 2010 konnten dagegen in beiden Untersuchungsgebieten viele Rothirsche außerhalb der Gatter gezählt werden.

Bei den Wiederholungsflügen 2010 waren sowohl die Wetterbedingungen als auch die Tageszeiten ähnlich. Die beiden Zählungen im Rachel-Lusen-Gebiet brachten mit einer Schalenwildichte von 4,3 und 4,2 St./100 ha bzw. einer Rothirschdichte von 1,9 und 2,4 St./100 ha ähnliche Ergebnisse. Auch die Wiederholungszählungen im Erweiterungsgebiet

kamen mit 0,9 und 1,1 St. Rotwild/100 ha bzw. 1,4 und 1,5 St. Schalenwild/100 ha auf vergleichbare Ergebnisse.

Die festgestellte Schalenwildsdichte ist im Erweiterungsgebiet gegenüber dem Altpark deutlich geringer.

Im Jahr 2011 wurden die Befliegungen ebenfalls im Spätherbst durchgeführt und nur die Befliegung ausgewertet, bei denen die Aufnahmebedingungen am besten waren und das Schalenwild am zuverlässigsten erfasst werden konnte. Im Rachel-Lusen-Gebiet wurde eine mit 2010 vergleichbare Schalenwildsdichte von 4,5 St./100 ha ermittelt. Die Rothirschsdichte war mit 2,9 St./100 ha etwas höher wie 2010. Im Erweiterungsgebiet konnte wegen eintretender Dunkelheit nur das Hochplateau nach Schalenwild abgesucht werden. Da dies ein Teilbereich gegenüber der Befliegung in 2010 ist, können die Dichteangaben nicht miteinander verglichen werden. Dies ist ein gutes Beispiel, dass Bestandsdichteangaben differenziert betrachtet werden müssen. Auch in 2010 wurden die meisten Tiere auf dem Hochplateau gezählt. Durch große Gebiete in den Hang- und Tallagen, in denen keine Tiere erfasst werden konnten, ist die für das Gesamtgebiet gemittelte Schalen- und Rotwildsdichte jedoch gering.

Erstmalig konnten Erfassungsflüge im Sommer erprobt werden. Um die Tiere in ihrem vermuteten Sommerlebensraum zu erfassen, wurde nur ein Teil des Hochplateaus und damit ein anderes Gebiet wie bei den Befliegungen im Winterhalbjahr befliegen. Am 20.7.09 konnten 61 sichere und 4 wahrscheinliche Rothirsche auf 950 ha Fläche gezählt werden, was einer Rothirschsdichte von 6,8 St./100 ha entspricht.

### 5.1.2. Nationalpark Hainich

Im Nationalpark Hainich fanden insgesamt 10 Befliegungen zur Erprobung der Erfassungsmethode statt. In Tab. 4 sind für jeden Untersuchungszeitraum die Ergebnisse von mindestens einem Erfassungsflug genauer dargestellt. Zur besseren Übersicht wurden Wiederholungsflüge nur aufgenommen, wenn damit etwas Besonderes dargestellt werden kann.

**Tab. 4:** Ergebnisse ausgewählter Erfassungsflüge im Nationalpark Hainich.

(RH: Rothirsch; DH: Damhirsch; WS: Wildschwein; „?“ hinter dem Artnamen bedeutet, dass es sich wahrscheinlich um die Tierart handelt; unbestimmt: Tierart konnte nicht identifiziert werden)

Gebiet	Datum	Tages-zeit	Sonne	Anzahl Huftiere							Fläche [ha]	Dichte [St./100ha]	
				RH	DH	RH? / DH?	WS / WS?	Reh / Reh?	unbestimmt	ges.		Schalen-wild	RH/RH? / DH/DH?
<b>Hainich</b>													
	16.03.2009	Abend	-	3	11	33	65	5	95	212	1074	19,7	4,4
	18.03.2009	Abend	+	25	19	30	102	7	49	232	1673	13,9	4,4
	23.04.2010	Morgen	+				21		6	27	1795	1,5	0,0
	14.03.2011	Abend	-	44	33	5	27	1	45	155	1935	8,0	4,2

Im Anhang ist beispielhaft das Ergebnis der Befliegung vom 14.03.11 tabellarisch und kartografisch aufgeführt.

Im Nationalpark Hainich konnten neben Rothirschen auch Damhirsche, Wildschweine und Rehe gezählt werden. Mit 232 Stück Schalenwild konnte am 18.03.2009 die bisher höchste Anzahl an Tieren pro Erfassungsflug und die höchste Schalenwildsdichte festgestellt werden.

Am 16.03.09 wurde aufgrund sich verschlechternder Wetterbedingungen nur das nördliche vorwiegend bewaldete Gebiet des Nationalparks befliegen; am 18.03. dagegen auch die ausgedehnten Sukzessionsflächen im Süden (Kindel). Da es sich um völlig andere Lebensräume handelt, kann die Anzahl an Tieren bzw. die Wildtierdichten dieser beiden Erfassungen nicht direkt verglichen werden. Auffallend ist die hohe Anzahl an Wildschweinen, die 2009 bei beiden Flügen erfasst werden konnte.

Im Jahr 2010 fanden die Flüge nur bei direkter Sonneneinstrahlung statt. Am Beispiel des 23.04.10 ist zu sehen, dass mit insgesamt 27 Stück Schalenwild nur wenige Tiere entdeckt werden konnten. Auf den Einfluss der Sonneneinstrahlung wird in Kap. 5.4.3 noch ausführlicher eingegangen.

Im Jahr 2011 konnte eine ähnliche Anzahl an Rot- und Damhirschen wie im Jahr 2009 erfasst werden. Gegenüber dem 1. Projektjahr konnten aber mehr Tiere auf Artniveau angesprochen werden. So wurden 44 Rothirsche und 33 Damhirsche erfasst, aber nur 5 Tiere, von denen man nicht sagen kann, ob es Rot- oder Damhirsche sind.

### 5.1.3. Nationalpark Kellerwald-Edersee

Im Nationalpark Kellerwald-Edersee fanden insgesamt 10 Befliegungen zur Erprobung der Erfassungsmethode statt. In Tab. 5 sind für jeden Untersuchungszeitraum die Ergebnisse der auswertbaren Erfassungsflüge genauer dargestellt.

**Tab. 5:** Ergebnisse ausgewählter Erfassungsflüge im Nationalpark Kellerwald-Edersee.

(RH: Rothirsch; DH: Damhirsch; WS: Wildschwein; „?“ hinter dem Artnamen bedeutet, dass es sich wahrscheinlich um die Tierart handelt; unbestimmt: Tierart konnte nicht identifiziert werden)

Gebiet	Datum	Tages- zeit	Sonne	Anzahl Huftiere							Fläche [ha]	Dichte [St./100ha]	
				RH	DH	RH? / DH?	WS / WS?	Reh / Reh?	unbe- stimmt	ges.		Schalen- wild	RH/RH?/ DH/DH?
<b>Kellerwald-Edersee</b>													
	03.03.2009	Abend	+	6	16	22	15	12	16	87	1420	6,1	3,1
	04.03.2009	Abend	+	11	11	9	3	1	41	76	1317	5,8	2,4
	07.03.2009	Abend	+	18	11	60	4	8	14	115	1646	7,0	5,4
	09.04.2010	Abend	-	50	35	26	46	3	58	218	1680	13,0	6,6
	10.04.2010	Mittag	+	30	36	31	12	2	18	129	1768	7,3	5,5
	14.04.2010	Mittag	+	29	38	36	24	7	29	163	1768	9,2	5,8
	10.04.2011	Morgen	+	18	21	10	1			50	951	5,2	5,2

Im Anhang ist beispielhaft das Ergebnis der Befliegung vom 14.4.10 tabellarisch und kartografisch aufgeführt.

Im Nationalpark Kellerwald-Edersee kommen sowohl Rothirsche als auch Damhirsche vor. Anhand der visuellen Aufnahmen ist es nicht immer möglich, die beiden Arten zu unterscheiden. So konnten 2009 noch 29-67% des Rot- und Damwildes nicht eindeutig der Art zugeordnet werden. 2010 und 2011 waren dies nur noch 20-34% der Tiere. In Kap. 5.5 wird die Eignung der entwickelten Erfassungsmethode für verschiedene Tierarten genauer beschrieben.

2011 konnten die Erfassungsflüge erst Mitte April bei Sonneneinstrahlung durchgeführt werden. Es wurde nur eine Befliegung eines Teilgebiets von 950 ha ausgewertet. Daher ist die Gesamtzahl an Tieren deutlich geringer.

Bei der Betrachtung der Ergebnistabelle fällt auf, dass die maximale Dichte an Rot- und Damhirschen zusammengenommen mit 5,4 St./100 ha in 2009, 6,6 St./ 100 ha in 2010 und 5,2 St./100 ha in 2011 recht ähnliche Werte aufweist.

#### 5.1.4. Wildforschungsgebiet Pfälzerwald

Im Wildforschungsgebiet Pfälzerwald fanden insgesamt 9 Befliegungen zur Erprobung der Erfassungsmethode statt. In Tab. 6 sind die Ergebnisse der auswertbaren Flüge dargestellt.

**Tab. 6:** Ergebnisse ausgewählter Erfassungsflüge im Wildforschungsgebiet im Pfälzerwald.  
(RH: Rothirsch; DH: Damhirsch; WS: Wildschwein; „?“ hinter dem Artnamen bedeutet, dass es sich wahrscheinlich um die Tierart handelt; unbestimmt: Tierart konnte nicht identifiziert werden)

Gebiet	Datum	Tageszeit	Sonne	Anzahl Huftiere						Fläche [ha]	Dichte [St./100ha]		
				RH	DH	RH?	WS / WS?	Reh / Reh?	unbestimmt		ges.	Schalenwild	RH/RH?
<b>Pfälzerwald</b>													
	02.02.2009	Mittag	-	2			25	3	23	53	1767	3,0	0,1
	03.02.2009	Mittag	+	10		2	2	6	10	30	1871	1,6	0,6
	15.02.2009	Morgen	+			1	2	7	12	22	1338	1,6	0,1
	17.03.2010	Abend	+	4		2	4	2	10	22	1999	1,1	0,3
	30.03.2010	Morgen	-	2		8	8	6	22	46	1987	2,3	0,5
	04.04.2011	Abend	+	7			2		5	14	825	1,7	0,8

Im Anhang ist beispielhaft das Ergebnis der Befliegung vom 3.02.09 tabellarisch und kartografisch aufgeführt.

Im Wildforschungsgebiet des Biosphärenreservates Pfälzerwald konnte nur eine geringe Anzahl an Schalenwild gezählt werden. So wurden in den drei Projektjahren jeweils höchstens 12, 10 bzw. 7 Tiere gezählt, die sicher bzw. wahrscheinlich Rothirsche waren. Die daraus ermittelte Rothirschdichte ist jedoch in allen drei Projektjahren mit 0,5-0,8 St./100 ha auffallend ähnlich. Weiterhin ist zu bemerken, dass auch in den letzten beiden Projektjahren mit einem sehr hohen Anteil an visuellen Aufnahmen der Anteil an artspezifisch erkannten Tieren mit 0-50% (durchschnittlich 27%) deutlich geringer ist wie in den anderen Projektgebieten (vgl. Tab. 2).

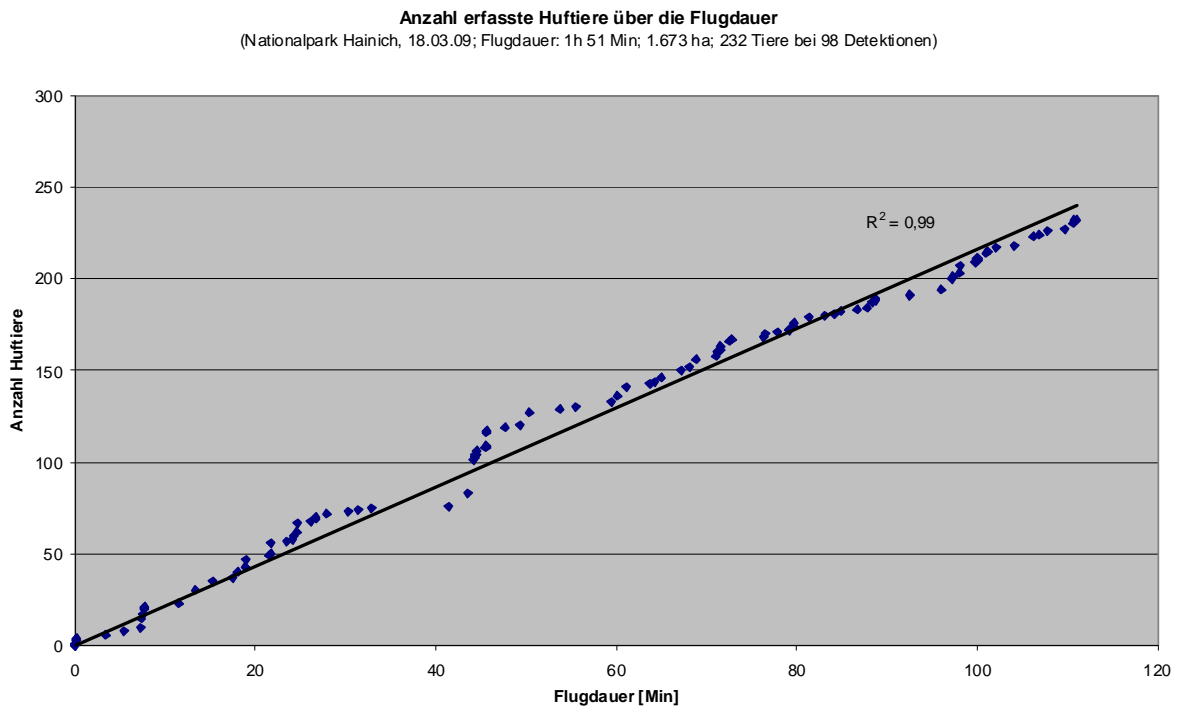
#### 5.2. Repräsentativität der Transektbefliegungen

Mit den Befliegungen entlang von parallelen Transekten wird standardisiert ein Teil des Untersuchungsgebietes, ca. 1/3 bis 1/4 des Gebietes, nach Schalenwild abgesucht. Gerade durch die geklumpfte Verteilung vieler Schalenwildarten, ist es interessant festzustellen, ob die Ergebnisse repräsentativ für das Gesamtgebiet sind.

Hierzu kann eine **lineare Regressionsanalyse** durchgeführt werden, die zeigt, ob die Anzahl an erfassten Tieren mit der Dauer des Fluges und damit mit der abgesuchten Fläche linear zunimmt. Eine lineare Hochrechnung der Anzahl an Schalenwild bzw. die Übertragung von Dichteangaben auf das Gesamtgebiet wären damit möglich. Eine solche Regressionsanalyse wurde für einige Erfassungsflüge durchgeführt (Bayerischer Wald 20.07.09, 22.07.09; Hainich 18.03.09, 18.04.10; Kellerwald 9.04.10, 10.04.10, 14.04.10; Pfälzerwald 17.03.10). Ein Beispiel ist für die Befliegung des Nationalparks Hainich am 18.03.09 in Abb. 10 zu sehen. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) beträgt hier 0,99, was bedeutet, dass 99 % der Streuung der „Anzahl an Huftieren“ sich über die Zunahme der „Flugdauer“ erklären lässt. Ein weiteres Beispiel für



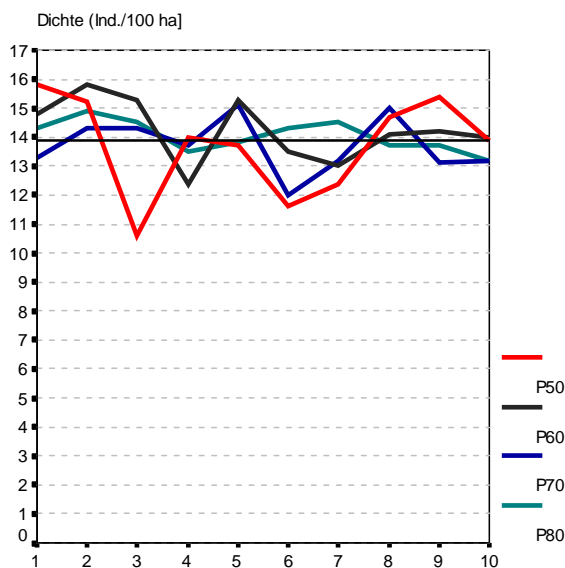
den Nationalpark Kellerwald-Edersee ist in Kap. 6.2 aufgeführt. Für alle gerechneten Erfassungsflüge außer der Befliegung am Hainich am 18.04.10 bei der 42 Tiere bei nur 4 Beobachtungen gezählt werden konnten, kann die Zunahme an Schalenwild sehr gut linear über die Flugzeit bzw. abgesuchte Fläche erklärt werden.



**Abb. 10:** Lineare Regression der beim Erfassungsflug am 18.03.2009 im Nationalpark Hainich gezählten Huftiere über die Flugdauer. (Bestimmtheitsmaß=0,99).

Weiterhin sollte mit dem Ansatz von Unterstichproben zum einen ebenfalls überprüft werden, ob das Ergebnis repräsentativ ist und zum anderen, ob der Untersuchungsaufwand reduziert werden kann. Beispielhaft wurde durch Prof. Dr. Roland KLEIN, Universität Trier, Fachbereich Biogeographie die Befliegung des Nationalparks Hainich vom 18.03.2009 mit einer minimalen Schalenwilddichte von 13,9 St./100 ha analysiert. Dabei wurde der Flugaufwand von insgesamt 1h 51 Min auf 80%, 70%, 60% und 50% verkürzt. Zufällig wurden entsprechend der jeweiligen Prozentgruppe 10 Unterstichproben aus der Ausgangsstichprobe gezogen und die in dieser Zeit erfasste Schalenwilddichte angegeben. Das Ergebnis ist in Abb. 11 dargestellt.

Selbst bei 50% des Flugaufwandes, also bei der Hälfte an abgesuchter Fläche, liegen keine signifikanten Abweichungen vor.



**Abb. 11:** Schalenwilddichten bei 10 zufälligen Unterstichproben aus dem Ergebnis der Befliegung des Nationalparks Hainich am 18.03.09. (es wurde eine Schalenwilddichte von 13,9 Ind./100 ha ermittelt = schwarze Linie; P80 = 80% bis P50 = 50% des Flugaufwandes. Auswertungen von KLEIN, Uni Trier 2011)

Dies sind erste Anzeichen dafür, dass die angewandte Methode zumindest bezogen auf alle Schalenwildarten repräsentative Ergebnisse liefert und der Flugaufwand unter Umständen verkürzt werden kann. Allerdings ist bei beiden Untersuchungen zu beachten, dass bisher keine artspezifischen Untersuchungen durchgeführt wurden. Im Rahmen einer derzeit im Fachbereich Biogeografie der Uni Trier laufenden Masterarbeit finden weitere Auswertungen auch getrennt für einzelne Schalenwildarten statt. Hier wird vor allem auch die Repräsentativität in Bezug auf die Rudel bildenden Tierarten wie Rot und Damhirsch untersucht.

### 5.3. Methodeneignung in Abhängigkeit der Vegetation

Inwieweit ist es überhaupt möglich, mit der neuartigen Erfassungsmethode, Tiere nicht nur im Offenland, sondern auch unter Vegetationsabdeckung zu erfassen?

Hierzu betrachten wir zunächst, in welchen Vegetationstypen eine Bestimmung der Tierart sicher möglich war (Kap. 5.3.1).

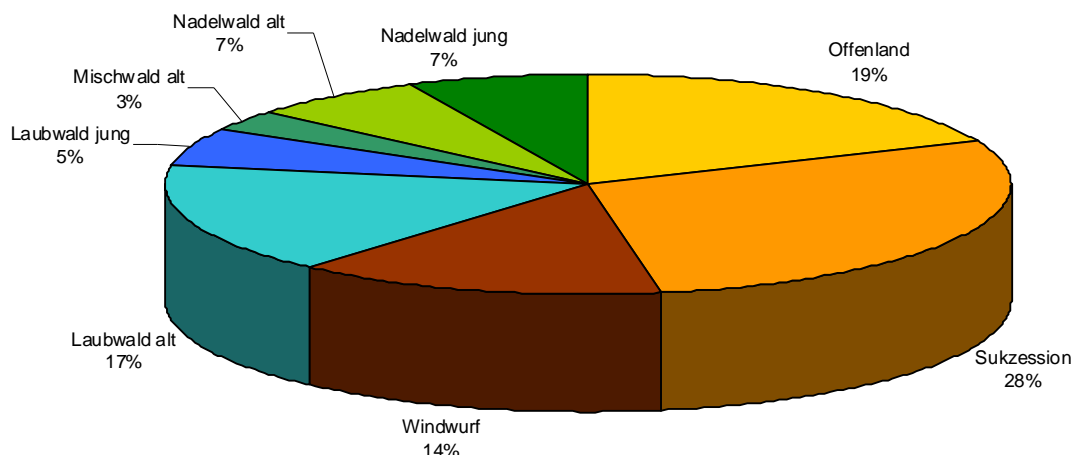
Inwieweit die Entdeckungswahrscheinlichkeit der Huftiere durch die Vegetation beeinflusst wird, ist dann eine wichtige Frage zur Beurteilung der Methodeneignung und zur Einschätzung des Anteiles der detektierten Tiere zur Gesamtzahl der Tiere im Untersuchungsgebiet. Dieser Frage wurde durch Befliegungen von Tiergattern mit bekanntem Besatz nachgegangen (Kap. 5.3.2). Detaillierte Analysen fanden experimentell im Rahmen einer Diplomarbeit statt (Kap. 5.3.3). Außerdem wurde der Einfluss der Waldstruktur näher analysiert (Kap. 5.3.4).

#### 5.3.1. Sichere Artansprache und Vegetation

Bei der Auswertung von 24 Erfassungsflügen wurde zusätzlich die Vegetation in unmittelbarer Nähe der detektierten Tiere dokumentiert. Die Vegetation wurde grob beschreibend in folgende Klassen unterteilt: Offenland, Sukzession, Windwurffläche, Laubwald alt, Laubwald jung, Mischwald alt, Mischwald jung, Nadelwald alt und Nadelwald jung. Pro Detektion konnten bis zu zwei Vegetationseinheiten angegeben werden.

Bei diesen Befliegungen wurden 921 Huftiere sicher auf Artniveau bestimmt. Die Auswertung der Vegetation im Umfeld zeigt, dass die artspezifische Erkennbarkeit nicht auf das Offenland beschränkt ist (s. Abb. 12). Ca. 20% der Tiere standen im Offenland. Ca. 40% der Tiere

konnten in reinen Waldbereichen identifiziert werden, davon sogar 14% in Nadelwald. Die übrigen ca. 40% befanden sich auf Windwurf- oder Sukzessionsflächen, die ebenfalls viele Deckungsmöglichkeiten bieten.



**Abb. 12:** Vegetationstypen, in denen Huftiere sicher auf Artniveau angesprochen werden konnten. (ausgewertet wurden 24 Erfassungsflüge mit 921 sicher bestimmten Huftieren; pro Detektion konnten bis zu 2 Vegetationstypen angegeben werden).

### 5.3.2. Ermittlung der Entdeckungswahrscheinlichkeit unter Vegetation durch Erfassung von Tieren in Gattern

Durch Erfassungsflüge von Tiergattern mit bekannter Anzahl von Tieren sollten erste Aussagen zur Eignung der Methode und zu Entdeckungswahrscheinlichkeiten gemacht werden. Hierzu wurden Rothirsche in einem Tierpark bei Rheingönheim, Rheinland-Pfalz mit Buchenbestockung und in dem Wintergatter „Neuhüttenwiese“ im Nationalpark Bayerischer Wald mit überwiegend Nadelwald gezählt.

#### Laubwald

Das Rothirschgehege in Rheingönheim besteht aus offenen Bereichen und mit Buchen bestockten Laubwaldbereichen. Das Gatter ist ca. 100 m breit und 250 m lang. Die Breite war für den Versuch optimal, da mit einem Überflug in 450 m Höhe über Grund das gesamte Gatter erfasst werden konnte. Am 14.02.09 wurde das Gatter bei sonnigem Wetter und Außentemperaturen zwischen 3-4°C fünfmal in einer Höhe von 450 m über Grund überflogen.



**Abb. 13:** Beispiel für Rothirsche in einem Laubwaldbereich bei einem Erfassungsflug des Gatters in Rheingönheim.

Das Rothirschgehege war zu diesem Zeitpunkt mit 23 Tieren besetzt. Eine Person am Boden dokumentierte während der Überflüge die Aufenthaltsorte der Tiere.

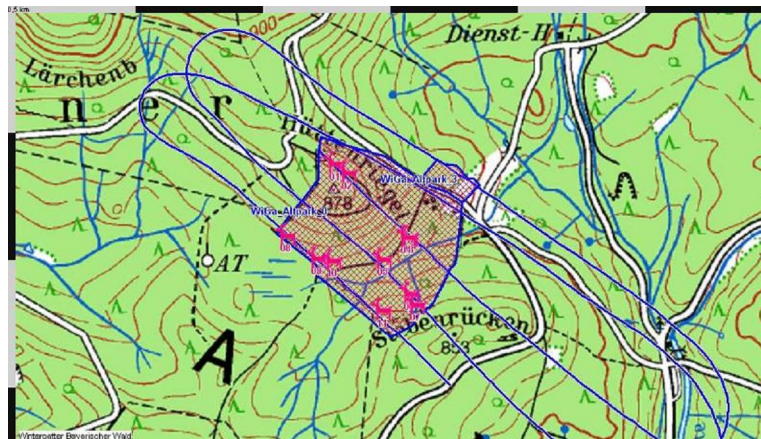
Bei der anschließenden Auswertung wurden nur die Tiere berücksichtigt, die sich zum Zeitpunkt des Überfluges in den Laubwaldbereichen aufhielten (vgl. Abb. 13).

Hier konnten zwischen 78% und 85% der Rothirsche anhand der IR-VIS-Bild-Auswertung gezählt werden.

### Nadelwald

Am 25.04.09 fand ein Erfassungsflug über dem Wintergatter „Neuhüttenwiese“ statt. Zu diesem Zeitpunkt waren nach Angaben der Nationalparkverwaltung ca. 120 Rothirsche im Gatter (mündl. Mitt. HEURICH 2009).

Mit ca. 40 ha ist das Wintergatter relativ klein und die Tiere stehen teilweise sehr dicht zusammen. Die Transekte wurden bei der Flugplanung so dicht aneinander gelegt, dass sich die Aufnahmen überlappen und das gesamte Gatter erfasst werden konnte (vgl. Abb. 14).



**Abb. 14:** Kartografische Darstellung der Befliegung des Wintergatters „Neuhüttenwiese“ im Nationalpark Bayerischer Wald. (blaue Linie = Flugweg).

Bei überlappenden Transekten besteht die Gefahr einer Doppelzählung von Tieren. Bei der Auswertung wurde daher für die 92 entdeckten Tiere ein Abgleich der IR- und der VIS-Bilder mit den Detektionen benachbarter Transekte durchgeführt. Potentielle Mehrfachzählungen wurden abgezogen. So konnten 59 Rothirsche sicher gezählt werden.

Dies entspricht einer Entdeckungswahrscheinlichkeit von ca. 50 %. Zu beachten ist, dass das Wintergatter überwiegend mit Nadelwald bestockt ist und die vorhandenen Laubbäume zum Zeitpunkt der Befliegung bereits voll belaubt waren.

### 5.3.3. Experiment zur Ermittlung der Entdeckungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Vegetationsabdeckung

Ursprünglich sollten laut Projektantrag 100 Wärmekissen als Großsäugerattrappen entlang eines Transektes durch unterschiedliche Vegetationstypen ausgelegt und deren Erfassbarkeit mit Hilfe der IR-Aufnahmen analysiert werden. Im Winter 2008/09 hatten sich aber die Versuche zur Nachahmung der Säugetiere mittels Handwärmern in verschiedenen Verpackungsmaterialien aufgrund ihrer geringen bzw. unterschiedlichen Wärmeabstrahlung als nicht erfolgreich herausgestellt. Anstelle von Wärmekissen wurde daher der Einsatz von lebenden größeren Säugetieren in Erwägung gezogen.

Felix WILMES von der Fakultät Wald und Forstwirtschaft der Hochschule Weihenstephan-Treisdorf ging der Fragestellung im Rahmen seiner Diplomarbeit „Experimentelle Bestimmung

von Detektionswahrscheinlichkeiten bei Großsäugern unter Waldvegetation mit Hilfe luftgestützter IR-Systeme“ nach (WILMES 2010). Als Erstkorrektor stand Niels HAHN, Hochschule Weihenstephan und als Zweitkorrektor Dr. Ulf HOHMANN, FAWF zur Verfügung.

### Aufbau des Experiments

Ein geeignetes Untersuchungsgebiet mit verschiedenen Waldtypen in räumlicher Nähe fand sich bei Bachhausen in Oberbayern in der Nähe des Starnberger Sees. Die Wärmequellen konnten dank der Zusammenarbeit einer ortsansässigen Hundeschule durch Hunde realisiert werden.

Es sollte die Entdeckungswahrscheinlichkeit für Offenland, natürlicher Waldrand mit Gebüsch und für Buchen- und Fichtenwald in jeweils zwei verschiedenen Altersklassen festgestellt werden. Bei den älteren Waldtypen wurde zudem untersucht, ob sich die Entdeckungswahrscheinlichkeit bei Aufenthalt des Tieres in Stammnähe (stammnah) oder weiter entfernt vom Stamm (kronenmittig) ändert. Die untersuchten Vegetationstypen und die Standorte der Tiere sind in Tab. 7 aufgeführt und kurz beschrieben. Es gelang die Transekte so anzulegen, dass immer 2 Vegetationstypen hintereinander auf einer Linie überflogen werden konnten.

**Tab. 7:** Beschreibung der Vegetationstypen, in denen die Transekte zur Ermittlung der Entdeckungswahrscheinlichkeit angelegt worden sind.

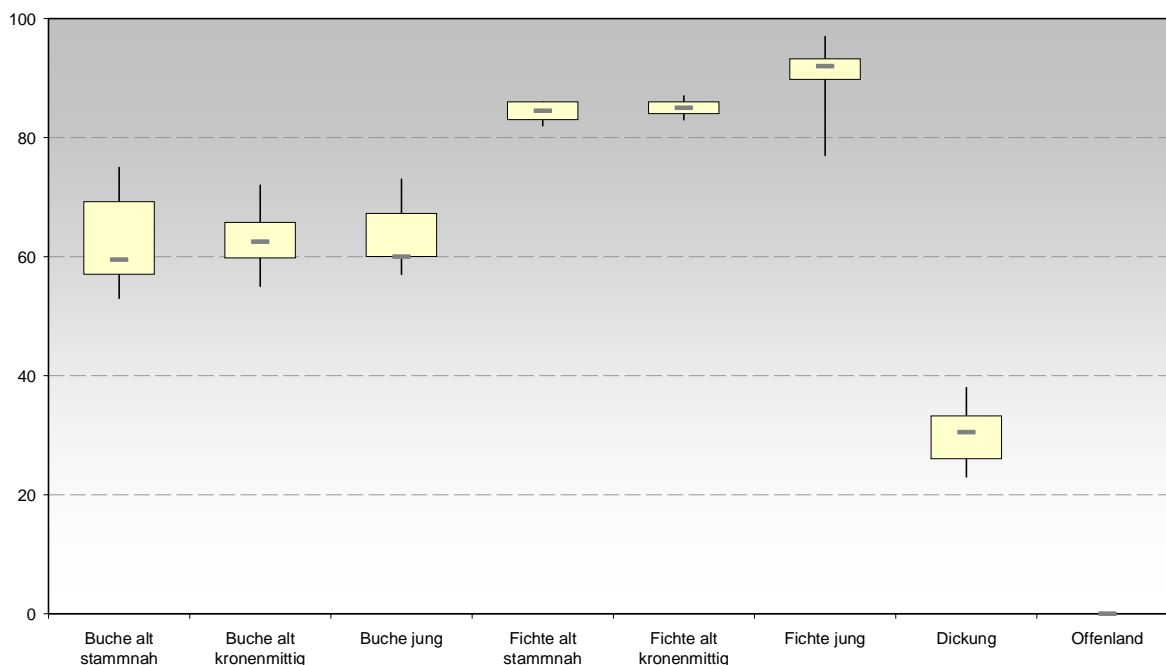
Nr.	Baumart/ Vegetations- typ	Altersklasse	Standort Tier	Alter	Bestockungsgrad
1	Buche	Altholz	stammnah	70-90 j.	0,8-1,0
2	Buche	Altholz	kronenmittig	70-90 j.	0,8-1,0
3	Buche	Stangenholz	-	15-25 j.	~ 1,0
4	Fichte	Altholz	stammnah	60-80 j.	0,8-1,0
5	Fichte	Altholz	kronenmittig	60-80 j.	0,8-1,0
6	Fichte	Stangenholz	-	15-25 j.	~ 1,0
7	Waldrand	Dickung		5-15 j.	~ 1,0
8	Offenland	-	-	-	0

Pro Vegetationstyp wurde an vier geeigneten Stellen ein Punkt auf dem Transekt als Mittelpunkt gewählt und in einem Umkreis von maximal vier bis fünf Metern um den Transektmittelpunkt vier Aufnahmepunkte mittels farbiger, in den Boden geschlagener Pflöcke markiert (s. Abb. 15). Pro Vegetationstyp wurden somit vier Hunde viermal umgesetzt, so dass insgesamt 16 Wiederholungen durchgeführt werden konnten.



**Abb. 15:** Kurzhaariger Weimaraner neben einem Markierungspflöck im Vegetationstyp „Laubwald alt stammnah“.

Zur Bestimmung des Grades der Abdeckung der Hunde durch die Baum- bzw. Pflanzenteile wurde für jede Position eine standardisierte Senkrechtaufnahme mit einer Digitalkamera (16 mm Objektiv) nach oben gemacht. Anschließend wurden die Bilder in binäre Bilder mit ausschließlich schwarzen und weißen Pixeln umgewandelt. Das Verhältnis von schwarzen zu allen Pixeln ergibt den Abdeckungsgrad in Prozent. Die Abdeckungsgrade der verschiedenen Vegetationstypen sind in Abb. 16 als Boxplot-Diagramm dargestellt.



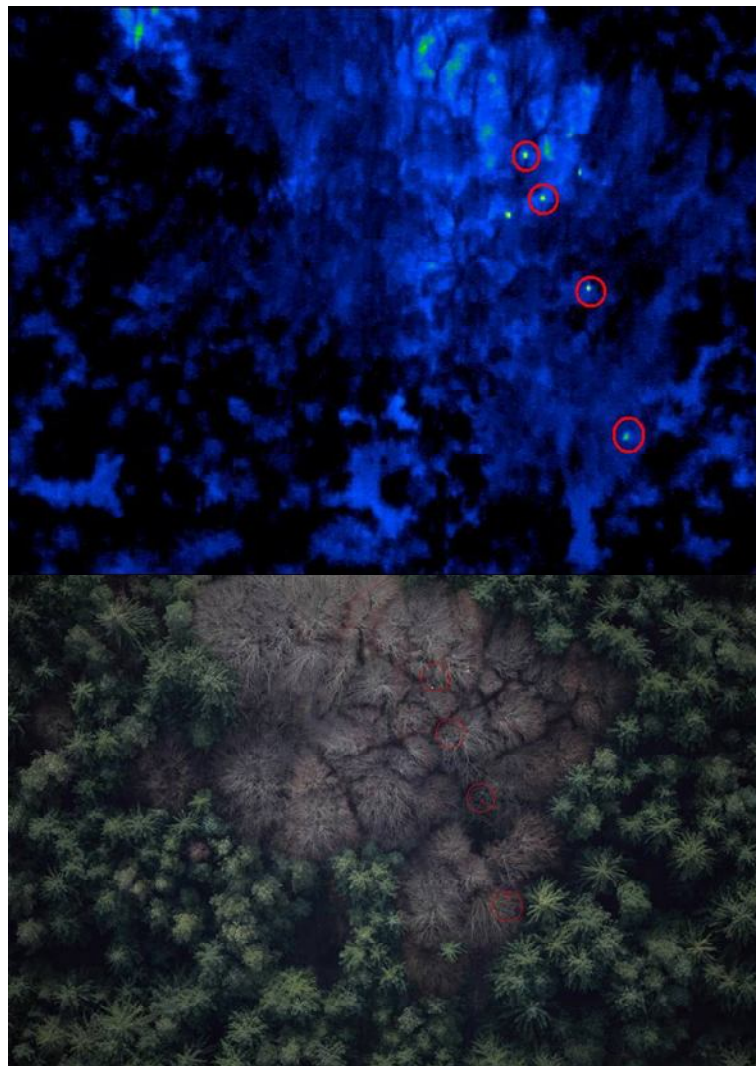
**Abb. 16:** Boxplot-Diagramm der Abdeckungsgrade in Prozent der verschiedenen Vegetationstypen. Dargestellt sind jeweils Median, Oberes und Unteres Quartil sowie Maxima und Minima der Abdeckung.

Die Abdeckungsgrade differieren bei den verschiedenen Vegetationstypen wie erwartet sehr stark. Allerdings ist der Unterschied, ob das Objekt sich in Stammnähe oder unter der Krone aufhält sowohl unter Buchen als auch unter Fichten gering. Fichten-Stangenholz hat mit durchschnittlich 90% die größte Abdeckung. Die Abdeckung der Aufnahmepunkte in der Dickung beträgt im Durchschnitt 30%.

Am 5.12.2009 konnte das Experiment zur Ermittlung der Entdeckungswahrscheinlichkeit mittels Wärmesignal in Abhängigkeit des Abdeckungsgrades durch die Vegetation durchgeführt werden. Die Wetterbedingungen waren zur Erfassung der Tiere mittels der IR-Kamera optimal. Die Außentemperatur betrug ca. 0°C und hohe Stratusbewölkung verhinderte eine direkte Sonneneinstrahlung. Nur bei den letzten Erfassungsflügen der Transekte „Dickung“ und „Offenland“ gab es teilweise direkte Sonneneinstrahlung, was die Auswertbarkeit des IR-Filmes aber nicht beeinträchtigte. Der Versuch mit den Überflügen der Transekte und dem Umsetzen der Hunde dauert von 11 Uhr bis 13:15 Uhr.

Die IR-Aufnahmen wurden anschließend am Computer ausgewertet und für jeden Standort festgehalten, ob der Hund anhand des Wärmesignals entdeckt wurde oder nicht. Die visuellen Aufnahmen wurden nur zum Abgleich der Lage des Wärmesignals auf dem Transekt herangezogen. Eine Auswertung hinsichtlich der Arterkennbarkeit der Tiere auf dem VIS-Bild fand nicht statt.

Ein Beispiel für ein Wärmebild und die dazugehörige visuelle Aufnahme ist in Abb. 17 zu sehen.



**Abb. 17:** Beispiel eines IR-VIS-Bildpaares für den Parameter „Laubwald alt; Tiere kronenmittig“. Die Standorte der Hunde sind zur besseren Sichtbarkeit markiert. Die beiden anderen im IR-Bild zu erkennenden Wärmesignale sind der Hundeführer bzw. ein Ersatzhund.

## Ergebnisse

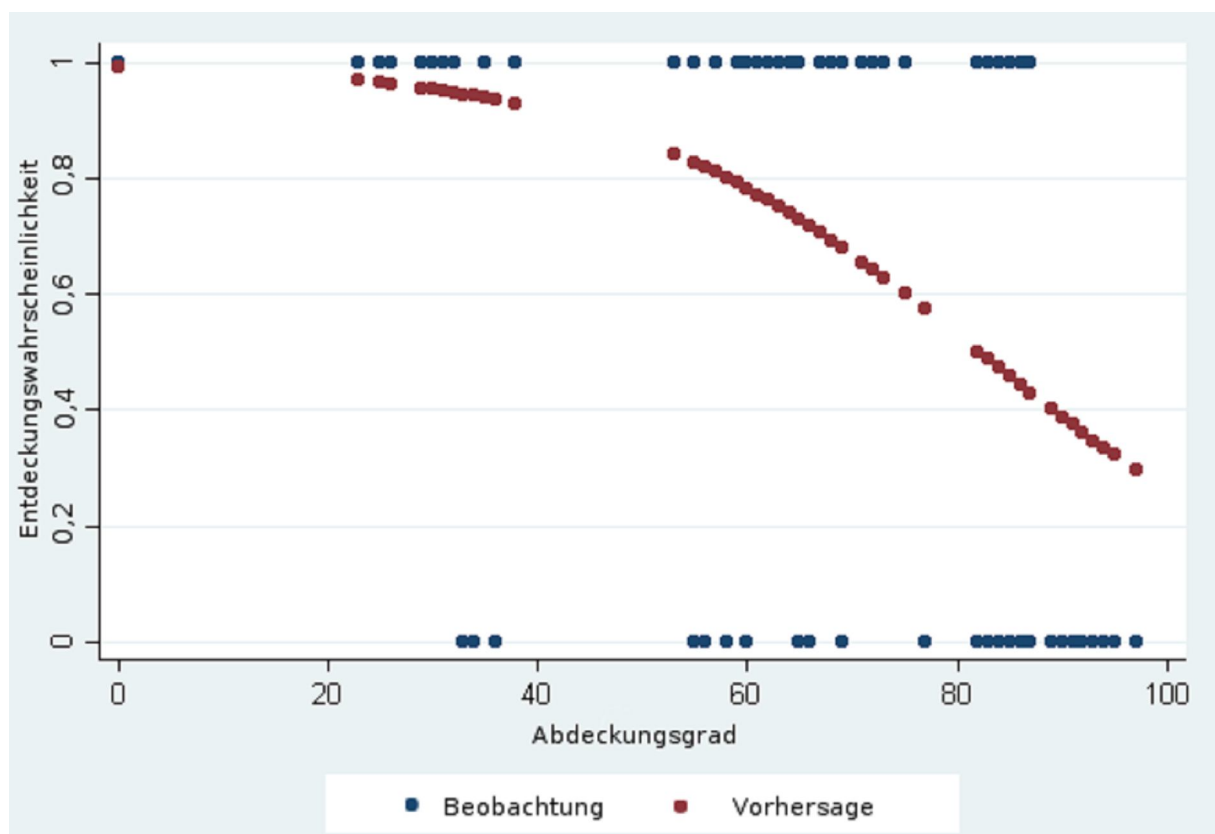
In Tab. 8 sind die ermittelten Entdeckungswahrscheinlichkeiten für die verschiedenen Vegetationstypen aufgeführt.

**Tab. 8:** Durchschnittliche Abdeckungsgrade und Entdeckungswahrscheinlichkeiten der untersuchten Vegetationstypen.

	Mittlerer Abdeckungs- grad	Mittlere Entdeckungs- wahrscheinlichkeit
Buche alt stammnah	62%	94%
Buche alt kronenmittig	63%	88%
Buche jung	63%	75%
Fichte alt stammnah	84%	50%
Fichte alt kronenmittig	85%	63%
Fiche jung	90%	0%
Waldrand, Dickung	30%	81%
Offenland	0%	100%

Im „Offenland“ konnten erwartungsgemäß alle Tiere erfasst werden. Die Entdeckungswahrscheinlichkeiten für die Buchenwaldstadien liegen zwischen 75-94%. Im Altbestand konnten mit durchschnittlich 90% deutlich mehr Hunde wie unter Buchenjungwuchs (ca. 20-jährig; Bestockungsgrad 1) mit 75% gezählt werden. Bei den Nadelwaldstadien konnten deutlich weniger Tiere detektiert werden. Im älteren Fichtenforst war es noch möglich, durchschnittlich 50-63% der Tiere zu entdecken. Im Fichtenstangenholz („Fichte jung“) mit einer durchschnittlichen Abdeckung von 90% konnte kein Hund mehr aufgrund seiner Wärmeabstrahlung wahrgenommen werden.

Die Entdeckungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Abdeckungsgrades wurde mit Hilfe eines Logit-Modells ermittelt und ist in Abb. 18 grafisch dargestellt.



**Abb. 18:** Entdeckungswahrscheinlichkeit mittels IR-Signal in Abhängigkeit des Abdeckungsgrades durch die Vegetation.  $P(y=1) = \frac{\exp(4,74-0,06 \cdot x)}{1+\exp(4,74-0,06 \cdot x)}$



### **5.3.4. Statistische Analysen über den Einfluss der Waldstruktur auf die Erfassbarkeit von Huftieren**

In Kap. 5.3.3 wurde der Einfluss der Abdeckung der Vegetation auf die Entdeckungswahrscheinlichkeit der Tiere untersucht. Darüber hinaus stellte sich die Frage, ob neben dem Abdeckungsgrad ein Zusammenhang zwischen der Struktur des Waldes und der Erfassbarkeit der Tiere festgestellt werden kann. Betreut durch Frau Anja STACHE und Dr. Marco HEURICH vom Nationalpark Bayerischer Wald konnte hierzu ein statistisches Praktikum von drei Studenten (Christian KUNTSCHER, Sebastian STEINMÜLLER, Katharina ZINK) des Institutes für Statistik der Ludwig-Maximilians-Universität München von Prof. Dr. HOTHORN durchgeführt werden (KUNTSCHER et al. 2010).

Hierzu wurden die Ergebnisse der Transektbefliegung vom 18.3.2009 im Nationalpark Hainich herangezogen. Dieser Flug wurde ausgewählt, weil hier von allen bisher durchgeführten Erfassungsflügen mit 232 Huftieren, die höchste Anzahl an Tieren gezählt werden konnte. Unser besonderer Dank gilt hierbei Herrn Michael HORNSCHUH, Nationalparkverwaltung Hainich, der sich intensiv mit den Parametern der Waldstruktur befasst und diese zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung gestellt hat.

Die Vegetationsstruktur wurde mit den folgenden Variablen beschrieben (die jeweiligen Kategorien sind in Klammern aufgeführt): Waldtyp (Offenland; Nadelwald; Laubwald), Anteil Totholz (hoch; mäßig; klein bis gering; Offenland), Waldstadium bzw. Biotoptyp (Offenland; junger, dichter Wald; dichte mittelalte Bestände; Stangenholz; Baumholz; struktureicher Plenterwald), Dominierende Baumart (12 Baumarten; keine Bäume), Schichtung (Offenland; einschichtiger; zweischichtiger und mehrschichtiger Wald).

Die durchgeführten statistischen Tests deuten darauf hin, dass es Zusammenhänge zwischen Waldstruktur und dem Auftreten von Tierdetektionen gibt. Die hohe Anzahl an Kategorien in den meisten Variablen, die trotz der hohen Anzahl an erfassten Tieren zu niedrigen Fallzahlen in den einzelnen Kategorien führt, erschwert aber die Aussagefähigkeit. So konnten nur für das Waldstadium „dichte, mittelalte Bestände“ signifikant mehr Detektionen festgestellt werden.

Bei der Analyse des Einflusses der Waldstruktur auf die Erkennbarkeit der Tierarten auf den VIS-Bildern stellte sich heraus, dass die Schichtung des Waldes den größten Einfluss zu haben scheint. Im dreischichtigen Wald war die Arterkennbarkeit deutlich erschwert, auch wenn dieser Zusammenhang nicht ganz signifikant zum 5%-Niveau war. Desweiteren beeinflusst die Anzahl der Tiere auf einem VIS-Bild die Arterkennbarkeit signifikant.

### **5.4. Methodeneignung in Abhängigkeit weiterer Faktoren**

Um die Methodeneignung untersuchen zu können, wurden die Erfassungsflüge zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten sowie Wetterbedingungen durchgeführt und die Bedingungen dokumentiert.

In Tab. 9 sind alle ausgewerteten Wiederholungszählungen mit den Parametern Jahreszeit, Tageszeit und Sonneneinstrahlung aufgelistet. Der Flug der Wiederholungsgruppe mit der höchsten Schalenwildsdichte wurde grau hinterlegt.

**Tab. 9:** Erfassungsflüge, bei denen eine Auswertung der beeinflussenden Faktoren möglich ist.  
 (CV = Variationskoeffizient; grau unterlegt = Flug mit höchster ermittelter Schalenwildsdichte;  
 (5): es wurde nur der Flug mit den besten Auswertebedingungen ausgewertet)

Gebiet	Datum	Jahreszeit	Tageszeit	Sonne	Fläche [ha]	Anzahl	Dichte ges.	Dichte ges.	
						Huftiere ges.	[St./100ha]	Mittelwert	CV [%]
<b>Bayerischer Wald - Rachel-Lusen</b>									
	16.04.2009	F	Morgen	+	1747	6	0,3	0,4	20%
	25.04.2009	F	Morgen	+	1410	6	0,4		
	17.07.2009	S	Morgen	+	1240	32	2,6	4,2	91%
	20.07.2009	S	Abend	-	952	81	8,5		
	22.07.2009	S	Morgen	+-	1288	18	1,4		
	05.11.2010	H	Mittag	-	1779	76	4,3	4,3	2%
	07.11.2010	H	Mittag	-	2060	86	4,2		
	21.10.2011 <sup>(5)</sup>	H	Mittag	-	1796	81	4,5		
<b>Bayerischer Wald - Rachel-Falkenstein</b>									
	09.11.2010	H	Mittag	+-	2462	35	1,4	1,5	5%
	10.11.2010	H	Mittag	+-	2195	33	1,5		
	21.10.2011 <sup>(5)</sup>	H	Abend	+-	829	23	2,8		
<b>Hainich</b>									
	16.03.2009	W	Abend	-	1074	212	19,7	14,3	37%
	18.03.2009	W	Abend	+-	1673	232	13,9		
	30.03.2009	W	Abend	-	1709	157	9,2		
	18.04.2010	F	Morgen	+	1860	42	2,3	3,1	68%
	22.04.2010	F	Abend	+-	855	47	5,5		
	23.04.2010	F	Morgen	+	1795	27	1,5		
	14.03.2011	W	Mittag	-	1415	168	11,9	10,0	28%
	14.03.2011	W	Abend	-	1935	155	8,0		
<b>Kellerwald-Edersee</b>									
	03.03.2009	W	Abend	+-	1420	87	6,1	6,3	10%
	04.03.2009	W	Abend	+-	1317	76	5,8		
	07.03.2009	W	Abend	+-	1646	115	7,0		
	09.04.2010	F	Abend	-	1680	218	13,0	9,8	30%
	10.04.2010	F	Mittag	+-	1768	129	7,3		
	14.04.2010	F	Mittag	+-	1768	163	9,2		
	10.04.2011	F	Morgen	+	951	50	5,2	3,5	72%
	11.04.2011	F	Morgen	+-	2111	36	1,7		
<b>Pfälzerwald</b>									
	02.02.2009	W	Mittag	-	1767	53	3,0	2,1	39%
	03.02.2009	W	Mittag	+-	1871	30	1,6		
	15.02.2009	W	Morgen	+-	1338	22	1,6		
	17.03.2010	W	Abend	+-	1999	22	1,1	1,3	71%
	30.03.2010	W	Morgen	-	1987	46	2,3		
	02.04.2010	F	Morgen	+	1925	9	0,5		
	04.04.2011 <sup>(5)</sup>	F	Abend	+	825	14	1,7		

Aufgrund der geringen Anzahl an Wiederholungen pro Gebiet und Jahr und der hohen Anzahl an beeinflussenden Faktoren, ist keine statistische Auswertung möglich. Um die Ergebnisse der Wiederholungsflüge beschreibend vergleichen zu können, wurde der Mittelwert der ermittelten Schalenwildichten sowie der Variationskoeffizient (CV) berechnet. Der Variationskoeffizient gibt an, wie groß die Standardabweichung im Vergleich zum Mittelwert ist und ermöglicht einen Vergleich von Populationen mit unterschiedlich großer Anzahl von Tieren.

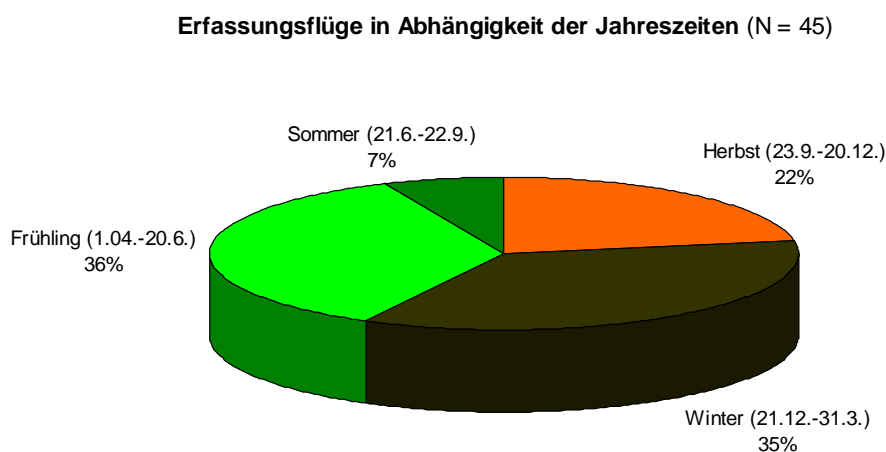
Bei der Betrachtung des CV ist zu beachten, dass bei einigen Wiederholungsflügen nicht dasselbe Gebiet, sondern ein deutlich kleineres Teilgebiet nach Schalenwild abgesucht worden ist. Die hohen Dichteunterschiede im Rachel-Lusen-Gebiet 2009 (CV=91%), im Kellerwald 2010 (CV=72%) und im Hainich 2010 (CV=68%) können daher auch wegen der räumlichen Ungleichverteilung des Schalenwildes auftreten.

Alle Wiederholungsflüge fanden innerhalb weniger Tage statt, so dass die Jahreszeit nicht von Bedeutung für Unterschiede bei den Wiederholungsflügen ist.

Es fällt auf, dass die niedrigsten Variationskoeffizienten mit  $CV \leq 10\%$  bei Wiederholungsflügen zu finden sind, die zur gleichen Tageszeit und unter gleichen Einstrahlungsbedingungen stattgefunden haben.

#### 5.4.1. Jahreszeit

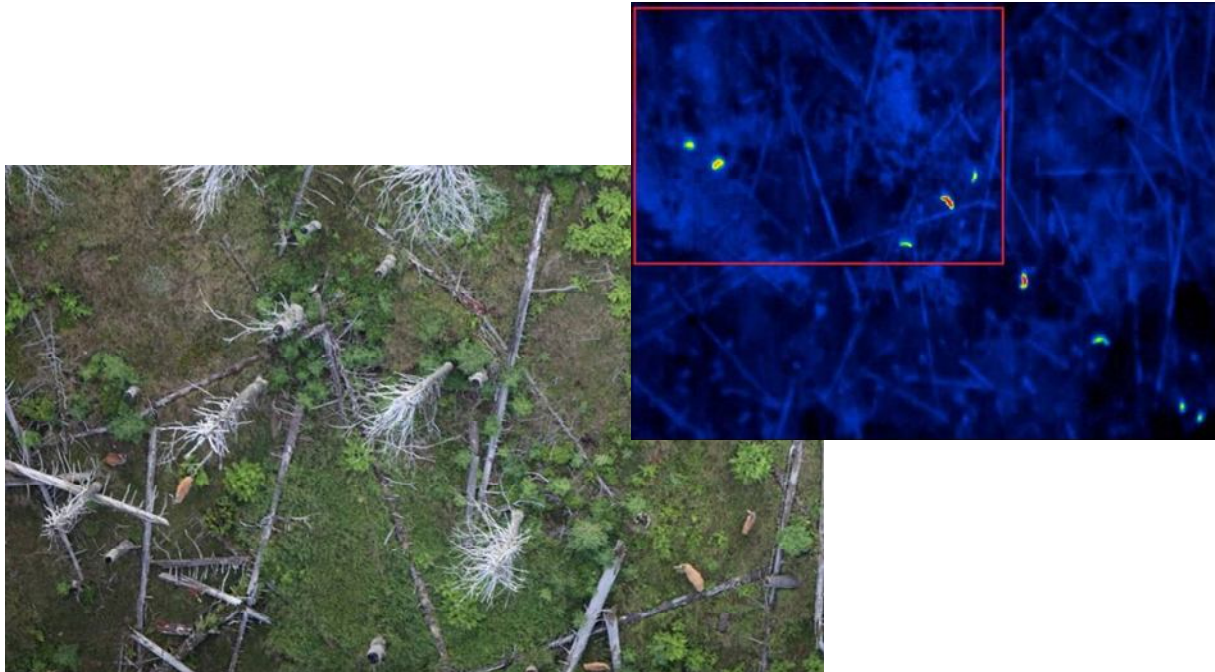
Die Erfassungsmethode wurde zu allen Jahreszeiten erprobt (s. Abb. 19).



**Abb. 19:** Aufteilung der durchgeführten Erfassungsflüge entlang von Transekten hinsichtlich der Jahreszeit.

Eine Wildtierzählung war zu allen Jahreszeiten möglich. Über 70% der Erfassungsflüge fanden im Winter bzw. Anfang des Frühjahrs statt. Die Erfassungsflüge im Sommer und Herbst fanden alle im Nationalpark Bayerischer Wald statt.

Mit den Sommerbefliegungen sollte festgestellt werden, ob die Temperaturdifferenzen der Tiere gegenüber der Umgebung für eine Detektion mit der IR-Kamera ausreichend sind. Entgegen der Erwartungen zeigte sich, dass selbst im Hochsommer Wildtierzählungen mittels Wärmebildkamera aus der Luft möglich sind. Bei den Testflügen im Sommer 2009 im Nationalpark Bayerischer Wald waren trotz Außentemperaturen von über 20°C die Temperaturdifferenzen der Tiere gegenüber der Umgebung so hoch, dass die Tiere auf dem IR-Film problemlos entdeckt werden konnten (s. Abb. 20).



**Abb. 20:** Beispiel für eine Erfassung von Rothirschen im Sommerhalbjahr. Wärmebild und Ausschnitt des synchronen visuellen Bildes vom 20.07.2009 im Nationalpark Bayerischer Wald.

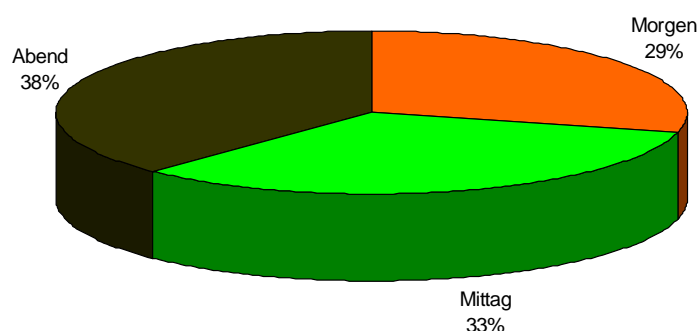
So konnten am 20.7.09 auf 950 ha Fläche 61 Rothirsche und 4 Tiere, die wahrscheinlich Rothirsche sind, gezählt werden, was einer Dichte von 6,8 Ind./100 ha entspricht.

Erfassungsflüge im Sommer haben den Vorteil, dass die Farbkontraste der Tiere zur Umgebung auf den Echtaufnahmen deutlicher sind. Außerdem sind teilweise Aussagen zum Alter und Geschlecht der Tiere möglich (vgl. Kap. 5.5).

#### 5.4.2. Tageszeit

Die Eignung der Erfassungsmethode wurde zu allen Tageszeiten getestet (s. Abb. 21).

**Erfassungsflüge in Abhängigkeit der Tageszeit (N = 45)**



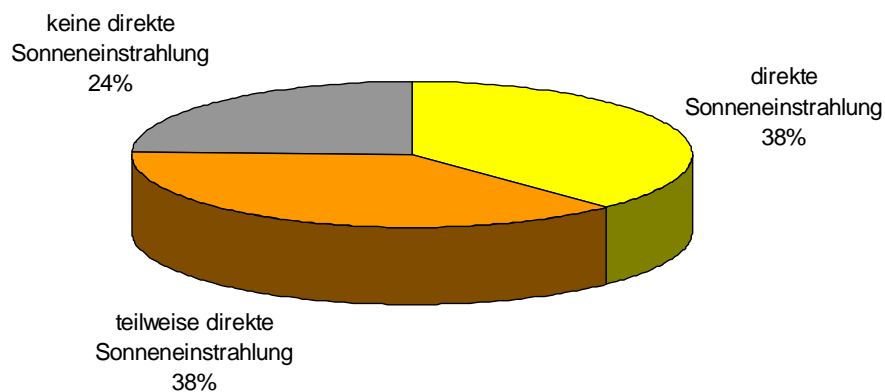
**Abb. 21:** Aufteilung der durchgeführten Erfassungsflüge entlang von Transekten hinsichtlich der Tageszeit.

Ursprünglich waren wir davon ausgegangen, dass morgens wegen der großen Temperaturunterschiede zwischen kalter Umgebung und warmen Tieren die besten Aufnahmebedingungen vorliegen würden. Es stellte sich jedoch heraus, dass zu allen Tageszeiten Wildtiere erfasst werden können (vgl. Tab. 9). Ein Zusammenhang zwischen der Tageszeit und den erfassten Tieren konnte nicht festgestellt werden.

### 5.4.3. Wetterbedingungen

Die **Sonneneinstrahlung** beeinflusst die Entdeckungsmöglichkeit der Tiere auf dem Wärmefilm und wurde in drei Kategorien angegeben: „direkte Sonneneinstrahlung“ bzw. „+“ lag bei blauem Himmel bzw. nur vereinzelt Wolken vor. War der Himmel von Cumuluswolken bzw. einzelnen Wolkenfeldern bedeckt und wechselte sich direkte Sonne mit abgeschirmtem Himmel ab, so lag „teilweise direkte Sonneneinstrahlung“ bzw. „+-“ vor. Bei vielen Cumuli, großen Wolkenfeldern oder Hochnebel war keine bzw. fast „keine direkte Sonneneinstrahlung“ bzw. „-“ vorhanden. Erfassungsflüge wurden zu allen Einstrahlungsbedingungen durchgeführt (vgl. Abb. 22).

#### Erfassungsflüge in Abhängigkeit der Sonneneinstrahlung (N=45)



**Abb. 22:** Aufteilung der durchgeführten Erfassungsflüge entlang von Transekten hinsichtlich der Sonneneinstrahlung.

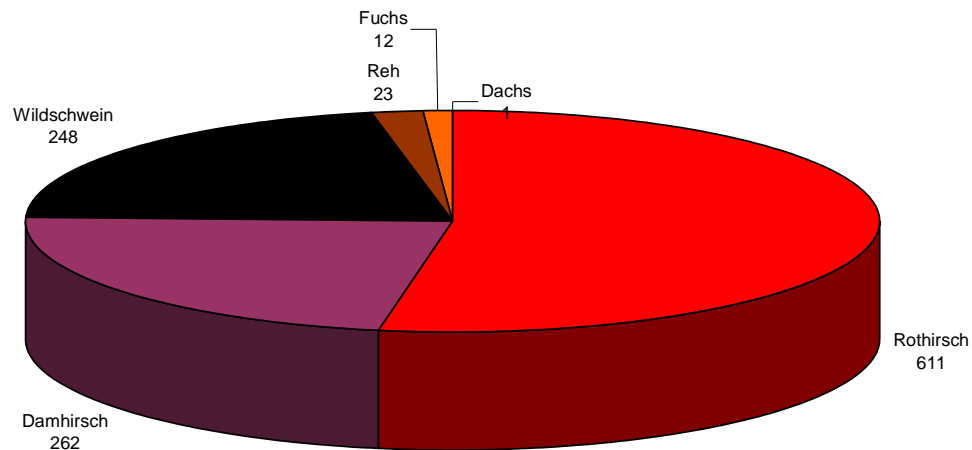
Durch direkte Sonneneinstrahlung werden die Umgebung und andere Objekte, wie Felsen oder Baumstämme erwärmt oder sie reflektieren die Strahlung. Dann können geringe oder gar nicht mehr vorhandene Temperaturunterschiede der Tiere zur Umgebung das zuverlässige Entdecken der Tiere mit Hilfe des Wärmefilms erschweren. Dementsprechend konnten auch vier Flüge bei blauem Himmel nicht sinnvoll ausgewertet werden (vgl. Tab. 2). Wenn innerhalb einer Wiederholungsgruppe verschiedene Einstrahlbedingungen und mindestens eine Befliegung bei abgedecktem Himmel vorhanden waren, wurde die höchste Schalenwildichte immer bei abgedecktem Himmel ermittelt (vgl. Tab. 9). Ein abgedeckter Himmel ist für die Erfassungsmethode somit sehr vorteilhaft.

Neben der Sonneneinstrahlung können weitere Wetterbedingungen, wie Lufttemperatur, Schnee, Luftfeuchtigkeit oder Windstärke die Erfassungsmethode beeinflussen. Detaillierte Auswertungen waren wegen der geringen Anzahl an Wiederholungen zu diesen Faktoren aber nicht sinnvoll.

Aufgrund der Erfahrungen lässt sich jedoch sagen, dass bei kalten **Außentemperaturen** oder bei Schneelage die Wärmeabstrahlung der Tiere gegenüber der Umgebung sehr gering bzw. gar nicht vorhanden sein kann. Tiere, die bei den Befliegungen im Frühjahr 2009 im Nationalpark Kellerwald-Edersee und im Pfälzerwald bei Schnee bzw. Außentemperaturen von  $-5^{\circ}\text{C}$  zum Teil zufällig bzw. bei der Durchsicht von visuellen Bildern erfasst worden sind, belegen dies.

## 5.5. Artspezifische Erkennbarkeit

Während zu Projektbeginn nur 27% der mittels IR-Signal entdeckten Tiere auf Artniveau angesprochen werden konnten, waren es im letzten Projektjahr fast 60% (vgl. Kap. 5.1). Abb. 23 gibt eine Übersicht, welche Tierarten bei den Erfassungsflügen sicher bestimmt werden konnten.



**Abb. 23:** Verteilung der bei den Erfassungsflügen entlang von Transekten auf Artniveau bestimmten Wildtiere. (1157 sicher bestimmte Tiere bei den Erfassungsflügen von 2/2009 bis 11/2011; Haustiere, wie Rinder, Pferde oder Schafe, die ebenfalls erfasst wurden, sind nicht aufgeführt)

Über die Hälfte der sicher identifizierten Tiere waren Rothirsche. Weiterhin wurden häufig Damhirsche und Wildschweine gezählt. Auffallend ist, dass nur 23 Rehe sicher angesprochen werden konnten. Außer den größeren Huftieren konnten aus der Luft einige Füchse und ein Dachs detektiert werden.

In den Projektgebieten Hainich und Kellerwald-Edersee kommen mit Rot- und Damhirschen zwei größere Hirscharten vor. Die Erfassungsflüge fanden dort alle im Winter statt. Auch im Winterfell konnten Dam- und Rothirsche eindeutig voneinander unterschieden werden. In den Abb. 24-Abb. 29 sind beispielhaft visuelle Aufnahmen von verschiedenen Tierarten zu sehen.



**Abb. 24:** Beispiel eines Fuchses im Nationalpark Hainich; stark vergrößerter Ausschnitt aus einem VIS-Bild.



**Abb. 25:** Beispiele von Rotwild im Winter im Nationalpark Kellerwald-Edersee. (kräftiger Körperbau; dunkler Aalstrich; weißer Spiegel; stark vergrößerte Ausschnitte aus VIS-Bildern)



**Abb. 26:** Beispiele von Damwild im Winter im Nationalpark Kellerwald-Edersee (Bild links; liegende Tiere; dunkle Decke; helles Bauchfell) und im Nationalpark Hainich (Bild rechts; stehende Tiere; sehr dunkle Decke; mit Weißling); stark vergrößerte Ausschnitte aus VIS-Bildern.

Neben der Tierart ist beim Wildtiermonitoring auch **Geschlecht und Alter** der Tiere von Interesse. Aussagen hierzu sind nur in bestimmten Fällen möglich.

So sind auf den visuellen Bildern der Sommerbefliegungen 2009 des Nationalparks Bayerischer Wald häufig Geweihe der Hirsche zu erkennen (s. Abb. 27). Bei Geweihträgern sind Angaben zum Geschlecht somit möglich, wenn die Befliegungen im dem Zeitraum stattfinden, in dem die Geweihe deutlich ausgebildet sind und die Vegetation das Erkennen der Geweihe auf den visuellen Bildern zulässt.



**Abb. 27:** Beispiel für eine geschlechtsspezifische Ansprache: drei Rothirsche erfasst bei der Befliegung des Nationalparks Bayerischer Wald am 17.07.09. (stark vergrößerter Ausschnitt aus VIS-Bild)

Nach der Setzzeit war es aufgrund der Größenunterschiede sowohl der IR-Signaturen als auch der Tiere im visuellen Bild teilweise möglich, Jungtiere von Adulten zu unterscheiden.

So konnten bei den Sommerbefliegungen im Bayerischen Wald oft kälberführende Rothirchkühe beobachtet werden (s. Abb. 28). Beim Rotwild konnten bisher nur Kälber und Alttiere getrennt angesprochen werden. Nach REASFELD et al. (2003) erreichen bereits Schmalspießer am Ende des 2. Lebensjahres mit ca. 1,85 m die Länge von ausgewachsenen Hirschkühen. Für eine genauere Altersdifferenzierung wäre somit eine exaktere Längenvermessung notwendig, die im Rahmen des Vorhabens nicht stattgefunden hat.

Auch bei Wildschweinen konnten im Offenland bzw. auf Sukzessionsflächen Alttiere und Frischlinge getrennt gezählt werden. Bei Wildschweinkesseln besteht jedoch das Problem, dass sowohl die genaue Anzahl an Tieren als auch die Altersklassen oft nur schwer angegeben werden können (s. Abb. 29).





**Abb. 28:** Beispiel für eine altersspezifische Ansprache von Rothirschkuh und Kalb. Ausschnitt aus dem Wärmebild und dem synchron aufgenommenen visuellen Bild bei der Befliegung des Nationalparks Bayerischer Wald am 20.07.09.



**Abb. 29:** Ausschnitte aus visuellen Aufnahmen von Wildschweinen im Nationalpark Hainich.  
 Bild links: Rote mit Frischlingen;  
 Bild rechts: Wildschweinkessel oben; unten zwei einzelne Tiere; zur besseren Übersicht rot umkreist.

## 6. Vergleich mit anderen Methoden des Wildtiermonitorings

Die Projektgebiete wurden auch deshalb ausgewählt, weil dort bereits unterschiedliche Methoden des Schalenwildmonitorings zur Anwendung kamen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bestandserfassungen aus der Luft entlang von Transekten mit den Erkenntnissen über Schalenwildbestände verglichen, die bisher in den Gebieten vorliegen.

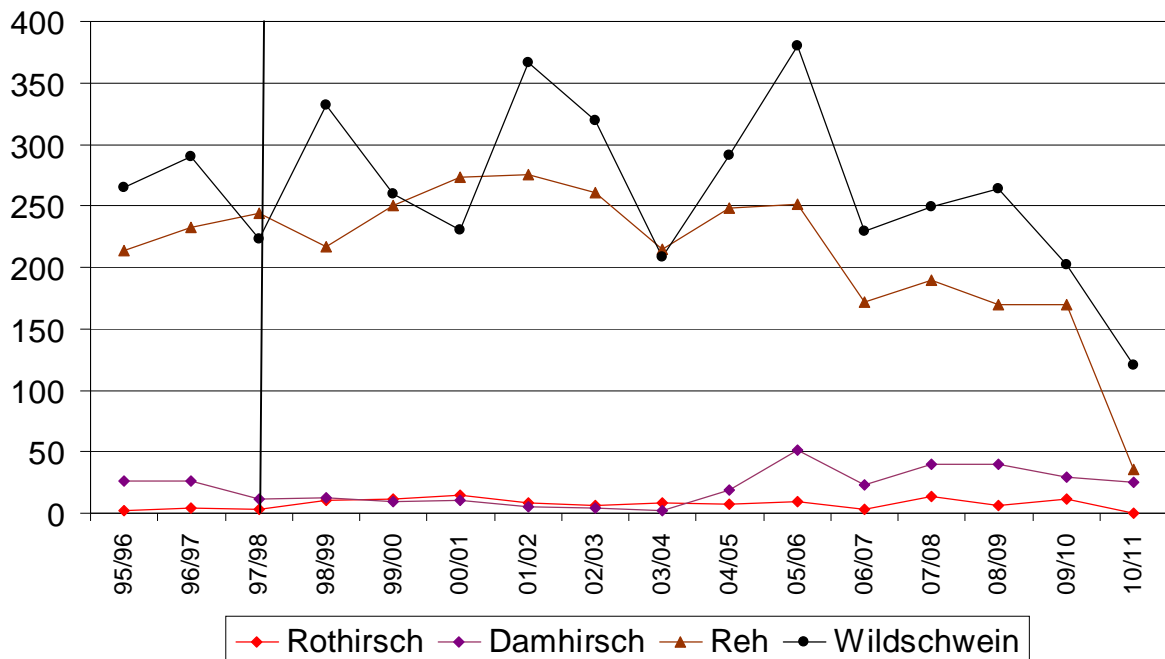
Die Vergleiche können nur beschreibend durchgeführt werden, da die verschiedenen Methoden nicht aufeinander abgestimmt worden sind.

### 6.1. Methodenvergleich mit Jagdstrecken

Aus der Jagdstrecke und angenommenen Zuwachsraten wird in einigen Gebieten der Frühjahrsbestand an Schalenwild hochgerechnet. In den Projektgebieten und vor allem in den Nationalparks findet jedoch ein stark eingeschränktes und nach der Zonierung des Nationalparks differenziertes Jagdmanagement statt. Die Jagdstrecken sind daher in den Nationalparks nicht repräsentativ für das in dem Gebiet vorkommende Wild. Eine Rückrechnung der Jagdstrecken auf Bestandsdichten, ist hier nicht möglich.

Die Jagdstrecken und die Ergebnisse der Befliegungen sollen jedoch für einen Vergleich der räumlichen Verteilung des Wildes herangezogen werden. Beispielhaft wird dies für den Nationalpark Hainich durchgeführt.

Bis 2010 wurden im Herbst Bewegungsjagden und in den Randbereichen Ansitzjagden durchgeführt. Jagdfrei ist das ca. 800 ha große „Weberstedter Holz“, das im Zentralteil des Nationalparks liegt. Ab Winter 2011 wurde die Jagd auf Rotwild eingestellt, Rehwild nur noch angrenzend an Wirtschaftswälder geschossen und der jagdfreie Bereich auf die Fläche des Weltnaturerbes Buchenwald (ca. 1.500 ha) erweitert. Abb. 30 gibt eine Übersicht der Jagdstrecke im Gebiet des Nationalparks Hainich.



**Abb. 30:** Übersicht der Jagdstrecken im Nationalpark Hainich von 1995 bis 2011.  
(Quelle: Nationalparkverwaltung Hainich 2011; senkrechte Linie markiert Gründungstermin des Nationalparks)

Da eine Streckenrückrechnung nicht möglich ist, wird für den Herbst / Winter 2008/09 verglichen, in welchen Jagdbezirken des Nationalparks die meisten Stücke erlegt bzw. bei den Erfassungsflügen gezählt worden sind. Die bei den Bewegungsjagden erlegten Stücke sowie die bei den Erfassungsflügen am 16.03., 18.03. und 30.03.09 gezählten Tiere wurden hierfür den Jagdbezirken zugeordnet. Die Rehe bleiben unberücksichtigt, da nur wenige Rehe aus der Luft gezählt werden konnten, obwohl über 150 Stück erlegt worden sind.

Um anhand der Befliegungsergebnisse Verbreitungsschwerpunkte von Rotwild, Damwild und Schwarzwild darzustellen, wurden zunächst die bei den drei Wiederholungsflügen erfassten Tiere aufsummiert: insgesamt wurden 76 Rothirsche, 87 Damhirsche und 251 Wildschweine aus der Luft gezählt. Dann wurde für die einzelnen Jagdbezirke der prozentuale Anteil aus der Gesamtsumme angegeben. Die drei Bezirke mit dem höchsten Anteil an erfassten Tieren sind grau unterlegt (s. Tab. 10).

**Tab. 10:** Vergleich der in den Jagdbezirken des Nationalparks Hainich 2008/09 erlegten und im Frühjahr 2009 prozentual aus der Luft gezählten Schalenwildarten.  
(Rothirsche: N=76, Damhirsche: N= 87; Wildschweine: N=251; „/“ bedeutet, dass dieser Bezirk nicht bejagt bzw. nicht befliegen wurde)

Jagdbezirk	Rothirsch		Damhirsch		Wildschwein	
	Jagd	IR/VIS	Jagd	IR/VIS	Jagd	IR/VIS
Hainichjagd	2	8%	7	36%	20	22%
Weberstedter Holz (Jagdruhe)	/	24%	/	25%	/	13%
Schießbahn Weberstedt	0	36%	4	31%	25	41%
Eichenberg	0	0%	5	3%	8	0%
Nördl. Kindel	2	24%	1	5%	22	13%
Mittlerer Kindel	0	9%	6	0%	11	7%
Südl. Kindel	/	0%	/	0%	/	3%
Fuchsfarm	0	/	1	/	4	/
Steinberg	0	/	0	/	24	/

Im jagdfreien „Weberstedter Holz“ hält sich ein hoher Anteil des aus der Luft erfassten Rot- und Damwildes auf. Während Damhirsche aus der Luft vor allem in den nördlichen walddreichen Jagdbezirken „Hainichjagd“, „Weberstedter Holz“ „Schießbahn Weberstedt“ gezählt werden konnten, wurden in den Bezirken „Nördlicher Kindel“ und „Mittlerer Kindel“ vor allem Rothirsche erfasst. Die meisten Wildschweine wurden in den Jagdbezirken erlegt, in denen auch aus der Luft die meisten Tiere gezählt werden konnten.

## 6.2. Methodenvergleich mit der Scheinwerferzählung im Nationalpark Kellerwald-Edersee

In den Jahren 2009 und 2010 kamen zur Erfassung der Frühjahrsbestände vor allem von Rothirsch, Damhirsch und Mufflon sowohl Scheinwerferzählungen als auch Befliegungen mit gekoppelten IR-VIS-Bild-Kameras zum Einsatz. Die Scheinwerferzählungen werden seit der Anerkennung des Gebiets als Nationalpark in 2005 jährlich mit der gleichen Methode durchgeführt. Für die Auswertung der Scheinwerferzählungen 2009 wurde der Bericht von SIMON & LANG (2009) herangezogen. 2010 wurde die Scheinwerferzählung von der Nationalparkverwaltung organisiert, die die Ergebnisse zur Verfügung stellte.

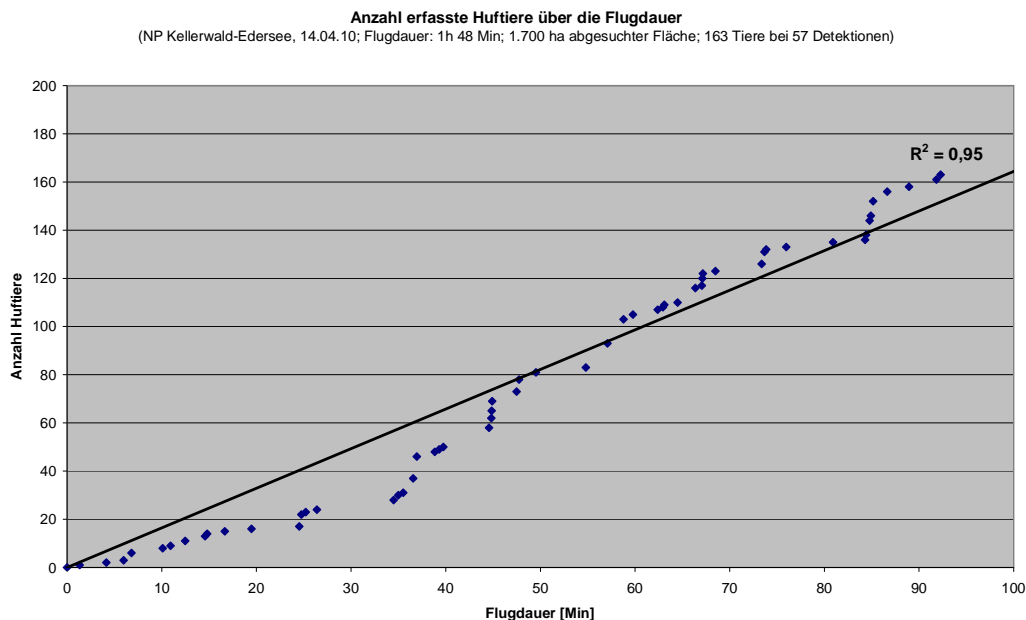
### Ermittlung von Bestandsangaben bei der Scheinwerferzählung

Für die Bestandserfassung mittels Scheinwerferzählung wird der Nationalpark nachts mit mehreren Teams entlang der befestigten Wege befahren und abgeleuchtet. Rot-, Dam- und Rehwild kann aufgrund der Reflexion des Scheinwerferlichtes im sog. Tapetum lucidum der Augen entdeckt und wenn möglich mit Alters- und Geschlechtsangabe gezählt werden. Die Scheinwerferzählungen im Frühjahr werden nach SIMON & LANG (2009) optimalerweise in der Mitte der Buschwindröschenblüte durchgeführt, wenn die Blätter der Rotbuche noch nicht entfaltet sind und im Wald noch keine attraktive Äsung zu finden ist. Es wird davon ausgegangen, dass sich das Wild dann vorwiegend auf den im Nationalpark noch in hoher Anzahl vorhandenen gut einsehbaren Wiesenflächen aufhält.

### Ermittlung von Bestandsangaben bei den Erfassungsflügen

Bei den Ergebnissen der Befliegungen wurden bei den Dichteangaben zunächst die Tiere berücksichtigt, die sicher auf Artniveau bestimmt werden konnten. Die Tiere, die anhand der visuellen Aufnahmen nicht eindeutig auf Artniveau angesprochen werden können, aber aufgrund verschiedener Merkmale die Art als wahrscheinlich erscheint, wurde gesondert dazugezählt (Angaben in Klammern in Tab. 11).

Um zu zeigen, dass die Ergebnisse der Befliegungen entlang der Transekte eine repräsentative Stichprobe aus dem Gesamtgebiet darstellen und daher auf den gesamten Nationalpark übertragbar sind, wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) beträgt bei den drei Befliegungen 0,88 am 9.04.10, 0,90 am 10.04.10 und 0,95 am 14.04.10 (vgl. Abb. 31). Die Zunahme an entdeckten Tieren über die Dauer des Erfassungsfluges lässt sich somit sehr gut durch eine Regressionsgerade beschreiben. Bestandsdichten gelten für das komplette Nationalparkgebiet.



**Abb. 31:** Lineare Regression der beim Erfassungsflug im Kellerwald am 14.04.2010 gezählten Huftiere über die Flugdauer. (Bestimmtheitsmaß=0,95).

### Vergleich Scheinwerferzählung und Erfassungsflüge für 2009

Im Jahr 2009 fanden die Erfassungsflüge am 3.03., 4.03. und am 7.03.09 und die Scheinwerferzählungen am 20.4. und 27.04.09 statt. Die Flüge fanden somit ca. 6 Wochen vor den Scheinwerferzählungen statt. Der Winter 2008/09 war sehr schneereich und lang. Noch Ende März 2009 gab es Neuschnee im Kellerwald. Anfang April wurde es dann sehr warm, so dass sich die Vegetation schnell entwickelte. Aufgrund des großen zeitlichen Abstandes der Methoden und der klimatischen Unterschiede war ein Methodenvergleich 2009 nicht sinnvoll. Weiterhin ungünstig ist die Tatsache, dass bei den Erfassungsflügen 2009 die Methodenentwicklung noch nicht so fortgeschritten war und nur ca. 30 % der entdeckten Tiere artspezifisch angesprochen werden konnten. Für 2009 wurde daher kein Methodenvergleich durchgeführt.

### Vergleich Scheinwerferzählung und Erfassungsflüge für 2010

Im Jahr 2010 fanden die beiden Erfassungsmethoden innerhalb von 10 Tagen im April statt. Die Ergebnisse dieser Zählungen sind in Tab. 11 sowie in den Abb. 32 und Abb. 33 beispielhaft dargestellt.

**Tab. 11:** Gegenüberstellung der Ergebnisse der Scheinwerferzählungen und der Erfassungsflüge mittels IR-VIS-Kameras im Frühjahr 2010 (Maxima sind grau unterlegt; die Angaben in Klammern enthalten neben den sicher auf Artniveau bestimmten Tieren auch die Tiere, die wahrscheinlich der Tierart zugehören).

Methode	Scheinwerferzählung		Befliegung IR-VIS		
	Datum				
	12.04.2010	19.04.2010	09.04.2010	10.04.2010	14.04.2010
<b>Flächenbezug</b>	4.500 ha	4.500 ha	1.680 ha	1.768 ha	1.768 ha
<b>Rotwild</b>					
Tiere gezählt	33	62	50 (68)	30 (59)	29 (47)
Dichte [St./100 ha]		<b>1,3</b>	<b>3,0 (4,0)</b>	1,7 (3,3)	1,6 (2,6)
<b>Damwild</b>					
Tiere gezählt	103	105	35 (43)	36 (38)	38 (56)
Dichte [St./100 ha]		<b>2,3</b>	2,1 (2,5)	2,0 (2,1)	<b>2,1 (3,1)</b>
<b>Wildschwein</b>					
Tiere gezählt	26	<b>33</b>	<b>19 (46)</b>	5 (12)	6 (24)
<b>Reh</b>					
Tiere gezählt	41	<b>49</b>	1 (3)	1 (2)	<b>4 (7)</b>
<b>Muffelwild</b>					
Tiere gezählt	<b>2</b>	0	0	0	0
<b>Huftiere unbestimmt</b>	0	0	<b>58</b>	18	29

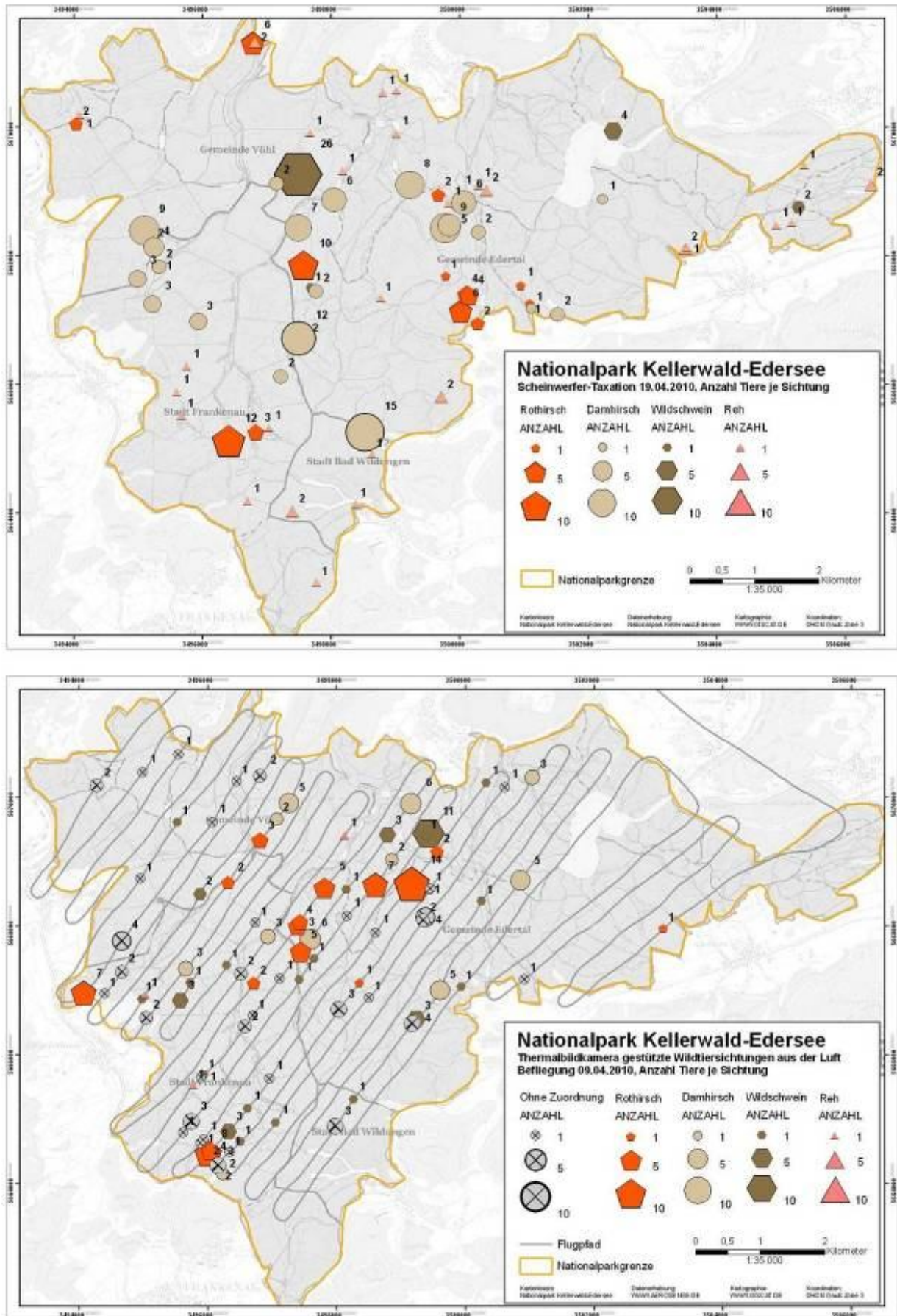
Vergleichen wir zunächst die Bestandsdichten der bei den beiden Methoden tatsächlich gezählten Tiere: Die Dichte des Damwildes kann aufgrund der Erfassungsflüge mit mindestens 2-3 St./100 ha angegeben werden. Bei der Scheinwerferzählung wurde mit 2,3 St./100 ha eine vergleichbare Anzahl an Damwild erfasst. Beim Rothirsch liegt der mit Hilfe der Befliegung gezählte Mindestbestand mit 3,0-4,0 St./100 ha deutlich über dem durch die Scheinwerferzählung ermittelten Bestand von 1,3 St./100 ha.

Bei den Scheinwerferzählungen vorhergehender Jahre gehen die Bearbeiter (z. B. SIMON & LANG 2009) davon aus, dass 70 % des weiblichen Rot- und Damwildes auf den Wildwiesen gezählt werden kann. Aus den Zählungen des weiblichen Wildes (bei Kälbern wird ein Geschlechterverhältnis von 50:50 angesetzt) und dem zugerechneten Korrekturfaktor von 1,43 wird dann der Frühlingsbestand an weiblichem Wild angegeben. Die männlichen Tiere werden

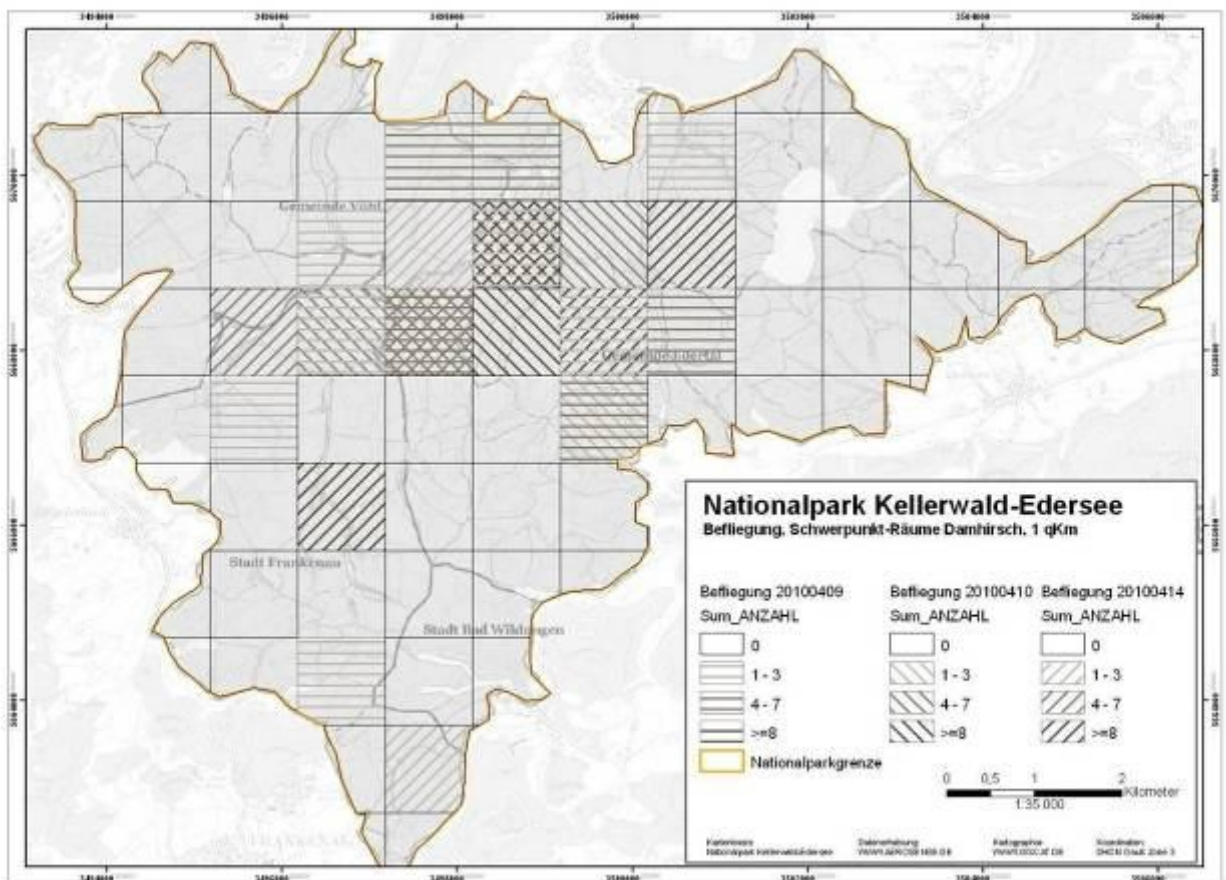
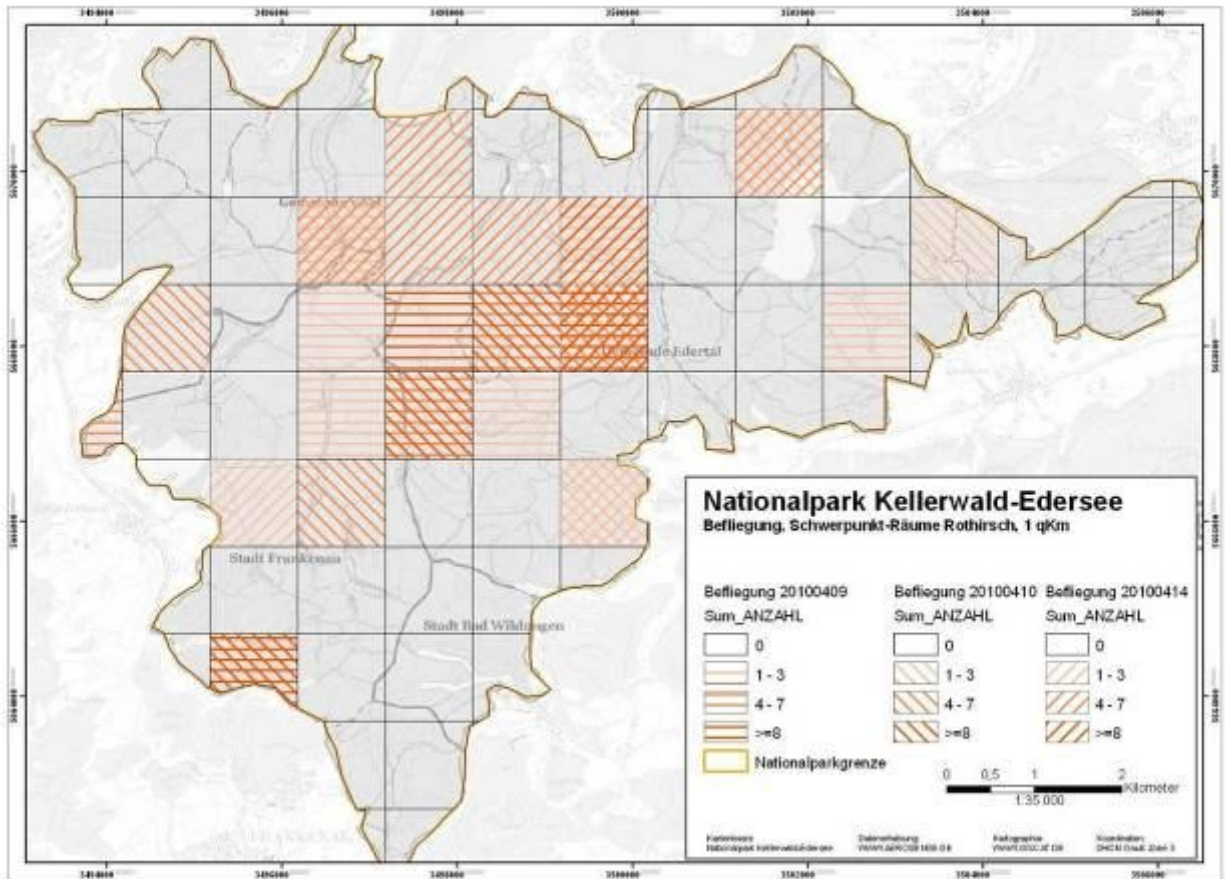
mit der Scheinwerferzählung weniger erfasst, so dass der Bestand geschätzt wird. Für 2009 geben SIMON & LANG 20-30 männliche Stücke Dam- und Rothirsch im Nationalpark an. Übertragen wir diese Korrekturfaktoren auf die Ergebnisse der Scheinwerferzählung 2010, liegt die Damhirschkichte zwischen 3,0-3,5 St./100 ha und die Rothirschkichte bei 2,0 St./100 ha.

Bei den Ergebnissen der Befliegungen ist ebenfalls zu beachten, dass keine Korrekturfaktoren einberechnet wurden und sie somit **Minimalwerte** darstellen. Die experimentell ermittelten Übersehraten in Abhängigkeit der Vegetation (s. Kap. 5.3.3) von beispielsweise 10-25% in Buchenwald (mittlere Vegetationsabdeckung ca. 62%) oder ca. 40% in Fichten-Hochwald blieben unberücksichtigt.

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass die Tiere, die nicht auf Artniveau bestimmt werden konnten, bei den Bestandsangaben ebenfalls nicht eingerechnet wurden. Bei diesen als „Huftiere unbestimmt“ benannten Individuen handelt es sich aufgrund der Größe der Wärmebildsignatur um größere Säugetiere, die im Projektgebiet nur Huftiere sein können.



**Abb. 32:** Kartografische Darstellung der bei der Scheinwerfer-Taxation am 19.04.10 sowie bei der Befliegung am 09.04.10 erfassten Schalenwildarten. (Daten: Nationalparkamt Kellerwald-Edersee und aerosense; Kartografie: GISCAT)



**Abb. 33:** Kartografische Darstellung der bei den Erfassungsflügen im April 2010 ermittelten Vorkommen von Rotwild und Damwild im Nationalpark Kellerwald-Edersee. (Daten: aerosense; Kartografie: GISCAT)



Beim Vergleich der räumlichen Verteilung der Tiere muss beachtet werden, dass die Scheinwerfer-Taxationen nachts und die Erfassungsflüge tagsüber stattfinden.

Die Schwerpunkt-Vorkommen von Rot- und Damwild lagen bei den Befliegungen im zentralen und nördlichen Bereich sowie einzelnen Randgebieten des Nationalparks. Bei der Scheinwerferzählung am 19.04. wurden mehrere Rothirschrudel im Gebiet nordwestlich von Gellershausen auf Wiesen gezählt. Dabei könnte es sich um Tiere handeln, die bei den Befliegungen tagsüber im zentralen Bereich gezählt werden konnten.

Im Nordwesten des Nationalparks konnten einige Bereiche nicht mehr mit Fahrzeugen befahren werden (mündl. Mitt. SIMON 2012), so dass mit der Scheinwerferzählung dort kein Schalenwild gezählt werden konnte.

### **6.3. Methodenvergleich mit der Scheinwerferzählung im Wildforschungsgebiet Pfälzerwald**

Im Wildforschungsgebiet Pfälzerwald wurden im Jahr 2010 sowohl Scheinwerferzählungen, Erfassungsflüge und eine Losungszählung zur Ermittlung der Rothirschdichten durchgeführt.

Die Scheinwerferzählung am 7.04.2010, bei der eine Fläche von 8.400 ha befahren wird, brachte mit 125 St. Rotwild eine Mindestbestandsdichte von 1,48 St. Rotwild/100 ha (Mitteilung per E-Mail U. HOHMANN, FAWF 2011). Die Anwendung des nicht-invasiven modifizierten Fang-Markierung-Wiederfang-Verfahrens (Frischkotgenotypisierung) führte zu einer etwas höheren Dichte von 1,8 St./100 ha (HOHMANN et al. 2011).

Durch die Erfassungsflüge konnten hingegen in allen drei Projektjahren deutlich weniger Rothirsche gezählt werden (vgl. Tab. 12).

**Tab. 12:** Die im Wildforschungsgebiet Pfälzerwald maximal erfasste Anzahl von Rothirschen.

Datum	Rotwild	Fläche	Dichte
03.02.09	12	1871 ha	0,6 St./100 ha
30.03.10	10	1987 ha	0,5 St./100 ha
04.04.11	7	825 ha	0,8 St./100 ha

Die Rothirschdichte lag in allen drei Jahren zwischen 0,5-0,8 St./100 ha, wobei zu betonen ist, dass bei diesen Angaben keine Übersehraten einberechnet wurden. Da das Wildforschungsgebiet zu ca. 60% mit Nadelwald bestanden ist (s. Abb. 3e), kann nach den experimentellen Ergebnissen mit hohen Übersehraten von 40-50 % bei einschichtigem Nadel-Altbestand gerechnet werden. In dichtem Fichtenstangenholz können wahrscheinlich keine Großsäuger aus der Luft mehr erfasst werden.

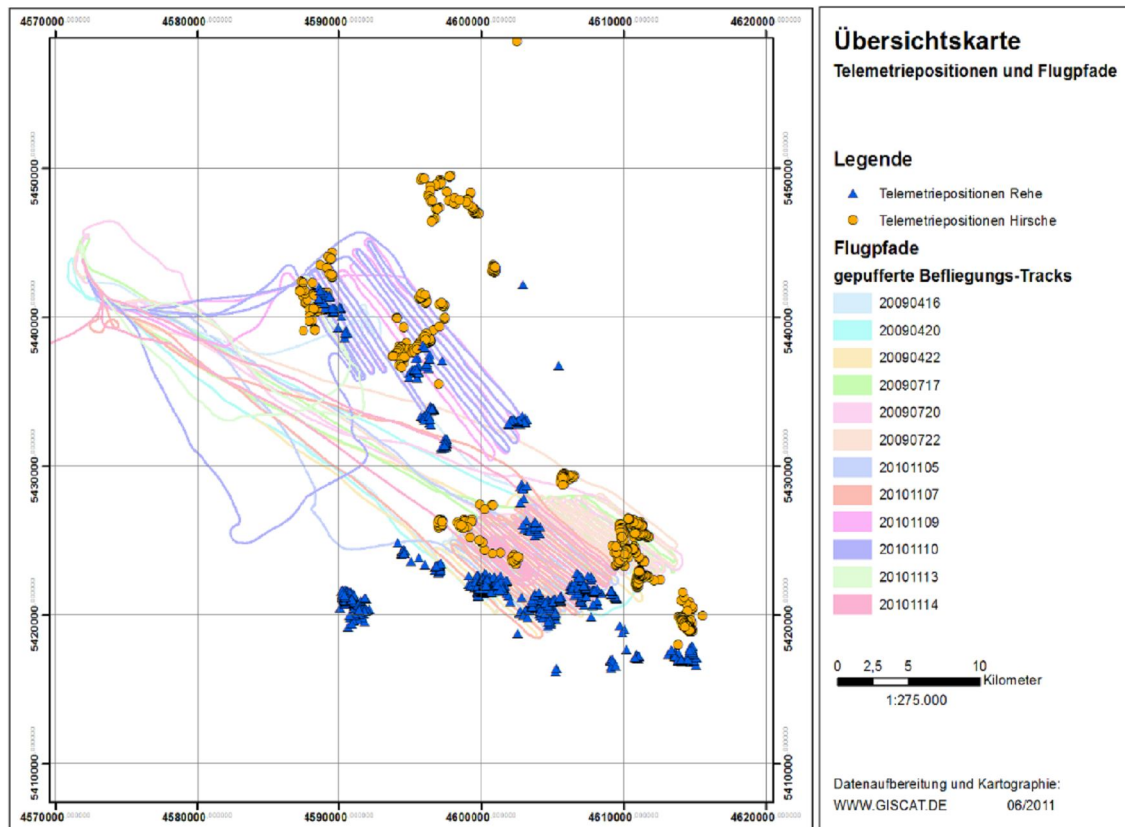
Ein direkter Vergleich ist weiterhin erschwert, da die Suchgebiete der verschiedenen Erfassungsmethoden nicht identisch waren. So wurden bei den Scheinwerferzählungen 2010 in zwei Bereichen nördlich von Leimen und bei Hofstätten große Kahlwildrudel von bis zu 20 Tieren gezählt. Diese beiden Bereiche lagen aber außerhalb der Untersuchungsgebiete der Erfassungsflüge.

### **6.4. Methodenvergleich mit GPS-besenderten Tieren**

Die Zuverlässigkeit der neuartigen Erfassungsmethode sollte weiterhin anhand von GPS-besenderten Tieren überprüft werden. Für die 2009 und 2010 im Nationalpark Bayerischer Wald durchgeführten Erfassungsflüge konnten GPS-Daten von besenderten Rehen und Rothirschen eines Telemetrieprojektes der Nationalparkverwaltung herangezogen werden.

Zunächst sollte festgestellt werden, ob sich während der Erfassungsflüge überhaupt besenderte Tiere in den von dem Kamerasystem abgesehenen Flächen aufhielten (s. Übersichtskarte in Abb. 34). In einem zweiten Schritt sollte dann überprüft werden, ob diese Tiere bei der Auswertung der IR-VIS-Bilder entdeckt werden konnten.

Die GPS-Positionen der Flugrouten wurden zunächst mit einem Radius von 75 Metern gepuffert. Dadurch ergibt sich im Bereich des Flugpfades eine Zone, deren Breite in etwa der Bildfeldbreite der Befliegungsaufnahmen entspricht.



**Abb. 34:** Übersichtskarte zu den Telemetriepositionen der Hirsche und Rehe sowie der Flugpfade im Nationalpark Bayerischer Wald. (Daten: Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald und aerosense; Kartografie: GISCAT).

Ohne Berücksichtigung der Zeitangabe liegen von den 4323 Positionsangaben der Hirsche 765 Positionen und von den 2416 Positionsangaben der Rehe 651 räumlich im Bereich der gepufferten Flugpfade.

Der zeitliche Abstand zwischen den Positionsmeldungen der besenderten Tiere differiert stark und liegt zwischen 5 Minuten und 1 Stunde. Nach dem zeitlichem Abgleich der Standorte der Tiere mit dem Zeitpunkt des Überfluges konnten weder für Hirsche noch für Rehe eine Übereinstimmung gefunden werden.

Da die Telemetriedaten jedoch teilweise nur im Stundentakt dokumentiert worden sind, muss es nicht heißen, dass sich zum Zeitpunkt des Überfluges keine Tiere im Bereich des Flugpfades aufgehalten haben. Dies kann jedoch nicht genau genug nachvollzogen werden.

Um die Eignung der Erfassungsmethode durch das Wiederauffinden von GPS-besenderten Tieren zu überprüfen, wären umfangreichere Versuche, wie ein aktives Anfliegen der besenderten Tiere notwendig. Dies erfordert jedoch eine enge Abstimmung mit Mitarbeitern des Telemetrieprojektes und ein aktuelle Standortübertragung der Tiere. Dies war im Rahmen des Vorhabens technisch und organisatorisch nicht möglich.

## 7. Diskussion

Die Ergebnisse der insgesamt 46 Erfassungsflüge in den Projektgebieten zeigen, dass mit Hilfe der Kopplung der IR-VIS-Kameras eine Zählung von größeren Säugetieren, wie den verschiedenen Schalenwildarten, auch in Waldgebieten möglich ist. Die Ergebnisse lieferten für die Kooperationspartner in den Projektgebieten mit Ausnahme des Pfälzerwaldes Informationen zur Höhe der Schalenwildbestände, die zum Teil über den bisher angenommenen lagen. Durch das standardisierte Absuchen einer großen Fläche konnten zudem neue Informationen zum Verbreitungsschwerpunkt der erfassten Arten gewonnen werden. Dies ist vor allem in Gebieten, die vom Boden aus schwer zugänglich sind, von Bedeutung. Das Vorkommen der Rothirsche im Sommer auf dem Hochplateau des Nationalparks Bayerischer Wald oder das Schalenwildvorkommen auf dem „Kindel“ im Nationalpark Hainich sind Beispiele hierfür. Aus den visuellen Aufnahmen der Tiere können Erkenntnisse über die Habitatnutzung der Tiere gewonnen werden.

Im Folgenden werden zunächst die entwickelte Methode, dann die beeinflussenden Faktoren und am Schluss der Vergleich mit anderen Monitoringmethoden diskutiert.

Faktoren, die die Methodeneignung beeinflussen, sind neben der abdeckenden Vegetation, die Wetterbedingungen und hier vor allem die Sonneneinstrahlung, die Jahres- und Tageszeit sowie die jeweilige Tierart.

### 7.1. Methodik

Bei bisher durchgeführten Wildtierzählungen aus der Luft kamen Hubschrauber, 1- oder 2-motorige Motorflugzeuge oder Drohnen mit der entsprechenden Störwirkung und / oder hohen Kosten zum Einsatz (s. Ausführungen Kap. 2.3). Im vorliegenden Projekt wurden **Ultraleichtflugzeuge** bei einer **Flughöhe von ca. 450 m über Grund** eingesetzt. Ein Ziel, nämlich die Entwicklung einer **störungsarmen Methode** der Wildtierzählung, wurde erreicht. So konnten weder bei gegatteten Haus- oder Wildtieren noch bei aus der Luft per Sicht entdeckten freilebenden Tieren Fluchtreaktionen festgestellt werden. Viele visuelle Aufnahmen zeigen Tiere zudem in Ruhe liegend. Das langsam fliegende und geräuscharme Ultraleichtflugzeug wird von den Tieren nicht als Gefahr wahrgenommen.

Der Einsatz von Ultraleichtflugzeugen ist insbesondere gegenüber allen sonstigen luftgestützten Erfassungsmethoden deutlich **günstiger** (s. auch Ausführungen Kap. 2.3). Bei einer Beurteilung, ob die entwickelte Monitoringmethode aus der Luft gegenüber Erfassungsmethoden am Boden kostengünstiger ist, muss die bearbeitete Fläche berücksichtigt werden. Im Durchschnitt konnte pro Stunde ein Gebiet von ca. 3.000 ha beflogen werden, wobei ca. 1.000 ha Fläche tatsächlich von dem Kamerasystem erfasst und nach Huftiere abgesucht wurde. Hinzu kommen der Aufwand für die Flugplanung, die Hin- und Rückreise, evtl. das Warten auf gute Flugbedingungen sowie die Auswertung der Aufnahmen und die Berichterstellung. Der Personaleinsatz ist mit nur zwei Personen gering. Bei den personalaufwändigen Erhebungen am Boden, wie der Scheinwerferzählung oder der Losungszählung, ist jedoch zu berücksichtigen, dass oft freiwillige Helfer (Studenten, Jäger) ohne zusätzliche Kosten mitarbeiten.

Um die Erhebungen standardisiert und unabhängiger von der Erfahrung des Kameraoperators oder des Piloten zu machen, wird der Erfassungsflug entlang von vorher geplanten **sich nicht überlappenden parallelen Linientransekten** durchgeführt. Dieses Vorgehen wird auch von anderen Autoren, wie KISSEL & NIMMO (2011), DANIELS (2006) und EYHOLZER et al. (2002) empfohlen. Durch die Transektbefliegung ist nicht nur die Bearbeiterunabhängigkeit eher gewahrt, sondern auch ein Flächenbezug möglich. Da die Transekte standardisiert angelegt werden, stellen sie eine repräsentative Stichprobe aus dem Gesamtgebiet dar, was anhand von linearen Regressionsanalysen der Wildtierbeobachtungen über die Flugzeit und Unterstichproben gezeigt werden konnte.

Die **Zuverlässigkeit der Erfassungsmethode** konnte anhand von Wiederholungsflügen gezeigt werden, die zur gleichen Tageszeit und bei ähnlichen Wetterbedingungen durchgeführt werden konnten: die ermittelten Schalenwildichten wichen nur gering voneinander ab (CVs zwischen 2% und 10%). DANIELS (2006) gibt die Zuverlässigkeit von Wiederholungszählungen mit Hilfe von IR-Kameras aus Hubschraubern in zwei Gebieten in Schottland mit jeweils 10% an.

## 7.2. Einfluss der Vegetation

Mit zwei verschiedenen Ansätzen wurden Entdeckungswahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit der nach oben abschirmenden Vegetation ermittelt. Experimentell konnte ein hoher Anteil (75-94%) an Hunden unter **Laubwald** (Buchenwald in zwei verschiedenen Alterklassen) anhand des Wärmesignals entdeckt werden. Diese hohe Entdeckungswahrscheinlichkeit wird durch den weiteren Ansatz, der Zählung von Tieren in einem Gatter mit bekanntem Besatz bestätigt: unter Buchen konnten 78-85% der Rothirsche eines Gatters aus der Luft erfasst werden.

In **Nadelwäldern** ist die Durchsicht stärker eingeschränkt. In Fichtenaltbestand konnten experimentell zwischen 50-63% der Hunde entdeckt werden. Die Erfassung von Rothirschen in einem Gatter mit bekanntem Besatz, das mit älterem Nadelwald und ausgetriebenen Laubbäumen bestockt ist, bestätigt mit 50% Entdeckungswahrscheinlichkeit wiederum das Ergebnis des Experiments. Für dichtes Fichtenstangenholz ist die Erfassungsmethode erwartungsgemäß aufgrund der hohen Vegetationsabdeckung (90%) nicht geeignet.

Bereits NAUGLE et al. (1996) geben an, aus der Luft mit Hilfe einer IR-Kamera 88% der parallel am Boden gezählten Weißwedelhirsche in Laubwald in South Dakota, USA erfasst zu haben. Dagegen schwanken die Detektionsraten von besenderten Weißwedelhirschen in Eichenwäldern in Missouri, USA bei HAROLDSON et al. (2003) zwischen 31% und 89%. Die Tiere wurden dabei durch einen Kameraoperator aktiv gesucht. Die großen Unterschiede der Entdeckungswahrscheinlichkeit führen die Autoren auf die unterschiedliche Erfahrung der Mitarbeiter mit der IR-Technik zurück.

BERNATAS & NELSON (2004) geben eine hohe Erfassungswahrscheinlichkeit von besenderten Dickhornschafen von 85-89% an, wobei zu beachten ist, dass keiner der Vegetationstypen (Felsen, Grasland, Wachholderheide) die Schafe verdecken kann. Die Einschätzung von LICOPPE & DAHMEN (2006), dass ein Wildtiermonitoring aus der Luft mittels IR für Nadelwald nicht geeignet ist, kann so pauschal nicht geteilt werden, da eine Betrachtung des Kronenschlussgrades erforderlich ist. Auch EYHOLZER et al. (2002) setzen die Entdeckung von Wärmebeuteln als Säugetierattrappen ebenfalls in Abhängigkeit zum Kronenschlussgrad. Dieser Versuch wurde ausschließlich unter Nadelwaldabdeckung durchgeführt. Bei einem durchschnittlichen Kronenschlussgrad von ca. 50% konnte knapp die Hälfte der Objekte mittels

IR-Kamera entdeckt werden. Diese Entdeckungswahrscheinlichkeit entspricht wiederum ungefähr dem von uns ermittelten Wert für Fichtenaltbestände (50-63 %).

Dementsprechend konnten, wenn die Aufnahmebedingungen gut waren, in den Laubwaldgebieten der Nationalparke Hainich und Kellerwald-Edersee eine hohe Anzahl an Huftieren gezählt werden. Der hohe Nadelwaldanteil im Untersuchungsgebiet des Pfälzerwaldes von über 60% kann dagegen ein Grund für die geringe Anzahl an detektierten Huftieren sein. Daneben sind für den Pfälzerwald jedoch weitere Faktoren denkbar, die die Erfassbarkeit der Tiere aus der Luft erschweren, wie zum Beispiel sehr heterogenes Relief durch Kerbtäler oder eine sehr versteckte Lebensweise aufgrund von vielen Störungen (Forstwirtschaft, Freizeitaktivitäten auf sehr dichtem Wegenetz) am Tag.

### 7.3. Einfluss der Wetterbedingungen

Die Sonneneinstrahlung beeinflusst die Auswertbarkeit des IR-Filmes sehr stark.

Beim Vergleich der Wiederholungen zeigt sich, dass die höchste Anzahl Schalenwild in über 85% der Fälle bei **abgedecktem oder teilweise abgedecktem Himmel** erfasst werden konnte. Einige Erfassungsflüge bei klarem Himmel waren nicht auswertbar, da die Temperaturdifferenzen der Tiere zur Umgebung entweder zu gering bzw. nicht vorhanden waren und / oder andere Objekte (Baumstümpfe, Felsen usw.) ebenfalls erwärmt waren und es zu aufwändig wäre, jede IR-Signatur mit dem visuellen Bild abzugleichen. Nach BERNATAS & NELSON (2004) ist eine Wildtiererfassung aus der Luft mit Hilfe von Wärmebildtechnik bei abgedecktem Himmel (Erfassungswahrscheinlichkeit von 96%) ebenfalls erfolversprechender wie bei klarem Himmel (Erfassungswahrscheinlichkeit von 85%), wobei sie keine signifikanten Abhängigkeiten feststellen können. Sie weisen zusätzlich darauf hin, dass der Biotoptyp beachtet werden sollte: IR-Wildtierzählungen sind bei direkter Sonneneinstrahlung auch nach unserer Einschätzung vor allem auf Flächen mit einem hohen Emissionsgrad, wie Felsen und Baumstümpfen, problematisch.

Für DANIELS (2006) sind Wildtierzählungen mittels IR-Technik für Schottland ungeeignet, da die optimalen Wetterbedingungen von Schnee, niedrigen Temperaturen ( $< 3^{\circ}\text{C}$ ) und abgedecktem Himmel dort zu selten vorkommen. Die Notwendigkeit von Schnee und niedrigen Temperaturen können wir nach unserer Erfahrung und den Einschätzungen anderer Autoren nicht bestätigen. Gerade Schnee und sehr kalte Temperaturen können sich sogar negativ auf die Detektierbarkeit der Tiere auswirken (s. auch Ausführungen zur „Jahreszeit“). Auf Schnee war die Temperaturdifferenz der Tiere gegenüber der Umgebung meist sehr gering bzw. nicht vorhanden. Bereits HAVENS & SHARP (1998) stellten fest, dass Schnee nicht unbedingt günstig für die Detektierbarkeit von Großsäugern (Weißwedelhirsche, Pumas) sein muss und auch POTVIN & BRETON (2005) machten die Erfahrung, dass bei zu großer Kälte die Wärmeabstrahlung von Weißwedelhirschen so gering ist, dass diese nicht mehr entdeckt werden können.

### 7.4. Einfluss der Tageszeit und der Jahreszeit

Häufig wird in der Literatur die Durchführung von Erfassungsflügen in der Nacht bzw. in den frühen Morgenstunden empfohlen (z. B. EYHOLZER et al. 2002, POTVIN & BRETON 2005). Es wird davon ausgegangen, dass die Tiere sich dann leichter einsehbar auf Äsungsflächen aufhalten, und dass zu dieser Zeit eine möglichst hohe Temperaturdifferenz zwischen den Tieren und der Umgebung auftritt. Im Laufe des Projektes hat sich aber gezeigt, dass zu allen Tageszeiten eine Erfassung einer hohen Anzahl von Schalenwild möglich ist. Die Aussagen von HAROLDSON et al. (2003) zur geeigneten Tageszeit sind heterogen. So fanden sie morgens und

mittags eine ähnlich große Anzahl von mit Halsbandsendern markierten Hirschen, wobei die Anzahl der insgesamt gezählten Tiere (also auch Tiere ohne Halsbandsender) morgens signifikant höher war wie mittags.

Nachtflüge sind für das Wildtiermonitoring mittels gekoppelten IR-VIS-Kameras ungeeignet, da die visuellen Aufnahmen zur Bestimmung der Tierart erforderlich sind, zumindest in Gebieten, in denen mehrere große Säugetierarten vorkommen.

Nach unseren Erfahrungen ist eine Wildtierzählung mit der entwickelten Methode zu allen **Jahreszeiten** möglich. Entgegen den Erwartungen ist selbst im Hochsommer zumindest bei Rothirschen die Temperaturdifferenz zur Umgebung so hoch, dass die Tiere deutlich auf dem IR-Film zu erkennen sind.

Wie bereits bei den Wetterbedingungen (Kap. 7.3) ausgeführt, scheinen sich sehr kalte Außentemperaturen oder Schneelagen ungünstig auf die Detektierbarkeit auszuwirken. Inwiefern sich niedrige Temperaturen zu verschiedenen Jahreszeiten unterschiedlich auf die Detektierbarkeit auswirken, kann nur vermutet werden. Zu diesem Schluss kann man anhand der Ergebnisse von POTVIN & BRETON (2005) kommen. Im Oktober gelang es ihnen trotz kalter Außentemperaturen, Weißwedelhirsche auf einer kanadischen Insel mit Hilfe einer IR-Kamera aus der Luft zu zählen. Mitte Januar konnten die Hirsche aufgrund zu geringer Wärmeabstrahlung nicht mehr detektiert werden.

Hier kann der Effekt zum Tragen kommen, dass Rothirsche und vermutlich auch andere Huftiere in der Lage sind, bei ungünstigen äußeren Bedingungen die Durchblutung und damit die Körpertemperatur in der Körperschale zu reduzieren. Ausschließlich kalte Außentemperaturen reichen aber nicht aus, um diese „Energiesparmaßnahme“ auszulösen. Der Effekt tritt am häufigsten und am deutlichsten im Spätwinter nachts und am Morgen auf, wenn die Körperfettreserven bereits weitgehend aufgebraucht sind (pers. Mitteilung ARNOLD 2009, ARNOLD et al. 2004).

Inwiefern eine Bestandserfassung zu Beginn des Winters erfolgreicher ist, kann nicht abschließend beurteilt werden. Über 70 % der Erfassungsflüge fanden aufgrund der Anpassung an das Jagdmanagement in den Gebieten im Spätwinter und Frühjahr statt. In diesem Zeitraum war es durchaus möglich, eine große Anzahl an Schalenwild zu detektieren. Bei Erfassungsflügen im ausgehenden Winter empfehlen wir jedoch, diese mittags oder abends durchzuführen.

## **7.5. Einflussfaktoren für die artspezifische Bestimmung**

Nach Methodenverbesserungen konnte im letzten Projektjahr die Tierart bei durchschnittlich 57% aller mittels Wärmesignal entdeckten Tiere anhand der parallel aufgenommenen Echtfarbenbilder bestimmt werden.

Die artspezifische Erkennbarkeit hängt, wie die Detektierbarkeit des Objektes mit Hilfe der IR-Kamera, sicher auch mit dem Abdeckungsgrad über dem Objekt zusammen. Trotz Vegetationsabdeckung müssen auf dem VIS-Bild bestimmte Merkmale des Tieres zu erkennen sein, die die Zuordnung der Tierart ermöglichen. Eine sichere Artansprache war nicht auf das Offenland beschränkt, wie die Auswertung der Vegetation im nahen Umfeld von sicher auf Artniveau bestimmten Huftieren ergab. Ca. 40% der Tiere konnten in reinen Waldbereichen identifiziert werden, davon sogar 14% in Nadelwald.

Das **Spektrum der erfassten Tierarten** reicht von Dachs und Fuchs bis hin zu den großen Schalenwildarten, Rothirsch, Damhirsch, Wildschwein und Reh. Im Wildtiergehege im Bayerischen Wald und bei einer Befliegung eines Truppenübungsplatzes in Ostdeutschland außerhalb des Vorhabens konnten außerdem Wölfe detektiert werden.

Bisher war eine Wildtierzählung mit Hilfe von Wärmebildtechnik aus der Luft unter Vegetation nur möglich, wenn eine größere Säugetierart im Gebiet vorkam (KISSEL & NIMMO 2011, NAUGLE et al. 1996). So zählten KISSEL & NIMMO (2011) Weißwedelhirsche in Offenland und Laubwald in vier Gebieten in den USA rein anhand der IR-Signatur, da ihrer Aussage nach keine Säugetierarten mit ähnlicher IR-Signatur in den Zählgebieten vorkommen. Sind mehrere größere Säugetierarten vorhanden, war eine Arterkennung unter Vegetation selbst bei aktiver Suche mit Kreisen über dem mittels der IR-Kamera erfassten Objekt und / oder einem Wechsel auf ein Teleobjektiv nicht möglich (EYHOLZER et al. 2002) bzw. auf das Offenland begrenzt (LICOPPE & DAHMEN 2006, POTVIN & BRETON 2005, BERNATAS & NELSON 2004).

Die große Anzahl an gezählten Rothirschen, Damhirschen und Wildschweinen deutet bereits an, dass **Rudeltiere unter Vegetation eher auf Artniveau angesprochen werden können**, wie Einzelgänger oder Verbände mit geringer Anzahl an Individuen. Die statistische Analyse des Erfassungsfluges mit den meisten Tierdetektionen zeigte dementsprechend, dass die Anzahl der Tiere auf den visuellen Aufnahmen die Arterkennbarkeit signifikant beeinflusst. Dies ist leicht vorstellbar: bei mehreren Individuen sind unter dichter Vegetation eher Körperteile der Tiere zu erkennen, die eine eindeutige Identifizierung ermöglichen, wie bei einem oder wenigen Tieren. BERNATAS & NELSON (2004) stellten bei der Zählung von besenderten Dickhornschafen keine signifikanten Unterschiede aufgrund der Rudelgröße fest, wobei zu beachten ist, dass diese Erfassungen ausschließlich auf Felsen bzw. in niedriger Vegetation stattfanden.

Die entwickelte Erfassungsmethode ist für ein Wildtiermonitoring unter Waldvegetation vor allem für die **großen Schalenwildarten, wie Rothirsch und Damhirsch** geeignet.

Auch wenn beide Hirscharten in einem Untersuchungsgebiet vorkommen, können Rot- und Damhirsche anhand der unterschiedlichen Größe und Körperform sowie der verschiedenen Fellfärbung gut voneinander unterschieden werden. Beim Damwild kommen sehr variable Fellfärbungen von fast schwarzen bis zu weißen Tieren vor. Diese regional oft unterschiedlichen Fellfärbungen sind bei der Auswertung zu beachten.

Der Vergleich der Ergebnisse der Befliegungen mit den Ergebnissen der Scheinwerfer-Taxation im Nationalpark Kellerwald-Edersee von 2010 zeigt ebenfalls die Methodeneignung für Rotwild: bei der Befliegung wurde bereits ohne Einberechnung von Übersehraten aufgrund der Vegetationsabdeckung eine 50 % höhere Rotwilddichte ermittelt. Die Bestandsdichten des Damwildes waren wieder ohne Berücksichtigung der Vegetationsabdeckung bei der Befliegung bei beiden Erfassungsmethoden ähnlich.

Die Anzahl der erfassten **Rehe** lag sicher deutlich unter dem tatsächlichen Bestand. Mit einer Kopf-Rumpf-Länge von 90-130 cm sind Rehe zwar deutlich kleiner wie beispielsweise Rothirsche mit 130-250 cm, aber auch deutlich größer wie Fuchs oder Dachs, die im Offenland ebenfalls gezählt werden konnten. Feldrehe, die vor allem im Winter in großen Sprüngen vorkommen, konnten außerhalb des Projektes auch gut erfasst werden. Die detektierten Rehe waren anhand ihrer IR-Signatur gut erkennbar.

Die Größe der Rehe und ihre Wärmeabstrahlung sind somit nicht die alleinigen Faktoren, die die Erfassbarkeit beeinträchtigen. Eine Erklärung kann sein, dass die im Wald lebenden Rehe

überwiegend Einzelgänger sind bzw. in kleinen Familienverbänden leben und als sogenannte „Schlüpfer“ außerhalb der Äsungsflächen sehr versteckt leben (RAESFELD 2003). Dementsprechend wurden bei den Befliegungen fast ausschließlich 1-2 Rehe an einem Ort gezählt. Dies bestätigen auch andere Beobachtungen von Rehen. So wurden bei den Scheinwerferzählungen im Nationalpark Kellerwald-Edersee 2010 vor allem einzelne Rehe oder kleine Verbände von 2-3 Tieren beobachtet. Das Auftreten von einzelnen Stücken, die dann noch unter dichter Vegetation versteckt leben, scheint sich für die Erfassbarkeit der Rehe aus der Luft als problematisch zu erweisen. Während Rudeltiere wie ausgeführt häufig auf Artniveau bestimmt werden konnten, sind die unbestimmten Tiere oft Detektionen mit 1 oder 2 Wärmebildsignalen. Es kann vermutet, aber nicht belegt werden, dass es sich hier um Rehe handelt. Eventuell können weitere Analysen der Größe der IR-Signatur Aufschluss darüber geben.

**Wildschweine** können mit der entwickelten Methode detektiert werden. Insbesondere Wildschweinkessel mit mehreren Tieren scheinen gegenüber einzeln stehenden Tieren eine höhere Wärmeabstrahlung aufzuweisen und sind damit leichter zu entdecken. So ist es selbst unter Schlehengebüsch möglich, Wildschweinkessel zu detektieren, wobei die genaue Anzahl an Tieren aufgrund der schlechten Einsehbarkeit auf den visuellen Aufnahmen oft nicht angegeben werden kann.

Neben Bestandsdichten und Mindestbeständen sind für ein Wildtiermanagement auch der **Altersaufbau** und das **Geschlechterverhältnis** von Interesse. Aussagen hierzu sind durch die entwickelte Methode dann möglich, wenn die Vegetation so lückig oder niedrig ist, dass die kompletten Tierkörper bzw. geschlechtsspezifische Merkmale zu sehen sind. So geben bereits TRENKEL et al. (1997) an, dass Geschlecht und Altersklassen von Rothirschen im Offenland Schottlands bei rein visuellen Transektbefliegungen genauso gut zu erkennen sind, wie bei Zählungen am Boden.

Das Geschlechterverhältnis kann angegeben werden, wenn Geweihe auf den VIS-Bildern zu erkennen sind. Jungtiere können aufgrund der Größenunterschiede sowohl der IR-Signaturen als auch auf den Echtfarbenbildern unterschieden werden; am leichtesten ist dies kurz nach der Setzzeit möglich, da dann die Größenunterschiede am deutlichsten sind. So empfehlen auch BERNATAS & NELSON (2004), die IR-Befliegungen für die Zählung von Dickhornschafen im Mai kurz nach dem Ablammen durchzuführen. Sie konnten in diesem Zeitraum das Geschlecht, die Anzahl an Jungtieren und alle Altersklassen der Böcke identifizieren.

Durch die großflächige und über das ganze Untersuchungsgebiet gleichmäßig verteilte Erfassung sind Aussagen zur **räumlichen Verteilung des Schalenwilds** möglich. Beispielhaft wurde dies durch die Zuordnung der erfassten Tiere zu Jagdbezirken für den Nationalpark Hainich und die Darstellung der Verbreitung von Arten innerhalb von 1 km<sup>2</sup>-Rastern im Nationalpark Kellerwald-Edersee umgesetzt. Weiterhin sind Verschneidungen der Tierdetektionen mit Lebensraumtypen in den Erfassungsgebieten möglich, durch die Aussagen zu Habitatpräferenzen der Arten gemacht werden können. Bei für die Erfassungsmethode geeigneten Vegetationstypen sind solche Aussagen flächendeckend und unabhängig von der Zugänglichkeit möglich.



## 7.6. Vergleich mit anderen Methoden des Wildtiermonitorings

Im Rahmen des Vorhabens war es weder vorgesehen noch möglich, gezielt Tests zum Vergleich verschiedener Monitoringmethoden durchzuführen. Aufgrund der in den Gebieten bereits vorhandenen Angaben zu Wildtiervorkommen bzw. -dichten konnten die Methoden jedoch teilweise beschreibend verglichen werden.

Ein Vergleich mit den Jagdstrecken war nicht sinnvoll, da in den Nationalparks ein an die Zonierung angepasstes Jagdmanagement stattfindet. Bei einem räumlichen Vergleich der erlegten und aus der Luft gezählten Stücke wurde für den Nationalpark Hainich festgestellt, dass sich ca.  $\frac{1}{4}$  der aus der Luft gezählten Rot- und Damhirsche in der 800 ha großen jagdfreien Kernzone aufhielten. Bereits in anderen Studien konnte gezeigt werden, dass sich Schalenwild bei einer jagdlichen Beruhigung von Gebieten dorthin zurückzieht (z. B. TOTTEWITZ & NEUMANN 2010).

Es gibt nur wenige Arbeiten, die Monitoringmethoden am Boden mit der Infrarot-Technik aus der Luft vergleichen.

2006 verglich DANIELS Rotwildbestände, die unter anderem durch Losungszählungen, durch visuelle Zählung am Boden und durch IR-Taxation aus Hubschraubern für Offenlandbereiche in Schottland ermittelt wurden. Mittels IR-Taxation aus der Luft zählte er deutlich weniger Rotwild wie mit den anderen Methoden und kommt zu dem Schluss, dass die IR-Taxation aus der Luft wenig geeignet sei. Diese Schlussfolgerung ist unseres Erachtens falsch, da er selbst in der Diskussion Störeinflüsse völlig unberücksichtigt lässt und dies, obwohl die Hubschrauber in nur 70 m über Grund flogen. Die Ergebnisse zeigen demnach vielmehr, dass tiefe Befliegungen mit Hubschraubern nicht geeignet sind, um Wildtiere zu zählen.

Während am Boden schon mehrfach festgestellt wurde, dass mit der Infrarot-Taxation mehr Tiere gegenüber der Scheinwerferzählung entdeckt werden können (z. B. FORCARDI et al. 2001, GILL et al. 1997), gibt es nur wenige Vergleiche mit Befliegungsergebnissen. NAUGLE et al. (1996) stellen fest, dass durch Erfassung aus der Luft mit Hilfe von FLIR (Forward Looking Infrared Radiometer) gegenüber der Scheinwerferzählung mehr Tiere erfasst werden können. Die von ihnen aus der Luft ermittelte Dichte von Weißwedelhirschen liegt mit 16,5 St./100km<sup>2</sup> über den Angaben der Scheinwerferzählung mit 13,6 St./100ha. Unsere Ergebnisse zeigen für den Nationalpark Kellerwald-Edersee, dass mit den IR-VIS-Befliegungen zumindest für Rotwild deutlich höhere Mindestbestandsdichten (3-4 St./100 ha) wie mit der Scheinwerferzählung (1,3 St./100 ha bzw. 2,0 St./100 ha mit Korrekturfaktoren) ermittelt werden.

Bei diesem Methodenvergleich wurde weiterhin deutlich, dass die Zählungen aus der Luft die Vorteile haben, dass sie unabhängig von Wegen und von vorhandenen Wildwiesen sind.

Für die Zukunft wäre die gezielte Untersuchung der Verschiedenen Monitoringmethoden, die zeitnah in den gleichen, möglichst abgeschlossenen Lebensräumen angewendet werden, wünschenswert. Dann könnten genauere Aussagen zur Zuverlässigkeit und Exaktheit der Methoden gemacht werden.

## **8. Projektbegleitende Öffentlichkeitsarbeit und Wissenstransfer**

Zu Projektbeginn wurde in Abstimmung mit den Kooperationspartnern eine **Projektbeschreibung** erstellt und an Interessierte verbreitet.

Neben dem intensiven direkten Austausch mit Wissenschaftlern aus verschiedenen Institutionen, wie dem ITAW, ehemals IWFO Hannover, der LMU München, der Uni Trier und der Uni Wien, wurde das Projekt auch auf **Informationsveranstaltungen, Tagungen und Workshops** dem Fachpublikum vorgestellt und sofern vorhanden in den jeweiligen Tagungsunterlagen veröffentlicht:

- 04.08.2009: Experten-Workshop zum Projekt in Bad Wildungen
- 13. - 17.09.2009: 83. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Säugetierkunde (DGS) in Dresden
- 02.09.2010: Tagung der Gesellschaft für Ökologie (GfÖ) in Giessen
- 05.03.2011: Tagung der Gesellschaft für Naturschutz und Ornithologie Rheinland-Pfalz (GNOR) in Hanhofen
- 19. und 20.05.2011: Workshop Schalenwildmonitoring in Hannover
- 05. – 09.09.2011: 30. IUGB Kongress in Barcelona
- 14.09.2011: 34. Bonner Jägertag in Bonn
- 03. und 04.11.2011: Abschlussveranstaltung in Quirnheim/Pfalz

**Presseartikel:** Während des Aufenthaltes in den Projektgebieten wurde mehrfach über das Projekt in der Tagespresse berichtet.

### **Fernsehbeiträge:**

Einer breiteren Öffentlichkeit konnte das Projekt und die Methode zur Wildtiererfassung in verschiedenen Fernsehbeiträgen näher gebracht werden:

2009: Mittel Deutscher Rundfunk (MDR) über die Befliegungen des Nationalparks Hainich

2009: Bayerischer Rundfunk über die Befliegungen des Nationalparks Bayerischer Wald

2010: ZDF: „Deutschland von oben“ im Rahmen der Reihe „Terra X“

## 9. Fazit

Das Ziel dieses Projektes, nämlich die Weiterentwicklung und vor allem die Etablierung dieser innovativen Monitoringmethode, wurde erreicht. So wurden mittlerweile diverse Befliegungsprojekte außerhalb des Projektes durchgeführt und weitere stehen aktuell in der Vorbereitung.

Allerdings zeigte sich innerhalb der letzten 3 Jahre auch die Komplexität der Thematik.

So ist zum Beispiel die Wärmeabstrahlung der Tiere nicht immer so, wie das ursprünglich vermutet wurde. Anscheinend können sich die Tiere sehr gut an die Lebensbedingungen anpassen und das Auffinden mittels Wärmebildtechnik mit dieser natürlichen Energiesparmaßnahme erschweren. Auch deswegen ist eine automatisierte Auswertung zurzeit noch nicht möglich, wodurch noch viel Arbeitszeit in die manuelle Datendurchsicht fließt. Auch wenn die Vegetationsabdeckung einen großen Einfluss auf die Detektionswahrscheinlichkeit ausübt, so kann diese Methode trotzdem für viele Waldhabitats genutzt werden. Fallen dichte Nadelwälder mit dem Vorkommen anderer negativer Einflussfaktoren wie großes Relief oder starke Störung zusammen, so scheint diese Methode momentan an Ihre Grenzen zu stoßen.

Allerdings stehen für die Zukunft, nicht nur auf Grund der schnellen technischen Weiterentwicklung, einige potentielle Methodenverbesserungen zur Verfügung. Diese sind unter anderem:

- Höhere geometrische Auflösung des IR Films (Kameratechnik/Befliegungsparameter)
- Bessere Echtfarbenaufnahmen (Kameratechnik/Halterung)
- Teilautomatisierte – automatisierte Auswertung
- Exakte, automatisierte Überlagerung der IR und VIS Daten
- Verschneidung der Ergebnisse mit der Bodenvegetation und Einbeziehung der Entdeckungsraten
- Verfeinerte Nutzung statistischer Auswertungen und Modellierungen

Alle genannten Punkte ermöglichen uns diese Monitoringmethode in Zukunft noch zu verbessern und deren Anwendung weiter zu verbreiten.

**... our mind is like a parachute – it works better when it`s opened ...**

## 10. Literatur

- ARNOLD, A., TH. RUF, S. REIMOSER, F. TATARUCH, K. ONDERSCHEKA & F. SCHOBBER (2004): Nocturnal hypometabolism as an overwintering strategy. *Am J Physiol* **286**, 174-181.
- Bernatas, S. & L. Nelson (2004): Sightability model for California bighorn sheep in canyonlands using forward-looking infrared (FLIR). *Wildlife Society Bulletin* **32**(3): 638-647.
- BORKOWSKI J., S.C.F. PALMER & Z. BORKOWSKI (2011): Drive counts as a method of estimating ungulate density in forests: mission impossible. *Acta Theriol*, **56**, 239-253.
- BUCKLAND S.T., D.R. ANDERSON, K.P. BURNHAM, D.L. BORCHERS & L. THOMAS L (2004): Advanced distance sampling. Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press.
- BUCKLAND S.T., D.R. ANDERSON, K.P. BURNHAM, J.L. LAAKE, D.L. BORCHERS & L. THOMAS (2001): Introduction to distance sampling. Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press.
- BURN, D. M., M. S. UDEVITZ, S. G. SPECKMAN, R. B. BENTER (2009): An improved procedure for detection and enumeration of walrus signatures in airborne imagery. *International journal of applied earth observation and geoinformation* **11**, 324-333.
- CAUGHTLEY, G. (1974): Bias in aerial survey. *Journal of Wildlife Management* **38**: 921-933.
- DANIELS M. J. (2006): Estimating red deer (*Cervus elaphus*) populations: an analysis of variation and cost-effectiveness of counting methods. *Mammal Review* **36**, 235-247.
- DUSCHER, A., Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie an der Veterinärmedizinische Universität Wien; tel. Kontakt; 2008.
- EBERT, C., F. KNAUER, B. SPIELBERGER, B. THIELE & U. HOHMANN (im Druck): Estimating wild boar (*Sus scrofa* L.) population size faecal DNA and capture-recapture modelling. *Wildlife Biology*.
- EWALD, J., H. JEHL, L. BRAUN & E. LOHBERGER (2011): Die Vegetation des Nationalparks Bayerischer Wald als Ausdruck von Standort und Walddynamik. *Tuexenia* **31**: 9-38.
- EYHOLZER, R., BAUMANN, M., JÄGGI, C., WILLNEFF, J. & M. BALTSAVIAS (2002): Bericht FLIR: Methodenentwicklung für den Einsatz von luftgestützten Wärmebildgeräten zum Monitoring von freilebenden Huftieren. Studie i. A. Eidg. Forstdirektion Bern. 37 S. (unveröff.).
- FICKEL J. & U. HOHMANN (2006): A methodological approach for non-invasive sampling for population size estimates in wild boars (*Sus scrofa*). *European Journal of Wildlife Research* **52**, 28-33.
- FIETZ, U. & M. HEURICH (2004): Rotwild – Ein Grenzgänger im Bayerischen Wald. *LWFaktuell* **44**, 3-5.
- FOCARDI, S., DE MARINIS, A., RIZZOTTO, M. & A. PUCCI (2001): Comparative evaluation of thermal infrared imaging and spotlighting to survey wildlife. In: *Wildlife Society Bulletin* **29** (1), 133-139.
- FRANKE, U. (2004): Technische Erprobung der artspezifischen und quantitativen Erfassung von Schalenwild durch kostengünstige, luftgestützte IR-Aufnahmesysteme aus Leichtflugzeugen. Unveröff. Diplomarbeit FH Bingen, 56 S.
- GARNER, D., B. UNDERWOOD & W. PORTER (1995): Use of modern infrared thermography for wildlife population surveys. *Environmental Management* **19** (2): 233-238.
- GILL R.M.A., THOMAS M.L. & D. STOCKER (1997). The use of portable thermal imaging for estimating deer population density in forest habitats. *Journal of Applied Ecology* Vol. **34** (5), 1273-1286.
- HALFPENNY, J.C. & E. BIESIOT (1986): A field guide to mammal tracking in North America. Johnson Publishing Co., Boulder, Co. 176 S.
- HARALDSON, B., WIGGERS, E., BERINGER, J., HANSEN, L & J McANINCH (2003): Evaluation of aerial thermal imaging for detecting white-tailed deer in a deciduous forest environment. *Wildlife Society Bulletin* **31** (4), 1188-1197.

- HAVENS, K. J. & E. J. SHARP (1998): Using thermal imagery in the aerial survey of animals. *Wildlife Society Bulletin* **26** (1), 17-23.
- HEURICH, M., BAIERL, F. & T. ZEPPENFELD (2012): Waldentwicklung im Nationalpark Bayerischer Wald in den Jahren 2006 bis 2011. Ergebnisse der Luftbilddauswertung und Hochlageninventur. Berichte aus dem Nationalpark Heft 8/12. Grafenau. 36 S.
- HEURICH, M., LÖTTKER, P., STACHE, A., BAIERL, F. & H. KIENER (2007): Der Luchs im Bergwaldökosystem. *AFZ/Der Wald* Nr. 10/2007, 530-531.
- HEURICH, M. & M. NEUFANGER (2005): Die Wälder des Nationalparks Bayerischer Wald. Ergebnisse der Waldinventur 2002/2003 im geschichtlichen und waldökologischen Kontext. Wissenschaftliche Schriftenreihe des Nationalparks Bayerischer Wald, Band 15. Grafenau, 178 S.
- HOHMANN, U., FAWF; Mitt. per E-Mail 2011.
- HOHMANN U. & U. FRANKE (2007): First results of daylight aerial counts of larger mammals in forested areas using an Infrared-Camera/High-Resolution-Vis-Camera combination. Presentation at the 81. Annual Meeting German Society of Mammalogy, Sept. 23rd to Sept. 26th at Łódź, Poland.
- HOHMANN, U., M. RAHLFS & C. EBERT (2011): Die Rotwildzählung. *Öko Jagd* August 11, 55-56.
- KISSELL, R. & S. NIMMO (2011): A technique to estimate white-tailed deer *Odocoileus virginianus* density using vertical-looking infrared imagery. *Wildlife Biology* **17** (1): 85-92.
- KUNTSCHER, Ch., STEINMÜLLER, S. & K. ZINK (2010): Wildtierzählung im Bayerischen Wald mit Hilfe von Wärmebildkameras in Ultraleichtflugzeugen. Statistische Analyse. Praktikumsbericht am Institut für Statistik der Ludwig-Maximilians-Universität München, 33 S. (unveröff.).
- LICOPPE A. & R. DAHMEN (2006): Expérience de recensement aérien du grand gibier, observations réalisées au-dessus du massif des Hautes-Fagnes. *Forêt wallone* **80**, 36-41.
- MILNER, J.M.; BONENFANT, C.; MYSTERUD, A.; GAILLARD, J-M.; CSÁNYI, S. STENSETH, N.C. (2006): Temporal and spatial development of red deer harvesting in Europe: biological and cultural factors. *Journal of Applied Ecology* **43**, 721-734.
- NATIONALPARK BAYERISCHER WALD (2011a): Nationalparkplan. Hauptband Leitbild und Ziele. 32 S.
- NATIONALPARK BAYERISCHER WALD (2011b): Nationalparkplan. Anlage Schalenwildmanagement. 32S.
- NATIONALPARK HAINICH (2010): Nationalparkplan 2010. Leitbild und Ziele des Nationalparks Hainich. Verwaltung Nationalpark Hainich. 188 S.
- NATIONALPARK KELLERWALD-EDERSEE (2008): Nationalparkplan für den Nationalpark Kellerwald-Edersee. Nationalparkamt Kellerwald-Edersee. 154 S.
- NAUGLE D.E., JENKS J.A. & B.J. KERNOHAN (1996). Use of thermal infrared sensing to estimate density of white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* **24** (1), 37-43.
- OTIS, D.L., BURNHAM, K.P., DAVID, L., CARY C., WHITE, G.C., ANDERSON, D.R. (1978): Statistical Inference from Capture Data on Closed Animal Populations. *Wildlife Monographs* **62**, 135 S.
- OVERTON, WS (1969): Estimating the numbers of animals in wildlife populations. In: Giles RH (ed): *Wildlife management techniques manual*. The Wildlife Society, 403-455.
- PEGEL, M. (1986): Der Feldhase (*LEPUS EUROPAEUS* Pallas) im Beziehungsgefüge seiner Um- und Mitweltfaktoren. *Schriften AK Wildbiol. u. Jagdwiss. Univ. Gießen*, 1-224.
- PETRAK, M. (1998): Auch Rotwild lässt sich zählen. *Rheinisch-Westfälischer Jäger* 2: 36-38.
- POTVIN, F. & L. BRETON (2005): From the field: Testing 2 aerial survey techniques on deer fenced enclosures – visual double-counts and thermal infrared sensing. *Wildlife Society Bulletin* **33** (1), 317-325.
- RAESFELD, F., NEUHAUS, A. & K. SCHAICH (2003): *Das Rehwild*. 9. Aufl.. Kosmos Verlag, Stuttgart, 453 S.
- RAESFELD, F. & K. REULECKE (2003): *Das Rotwild*. 9. Aufl.. Kosmos-Verlag, Stuttgart, 416 S.

- SIMON, O. & J. LANG (2009): Scheinwerfertaxationen zur Erfassung von Rothirsch, Damhirsch und Mufflon im Nationalpark Kellerwald-Edersee. Empfehlungen für das Wildmanagement. Kurzbericht i. A. des Nationalparkamtes Kellerwald-Edersee, Bad Wildungen.
- SMART, J.C.R., A.I. WARD & P.C.L. WHITE (2004): Monitoring woodland deer populations in the UK: an imprecise science. *Mammal Rev.* **34**, 99-114.
- THOMAS, L., S.T. BUCKLAND, K.P. BURNHAM, D.R. ANDERSON, J.L. LAAKE, D.L. BORCHERS & S. STRINDBERG (2002): Distance sampling. *Encyclopedia of Environmetrics*. A.H. El-Shaarawi & W. W. Piegorsch. John Wiley & Sons, Chichester, 544-552.
- TOTTEWITZ F., STUBBE, C., AHRENS M., DOBIÁŠ, K., GORETZKI, J. UND PAUSTIAN K.-H. (1996): Die Losungszählung als Methode der Bestandesschätzung von wiederkäuenden Schalenwildarten. *Zeitschrift für Jagdwissenschaften* **42**, 111-122.
- TOTTEWITZ, F. & M. NEUMANN (2010): Untersuchungen zur Lebensraumnutzung des Rotwildes (*Cervus elaphus* L.) auf der Halbinsel Darß/Zingst im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft durch GPS-Satelliten-Telemetry. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* **35**, 15-31.
- TRENKLE, V., BUCKLAND, S., MCLEAN C. & D. ELSTON (1997): Evaluation of aerial line transect methodology for estimating red deer (*Cervus elaphus*) abundance in Scotland. *Journal of Environmental Management* **50**, 39-50.
- WILMES, F. (2010): Experimentelle Bestimmung von Detektionswahrscheinlichkeiten bei Großsäugern unter Waldvegetation mit Hilfe luftgestützter IR-Systeme. Diplomarbeit an der Fakultät Wald und Forstwirtschaft der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. 49 S (unveröff.).
- WOTSCHIKOWSKY, U., SIMON, O., ELMAUER, K. & S. HERZOG (2006): Leitbild Rotwild. Wege für ein fortschrittliches Management. Deutsche Wildtierstiftung (Hrsg.), 32 S.
- WOTSCHIKOWSKY, U. & A. FISCHER (2004): Wald und Wild sind im Isar-Auwald in Einklang zu bringen. *LWFaktuell* **44**, 6-7.

## Anhang

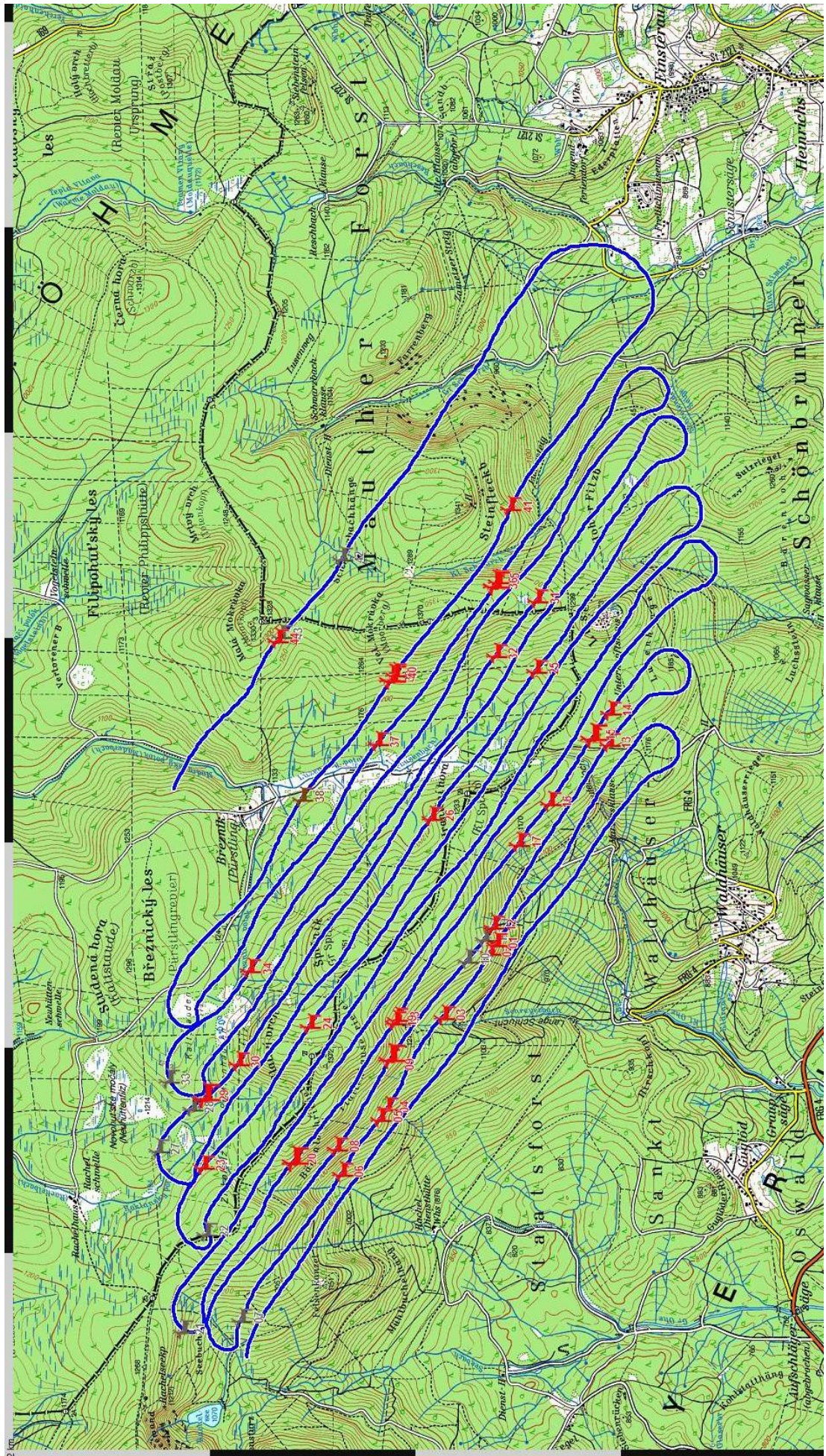
Tab. A1: Transektbefliegung des Rachel-Lusen-Gebietes (Altpark) im Bayerischen Wald am 20.07.2009.

IR Capture Nr.	IR Bild Nr.	VIS Bild Nr.	Zeit IR Bild	Anzahl Tiere	Tierart	Ort GIS-Karte
11	1027	69	18:46:17	1	Rothirsch	1
11	1037	70	18:46:21	1	Rothirsch	2
11	1141	81	18:46:53	2	Rothirsch	3
11	1278	96	18:47:38	2	Rothirsch	4
11	1297	98	18:47:44	1	Rothirsch	5
11	1382	107	18:48:11	1	Rothirsch	6
11	1602		18:49:24	2		7
11	1865	144	18:50:49	2	Rothirsch	8
11	1958	154	18:51:19	3	Rothirsch	9
11	2062		18:51:52	1		10
11	2085		18:52:00	1		11
11	2097	169	18:52:03	2	Rothirsch	12
12	2273	188	18:53:01	1	Rothirsch	13
12	2506	197	18:54:16	2	Rothirsch	14
12	2543	201	18:54:29	3	Rothirsch	15
12	2648	212	18:55:03	1	Rothirsch	16
12	2709	219	18:55:22	2	Rothirsch	17
12	2979	248	18:56:50	2	Rothirsch	18
12	2983	249	18:56:52	2	Rothirsch	19
12	3215	273	18:58:04	3	Rothirsch	20
12	3498		18:59:39	1		21
13	5407		19:09:59	2		22
13	5515	477	19:10:33	2	Rothirsch	23
13	5662	493	19:11:21	2	Rothirsch	24
13	6515	572	19:15:59	2	Rothirsch	25
13	6738	596	19:17:11	1	Rothirsch	26
14	7319		19:20:20	3		27
14	7363		19:20:34	1		28
14	7377	648	19:20:38	3	Rothirsch	29
14	7417		19:20:52	2	Rothirsch?	30
14	8375	744	19:26:03	2	Rothirsch	31
14	8461	753	19:26:31	2	Rothirsch	32
15	9114		19:30:03	1		33
15	9229	820	19:30:40	1	Rothirsch	34
15	10178	902	19:35:48	2	Rothirsch	35
15	10185	903	19:35:50	7	Rothirsch	36
15	10415	928	19:37:06	2	Rothirsch	37
15	11047	979	19:40:31	1	Reh?	38
15	11172	993	19:41:12	3	Rothirsch	39
15	11178		19:41:14	1	Rothirsch?	40
16	11343	1011	19:42:06	1	Rothirsch	41
16	432		19:46:18	2		42
16	560		19:46:59	1		43
16	568		19:47:01	1	Rothirsch?	44
<b>Tiere</b>				<b>81</b>		
<b>Detektionen</b>				<b>44</b>		
<b>Abgesuchte Fläche</b>				<b>952 ha</b>		

**Karte A1:** Tierdetektionen bei der Befliegung des Rachel-Lusen-Gebietes (Altpark) des Nationalparks Bayerischen Wald am 20.07.2009 (952 ha abgesucht).

Die Anzahl der pro Ort erfassten Tiere geht aus der dazugehörigen Tabelle hervor.

(rot = Rothirsch od. Rothirsch?; braun = Reh od. Reh?; schwarz = Wildschwein od. Wildschwein?; grau = Art unbestimmt)

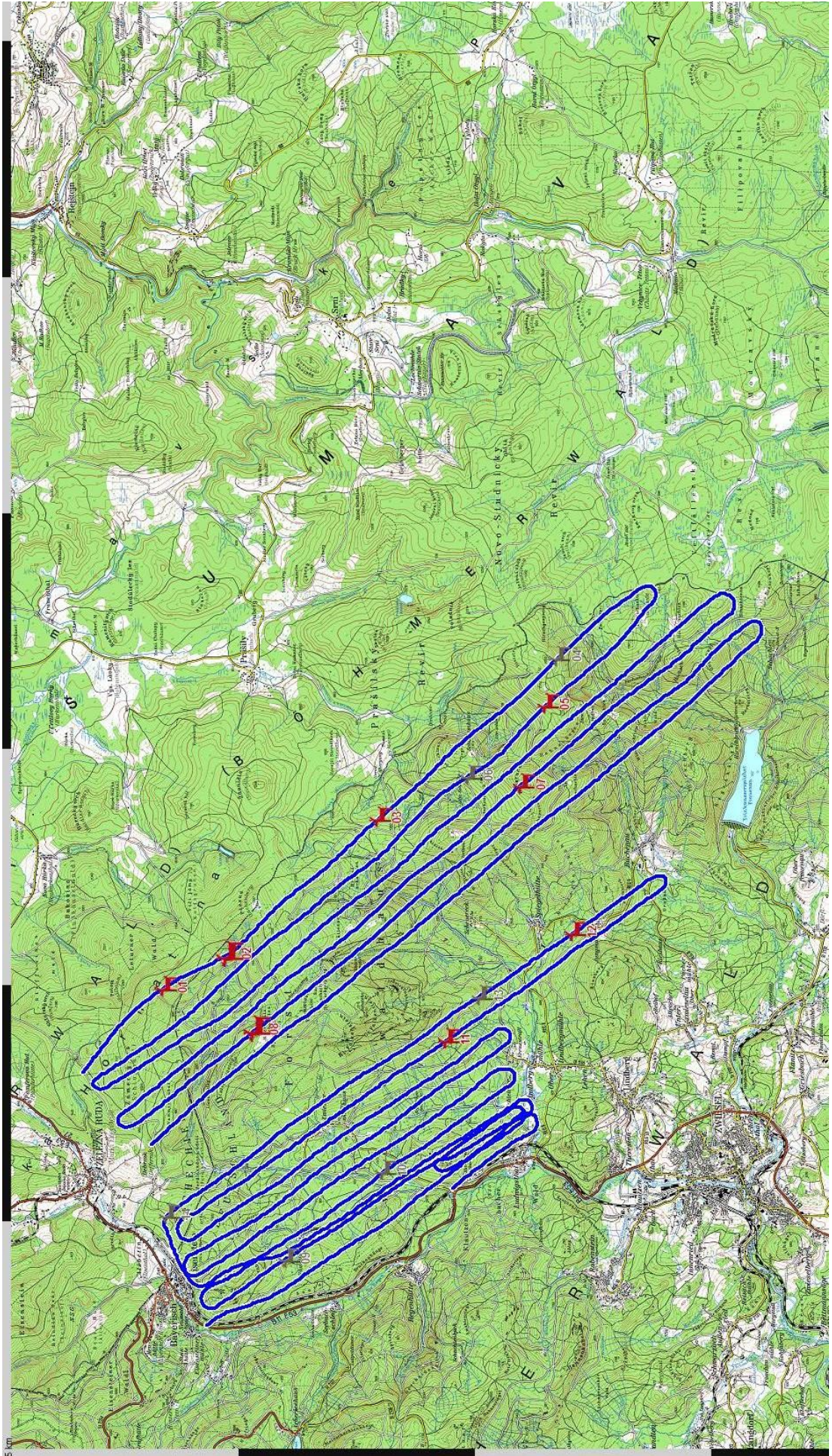




**Tab. A2:** Transektbefliegung des Falkenstein-Rachel-Gebietes (Erweiterung) im Bayerischen Wald am 10.11.2010.

IR Capture Nr.	IR Bild Nr.	VIS Bild Nr.	Zeit IR Bild	Anzahl Tiere	Tierart	Ort GIS-Karte
82	266	26	12:23:32	1	Rothirsch	1
82	406	42	12:24:20	7	Rothirsch	2
82	740	81	12:26:18	1	Rothirsch	3
82	1148		12:28:39	1		4
83	1679	188	12:31:40	3	Rothirsch	5
83	1900	213	12:32:57	1		6
84	4881	551	12:49:53	1	Rothirsch	7
85	6220	705	12:57:36	5	Rothirsch	8
88	1238	1147	13:55:27	2		9
89	1854	1217	13:58:57	1	Wildschwein?	10
91	5078	1585	14:17:24	4	Rothirsch?	11
91	5774	1664	14:21:22	2	Rothirsch	12
91	5987	1688	14:22:35	1		13
92	6716		14:26:43	3		14
<b>Tiere</b>				<b>33</b>		
<b>Detektionen</b>				<b>14</b>		
<b>Abgesuchte Fläche</b>				<b>2.195 ha</b>		

**Karte A2:** Tierdetektionen bei der Befliegung des Falkenstein-Rachel-Gebietes (Erweiterung) des Nationalparks Bayerischen Wald am 10.11.2010 (2.195 ha abgesucht). Die Anzahl der pro Ort erfassten Tiere geht aus der dazugehörigen Tabelle hervor.  
 (rot = Reh?; braun = Reh od. Reh?; schwarz = Wildschwein od. Wildschwein?; grau = Art unbestimmt)



Tab. A3: Transektbefliegung des Nationalparks Hainich am 14.03.2011.

IR Capture Nr.	IR Bild Nr.	VIS Bild Nr.	Zeit IR Bild	Anzahl Tiere	Tierart	Ort GIS-Karte
27	750	76	12:23:52	1		1
27	803	82	12:24:11	2	Damhirsch?	2
27	846	87	12:24:25	1		3
27	1367	146	12:27:23	3	Reh?	4
27	2207	243	12:32:16	1		5
27	2218		12:32:19	1		6
27	2311	255	12:32:52	2		7
27	2586	286	12:34:25	1	Wildschwein?	8
27	2893	321	12:36:09	1	Wildschwein?	9
28	3541	394	12:39:50	1		10
28	3925		12:42:03	2		11
28	3942	440	12:42:09	2	Wildschwein	12
28	4235	473	12:43:48	1		13
28	4484		12:45:13	1		14
28	4801	537	12:47:00	2	Wildschwein	15
28	5130	574	12:48:53	16	Rothirsch	16
28	5218	585	12:49:24	1	Rothirsch?	17
28	5408	606	12:50:28	2	Rothirsch	18
29	6274		12:55:24	4		19
29	6962	782	12:59:19	2	Rothirsch	20
29	7484	841	13:02:16	3		21
29	7488		13:02:17	1		22
29	7560	850	13:02:43	4	Rothirsch?	23
29	8090	910	13:05:44	2		24
29	8981	1011	13:10:48	1		25
30	9279	1045	13:12:30	4	Wildschwein?	26
30	9525	1072	13:13:53	2		27
30	9658	1088	13:14:39	1		28
31	87	1115	13:16:01	4	Rothirsch	29
31	561	1169	13:18:44	1	Rothirsch?	30
31	713	1186	13:19:34	4	Rothirsch?	31
31	842	1203	13:20:25	2	Damhirsch?	32
31	851	1204	13:20:28	2		33
31	875		13:20:37	1		34
31	1438		13:23:48	2		35
31	1449		13:23:52	2		36
31	1536	1282	13:24:22	2		37
31	1788	1310	13:25:49	1	Wildschwein?	38
31	2318	1370	13:28:49	2		39
31	2394		13:29:14	1		40
31	2409	1380	13:29:19	2	Rothirsch?	41
31	2537	1394	13:30:03	3		42
31	2596	1401	13:30:23	2		43
31	2864	1432	13:31:55	2	Wildschwein?	44

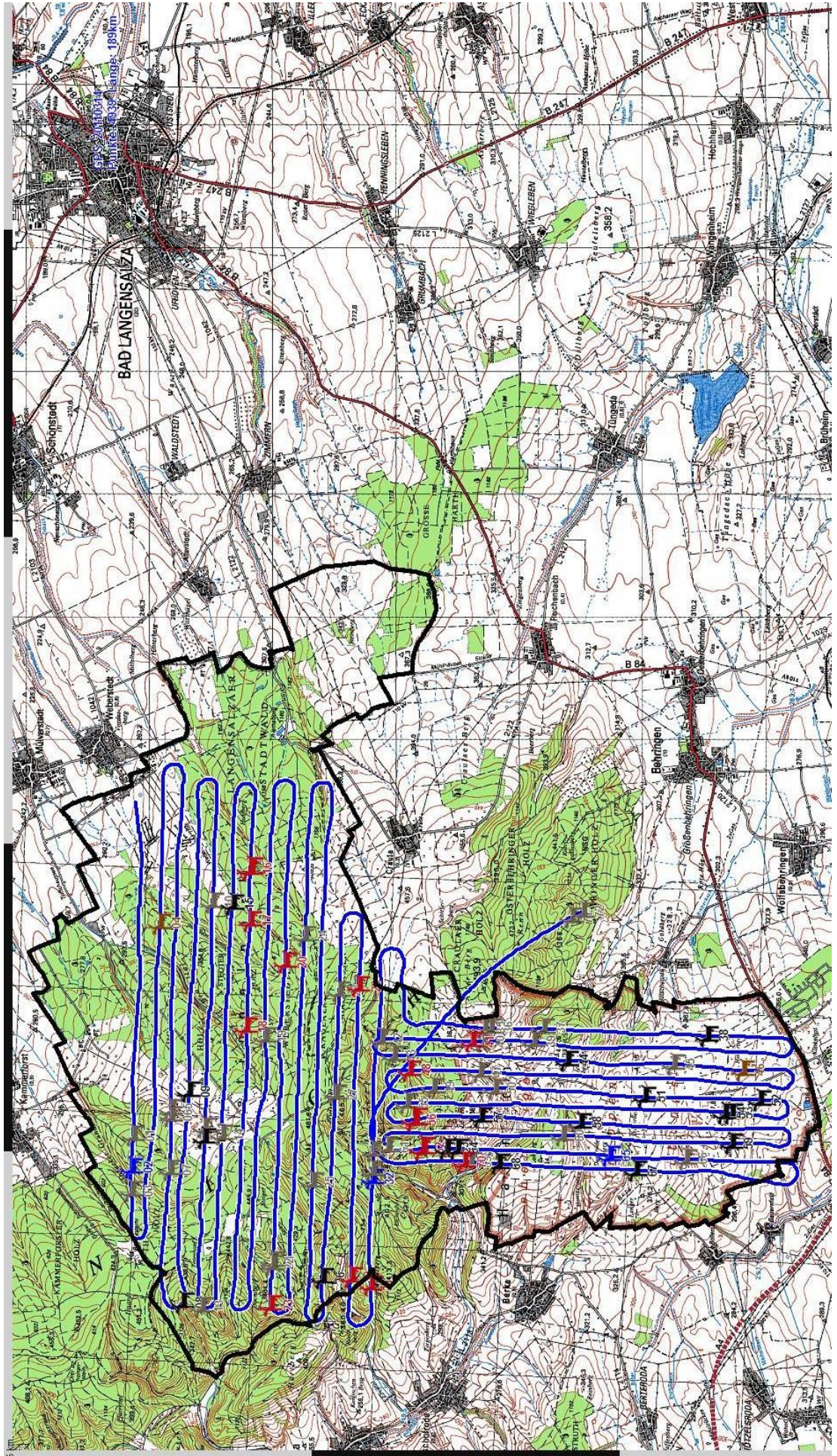
Fortsetzung Tab. A3: Transektbefliegung des Nationalparks Hainich am 14.03.2011.

IR Capture Nr.	IR Bild Nr.	VIS Bild Nr.	Zeit IR Bild	Anzahl Tiere	Tierart	Ort GIS-Karte
31	3029	1450	13:32:51	1		45
32	3140	1463	13:33:28	2	Reh	46
32	3687		13:36:36	1		47
32	3786	1536	13:37:09	1	Rothirsch?	48
32	3906	1550	13:37:50	2		49
32	3997	1560	13:38:21	1		50
32	4223	1586	13:39:39	2	Wildschwein?	51
32	4398	1605	13:40:37	1	Wildschwein?	52
32	4536	1621	13:41:24	4	Wildschwein	53
32	4545	1622	13:41:27	2	Wildschwein	54
32	4986		13:43:59	2		55
32	5075	1682	13:44:28	9	Rothirsch	56
32	5169	1693	13:45:01	2	Wildschwein	57
32	5319	1710	13:45:53	2	Wildschwein	58
32	5734	1757	13:48:14	1	Wildschwein?	59
32	5978		13:49:36	1		60
33	6248	1816	13:51:09	2		61
33	6301	1821	13:51:27	6	Rothirsch	62
33	6337	1825	13:51:39	6	Wildschwein	63
33	6345	1826	13:51:41	6	Wildschwein	64
33	6582	1853	13:53:03	1	Damhirsch	65
33	6697	1866	13:53:42	1		66
33	7107	1911	13:56:03	4	Wildschwein?	67
33	7297	1932	13:57:08	3	Wildschwein?	68
33	7337	1937	13:57:21	1		69
33	7347	1938	13:57:24	4	Rothirsch?	70
33	7915	2002	14:00:38	1		71
33	7938	2005	14:00:46	1		72
<b>Tiere</b>				<b>168</b>		
<b>Detektionen</b>				<b>72</b>		
<b>Abgesuchte Fläche</b>				<b>1.415 ha</b>		

**Karte A3:** Tierdetektionen bei der Befliegung des Nationalparks Hainich am 14.03.2011 (1.415 ha abgesucht).

Die Anzahl der pro Ort erfassten Tiere geht aus der dazugehörigen Tabelle hervor.

(rot = Rothirsch od. Damhirsch?; blau = Damhirsch od. Wildschwein?; braun = Reh?; schwarz = Wildschwein od. Wildschwein?; grau = Art unbestimmt)



Tab. A4: Transektbefliegung des Nationalparks Kellerwald-Edersee am 14.04.2010.

IR Capture Nr.	IR Bild Nr.	VIS Bild Nr.	Zeit IR Bild	Anzahl Tiere	Tierart	Ort GIS-Karte
14	249	19	14:06:40	1		1
14	767	75	14:09:29	1		2
14	1089	107	14:11:18	1		3
14	1242	124	14:12:08	3		4
14	1853	190	14:15:26	2	Wildschwein?	5
14	2007	207	14:16:16	1		6
14	2287	235	14:17:48	2	Wildschwein	7
14	2678		14:19:55	2		8
14	2718	280	14:20:08	1	Rothirsch?	9
15	3060	317	14:21:59	1	Damhirsch?	10
15	3584	374	14:24:49	1		11
15	4514	469	14:29:51	1	Wildschwein?	12
15	4558	474	14:30:05	5	Rothirsch?	13
15	4642	483	14:30:32	1	Reh	14
15	4862		14:31:43	1	Wildschwein?	15
16	6362	669	14:39:50	4	Damhirsch?	16
16	6453	679/680	14:40:20	2		17
16	6546	689	14:40:50	1		18
16	6742		14:41:53	6		19
16	6811	716	14:42:17	9	Damhirsch	20
16	7164	754	14:44:11	2	Wildschwein?	21
16	7248	763	14:44:38	1	Wildschwein	22
16	7329	772	14:45:05	1	Reh	23
16	8221	868	14:49:54	8	Rothirsch	24
16	8263	873	14:50:09	4	Damhirsch?	25
16	8270	874	14:50:11	3		26
16	8279	875	14:50:14	4	Damhirsch?	27
16	8760	927	14:52:49	4	Rothirsch	28
16	8810	932	14:53:05	5	Rothirsch	29
16	9140		14:54:52	3	Reh?	30
17	10113	1073	15:00:08	2	Reh	31
17	10526-10535	1119	15:02:25	10	Damhirsch	32
17	10851-10855	1153	15:04:07	10	Damhirsch	33
17	11033		15:05:07	2		34
17	11514	1225	15:07:44	2	Wildschwein	35
17	11619	1236	15:08:17	1	Wildschwein	36
17	11639		15:08:25	1		37
17	11901	1267	15:09:49	1	Damhirsch?	38
17	12248	1303	15:11:42	6	Rothirsch	39
18	12377	1317	15:12:23	1	Damhirsch	40
18	12385	1318	15:12:26	3	Damhirsch	41
18	12392	1319	15:12:30	2	Damhirsch	42
18	12641	1346	15:13:50	1	Rothirsch	43
18	13538	1443	15:18:42	3	Damhirsch	44
18	13597	1449	15:19:00	5	Rothirsch	45
18	13631	1453	15:19:11	1	Wildschwein?	46
18	14024	1495	15:21:18	1		47
18	14940	1494	15:26:15	2	Wildschwein?	48
19	15563	1661	15:29:38	1		49

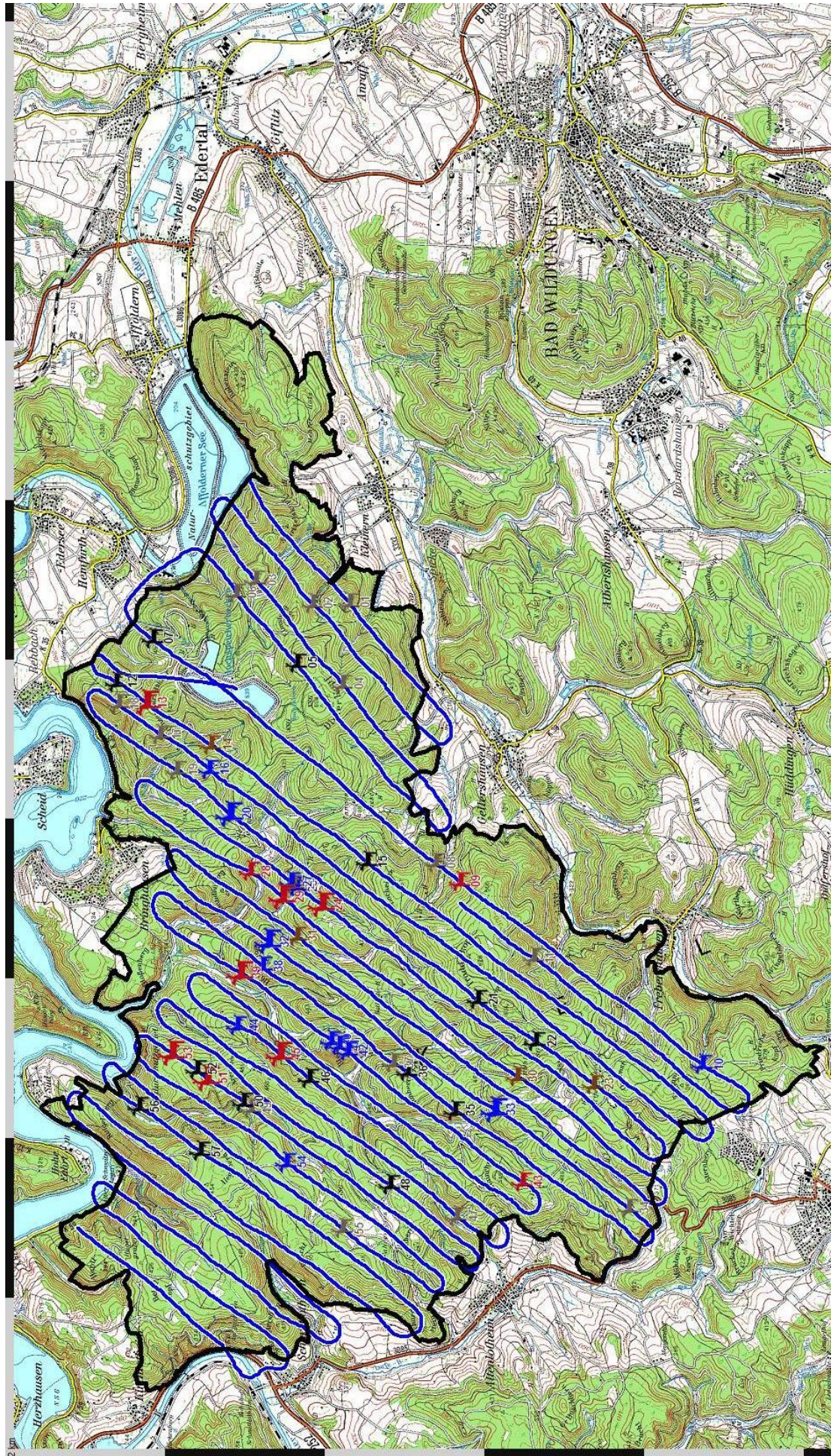
Fortsetzung Tab. A4: Transektbefliegung des Nationalparks Kellerwald-Edersee am 14.04.2010.

IR Capture Nr.	IR Bild Nr.	VIS Bild Nr.	Zeit IR Bild	Anzahl Tiere	Tierart	Ort GIS-Karte
19	15581	1663	15:29:44	2	Wildschwein?	50
19	15649		15:30:07	6	Rothirsch?	51
19	15673	1673	15:30:14	2	Wildschwein?	52
19	15720	1678	15:30:29	6	Rothirsch?	53
20	112	1706	15:31:58	4	Damhirsch?	54
20	541	1752	15:34:17	2		55
20	1072	1806	15:37:10	3	Wildschwein?	56
20	1159		15:37:37	2	Wildschwein?	57
<b>Tiere</b>				<b>163</b>		
<b>Detektionen</b>				<b>57</b>		
<b>Abgesuchte Fläche</b>				<b>1.768 ha</b>		

**Karte A4:** Tierdetektionen bei der Befliegung des Nationalparks Kellerwald-Edersee am 14.04.2010 (1.768 ha abgesucht).

Die Anzahl der pro Ort erfassten Tiere geht aus der dazugehörigen Tabelle hervor.

(rot = Rothirsch od. Rotfirsch?; blau = Damhirsch od. Damfirsch?; braun = Wildschwein?; grau = Reh?; schwarz = Wildschwein od. Wildschwein?; grau = Art unbestimmt)





Tab. A5: Transektbefliegung Pfälzerwald am 03.02.2009.

IR Capture Nr	IR Bild Nr	VIS Bild Nr	Zeit IR Bild	Anzahl Tiere	Tierart	Ort GIS-Karte
0	902	69	12:54:19	2	Rothirsch	1
0	2305		13:02:22	1		2
0	543	125	13:09:26	1	Reh	3
0	1378	182	13:14:11	1	Reh?	4
0	2048	225	13:18:06	2	Reh?	5
1	3253	318	13:24:56	3	Rothirsch	6
1	3624		13:27:03	1		7
1	4277	387	13:30:45	5	Rothirsch	8
1	353		13:35:06	1		9
2	1085	447	13:39:17	2	Rothirsch?	10
3	2612		13:47:57	1		11
3	4118		13:56:31	1		12
4	5464	611	14:04:11	1	Wildschwein	13
4	6889		14:12:17	2		14
5	1353	711	14:24:05	1	Wildschwein?	15
5	1904	729	14:27:13	2	Reh?	16
5	2212		14:28:57	1		17
5	2481		14:30:30	2		18
<b>Tiere</b>				<b>30</b>		
<b>Detektionen</b>				<b>18</b>		
<b>Abgesuchte Fläche</b>				<b>1.871 ha</b>		

**Karte A5:** Tierdetektionen bei der Befliegung im Pfälzerwald am 03.02.2009 (1.871 ha abgesucht).  
 Die Anzahl der pro Ort erfassten Tiere geht aus der dazugehörigen Tabelle hervor.  
 (rot = Rothirsch od. Rotirschk?; braun = Reh od. Reh?; schwarz = Wildschwein od. Wildschwein?; grau = Art unbestimmt)

