


Kameratechnik im Naturschutz

Wildmonitoring an Autobahnunterführungen in Schleswig-Holstein

Bachelor-Thesis
zur Erlangung des akademischen Grades B.Sc.

Julian Gehrman
2092075

 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Design, Medien und Information
Department Medientechnik

Erstprüfer: Prof. Dr. Ulrich Schmidt

Zweitprüfer: Prof. Wolfgang Willaschek

Hamburg, 09.09.2016

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1 Einleitung | 5 |
| 2 Hintergrund und Grundlagen | 6 |
| 2.1 Kameratechnik und Biologie | 6 |
| 2.2 Einsatz von Wildkameras in Deutschland | 8 |
| 2.2.1 Datenschutz | 10 |
| 2.3 Verkehrsnetze und Natur | 11 |
| 2.3.1 Verkehrsnetz in Schleswig-Holstein | 13 |
| 2.4 Monitoring an Wildquerungen | 14 |
| 3 Material und Methode | 16 |
| 3.1. Technische Eigenschaften von Wildkameras | 16 |
| 3.1.1 PIR-Sensor | 16 |
| 3.1.2 Bilderfassungsbereich | 18 |
| 3.1.3 Auslösezeit (Trigger Speed) | 19 |
| 3.1.4 Wiederbereitschaftszeit | 20 |
| 3.1.5 Blitzlicht | 21 |
| 3.1.6 Stromversorgung | 22 |
| 3.1.7 Speichermedium | 24 |
| 3.1.8 Diebstahlsicherheit | 24 |
| 3.2 Methodik zur Untersuchung von Unterführungen | 25 |
| 3.2.1 Region und Autobahnunterführungen | 25 |
| 3.2.2 Kamerapositionierung | 32 |
| 4 Ergebnisse | 38 |
| 4.1 Aufbau der Wildkameras | 38 |
| 4.2 Kameraeinstellungen | 39 |
| 4.3 Bildaufnahmen | 40 |
| 4.3.1 Bad Bramstedt | 40 |
| 4.3.2 Langwedel | 40 |
| 4.3.3 Mönkhagen (West) | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 5 Diskussion | 44 |
| 5.1. Kamerapositionierung | 44 |
| 4.1.1. Höhe der Kamera: Mönkhagen (West) | 45 |
| 5.2 Tag- und Nachtmodus | 45 |
| 5.3 Videoaufnahmen..... | 46 |
| 5.4 Biologische Auswertung..... | 47 |
| | |
| 6 Fazit | 49 |
| | |
| Anhänge | 51 |
| Anhang 1 – Testaufbau zur Messung des Aufnahmewinkels..... | 51 |
| Anhang 2 – Berechnung der Strecken im Aufnahmebereich | 52 |
| Anhang 3 – Materialliste der Kamerahalterung | 54 |
| | |
| Abbildungsverzeichnis | 55 |
| | |
| Literaturverzeichnis..... | 57 |

Abstract

The deconstruction and fragmentation of wild life habitats through roads has a life-threatening impact on animals. Road underpasses, initially constructed for flowing waters, could play a significant role in the connection of wild life habitats. For this nature preservation project trail cameras are used as a tool for the collection of data about wild life usage in selected underpasses. With this method data is being collected and evaluated, in order to develop a recommendation for the optimization of underpasses to benefit animals.

The purpose of this work is to gain an overview of the technical parameters and limits of a trail camera. It should serve as a guide line for field workers and help them with the installation of trail cameras in underpasses. Functions and components of the trail camera will be assessed, with the limitations of building protection and data privacy in mind. Within the scope of this work, the first test installations of trail cameras have been realised according to the guide line.

Zusammenfassung

Die Zerschneidung von Lebensräumen durch Autobahnen hat weitgreifende Auswirkungen für Wildtiere in Schleswig-Holstein. Bei der Wiedervernetzung könnten Autobahnunterführung für Fließgewässer eine maßgebliche Rolle spielen. Durch Wildkamasas sollen Daten zur Wildtiernutzung ausgewählter Unterführungen gesammelt werden. Anschließend wird eine Empfehlung zur Optimierung der Bauwerke für Wildtiere zusammengestellt.

Das Ziel dieser Arbeit ist es einen Überblick der technischen Parameter und Grenzen einer Wildkamera zu geben. Dadurch soll ein Leitfaden entstehen, der den Projektmitarbeitern bei der Montage und Ausrichtung der Kamasas hilft. Dafür werden sowohl Funktionen und Bauteile der Wildkamera als auch bauschutz- und datenschutzrechtliche Einschränkungen betrachtet. Außerdem wurden im Rahmen dieser Arbeit die ersten Wildkamasas zum Test der entwickelten Methode installiert.

Danksagung

Die Realisierung der vorliegenden Arbeit wäre ohne die Hilfe einiger Personen nicht möglich gewesen. Deshalb möchte ich an dieser Stelle die Möglichkeit ergreifen, diesen Menschen für ihre tatkräftige Unterstützung zu danken. Für ihre fachliche Unterstützung und Ermutigung über den Tellerrand hinaus zu schauen möchte ich Prof. Dr. Ulrich Schmidt und Prof. Wolfgang Willaschek danken.

Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeitern der Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein, an deren Projekt ich mit dieser Arbeit teilnehmen durfte. Die Wildkameras wurden von der Stiftung bereitgestellt. Für einen regen Austausch über Wildkameras und Naturschutz möchte ich mich besonders bei Dr. sc. agr. Björn Schulz und Jens Matzen bedanken, die mich zusätzlich mit Fachliteratur zu den biologischen und baurechtlichen Grundlagen beraten haben.

Nicht zu vergessen sind die Familie und Freunde, die mich stets moralisch und durch aktive Teilnahme am Projekt unterstützt haben. In erster Linie gilt dieser Dank meiner Freundin Joanna Odoj, die u.a. geduldig bei den Installationen einiger Wildkameras mitgeholfen hat. Ganz besonders möchte ich auch Matthias Fehling für die Kritik und Ergänzungen der schriftlichen Ausarbeitung danken. Zu guter Letzt gilt ein großer Dank meinen Eltern und meiner Cousine Kristianne Garibay, die mir stets moralisch beistanden und mir Fahrzeuge für die Feldversuche zur Verfügung gestellt haben.

1 Einleitung

Wir leben in einer Gesellschaft, die ständig mit der Natur interagiert: von schwerwiegenden Eingriffen in die Landschaft und Lebensräume von Wildtieren, über Wildunfälle, bis zur Beobachtung und zum Schutz der Natur. Diese Themen sollen in der vorliegenden Arbeit eine wichtige Rolle spielen. Ziel ist es, die Medientechnik aus einer fachfremden Perspektive zu betrachten, in diesem Fall aus der Sicht eines Biologen. Aus dem Studium erlangte Kenntnisse werden dann für diesen Bereich angewandt. Der Fokus wird hier auf den Einsatz von Kamertechnik im Naturschutz gelegt, da der praktische Teil der Arbeit sich konkret mit der Methodik von Wildmonitoring durch Kameras befasst.

In Zusammenarbeit mit der Naturschutz Stiftung Schleswig-Holstein werden Unterführungen an Autobahnen in der Region mit Wildkameras ausgestattet, um eine Studie über deren Wildtiernutzung durchzuführen. Da viele ältere Unterführungen ursprünglich als Durchlässe für Fließgewässer errichtet wurden, sind Querungshilfen meist nachträglich und, nach Bedenken von Naturschützern, für Tiere ineffizient angebracht worden. Bei neueren Bauwerken wurde die Wildtiernutzung mitbedacht und entsprechende Wege von vornherein eingeplant. Allerdings gibt es für die Nutzung der Unterführungen kaum Daten, um die Effizienz der Querungshilfen zu untersuchen und ggf. Optimierungen zu entwerfen. Um zuverlässige Daten zu sammeln, soll im Rahmen dieser Arbeit eine Methodik zur Untersuchung der Unterführungen mit Wildkameras entwickelt werden. Hierbei werden technische, natürliche und baurechtliche Einschränkungen betrachtet. Diese Arbeit soll als Leitfaden für Biologen dienen und die technischen Parameter und Grenzen des ausgewählten Wildkameramodells aufzeigen. Mithilfe dieses Leitfadens, soll es den Betreuern der einzelnen Wildkameras leichter fallen über die Montage und Ausrichtung zu entscheiden.

Als Überblick zur Thematik werden im Teil „Hintergrund und Grundlagen“ technische Entwicklungen und Probleme im Naturschutz erläutert. Anschließend werden im zweiten Teil „Materialien und Methoden“ die technischen Parameter und Grenzen einer Wildkamera in Bezug auf das Modell C123 von Cuddeback erläutert. Zusätzlich werden die obigen Entwicklungen und Probleme analysiert und Lösungsansätze diskutiert. In praktischen Experimenten werden ausgewählte Lösungsansätze implementiert und in den darauffolgenden Teilen „Ergebnisse“ und „Diskussion“ analysiert und diskutiert. Zuletzt wird in dem „Fazit“ mit einem persönlichen Rückblick des Autors über die Arbeit und einem Ausblick auf den weiteren Verlauf des Projektes abgeschlossen.

2 Hintergrund und Grundlagen

2.1 Kameratechnik und Biologie

Die Wurzeln des Zusammenspiels von Kameratechnik und Biologie stammen aus der frühen Entwicklung der Kameratechnik selbst. Nachdem die Fotografie Mitte des 19. Jahrhunderts erfunden wurde, gab es laut Guggisberg schon 1863 erste Bilder von Wildtieren durch den Forscher Gustav Theodor Fritsch.¹ Jedoch machten die frühen Kameraapparate es den Fotografen, durch die langen Verschlusszeiten und den großen technischen Aufwand, schwer Tiere lebendig zu fotografieren. Erst mit dem Fortschritt der Technik wurde die Kamera für Biologen interessanter. Besonders „kompakte Batterien, elektrisches Licht und Digitaltechnik“² haben das Einsatzgebiet von Fotoapparaten stark erweitert.

Die Kameratechnik hat sich seit den ersten Fotografien von Fritsch rasant entwickelt. Mit kürzeren Verschlusszeiten gelang es dem britischen Fotografen Edward James Muybridge, weniger als 20 Jahre nach Fritsch, ein galoppierendes Pferd zu fotografieren. Muybridge hat 12 Kameras aufgestellt und diese mit Schnüren und zwei nacheinander fallenden Holzplatten zur Belichtung präpariert. Die Holzbretter fielen nacheinander vor der Kamera und der Film wurde kurz belichtet, sobald das Pferd die entsprechende Schnur berührt. Im Auftrag von Leland Stanford hat Muybridge durch sein Experiment bewiesen, dass beim Galopp alle vier Hufen gleichzeitig in der Luft sind und in der Biologie eine intensive Auseinandersetzung mit Tierbewegung gestartet.³ Außerdem war dies eines der ersten Fotografien, in dem ein Tier die Kamera selbst ausgelöst hat. Die Stolperdrahtmethode wurde vom US-Amerikaner George Shiras durch ein Blitzlicht erweitert, wofür er die Gold Medaille für die Pariser Weltausstellung 1900 bekam und vom *National Geographic Magazine* zum Vater der Tierfotografie gekürt wurde.⁴ Shiras hat eine Vielzahl von Tieren fotografieren können, indem er immer wieder neue Wege fand, ein Tier dazu zu bringen die Kamera auszulösen. Mit Ködern hat er Waschbären und Geier an einem Draht ziehen lassen, während Elche sich durch Stolperdrähte auf gewohnten Wanderwegen fotografiert haben. Kucera beschreibt, wie Shiras einen Biber fotografiert hat, indem er den Stolperdraht an einem losen Ast im Biberdamm befestigt hat: „At Night, when

¹ Guggisberg, 1977, S. 13

² Kucera & Barrett, A History of Camera Trapping, 2011, S. 9

³ Teutloff, 2000, S. 13

⁴ Wender, 2015

2 Hintergrund und Grundlagen

the beaver repaired the dam, it took it's own picture.“⁵

Mit der Entwicklung der Technik wurde dieameratechnik kompakter und es konnten neue Technologien in der biologischen Forschung eingesetzt werden. Der Biologe Oliver Pearson baute zwischen 1959 und 1960 zwei Kamerafallensysteme mit einer 16-mm Filmkamera.⁶ Zur Auslösung wurden ein mechanisches Trittbrett mit einem elektrischen Schalter und ein Infrarotstrahl verwendet, die auf einem Laufweg von Mäusen auf einer Wiese platziert wurden. Bei jeder Auslösung wurde ein Einzelbild auf der Filmrolle belichtet und das passierende Tier aufgenommen. In der biologischen Forschung war dies einer der ersten Einsätze eines Auslösungssystems mit einem aktiven Infrarotstrahl. Im Jahr 1993 beschreiben Kucera und Barret das erste im Handel erhältliche selbstauslösende Kamerasystem mit aktivem Infrarotstrahl: den Trailmaster.⁷ Ein Jahr später baut Richard Mace mit seinem Team ein Kamerasystem mit einer 35mm-Kamera, die durch einen passiven Infrarotsensor ausgelöst wird.⁸ Das Forscherteam hat mehrere dieser Kamerasysteme in einem 817 km²-Areal im US-Bundesstaat Montana verteilt, um die Ausbreitung von Grizzlybären zu untersuchen. Kamerasysteme mit passiven Infrarotsensoren haben sich heute als Standard für Wildkameras durchgesetzt. Neben ferngesteuerten und selbstauslösenden Kameras werden zur Untersuchung vom Lebensverhalten bestimmter Arten auch Kameras am Tier angebracht. Diese relativ junge Methode der biologischen Untersuchung wurde maßgeblich von Greg Marshall vom *National Geographic Television* vorangetrieben. 2001 konnte er seine Crittercam zum ersten Mal an einem Hai anbringen.⁹ Die kleine Videokamera wurde an die Physiologie des Hais angepasst, damit das Tier auch mit der zusätzlichen Last natürlich verhält. Dadurch konnten Daten über das Verhalten von Haien in unterschiedlichen Lebensräumen sowie das Fressverhalten und soziale Interaktionen aus der Sicht des Tieres gesammelt werden. Inzwischen wurde die kleine Kamera für viele andere Arten angepasst.

Im 21sten Jahrhundert hat sich dieameratechnik als messtechnische Methode in der Biologie etabliert. Der ausschlaggebende Vorteil der Kamera ist es, dass die Tiere weniger Angst vor ihr als vor einem Menschen haben. Dadurch sind fern- oder sensorgesteuerte Kameras ideal für die ungestörte Beobachtung von Tieren. In der Biologie haben sich zahlreiche Einsatzgebiete

⁵ Kucera & Barrett, A History of Camera Trapping, 2011, S. 11

⁶ Kucera & Barrett, A History of Camera Trapping, 2011, S. 13

⁷ Kucera & Barrett, The Trailmaster Camera System for Detecting Wildlife, 1993

⁸ Mace, Minta, Manley, & Aune, 1994

⁹ Marshall, Heithaus, Buhleier, & Dill, 2001

ergeben,¹⁰ wie z.B.

- Studien zum Nestverhalten
- Nachweis von seltenen Arten
- Erfassung von Artbeständen und Artenvielfalt
- Studien zur Lebensraumnutzung
- Studien zur Interaktion mit Bauwerken
- Entwicklung von Jagdstrategien zur Hege

Jede dieser Anwendungsbereiche bringt unterschiedliche Anforderungen mit sich. Während der Nachweis von seltenen Arten in entlegenen Gebieten eine robuste und zuverlässige Kamera, die über einen langen Zeitraum hinweg Fotos schießen kann, zum Einsatz kommt; wird bei der Nestbeobachtung eine leise und unauffällige Kamera bevorzugt, die mit Bilderfolgen das Nestverhalten dokumentiert.¹¹ Neben der Datenerfassung können die Aufnahmen zusätzlich für die Umweltbildung und im Dokumentarfilm genutzt werden. Auf dem Markt hat sich eine große Vielfalt von Wildkameras für unterschiedliche Einsatzzwecke entwickelt. Sie bringen eine Grundausrüstung zur sensorgesteuerten Natur- und Objektbeobachtung mit und unterscheiden sich in dem Umfang und der Qualität einzelner Funktionen. Diese Funktionen werden in 3.1. Technische Eigenschaften von Wildkameras aufgezählt und näher erläutert.

2.2 Einsatz von Wildkameras in Deutschland

Shiras' ersten Entwicklungen wurden auch in Deutschland mitverfolgt. So gelang es dem deutschen Großwildjäger und Tierschützer Carl Georg Schillings 1903 seine eigens konzipierte Kamerafalle, nach dem Modell von Shiras, in Ostafrika einzusetzen.¹² Damals wurde ein Esel als Köder benutzt, um große Raubtiere vor die Kamerafalle zu locken (siehe Abb. 1). Heute wird mit modernen und mobileren Wildkameras auch in Deutschland die Natur beobachtet. Weit verbreitet sind Projekte zur Schätzung der Populationsdichte und Habitatnutzung von Tieren. Diese Projekte fokussieren sich häufig auf eine bestimmte Art (z. B. das Projekt Waschbär im Müritzer Nationalpark¹³ und das Projekt Biber in Hamburg¹⁴). In Schleswig-Holstein nutzen die Wolfsbetreuer Wildkameras, um die Verbreitung des Wolfes im

¹⁰ Swann, Kawanishi, & Palmer, 2011, S. 27

¹¹ Swann, Kawanishi, & Palmer, 2011, S. 28

¹² Kucera & Barrett, A History of Camera Trapping, 2011, S. 11

¹³ Gesellschaft für Wildökologie und Naturschutz e.V., 2016

¹⁴ Loki Schmidt Stiftung, 2016

2 Hintergrund und Grundlagen

Bundesland zu erforschen. In den genannten Studien wird das Random Encounter Model (REM) für mittelgroße bis große Säugetiere am häufigsten eingesetzt, um ein Abbild der Raumnutzung und Verbreitung zu bekommen. Im REM lässt sich, durch die Verteilung von Wildkameras in einem bestimmten Gebiet, der Bestand einer Art anhand von zufälligen Begegnungen zwischen Kamera und Tier abschätzen.

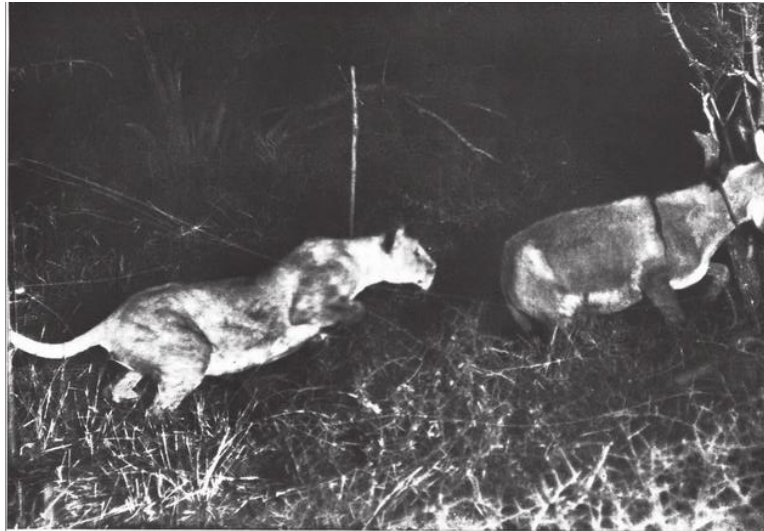


Abb. 1 Löwin reißt kranken Esel vor einer Kamerafalle (1904) (Quelle: Schillings, 2012)

Bei kleineren Arten, wie Nagetieren, werden häufig Kamerafallen mit Ködern eingesetzt. Im REM würde eine Wildkamera kleine Arten nur selten erfassen, da diese sich sehr nah vor der Kamera um den integrierten Bewegungssensor auszulösen (siehe 3.1.1 PIR-Sensor). Björn Schulz, von der Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein, plant mit der Ködertechnik die Populationsdichte der schwer erfassbaren Haselmaus im Raum Schleswig zu erfassen.¹⁵ Unter anderem wird Nutella an einem Zweig präpariert, um die Haselmaus vor die Kamerafalle oder in die klassisch eingesetzte Kastenfalle zu locken. Der Vorteil der Kamerafalle ist, dass die Haselmaus nicht im Kasten gefangen ist, bis ein Projektmitarbeiter sie befreit. Die Kontrolle der Kästen muss täglich erfolgen, da eine gefangene Haselmaus sonst verhungern könnte. Allerdings kann mit der Ködermethode weniger Raum abgedeckt werden als mit dem REM. Deshalb plant das Projektteam um Björn Schulz die Kameras nach jedem „Fang“ neu zu positionieren.

Neben Studien zur Habitatnutzung gibt es in Deutschland etliche weitere Anwendungsgebiete für Wildkameras im Naturschutz. Jäger setzen Wildkameras vermehrt ein, um ihrer Hegeverpflichtung nachzukommen. Anhand der Kameraaufnahmen können Jagdstrategien

¹⁵ Persönliches Gespräch mit Björn Schulz

2 Hintergrund und Grundlagen

entwickelt und eine effizientere Jagd durchgeführt werden. Im Projekt Waschbär wurde anhand von Kameraaufnahmen die Fellfärbung studiert.¹⁶ Ähnlich wurde im Arnsberger Wald in Nordrhein-Westfalen eine Studie zur Verbissaufnahme durch Wildtiere an Bäumen durchgeführt.¹⁷ Auch bei der Studie zu Kreuzungsbauwerken ist der Einsatz von Wildkameras eine gängige Untersuchungsmethode. Über längere Zeiträume werden neu errichtete Grünbrücken mit Wildkameras ausgestattet, um ihre Effektivität zur Wiedervernetzung von Lebensräumen zu untersuchen. Die Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein hat eine Studie auf der Grünbrücke Kiebitzholm durchgeführt.¹⁸ Aus diesen Studien ist das Projekt zur Untersuchung von Autobahnunterführungen entstanden.

2.2.1 Datenschutz

Die Gesetzgebung zur Videoüberwachung variiert von einem Bundesland zum nächsten. Grundsätzlich ist das Aufstellen von Wildkameras für Naturschutzzwecke erlaubt und in Schleswig-Holstein auch nicht genehmigungspflichtig.¹⁹ Jedoch bringt der Einsatz von Wildkameras, vor allem im öffentlich zugänglichen Raum, datenschutzrechtliche Einschränkungen mit sich. So müssen Personen, die versehentlich von einer Kamerafalle aufgenommen wurden, nach §6 des Bundesdatenschutzgesetzes, die Möglichkeit haben die Aufnahmen einzusehen und über Löschung oder Berichtigung der personenbezogenen Daten zu bestimmen. Deshalb ist es wichtig, beim Einsatz von Wildkameras auf die Kameras aufmerksam zu machen und Kontaktdaten der verantwortlichen Stelle für Passanten zu hinterlassen. Dies kann z. B. durch eine entsprechende Beschilderung erfolgen (siehe Abb. 2)Abb. 2 Warnschild der Wolsfbetreuer Schleswig-Holstein. Außerdem muss explizit darauf hingewiesen werden, dass die Wildkameras für Naturschutzzwecke installiert wurden und nicht zur Überwachung von Personen. Denn ein Kameraeinsatz für den Naturschutz hat laut Gesetz vor Spaziergängern, Wanderern und anderen Waldbesuchern Vorrang, sofern die passierenden Personen informiert wurden. Es ist empfehlenswert, zusätzlich die Wildkameras so zu positionieren, dass Personen nicht identifiziert werden können (z. B. eine niedrige Ausrichtung um hauptsächlich Tiere zu erkennen).

¹⁶ Michler & Köhnemann, 2010

¹⁷ Rohe & Greifenstein, 2016

¹⁸ Persönliches Gespräch mit Björn Schulz

¹⁹ Schleswig-Holstein Ministerium für Wirtschaft, Arbeit Verkehr und Technologie, 2016



Abb. 2 Warnschild der Wolfsbetreuer Schleswig-Holstein

2.3 Verkehrsnetze und Natur

Die Landschaft Deutschlands ist geprägt durch die Verkehrsinfrastruktur, die eine Grundlage für die Mobilität in dem Industriestaat bildet. Was für Menschen unabdingbar ist, kann für die Natur eine Barriere sein. Diese Barrierewirkung zeigt sich durch Wildunfälle, die für Tiere tödlich enden oder zumindest eine Verletzung nach sich ziehen kann. Allerdings gibt es keine umfassende Statistik, da viele Wildunfälle nicht gemeldet werden. So wurden im Statistischen Bundesamt im Jahr 2014 nur weniger als 2% der Wildunfälle gemeldet,²⁰ während der deutsche Jagdverband bundesweit 222.330 Wildunfälle zählte.²¹ Allerdings bezieht sich letztere Zählung ausschließlich auf Jagdwild, wie Rehe, Schwarzwild, Damwild und Rotwild. Es lässt sich vermuten, dass weitaus mehr kleine Arten auf den Straßen umkommen. Jedoch werden diese tödlichen Unfälle kaum dokumentiert.²²

Insbesondere stark frequentierte Straßen, wie Autobahnen und Bundesstraßen, sind eine Gefahr für Tiere und Verkehrsteilnehmer. Wenn eine Verkehrsstärke von 15.000 bzw. 70.000 Kfz/24h auf Autobahnen in Schleswig-Holstein herrscht, haben die Tiere bei einem Querungsversuch kaum eine Überlebenschance.²³ Alle fünf bzw. jede Sekunde können die Tiere mit einem Auto rechnen. Nachts ist das Verkehrsaufkommen vielleicht geringer, aber selbst dann ist der Zugang zu Autobahnen häufig durch Zäune und Lärmschutzwände für Tiere gesperrt. Von wandernden Wildtieren, wie dem Rothirsch, der Wanderungen über hundert Kilometer hinter sich legt,

²⁰ ADAC e.V., 2015

²¹ Deutscher Jagdverband, 2014

²² Schmüser, Graumann, & Hoffmann, 2016

²³ Bundesanstalt für Straßenverkehrswesen, 2015

2 Hintergrund und Grundlagen

wurden Spuren entlang von Straßenzäunen gefunden, die eine Suche nach einer Passage über mehrere Kilometer belegt.²⁴

Die Gefahr von Straßen wirkt sich auch auf die biologische Vielfalt und Verhaltensweisen von Tieren aus. Letzteres betrifft besonders wandernde Arten, deren natürlichen Wanderwege durch das Verkehrsnetz zerschnitten wurden. Der NABU-Bundesverband berichtet von zwei Wolfsrudeln, die seit 2005 in Sachsen auf einem Areal von 700km² leben. Um eine genetische Vielfalt zu bewahren und überlebensfähig zu bleiben, müssen die Wölfe sich mit einer kleinen polnischen Wolfspopulation verbinden. Jedoch werden die Wanderwege durch große Verkehrsprojekte in Polen und bestehende Autobahnen in Deutschland unterbrochen. So starb eine Wölfin im Februar 2015 bei der Überquerung der A15.²⁵ Die Zerschneidung der Natur durch Straßen führt nicht nur bei wandernden Arten (z. B. Wölfe, Wildkatzen, Rothirsche) zu einer Verinselung der Lebensräume. Fast alle terrestrischen Arten sind betroffen, da sie Straßen überqueren müssen, um ihre Lebensrauminsel zu verlassen. Teilweise sind Lebensräume zu klein für ein lebenserhaltendes Revier oder die Zerschneidung führt zu einer genetischen Isolation. Reck und Hänel haben in ihrer Studie über „*Bundesweite Prioritäten zur Wiedervernetzung von Ökosystemen*“ drei Hauptgründe zur Wiedervernetzung von Lebensräumen identifiziert:²⁶

1. Genetische Vielfalt: Verbindung verinselter Populationen zum Individuenaustausch und zur Stärkung gefährdeter Populationen
2. Migration: Wechsel von wandernden Arten und mobilen Schlüsselarten (Bioengineers) zwischen einzelnen Lebensräumen
3. Ausbreitungsbewegung: Ermöglichung der Wanderung aufgrund von Veränderungen im Lebensraum (z.B. Klimawandel)

Weltweit wurden Forschungsberichte zu den Konsequenzen der Lebensraumzerschneidung verfasst. Heute ist die Notwendigkeit einer biologischen Wiedervernetzung auf naturschutzpolitischer Ebene anerkannt. Mit dem Schutzgebietnetz Natura 2000 ist die Europäische Union 1992 einen grundlegenden Schritt zum nachhaltigen Naturschutz eingegangen, der unter anderem Richtlinien zur Schaffung einer ökologischen Kohärenz und einem Biotopverbund zwischen den Schutzgebieten beinhaltet. Deutschland hat die Aufgabe der Wiedervernetzung im Bundesnaturschutzgesetz §20 verankert. So wird jedes Bundesland dazu aufgefordert ein

²⁴ Herrmann, Enssle, Süsser, & Krüger, 2007, S. 10

²⁵ Herrmann, Enssle, Süsser, & Krüger, 2007, S. 12

²⁶ Reck und Hänel, 2010

2 Hintergrund und Grundlagen

Netz verbundener Lebensräume bzw. einen Biotopverbund zu schaffen, der den Richtlinien der Europäischen Union entspricht und mindestens zehn Prozent der Landesfläche umfasst. Bundesweit wurden bis 2015 rund 5200 Gebiete geschaffen, was einer Landesfläche von 15,4 Prozent entspricht. Allerdings liegen diese Gebiete oftmals „räumliche isoliert voneinander“.²⁷ Querungsbauwerke an Straßen sollen helfen, einige dieser Biotope zu verbinden.

2.3.1 Verkehrsnetz in Schleswig-Holstein

In Schleswig-Holstein gibt es mit der A7 eine Autobahn, die das Bundesland von Nord nach Süd verlaufend in zwei Hälften aufteilt. Daneben gibt es acht weitere Autobahnen, die als Hauptadern für das Verkehrsnetz im Norden dienen und zusammen 537,5 km lang sind.²⁸ Dieses Verkehrsnetz ist ein maßgeblicher Faktor, der die Vernetzung der knapp 200 Naturschutzgebiete des Landes (3,2 % der Landesfläche²⁹) verhindert. Deshalb haben sich, im Rahmen eines Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens des Bundesumweltministeriums, diverse Naturschutzorganisationen und die Landesregierung Schleswig-Holstein zusammengeschlossen, um Lebensraumkorridore zu schaffen. Dies beinhaltet den Bau von Kreuzungsbauwerken sowie eine nachhaltige Umgestaltung der Landschaft zugunsten von Korridoren zu den Bauwerken. An neueren Autobahnabschnitten wurden Kreuzungsbauwerke beim Bau eingeplant und hier sind Grünbrücken bereits in Nutzung (z.B. bei Kiebitzholm an der A21 oder bei Strukdorf an der A20). Ältere Autobahnen, wie die in den 1970er Jahren errichtete A7, müssen nachträglich mit Kreuzungsbauwerken ausgestattet werden. So werden an der A7 aktuell zwei Grünbrücken bei Bad Bramstedt und Brokenlande gebaut.

²⁷ Beschluss vom Bundeskabinett, 2012, S. 4

²⁸ Schleswig-Holstein Ministerium für Wirtschaft, Arbeit Verkehr und Technologie, 2016

²⁹ Schleswig-Holstein, 2016



Abb. 3 Grünbrücken in Schleswig-Holstein (Quelle: Kirsch, 2016)

Mit fünf Millionen Euro ist der Bau einer Grünbrücke eine große Investition für das Bundesland.³⁰ Alternativ können bereits bestehende Unterführungen für Fließgewässer und/oder Menschen für Tiere nachgerüstet werden. Studien aus den USA zeigen, dass solche Unterführungen von Tieren genutzt werden. Mit einer adäquaten terrestrischen Nachrüstung könnte das Projekt zur Wiedervernetzung von Lebensräumen davon profitieren.³¹

2.4 Monitoring an Wildquerungen

Neben dem Monitoring durch Kamerasysteme gibt es zahlreiche Techniken zur Spurenbeobachtung an Kreuzungsbauwerken. Je nach Größe des Bauwerks und Untergrund der Passage werden unterschiedliche Techniken eingesetzt. An dieser Stelle sollen kurz ein paar Alternativen und/oder Ergänzungen zur Wildkamera erläutert werden.

Die einfachste Methode zur Spurenbeobachtung ist es den Untergrund vor Ort zu nutzen. Sand und Schnee bieten ein geeignetes Substrat, um Tierspuren zu lesen. Besonders bei breiten Sandflächen in der Unterführung lässt sich mit einer Harke ein Spurenbett vorbereiten.³² Wenn kein geeignetes Substrat vorhanden ist, kann ein Untergrund zur Spurenhaltung ausgelegt

³⁰ Kirsch, 2016

³¹ LaPoint, Kays, & Ray, 2003 Ng, Dole, Sauvajot, Riley, & Valone, 2004

³² Singleton & Lehmkuhl, 1998

2 Hintergrund und Grundlagen

werden. In ihrer Studie zu Straßenunterführungen in Kalifornien hat Sandra Ng z. B. Gipspulver ausgelegt. Drei Gipspulverstreifen über die Länge der Unterführung verteilt wurden als Alternative zu Wildkameras eingesetzt, wenn für letzter eine hohe Vandalismus- und Diebstahlgefahr durch Menschen bestand.³³ Bei schmalen Passagen werden häufig auch Spurenplatten präpariert, die eine eindeutigere Auslesung ermöglichen.³⁴

³³ Ng, Dole, Sauvajot, Riley, & Valone, 2004

³⁴ Singleton & Lehmkuhl, 1998 Clevenger, Chruzcz, & Gunson, 2001

3 Material und Methode

3.1. Technische Eigenschaften von Wildkameras

Der Einsatz von Wildkameras in der biologischen Forschung setzt bestimmte technische Eigenschaften voraus. Wildkameras zeichnen sich durch ihre robuste, wetterfeste Bauweise und lange Batterielaufzeiten aus. Sie können als Kamera für Zeitrafferaufnahmen, mit der Aufnahme von einer Fotoserie in festen Zeitintervallen, oder als Kamerafalle, mit der Auslösung von Bild- und/oder Videoaufnahmen durch einen Sensor, eingesetzt werden.

Für die Untersuchung von Tierbewegungen in Autobahnunterführungen wird das Wildkamera-modell C123 von Cuddeback eingesetzt (siehe Abb. 4 Vorderansicht der Cuddeback C123Abb. 4). Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Bauteile und Funktionen einer Wildkamera in Bezug auf die C123 näher beschrieben und diskutiert.

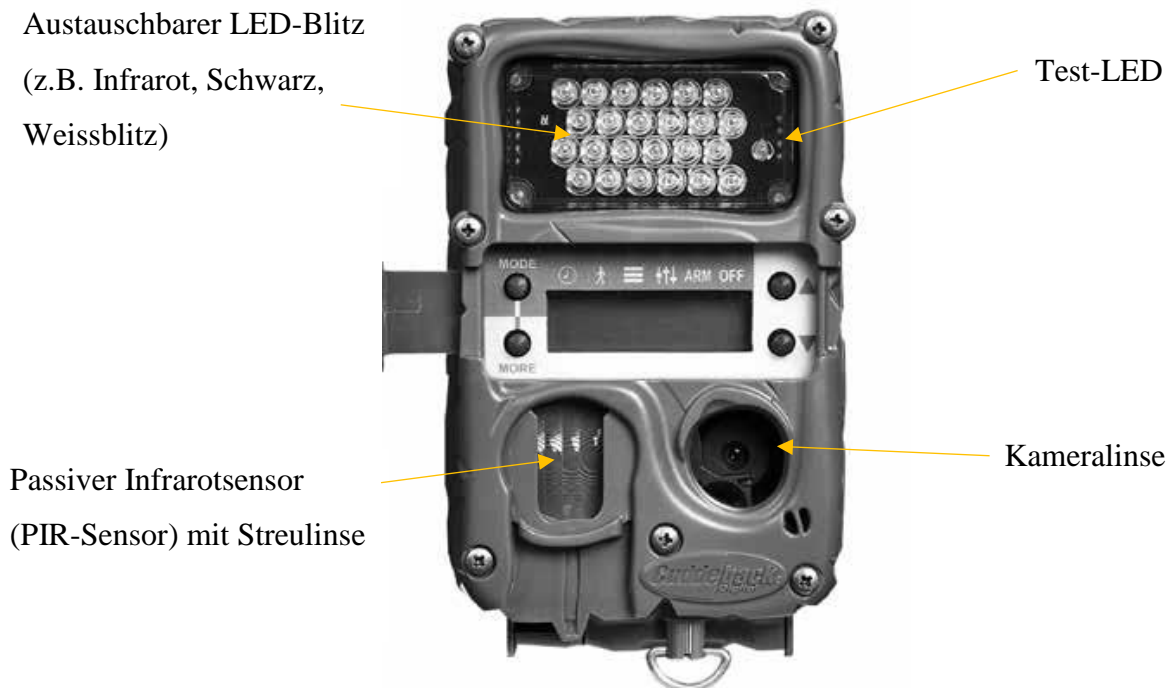


Abb. 4 Vorderansicht der Cuddeback C123 (Quelle: Cuddeback, 2016)

3.1.1 PIR-Sensor

Ein essenzielles Bauteil einer Kamerafalle ist der Bewegungssensor. In den meisten Wildkameras wird ein passiver Infrarotsensor (PIR-Sensor) verwendet. Dieser misst die

3 Material und Methode

Infrarotstrahlung in dem Erfassungsfeld und wird durch einen Differenzverstärker zu einem Bewegungssensor, indem Wärmeunterschiede, z. B. zwischen der Umgebungstemperatur und einem Tier, im Erfassungsfeld erkannt werden. Eine Einschränkung kommt zu Vorschein, wenn die Umgebungstemperatur sich der Körpertemperatur des Tieres nähert. Die optimale Temperaturdifferenz ist mindestens 2,7 °C, um ein Tier von der Umgebung zu unterscheiden.³⁵ Bei Säugetieren liegt der durchschnittliche Bereich der Körpertemperatur zwischen 31,5 °C und 36,5 °C.³⁶ Entsprechend wird der PIR-Sensor für Säugetiere unzuverlässig, wenn die Umgebungstemperatur in diesen Bereich fällt. Unabhängig von der Umgebungstemperatur, können wechselwarme Tiere selten von dem PIR-Sensor detektiert werden.

Des Weiteren ist zu beachten, welche Messrichtung und Form das Erfassungsfeld des PIR-Sensors hat. Es kann über die horizontale oder vertikale Linie gemessen werden oder kombiniert über die komplette Fläche des Erfassungsfeldes. Die Form des Erfassungsfeldes und Funktionsweise des PIR-Sensors kann die Nutzung der Wildkamera bestimmen. Schmale Erfassungsfelder sind ideal geeignet für die Beobachtung von Köderstationen, wo die Kamera auf einen kleinen Bereich fokussiert ist. Für eine passive Beobachtung der Natur, z. B. bei der Erfassung von Artenvielfalt durch passierende Tiere, ist ein breites Erfassungsfeld besser geeignet.

Um den Erfassungsbereich des PIR-Sensors zu formen und die Empfindlichkeit zu erhöhen, werden oft Streuscheiben vor den Sensor gesetzt. Die kleinen Linsenfelder auf der Streuscheibe bündeln das einfallende IR-Licht und verstärken die Intensität, bevor es den PIR-Sensor erreicht. Zwischen den Linsenfeldern wird das IR-Licht nicht verstärkt und somit die Wärmestrahlung eines Lebewesens, das sich von einem zum nächsten Linsenfeld bewegt quasi unterbrochen. Dadurch erkennt der PIR-Sensor klare Unterschiede bei Bewegungen im Erfassungsbereich.

Stillstehende Tiere im Erfassungsfeld und die Bewegung kleiner Tiere werden von PIR-Sensoren oft nicht erfasst, da der bewegte Wärmeunterschied zu klein ist. Letzteres gilt auch für große Tiere, die weit entfernt sind. Diese erscheinen für den PIR-Sensor als kleiner Punkt. Deshalb ist die Reichweite des PIR-Sensors abhängig von der Größe des Objektes. Für einen Menschen wurde für die Cuddeback C123 eine Reichweite von 18 Metern gemessen. Zusätzlich wurden Probleme bei der Frontalbewegung zur Wildkamera beobachtet. Bei Bewegungen seitlich zur Wildkamera fällt es dem PIR-Sensor leichter Wärmeunterschiede zu erkennen, als

³⁵ Rovero, Zimmermann, Berzi, & Meek, 2013, S. 149

³⁶ Meek, Ballard, & Fleming, 2012, S. 21

bei einer Frontalbewegung.

Bei der Cuddeback C123 ist das Erfassungsfeld des PIR-Sensors kegelförmig und der Differenzenverstärker misst kombiniert (horizontal und vertikal) über die gesamte Fläche.³⁷ Dies soll zu einer optimalen Auslösung führen, wenn das Objekt in der Mitte des Aufnahmegebietes ist. Die Breite kann zusätzlich von einem Schiebefenster vor der Streuscheibe zwischen 15° und 51° variiert werden. Das kegelförmige Erfassungsfeld und die 51°-breite Einstellung des PIR-Sensors sind für den Einsatz in Autobahnunterführungen zu empfehlen.

3.1.2 Bilderfassungsbereich

Als Bilderfassungsbereich der Kamera lässt sich der im Bild sichtbare Bereich definieren. Dieser ist nicht zuletzt abhängig von dem gewählten Seitenverhältnis des Bildes, dass bei der Cuddeback C123 zwischen 4:3 und 16:9 einstellbar ist. Der Aufnahmewinkel bestimmt den Bilderfassungsbereich und ist abhängig von der Linse auf der Kamera. Über die Formel

$$\alpha = 2 \cdot \arctan\left(\frac{l}{2 \cdot g}\right),$$

wobei l die horizontale Breite des Bildes und g der Abstand zwischen Wildkamera und Objekt sind, lässt sich der horizontale Aufnahmewinkel bestimmen. Für die Cuddeback C123 wurden somit Aufnahmewinkel von 41° (horizontal) und 31° (vertikal) berechnet (siehe Anhang 1).

Das Erfassungsfeld des PIR-Sensors und der Aufnahmebereich der Kamera sind nicht unbedingt identisch. Dies wurde anhand der horizontalen Erfassungswinkel von PIR-Sensor und Kamera bei der Cuddeback C123 in Abb. 5 veranschaulicht. Da in Autobahnunterführungen querende Tiere beobachtet werden sollen, bietet sich die offene Einstellung des PIR-Sensors an. Sonst besteht die Gefahr, dass schnelle Tiere zu spät detektiert werden und bei Auslösung der Kamera bereits außerhalb des Aufnahmebereiches sind. In der offenen Einstellung ist der Erfassungsbereich des PIR-Sensors etwas größer als der Aufnahmebereich der Kamera. Dies kann bei bewegenden Tieren nützlich sein, um das Individuum zentral im Aufnahmebereich zu fotografieren. Allerdings kann es auch zu Fehlauslösungen führen, wenn das Tier sich sehr langsam bewegt oder im überschüssigen Bereich des PIR-Sensors umkehrt. Deshalb bietet sich die Videofunktion oder die Burst-Funktion der Kamera an, die es erlaubt nach einer Auslösung bis zu 5 Fotos in Reihe zu schießen.

³⁷ Cuddeback, 2012

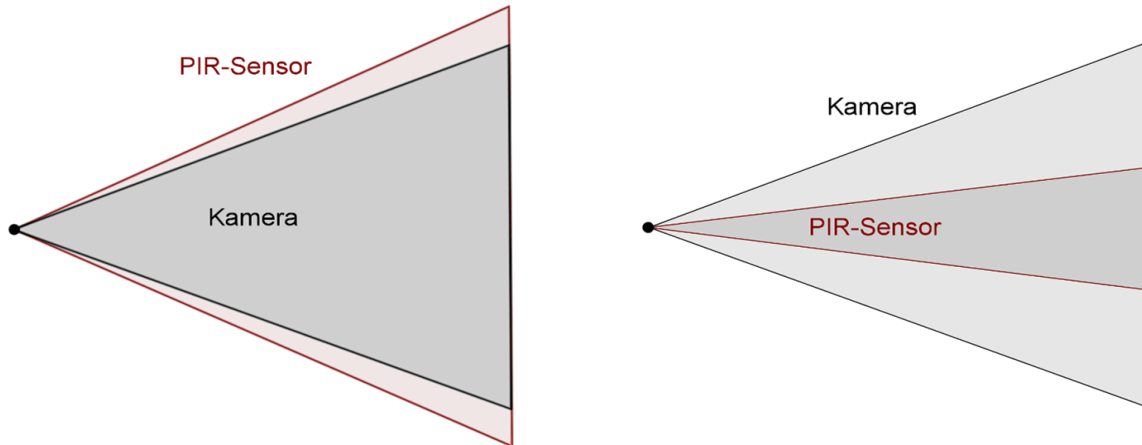


Abb. 5 Erfassungs- und Aufnahmebereich der Cuddeback C123 mit 51° (links) und 15° (rechts)

3.1.3 Auslösezeit (Trigger Speed)

Die Latenzzeit zwischen der Erfassung einer Bewegung im PIR-Sensor und der Kameraauslösung ist ein maßgebender Qualitätsfaktor einer Wildkamera. Eine „schnelle“ Trigger Speed bzw. ein kurzer Trigger Delay, wie diese Latenzzeit genannt wird, sollte <1 Sekunde sein. Nach Herstellerangaben hat die Cuddeback C123 eine Auslösezeit von 0,25 Sekunden, was in Messversuchen bestätigt wurde.³⁸

Die Auslösezeit wird kritisch, wenn ein Tier sehr schnell durch den Aufnahmebereich läuft. Zur Aufnahme mit der Cuddeback C123, muss das Tier mindestens 0,25 Sekunden im Aufnahmebereich sein, um erfasst zu werden. Die Breite des Aufnahmebereiches hängt von der Entfernung zum Individuum ab. Für folgende Berechnungen wurden der Feldhase, der mit einer Spitzengeschwindigkeit von 70km/h das schnellste Säugetier in Deutschland ist, und der Dachs mit 30km/h als Beispiel genommen. Außerdem wurde angenommen, dass die Tiere orthogonal zur Kameraausrichtung laufen und somit die kürzeste Strecke im Aufnahmebereich nutzen. Anhand der Formel

$$t = \frac{d \cdot \tan(41^\circ)}{v},$$

mit d = Entfernung zur Kamera, v = Geschwindigkeit des Tieres und 41° für den Aufnahmewinkel, wurde die Zeit t berechnet in der sich das Tier im Aufnahmebereich befindet (siehe Abb. 6).

³⁸ Trailcam Pro, 2016

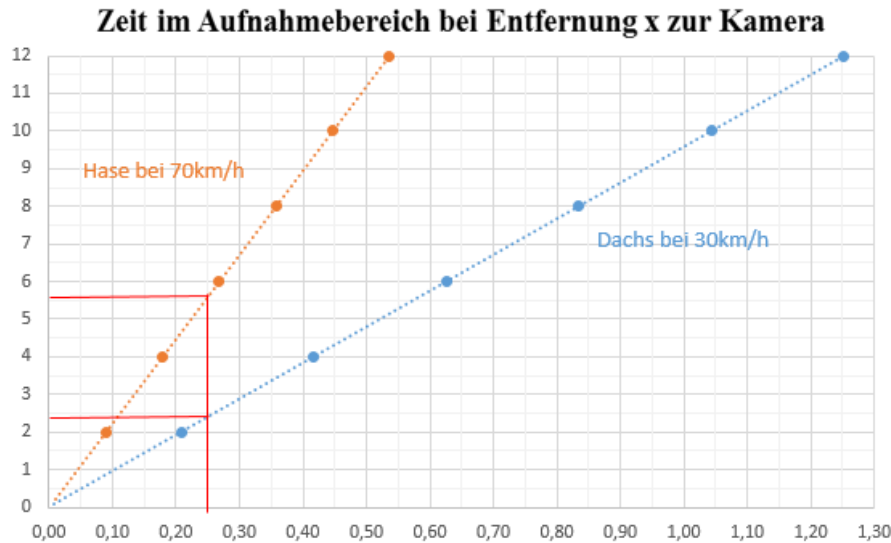


Abb. 6 Diagramm mit Entfernung zwischen Tier und Kamera gegen Zeit im Aufnahmebereich

Das obige Diagramm zeigt den Zusammenhang von der Geschwindigkeit des Tieres und der Entfernung der Kamera zum Tier. Je schneller ein Tier sich bewegt, desto weiter entfernt muss die Kamera aufgestellt sein. Bei einem Dachs mit einer Spitzengeschwindigkeit von 30 km/h muss die Kamera mindestens einen Abstand von 2,4 Metern haben und beim Feldhasen sind es mindestens 5,6 Meter, damit das Tier von der Kamera erfasst wird. Selbst wenn die Tiere nicht mit ihrer Spitzengeschwindigkeit durch die Unterführung rennen, sind kleinere Durchlässe lediglich 3 Meter breit. Die Auslösezeit ist für die meisten Tiere schnell genug, jedoch kann die Effektivität der Kamerafalle erhöht werden, wenn die Kamera in den Tunnel hinein ausgerichtet wird. Somit ist der Aufnahmebereich der Kamera im Tunnel größer und ein passierendes Tier befindet sich länger im Erfassungsbereich des PIR-Sensors. Eine 45°-Ausrichtung lässt eine längere Zeit im Erfassungsbereich zu (siehe Abb. 18).

3.1.4 Wiederbereitschaftszeit

Die Wildkamera benötigt nach einer Aufnahme Zeit, um die Bild- oder Videodatei zu speichern und für die nächste Aufnahme bereit zu sein. Diese Zeit nennt sich Wiederbereitschaftszeit. Sie kommt auch zwischen den einzelnen Aufnahmen im Burst-Modus vor. Der Burst-Modus erlaubt es, nach einer Auslösung des PIR-Sensors mehrere Bilder und/oder Videos hintereinander aufzunehmen. Bei der Cuddeback C123 beträgt die Wiederbereitschaftszeit

nach einer Bildaufnahme zwei Sekunden und nach einer Videoaufnahme fünf Sekunden.³⁹ In der Untersuchung von Autobahnunterführungen soll der Burst-Modus eingesetzt werden, um die Bewegung der Tiere zu erfassen. Deshalb ist die kurze Wiederbereitschaftszeit nach einer Bildaufnahme hilfreich.

3.1.5 Blitzlicht

Bei Wildkameras haben sich zwei Blitzlichttypen durchgesetzt: infrarotes und weißes Licht. Das Infrarot-Blitzlicht ist unauffälliger, da die meisten Säugetiere den roten Bereich des Farbspektrums kaum sehen können. Allerdings kann die Kamera nachts mit einem Infrarotlicht lediglich Schwarz-Weiß-Bilder aufnehmen. Im Gegensatz dazu können mit einem Weißblitzlicht, das entweder mit einer Xenonlampe oder Leuchtdiode ausgestattet ist, in der Dunkelheit auch Farbbilder aufgenommen werden. Der Nachteil ist jedoch die Sichtbarkeit des Blitzlichtes, was dazu führen kann, dass Tiere die Wildkamera umgehen und „trap shy“ bzw. „kamerafallenscheu“ werden.⁴⁰ Da die Wildkameras für einen längeren Zeitraum an den Unterführungen angebracht werden, sollte ein möglichst unauffälliges Blitzlicht verwendet werden, damit die Tiere die Unterführung nicht wegen des Blitzes vermeiden.

Die Cuddeback C123 ist mit drei austauschbaren Blitzmodulen ausgestattet: Dem „*White Flash*“, ein Weißlichtblitz mit Xenonlampe und 15m Reichweite; dem „*Black Flash*“, ein IR-Blitz mit 940 nm LEDs und 15 Metern Reichweite; und dem „*Long Range IR*“, ein IR-Blitz mit 850 nm LEDs und 30 Metern Reichweite. Aufgrund der Sichtbarkeit bei Nacht ist der *White Flash* für die Unterführungen nicht zu empfehlen. Der 850nm *Long Range IR* hat zwar eine größere Reichweite, liegt allerdings näher am sichtbaren Farbspektrum von Säugetieren als der 940nm *Black Flash*. Zusätzlich liegt die Reichweite des PIR-Sensors lediglich bei 18 Metern, wenn die Bedingungen optimal sind. Deshalb ist der *Black Flash* mit 15 Metern Reichweite für die Beobachtung von Autobahnunterführungen zu empfehlen. Da es in der Studie um die Anzahl der durchquerenden Tiere geht, ist eine Schwarz-Weiß-Aufnahme bei Nacht ausreichend, um das passierende Tier zu erkennen.

³⁹ Trailcam Pro, 2016

⁴⁰ Wegge, Pokheral, & Jnawali, 2004

3.1.6 Stromversorgung

Bei der Stromversorgung gibt es einige Optionen und Faktoren, die in der Wahl der Stromquelle eine Rolle spielen. Da die Cuddeback C123 mit acht AA-Zellen betrieben wird, kann die Auswahl auf drei handelsübliche Batterietypen beschränkt werden: Alkali-Mangan-Batterien, Lithiumbatterien und NiMh-Akkumulatoren. Die Batterielebenszeit ist für jeden Batterietyp unterschiedlich und zusätzlich abhängig von der internen Kameraeinstellung und extremen Wetterverhältnissen. Verwendung von Blitzlicht, Videoaufnahmen und Minustemperaturen beeinträchtigen die Leistungsstärke der Batterie. Im folgenden Abschnitt sollen die Vor- und Nachteile der aufgeführten Batterietypen aufgezeigt werden und anschließend eine Empfehlung für den Wildkameraeinsatz folgen.

Alkali-Mangan-Batterien: Diese Batterien zeichnen sich durch den niedrigen Preis aus und sind dadurch am meisten verbreitet. Standardmäßig ist die AA-Zelle mit 1,5 Volt geladen. Allerdings sieht man in Abb. 7 den schnellen Spannungsabfall der Batterie, was sich auf die Stärke des Blitzlichtes auswirkt. Besonders bei Nachtbildern lässt sich ein Abfall der Bildhelligkeit im Verlauf der Batterienutzung nicht vermeiden. Außerdem nimmt die Leistung bei Minusgraden stark ab und kann bis zur Hälfte der normalen Kapazität sinken.⁴¹ Nach einmaliger Nutzung müssen die Batterien entsorgt werden.

Lithiumbatterien: Aufgrund ihrer Leistungsstärke bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt werden Lithiumbatterien oft für Wildkameras empfohlen.⁴² Zusätzlich haben sie eine höhere Laufzeit und Spannungsstärke als Alkalibatterien und NiMh-Batterien (siehe Abb. 7). Dadurch bleibt vor allem der Blitz über längere Zeit hell als bei Alkalibatterien. Außerdem können AA-Lithiumzellen eine Spannung von 1,6 Volt aufweisen. In Tests vom Onlinehändler *Trailcam Pro* wurde eine Erweiterung der Blitzlichtreichweite von bis zu 10 % gegenüber anderen Batterietypen gemessen.⁴³ Wie Alkalibatterien, müssen auch Lithiumbatterien nach einmaliger Nutzung entsorgt werden.

NiMh-Akkumulatoren: Der große Vorteil von Nickel-Metallhydrid-Zellen ist die Mehrfachnutzung durch die Möglichkeit einer Wiederaufladung. Zwar sind die Anschaffungskosten pro AA-Zelle höher, aber auf lange Sicht ist diese Investition günstiger und zudem umweltfreundlicher als Alkali- oder Lithiumbatterien. Allerdings ist zu beachten, dass die

⁴¹ Meek, Ballard, & Fleming, 2012, S. 24

⁴² Cuddeback, 2016 TrailcamPro, 2016

⁴³ TrailcamPro, 2016

3 Material und Methode

Qualität der NiMh-Akkus zwischen den Hersteller variiert (siehe Abb. 7). Akkus mit höheren Nennladungen (ab 2300 mAh) schneiden besser ab als Alkalibatterien und können in der Batterielebenszeit fast mit Lithiumbatterien mithalten. Die anfängliche Spannung von 1,4 Volt sinkt schnell auf eine Betriebsspannung von 1,2 Volt ab. Zwar wird die Intensität des Blitzlichtes dadurch leicht geschwächt, für den Betrieb der Kamera ist dies jedoch kein Problem. Bei hohen Temperaturen (ab 35 °C) nimmt die Batterielebenszeit stark ab, dafür können NiMh-Akkus bei Minustemperaturen mit der Lithiumbatterie mithalten.⁴⁴

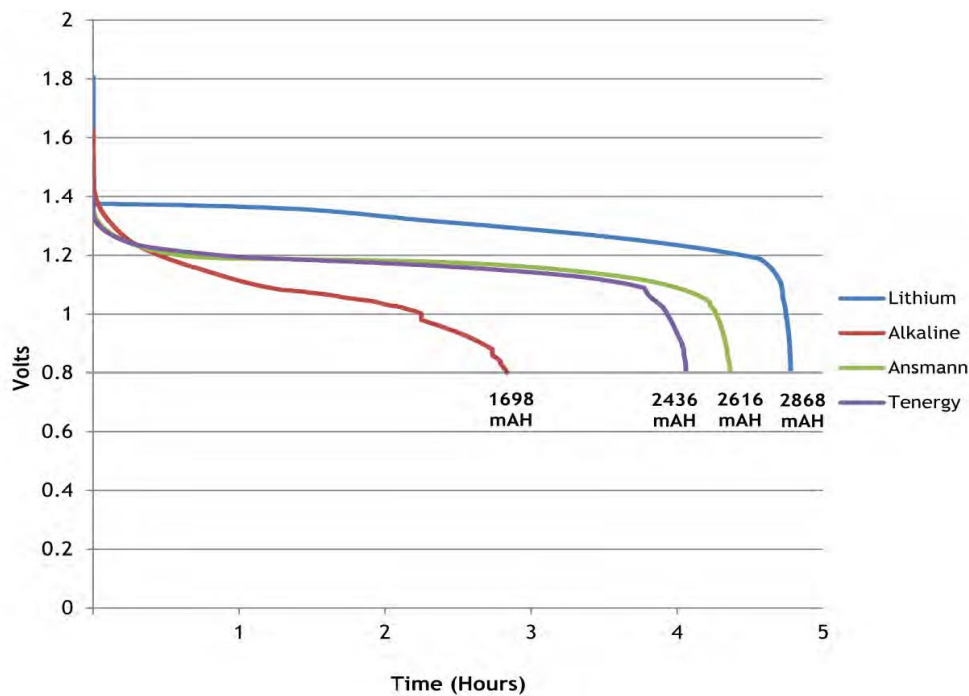


Abb. 7 Vergleich des Spannungsabfalls bei Lithium-, Alkali-Mangan-Batterien und zwei NiMh-Akkumulatoren (Ansmann und Tenergy) (Quelle: TrailcamPro, 2016)

Die Wahl der besten Stromversorgung muss an die Anforderungen und Umstände der Studie angepasst werden. Grundsätzlich ist die Lithiumbatterie die beste Lösung für die Beobachtung von Unterführungen. Da viele Wildtiere vor allem nachts aktiv sind, ist die hohe Betriebsspannung ideal für eine starke Blitzintensität. Für kurze Einsätze mit vielen Standortwechseln bieten sich die NiMh-Akkus an. Diese können vor jedem Einsatz neu aufgeladen werden und bringen bei durchschnittlichen norddeutschen Temperaturen (unter 35 °C) eine konstante Leistung.

⁴⁴ TrailcamPro, 2016

3.1.7 Speichermedium

Als Speichermedium wird bei der Cuddeback C123 eine SD-Karte eingesetzt. Bei der Auswahl der SD-Karte sollte auf zwei Aspekte geachtet werden: die Schreibgeschwindigkeit und die Speicherkapazität. Die Schreibgeschwindigkeit der SD-Karte sollte die maximale Datenrate aus der Kamera verarbeiten können. Im Normalfall kommen die höchsten Datenraten bei Videodateien zusammen. Die Cuddeback C123 nimmt Videos mit folgenden Parametern auf:

| | |
|------------------|---------------------------|
| Videoauflösung | 1280x720 (16:9) |
| Bildrate | 15 FPS |
| Video-Kodierung | MPEG-4 Visual (Simple@L1) |
| Video-Farbtiefe | 8bit |
| Video-Datenrate | 915 kB/s |
| Audio-Abtastrate | 16kHz |
| Audio-Kanäle | 1 (Mono) |
| Audio-Kodierung | AAC LC |
| Audio-Datenrate | 64 kB/s |

Abb. 8 Tabelle mit den Videoparametern der Cuddeback C123

Anhand des Programms Mediainfo wurde eine maximale Datenrate von 0,5 MB/s bei einem Video am Tag (Farbvideo) gemessen. Um diese Datenrate zu verarbeiten, sind die günstigsten SD-Karten der Klasse 2 mit einer Schreibgeschwindigkeit von mindestens 2 MB/s ausreichend. Die Speicherkapazitäten von SD-Karten reichen bis zu 512 GB. Empfehlenswert für längere Feldexperimente ist eine Speicherkapazität von mindestens 16 GB. Außerdem hat sich im Feld bewährt, einen SD-Kartenadapter für Micro-SD-Karten zu verwenden. Micro-SD-Karten können von Projektmitarbeitern im Feld leicht mit ihrem Smartphone ausgelesen werden, ohne extra ein Gerät zum Auslesen anzuschaffen oder einen Laptop mitzuschleppen.

3.1.8 Diebstahlsicherheit

Vandalismus und Diebstahl sind konstante Gefahren bei dem Einsatz von Wildkameras. Generell ist zu empfehlen, die Wildkamera weit entfernt von Wegen und sonstigen menschlichen Nutzungsbereichen zu platzieren. Eine solche Platzierung entspricht zusätzlich den Datenschutzrechten. Außerdem kann die Wildkamera gesichert werden, indem sie mit einem Schloss verriegelt wird und/oder an schwer erreichbaren Orten angebracht wird. Für diese

3 Material und Methode

Untersuchung werden die Wildkameras mit Stahlgehäusen und Schlössern bestückt (siehe Abb. 9). Das Stahlgehäuse wird vom Hersteller Cuddeback für das Model C123 angeboten und ist für alle vorhandenen Wildkameras der Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein vorhanden.



Abb. 9 Wildkamera mit Stahlgehäuse und Schloss

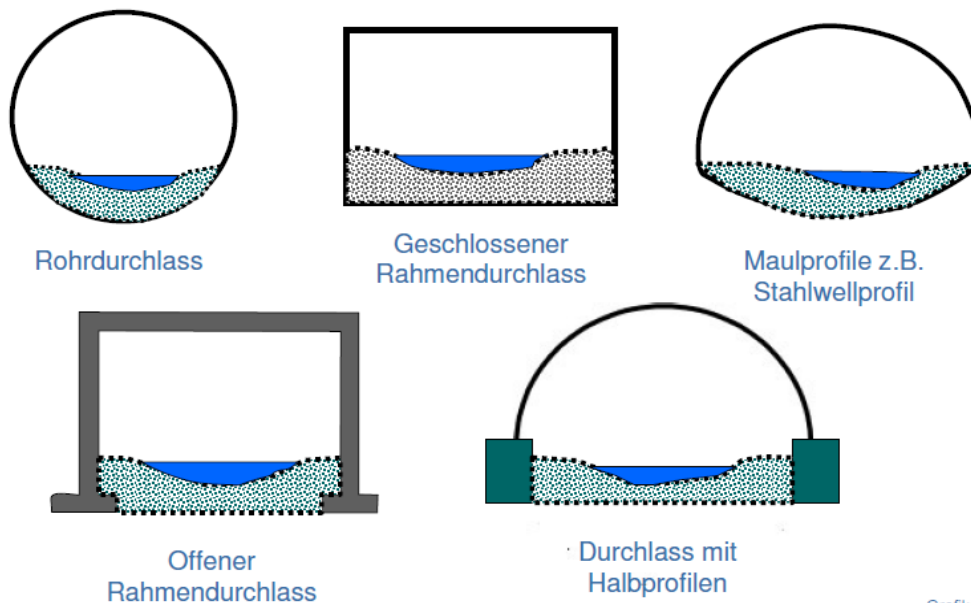
3.2 Methodik zur Untersuchung von Unterführungen

3.2.1 Region und Autobahnunterführungen

Mit der Errichtung der A7 in den 1970er Jahren wurden an Autobahnen in Schleswig-Holstein auch die ersten Unterführungen für Fließgewässer gebaut. Allerdings war der Ausbau der Kreuzungsbauwerke für Tiere damals keine Priorität und somit mussten viele ältere Bauwerke nachträglich mit provisorischen terrestrischen Querungshilfen ausgestattet werden. In Reaktion auf das EU-Schutzgebietenetz Natura 2000 und Hinweise diverser Naturschutzverbände, wurden neuere Unterführungen mit Querungshilfen für Tiere versehen.

Baurechtliche Einschränkungen

In seiner *Bauempfehlung für Kreuzungsbauwerke* hat Werner Gleim Unterführungen in fünf Formen aufgeteilt (siehe Abb. 10). Jede dieser Fließgewässerdurchlässe ist mit einem Sohlsubstrat ausgelegt, das hydraulisch und ökologisch an das Flussbett angepasst ist. Das Substrat wird zudem mit größeren Steinen verankert, damit es bei starker Strömung nicht weggespült wird. Bei der Aufstellung von Wildkameras muss die Stabilität des Sohlsubstrats gewährleistet werden, insbesondere, wenn Kameras mit einem Pfahl im Boden aufgebaut werden.



Grafik: Werner Gleim

Abb. 10 Formen von Durchlässen (Quelle: Gleim, 2010)

Kreuzungsbauwerke werden hauptsächlich aus Beton und Stahl gebaut. Durch die Verwendung von Stahl besteht an den Bauwerken Korrosionsgefahr, die durch eine Betonschicht oder eine Farbeschichtung minimiert wird. Aus diesem Grund ist es baurechtlich untersagt, in den Wänden der Unterführungen zu bohren, was konventionelle Wildkammerhalterungen für Wände ausschließt.

Ausgewählte Unterführungen

Für die ersten Tests wurden vier unterschiedliche Unterführungen ausgewählt. In Absprache mit Björn Schulz wurden die Unterführungen so gewählt, dass sie sich in Größe, Bauweise, Ausbau der Querungshilfe und Nutzung durch Menschen unterscheiden. Anhand der Größe konnten die Unterführungen in zwei Bauwerkstypen kategorisiert werden: Tunnel und Brücke. Bei den zwei Unterführungen, die als „Tunnel“ kategorisiert wurden, ist die Höhe und Breite viel kleiner als die Länge (6 Meter Breite \ll 54 Meter Länge). Die „Brücken“ zeichnen sich wiederum durch eine größere Breite aus (15 – 32 Meter). Die Brücke bei Bad Bramstedt wurde über der Schmalfelder Au gebaut und ist die einzige Unterführung für einen Fluss. Die anderen Unterführungen wurden für kleine Bäche und Gräben gebaut.

Es ist deutlich zu erkennen, dass bei den neueren Unterführungen an der A20 (Baujahr 2009) eine Querungshilfe für Tiere in den ursprünglichen Bau mit eingeplant wurde. Stahlwellprofile, wie im Tunnel südlich von Mönkhagen, wurden an neuen Autobahnen häufig verbaut. Sie wurden, durch ausreichenden Raum für adäquate Querungshilfen, als Tierpassage

3 Material und Methode

konzipiert. An der A7 wurde nachträglich eine provisorische Querungshilfe aus Steinsäcken angebracht (bei Langwedel) oder die Tiere müssen sich den asphaltierten Weg mit den Menschen teilen (bei Bad Bramstedt). Die unterschiedlichen Bauformen, Materialien und Umgebungen der Kreuzungsbauwerke ist einer der Hauptgründe für die Auswahl. Dadurch müssen individuelle Montagevorrichtungen für die Wildkamera entwickelt werden. An der Brücke bei Bad Bramstedt wurde bereits vor Beginn dieser Arbeit eine Wildkamera installiert, während an den anderen drei Standorten erst mit der Arbeit eine Wildkamera angebracht wurde.

| | A7 bei Langwedel | A20 bei Mönkhagen (West) | A7 bei Bad Bramstedt | A20 bei Mönkhagen (Süd) |
|--------------------------|------------------------------------|---|--|---|
| Baujahr | 1978 | 2009 | ca. 1978 | 2009 |
| Bauwerktyp | Betontunnel | Stahlwelltunnel | Brücke | Brücke |
| Form | Geschlossener Rahmendurchlass | Maulprofil aus Stahlwellblech | Offener Rahmendurchlass | Offener Rahmendurchlass |
| Höhe | 3 m | 3 m | 5 m | 5 m |
| Breite | 3 m | 6 m | 32 m | 15 m |
| Länge | 56 m | 54 m | 50 m | 55 m |
| Fließgewässer | Graben | Bach | Fluss | Bach |
| Querungshilfe | Steinsäcke auf einer Seite | Sandweg mit Steinen gefestigt auf beiden Seiten | Asphaltierter Weg auf beiden Seiten (für Fußgänger und Autos frei) | Sandweg mit Steinen gefestigt auf beiden Seiten |
| Breite der Querungshilfe | Nordseite: Keine Südseite: 50cm | Westseite: 1m Ostseite: 2m | Nordseite: 5m Südseite: 4m | Westseite: 4m Ostseite: 3m |
| Bild | Siehe Abb. 21 | Siehe Abb. 22 | Siehe Abb. 12 | Siehe Abb. 12 |

Abb. 11 Datenblatt der drei Unterführungen



Abb. 12 Brücke bei Bad Bramstedt und Mönkhagen (Süd)

Lösungskonzepte

Im folgenden Abschnitt werden unterschiedliche Lösungsansätze vorgestellt und diskutiert, um Wildkameras an Kreuzungsbauwerken zu montieren. Es gibt vier Kriterien, die bei der Konzeption in Betracht gezogen werden sollen:

1. Einhaltung der baurechtlichen Einschränkungen
2. Praktikabilität der Montage
3. Kosten der Montagevorrichtung
4. Diebstahlsicherheit

Unter dem ersten Punkt wird auch die Sicherheit für Passanten und Tiere miteinbezogen. Die Praktikabilität der Montage soll gewährleisten, dass die Montagevorrichtung einfach nachgebaut werden kann. Da es für die Wildkameras mehrere Betreuer gibt, die in Schleswig-Holstein verteilt sind, müssen sowohl der Zusammenbau der Vorrichtung als auch die Montage an der Unterführung möglichst unkompliziert sein. Deshalb werden die Vorrichtungen aus handelsüblichen Baumarktteilen zusammengesetzt, wodurch zusätzlich die Kosten niedrig gehalten werden. Da das Bohren in die Bauwerke untersagt ist, beschränkt sich die Diebstahlsicherheit vorerst auf das verschließbare Stahlgehäuse für die Wildkamera.

Bei einer Kamerahalterung ist die Einstellbarkeit der horizontalen und vertikalen Winkel essenziell. Deshalb wird zuerst eine entsprechende Halterung konzipiert und anschließend die Vorrichtung zur Montage am Bauwerk behandelt. Nach intensiven Recherchen in Internetforen über Wildkameras und einem persönlichen Austausch mit Naturschützern, die Erfahrungen mit Wildkameras haben, wurde aus Ringschrauben und Muttern eine Gelenkhalterung gebaut (siehe Abb. 13).⁴⁵ In ersten Feldversuchen hat sich diese Gelenkhalterung für unter 10 Euro bewährt und wurde anschließend an zwei Unterführungen installiert.

⁴⁵ Siehe Anhang 3



Abb. 13 Winkelverstellbare Gelenkhalterung am Stahlgehäuse

Als Nächstes muss die Gelenkhalterung im Tunnel angebracht werden. Hierfür werden folgende Ansätze vorgestellt und diskutiert:

Montagekleber: Damit das Bauwerk nicht beschädigt wird, kann mit einem Montagekleber ein kurzes Holzbrett an der Tunnelwand angebracht werden. Anschließend wird die Kamerahalterung an dem Holzbrett angeschraubt. Montagekleber können ein Gewicht von 150kg/m^2 halten und somit ist die 1 kg schwere Wildkamera (inkl. Stahlgehäuse und Gelenkhalterung) stabil angebracht. Dieser Ansatz eignet sich vor allem an ebenen Betonwänden und -decken. Ein großer Nachteil ist jedoch, dass es für Montagekleber keine Lösungsmittel gibt. Nach dem Abbau wird immer ein Rest an der Betonwand bleiben, wodurch die Genehmigung durch die zuständigen Bauingenieure erschwert wird.

Teleskopstange: Als rein mechanische Montagevorrichtung ist die Teleskopstange eine unkomplizierte Lösung, die das Bauwerk kaum beeinträchtigt. Ohne großen Aufwand kann sie zwischen zwei Flächen geklemmt werden, die idealerweise parallel zueinander sind (z. B. die Wände oder Boden und Decke im Rahmendurchlass). Alternativ kann eine Teleskopstange auch in einem Winkel angebracht werden, vorausgesetzt der Untergrund ist stabil. Dieser Lösungsansatz ist besonders für kleine Unterführungen geeignet. Hier reichen 3-4 Meter lange Teleskopstangen, die für 50 Euro im Baumarkt erhältlich sind. Die Gelenkhalterung des Kameragehäuses kann mit einer Rohrschelle leicht an der Teleskopstange angebracht werden und so ist die Kamera stabil montiert. Es ist empfehlenswert die Teleskopstange horizontal im Tunnel anzubringen, damit die Tiere auf ihrer gewohnten Passage nicht durch ein unbekanntes vertikales Objekt verunsichert werden (siehe Abb. 14 Montage mit Teleskopstange in einem Rahmendurchlass Abb. 14). Zusätzlich ist diese Montagevorrichtung schnell abgebaut, was bei häufigen Standortwechseln nützlich ist, aber dadurch auch anfälliger für Diebstahl ist.



Abb. 14 Montage mit Teleskopstange in einem Rahmendurchlass

Pfahl: Eine gängige Montagevorrichtung für Wildkameras ist ein Pfahl.⁴⁶ Ein Pfahl kann im oder vor dem Tunnel eingeschlagen werden und ist somit flexibel platzierbar. Durch einen vergrabenen Fuß kann die Montagevorrichtung zusätzlich vor Vandalismus und Diebstahl geschützt werden. Anschließend wird am Pfahl die Gelenkhalterung für das Kameragehäuse angeschraubt. Bei Metallpfählen kann, wie bei der Teleskopstange, eine Rohrschelle zur Montage der Kamerahalterung verwendet werden. Dieser Lösungsansatz bringt zwei grundlegende Nachteile mit sich. Das Einschlagen des Pfahls kann das sensible Sohlsubstrat in Fließgewässerdurchlässen beschädigen. Die Verkehrsbehörde kann dies durchaus als kritisch betrachten und deshalb sollte fachkundige Beratung von Bauingenieuren hinzuzogen werden. Zweitens stellt der Pfahl für die Tierwelt ein neues vertikales Objekt auf ihrer Route dar und kann einige Tiere verunsichern. Somit kann die Durchquerung von Tieren verringert werden. Die Montagevorrichtung sollte möglichst unscheinbar im Tunnel oder sogar außerhalb des Tunnels aufgebaut werden. Manchmal steht sogar schon ein stabiler Zaunpfahl außerhalb des Tunnels, an dem die Wildkamera angebracht werden kann (siehe Abb. 15).

⁴⁶ LaPoint, Kays, & Ray, 2003

3 Material und Methode



Abb. 15 Wildkamera bei Bad Bramstedt an einen Zaunpfahl geschraubt

Die oben beschriebenen Lösungsansätze sind Vorschläge für die Installation von Wildkameras an Autobahnunterführungen. Da jeder Tunnel anders aufgebaut und individuelle Gegebenheiten für die Montage der Kamera mit sich bringt, kann keine universelle Lösung für alle Tunnelarten aufgestellt werden. Anhand der Lösungsvorschläge und den folgenden Empfehlungen zur Positionierung der Wildkamera soll eine Hilfestellung zur Montage und Ausrichtung der Kamera entstehen. Diese kann von Kamerabetreuern angewandt werden, um Ideen für die Kameramontage zu sammeln. So hat Ralf Borchers, einer der Wolfsbetreuer und Biologen, die an dem Projekt mithelfen, Messingspreizdübel eingesetzt und die Kamera zwischen den Fugen von Betongittersteinen verkeilt (siehe Abb. 16).



Abb. 16 Wildkamera zwischen Beton-Gittersteinen montiert

3.2.2 Kamerapositionierung

Bei der Positionierung der Wildkamera sind sowohl die technischen Eigenschaften der Kamera als auch die Umgebung der Unterführung zu beachten. Der Bildsensor der Wildkamera arbeitet mit einfallendem Licht, das im folgenden Abschnitt als erster Aspekt zur Kamerapositionierung betrachtet wird. Anschließend muss die Höhe und Ausrichtung eingestellt werden. Dies ist meist abhängig von den Gegebenheiten des Tunnels, deshalb werden an dieser Stelle nur grundlegende Prinzipien und Empfehlungen beschrieben. Als letzter Aspekt soll die Einrichtung der Wildkamera behandelt werden. Die Cuddeback C123 hat ein paar Funktionen, die bei der Positionierung der Kamera helfen und beachtet werden sollten.

Sonne und Licht

Für eine gelungene Aufnahme der Kamera ist Licht eine essenzielle Voraussetzung. Besonders am Tag ist die Sonne hilfreich. Allerdings kann direkte Sonnenstrahlung oder durch die Sonne erwärmte Vegetation im Hintergrund, durch die Wärmeempfindlichkeit des PIR-Sensors zu Fehlauflösungen führen. Bei Unterführungen von Fließgewässern muss zusätzlich die Sonnenreflexion im Wasser berücksichtigt werden, die sich mit der Wanderung der Sonne am Tag verändert. Im Tunnel ist die Sonne weniger präsent, und indem die Wildkamera in den Tunnel hinein gerichtet wird, kann der Faktor Sonne minimiert werden. Außerdem ist es hilfreich, den Sonnenverlauf miteinzubeziehen. Da die Sonne auf der Nordhalbkugel über den Süden verläuft, bietet sich nach Möglichkeit eine Ausrichtung der Kamera in Richtung Norden an.

Bei Dunkelheit im Tunnel schaltet die Cuddeback C123 automatisch in den Nachtmodus um. Das bedeutet, dass der Infrarot-Blitz aktiviert wird und der Bildsensor die Fotos im Infrarotbereich des Lichtspektrums aufnimmt. Die Fotos werden nun in Schwarz-Weiß ausgegeben (siehe Abb. 17).



Abb. 17 Aufnahme eines Reiher im Nachtmodus (links) und Tagmodus (rechts)

Ausrichtung

Nachdem für gute Lichtbedingungen gesorgt wurde, muss die Kamera ausgerichtet werden, damit sie potenzielle Tierbewegung aufnehmen kann. Ein passierendes Tier soll sich möglichst lange im Erfassungsbereich des PIR-Sensors bewegen und somit die Wahrscheinlichkeit der Detektion erhöhen. Zusätzlich soll das Tier nah an der Wildkamera vorbeigehen, damit eine möglichst große Fläche an Wärmestrahlung vom Objekt auf den PIR-Sensor fällt. Deshalb ist der ideale Winkel der Kameraausrichtung 45° zum Durchquerungsweg, während der Abstand zum Objekt zwischen 2 Metern und 13 Metern betragen darf. Der Abstand orientiert sich an dem Fokusbereich der Kamera und am Ausleuchtungsbereich des IR-Blitzes bei Nacht. Die 45° -Ausrichtung ist besonders gut für Unterführungen mit einseitigen Querungshilfen. Falls auf beiden Seiten Querungshilfen sind, kann die Kamera mittig zwischen den Wänden in den Tunnel hinein ausgerichtet werden (90° -Ausrichtung zu den Querungshilfen). So ist die Bildmitte jedoch über dem Wasser und die terrestrische Tierbewegung findet am Rand des Erfassungsbereichs statt. Deshalb ist diese Ausrichtung nur für schmale Unterführungen bis zu fünf Metern zu empfehlen. Bei breiteren Unterführungen sollte jeweils eine Kamera für jede Seite in 45° -Ausrichtung zur Querungshilfe installiert werden.

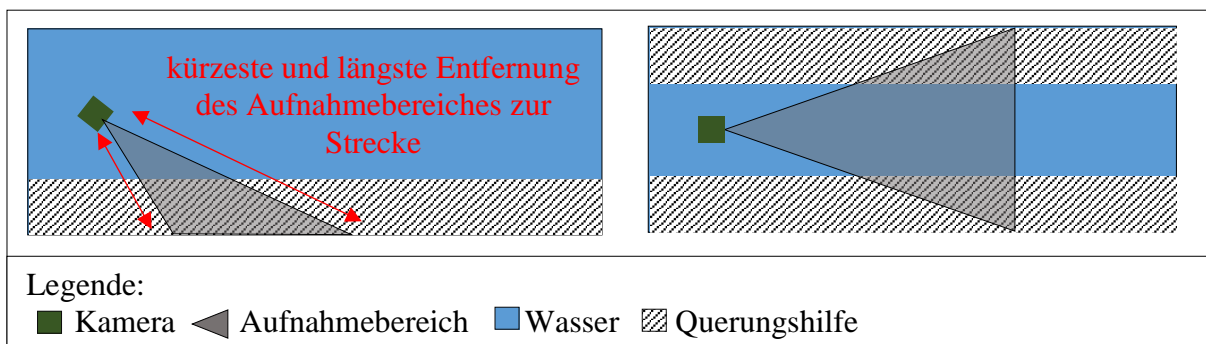


Abb. 18 Aufsicht eines Tunnels mit einer 45° -Ausrichtung (links) und 90° -Ausrichtung (rechts) der Wildkamera

Auch die Höhe der Wildkamera muss an den Tunnel und die Querungshilfe angepasst werden. In der Regel bringt eine Aufnahme auf Augenhöhe des Tieres die schöneren und genaueren Aufnahmen. Durch mehr Details können wiederkehrende Tiere erkannt werden. Allerdings ist die Kamera auf dieser Höhe leicht von Tieren zu entdecken und vor allem der Blitz auf Augenhöhe kann Tiere verwirren und gar verscheuchen. Deshalb ist die unscheinbarere Aufnahme aus der Vogelperspektive für die passive Beobachtung angebrachter. Zusätzlich bietet diese Perspektive einen besseren Überblick im Tunnel und schützt die Wildkamera vor Diebstahl/Vandalismus und neugierigen Tieren, die auch gerne mal an der Kamera knabbern. Wichtig ist es die Kamera auf den Querungsweg runter zu neigen und nicht zu hoch anzubringen, da sonst kleinere Tiere schwer detektiert werden. Zur optimalen Erfassung und Erkennung der Tiere, sollte die Kamera nicht höher als 3 Meter angebracht sein.

Kameraeinstellung

Wildkameras, wie die Cuddeback C123, sind einigen Funktionen ausgestattet, die bei einer Beobachtung in Unterführungen nützlich sind. Als Erstes sollten die Walk-Test-Funktion genutzt werden, um den Erfassungsbereich des PIR-Sensors zu kontrollieren. Nachdem die Wildkamera positioniert wurde, schaltet man den Testmodus ein und geht vor der Kamera hin und her. Sobald man sich im Erfassungsbereich befindet, blinkt eine Kontroll-LED auf. So können die Grenzen des Erfassungsbereichs überprüft und angepasst werden. Anschließend ist die Kamera optimal positioniert und die internen Einstellungen zur Aufnahme können eingerichtet werden. Hier bietet es sich, neben der Speicherung von Metadaten wie Zeit, Datum und Temperatur bei der Aufnahme, an, die Funktion Fotoserie einzustellen. Bei einer Auslösung können so bis zu 10 Bilder nacheinander aufgenommen werden und optional noch ein 10 bis 60 Sekunden langes Video im Anschluss. Feldversuche haben gezeigt das drei Bilder, mit einem minimalen Zeitabstand (FAP – fast as possible) zwischen den Bildern, und ein 10 Sekunden langes Video ausreichend sind um Tierbewegung im Tunnel zu erfassen. Die Wahrscheinlichkeit ist hoch, dass das Tier in einem Bild vollständig erfasst wird, während das Video den Bewegungsablauf dokumentiert.

Ausrichtung für ausgewählte Unterführungen

In dem folgenden Abschnitt werden, für die kategorisierten Unterführungen (Betontunnel, Stahlwelltunnel und Brücke), die Strecken berechnet, die von der Wildkamera abgedeckt

3 Material und Methode

werden. Hierfür werden unterschiedliche Winkeleinstellungen zur Ausrichtung der Kamera, sowie Höhen und Positionierungen in der Unterführung betrachtet. Anhand der berechneten Strecke und der Aufnahmezeiten der Kamera kann anschließend die maximale Geschwindigkeit der Tiere für eine erfolgreiche Aufnahme berechnet werden. In Bezug auf die Kameraeinstellung können folgende Aufnahmezeiten festgelegt werden:

- Aufnahmezeit 1: Auslösungszeit für das erste Bild = 0,2 s
- Aufnahmezeit 2: Aufnahmezeit für die ersten drei Bilder = 4,2 s (Auslösungszeit + 2 x Wiederbereitschaftszeit nach einer Bildaufnahme)
- Aufnahmezeit 3: Aufnahmezeit für drei Bilder und ein 10 Sekunden Video = 16,2 s (Auslösungszeit + 3 x Wiederbereitschaftszeit nach einer Bildaufnahme + 10 Sekunden für das Video)

Des Weiteren können die Auslösungszeit der Wildkamera mit 0,2 Sekunden sowie der horizontale Aufnahmewinkel mit 41° und vertikale Aufnahmewinkel mit 31° festgelegt werden.⁴⁷

Bei der Ausrichtung der Wildkamera wird der horizontale und vertikale Winkel eingestellt. Dabei wird der horizontale Winkel wie folgt definiert: der Winkel zwischen der Querungshilfe und der optischen Achse der Wildkamera. Demnach ist der horizontale Winkel 0° , wenn die optische Achse und die Querungshilfe parallel zueinander verlaufen bzw. die Wildkamera in den Tunnel hinein ausgerichtet sind. Der vertikale Winkel wird als Winkel zwischen der Decke und der optischen Achse der Wildkamera definiert (siehe Abb. 19).

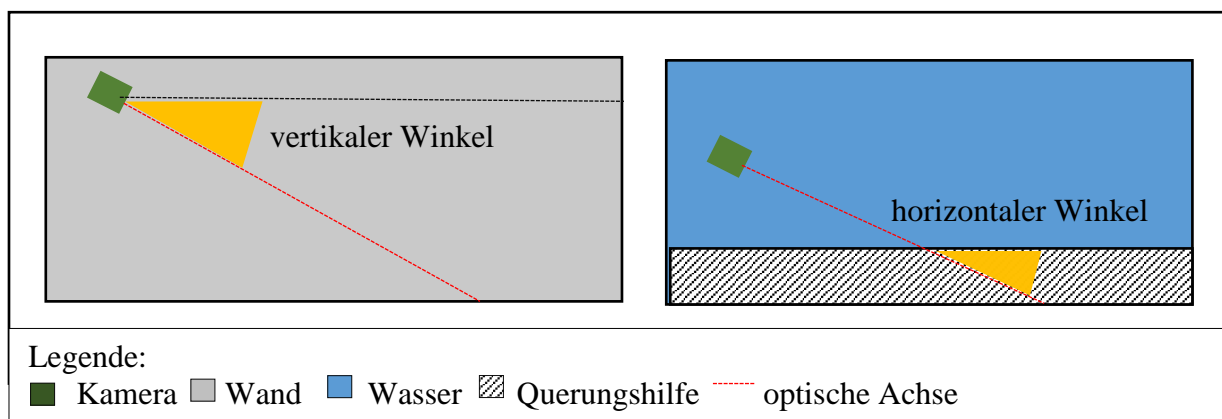


Abb. 19 Seitliche Ansicht (links) und Aufsicht (rechts) einer Unterführung

⁴⁷ Siehe Anhang 1 für die Messung der Aufnahmewinkel

3 Material und Methode

Die berechneten Werte der Strecken und Geschwindigkeiten wurden in Abb. 20 aufgeführt.⁴⁸ Der Abstand zur Querungshilfe n wird vom Betreuer gemessen und ist der Abstand von der Wildkamera zum gegenüberliegenden Rand der Querungshilfe (siehe Abb. 11 Datenblatt der drei Unterführungen Abb. 11). Zusätzlich wurde die kürzeste Entfernung x des Aufnahmebereiches zur Strecke berechnet (siehe Abb. 18). Dafür wurde folgende Formel verwendet:

$$x = \sqrt{n^2 + h^2}$$

wobei h die Höhe der aufgehängten Wildkamera ist.

Die Tabelle zeigt, wie groß der Unterschied zwischen einer orthogonalen Ausrichtung und einer 45°-Ausrichtung zur Querungshilfe ist. Die Ausrichtung wirkt sich auf die Länge der abgedeckten Strecke auf der Querungshilfe und auf die Entfernung des Aufnahmebereiches zur Querungshilfe aus. In Mönkhagen (West) soll die Wildkamera die Querungshilfen auf beiden Seiten des Tunnels erfassen, deshalb ist der horizontale Winkel 0°. Hier wird der vertikale Winkel auf 45° und 30° eingestellt, um die Auswirkung auf die abgedeckte Strecke und die kürzeste Entfernung zu zeigen. Recherchen zur Wildkamera zeigen, dass eine maximale Entfernung von 3 Metern erlaubt ist, um auch kleine Tiere zu erfassen.

Außerdem werden in der Tabelle die maximalen Geschwindigkeiten berechnet. Die Geschwindigkeit N wurde durch die Formel

$$v[n] = \frac{t[n]}{d} * 3,6$$

berechnet, wobei v die Geschwindigkeit in m/s, t die Aufnahmezeit in s, d die Strecke in m und 3,6 der Faktor zur Konversion von m/s zu km/h ist. Die Werte zu den Geschwindigkeiten zeigen, dass bei der ersten Auslösung fast alle Tiere erfasst werden können. Dies gilt unter der Annahme, dass das schnellste Tier in Deutschland der Feldhase (max. Geschwindigkeit = 70 km/h) ist. Jedoch müssen die Tiere, für eine komplette Videoaufzeichnung, fast vor der Wildkamera stehen bleiben.

⁴⁸ Für die Berechnung der Strecke siehe Anhang 2

3 Material und Methode

| Standort | Bauform | Strecke auf Querungshilfe [m] | Kamerahöhe [m] | Kürzeste Entfernung [m] | Abstand zur Querungshilfe [m] | Horizontaler Winkel | Vertikaler Winkel | Geschwindigkeit 1 [km/h] | Geschwindigkeit 2 [km/h] | Geschwindigkeit 3 [km/h] |
|------------------|------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mönkhagen (West) | Stahlwell-tunnel | 5,1 | 3 | 4,9 | West: 3 Ost: 3 | 0° | 45° | 91,8 | 2,8 | 1,1 |
| Mönkhagen (West) | Stahlwell-tunnel | 12,2 | 3 | 5,9 | West: 3 Ost: 3 | 0° | 30° | 219,6 | 6,7 | 2,6 |
| Langwedel | Betontunnel | 5,1 | 2,5 | 3,2 | Nord: keine Süd: 1,5 | 45° | 45° | 91,8 | 2,8 | 1, |
| Langwedel | Betontunnel | 2,2 | 2,5 | 3,1 | Nord: keine Süd: 1,5 | 90° | 45° | 39,6 | 1,2 | 0,5 |
| Bad Bramstedt | Brücke | 3,7 | 0,2 | 5,3 | Nord: 5 Süd: 32 | 90° | 0° | 66,6 | 2,0 | 0,8 |
| Bad Bramstedt | Brücke | 8,7 | 0,2 | 5,5 | Nord: 5 Süd: 32 | 45° | 0° | 156,6 | 4,7 | 1,9 |
| Mönkhagen (Süd) | Brücke | 3,0 | 0,5 | 4,3 | West: 4 Ost: 14 | 90° | 0° | 54,0 | 1,6 | 0,7 |
| Mönkhagen (Süd) | Brücke | 7,0 | 0,5 | 4,4 | West: 1,5 Ost: 13,5 | 45° | 0° | 126,0 | 3,8 | 1,5 |

Abb. 20 Tabelle der Strecken und Geschwindigkeiten in Abhängigkeit der Ausrichtung der Wildkamera

4 Ergebnisse

4.1 Aufbau der Wildkamas

Die unterschiedlichen Durchlassarten der vier ausgewählten Unterführungen führten zu individuellen Kameramontagen. In jeder Unterführung wurde jeweils eine Wildkamera installiert.

Die erste Kamera wurde bereits vor dieser Arbeit an der Brücke in Bad Bramstedt angebracht. Sie wurde auf Augenhöhe mit mittelgroßen Tieren an einem Zaunpfahl vor der Brücke angeschraubt (siehe Abb. 15). 20 cm über dem Boden wurde die Wildkamera orthogonal zum asphaltierten Weg auf der Westseite der Schmalfelder Au positioniert.

Im Rahmendurchlass bei Langwedel wurde eine Teleskopstange zwischen die Wände geklemmt, an der wiederum die Kamerahalterung angebracht ist (siehe Abb. 21). Mittig im Tunnel positioniert, konnte die Kamera in einem 45°-Winkel auf die Querungshilfe ausgerichtet werden. Da dies der erste Kameraaufbau für diese Arbeit war, gab es einige Umbauten. So war die erste Teleskopstange ursprünglich vertikal im Tunnel angebracht, da sie für die Breite des Tunnels zu kurz war. Auch der Winkel der Kamera und die internen Kameraeinstellungen zur Aufnahme wurden im Laufe des Projekts optimiert.



Abb. 21 Wildkamera im Beton-Rahmendurchlass unter der A7 bei Langwedel

In Mönkhagen wurde die Kamera mittig an der Decke montiert (siehe Abb. 21). Somit sind die terrestrischen Tierpassagen an beiden Seiten des Stahlblechtunnels abgedeckt. Die

4 Ergebnisse

Kamerahalterung konnte an einer Ringöse, an der Decke des Stahlwellprofils, gehängt werden. Anschließend wurde die Kamera leicht nach unten geneigt (30°) und in den Tunnel hinein ausgerichtet, um einen guten Überblick über die Tierbewegung am Boden zu bekommen. Die Kamera hängt 3 Meter über dem Boden und wurde 6 Meter hinter dem südlichen Eingang in Richtung Norden ausgerichtet. Dies soll zusätzlich den Einfluss der Sonne minimieren (siehe „Sonne und Licht“).



Abb. 22 Wildkamera am Stahlwellendurchlass unter der A21 bei Mönkhagen

Für die Montage der vierten Wildkamera, in der A20 Brücke südlich von Mönkhagen, wurden die verbauten Beton-Gittersteine genutzt (siehe Abb. 16 Wildkamera zwischen Beton-Gittersteinen montiert Abb. 16). Die Wildkamera ist 36 cm über dem Boden angebracht und orthogonal zur Querungshilfe auf der Westseite des Baches ausgerichtet. Die Passage auf der Ostseite wird nicht erfasst. Leider lagen zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit noch keine Ergebnisse von der Brücke vor.

4.2 Kameraeinstellungen

Alle Kameras wurden für das Projekt gleich eingestellt. Nach der Auslösung wurde eine Fotoserie mit drei Bildern und anschließend eine 10 Sekunden Videosequenz aufgenommen. Außerdem wurden die Wildkameras aus Kostengründen mit acht Alkali-Mangan-Batterien ausgestattet. Dies ging entgegen der Empfehlung in Abschnitt „3.1.6 Stromversorgung“, hat aber für das Projekt ausgereicht, da die Kameras alle vierzehn Tage ausgelesen wurden und die Alkali-Mangan-Batterien diese Zeitspanne bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt problemlos überbrückt haben.

4.3 Bildaufnahmen

4.3.1 Bad Bramstedt

Zwar liegt für die Wildkamera in Bad Bramstedt noch keine vollständige Auswertung vor, jedoch hat der zuständige Betreuer einzelne Aufnahmen bereitgestellt. Bisher wurden auf der nördlichen Seite der Schmalfelder Au folgende Tiere gesichtet: Feldhase, Rotfuchs und Rehe. Dies deutet trotz starker menschlicher Nutzung auf eine geeignete Tierpassage hin, allerdings muss für eine eindeutige Nutzungsanalyse auf die Auswertung des zuständigen Betreuers verwiesen werden.



Abb. 23 Aufnahmen der Wildkamera bei Bad Bramstedt: Rotfuchs (links) und Hase (rechts)

4.3.2 Langwedel

Die erste Wildkamera, die anhand der oben beschriebenen Methode installiert wurde, hängt unter der A7 bei Langwedel. Im ersten Monat, vom 4. Juni bis 04. Juli, hat der PIR-Sensor die Kamera neun Mal ausgelöst. Der Zeitraum beginnt nach der letzten Justierung der Kamera für das Projekt. Die Aufnahmen verteilen sich auf sechs Tage und es wurden ein Reiher und mehrere Enten gesichtet (siehe Abb. 24). Der Reiher ist auf drei Bildern zu sehen und auf den restlichen sechs sind die Enten abgebildet. Außerdem erkennt man, dass die terrestrische Querungshilfe bei einem höheren Wasserstand regelmäßig komplett unter Wasser ist. Das macht die Route für nicht schwimmende Tiere unsicher, obwohl die Querungshilfe nach DIN-Norm konstruiert wurde.

In den ersten zwei Monaten nach der Installation der Kamerafalle gab es keine Fehlauflösungen. Auf allen Bildern sind entweder Tiere oder Projektmitarbeiter zu sehen. Die Nutzung des Tunnels von Vögeln ist zwar für die Wiedervernetzung von terrestrischen Lebensräumen irrelevant, jedoch zeigen die Aufnahmen, dass die Wildkamera funktioniert. Da keine weiteren

4 Ergebnisse

Arten aufgenommen wurden, lässt sich herleiten, dass in dem Studienzeitraum keine terrestrischen Tiere den Tunnel genutzt haben. Da die Querungshilfe bei Regenfällen unter Wasser liegt, müssen Maßnahmen erfolgen, damit die Durchquerung des Tunnels für terrestrische Tiere stets gewährleistet ist. Abhilfe können schwimmende Querungshilfen leisten, die bei höheren Wasserständen über dem Wasser bleiben und so jederzeit eine Durchquerung für alle Arten gewährleistet. Die Aufnahmen der Wildkamera können dabei helfen, die Umgestaltung der Querungshilfe voranzutreiben.



Abb. 24 Reiher und Enten im Rahmendurchlass bei Langwedel

4.3.3 Mönkhagen (West)

Die Ergebnisse im Tunnel bei Mönkhagen haben eindeutig eine größere terrestrische Nutzung als bei Langwedel aufgezeigt. Nach der ersten Auslesung war die Wildkamera für 21 Tage im Zeitraum vom 08. August bis zum 29. August aktiv. Auf beiden Seiten des Tunnels wurden die Querungshilfen häufig genutzt. Insgesamt hat die Kamera an 15 Tagen 17-mal ausgelöst, wobei es keine Fehlauflösung gab (siehe Abb. 27). Die Wildkamera bezeugt eine starke Nutzung des Tunnels durch Menschen, da auf 7 Aufnahmen entweder Wanderer, Spaziergänger oder Läufer abgebildet wurden. Außerdem sind auf 2 Bildern Projektmitarbeiter beim Aufbau der Kamera und der Auslesung zu sehen. Trotz der menschlichen Nutzung sind auf 8 Bildern Rehe zu sehen. In zwei Bildern wurden die Rehe in Paaren gesichtet (siehe Abb. 25 Rehe im Tunnel bei Mönkhagen Abb. 25). Auf dem linken Bild ist am Ende des Tunnels sogar ein drittes Reh zu sehen, dass in einer Aufnahme eine Minute früher aufgenommen wurde. Die Nutzung des Tunnels durch Rehe beweist, dass Unterführungen mit adäquaten Querungshilfen eine effektive Tierpassage sein können und die Wiedervernetzung von Lebensräumen unterstützt.

4 Ergebnisse

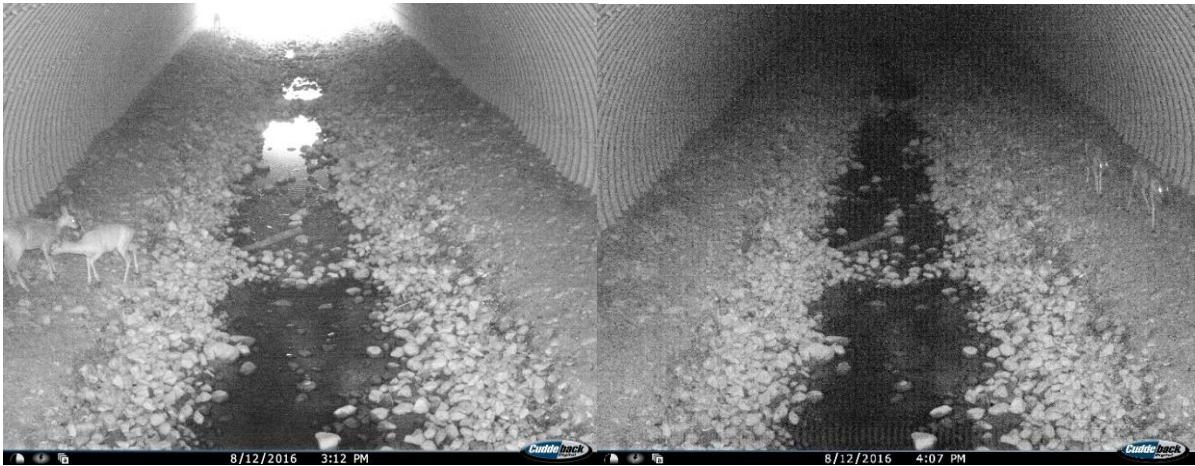


Abb. 25 Rehe im Tunnel bei Mönkhagen

An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Zeitmarke der Aufnahmen inkorrekt ist. Das Datum liegt 7 Tage vor und die Uhrzeit 6 Stunden vor der Aufnahme. Die Zeitmarke wurde für die Auswertung nachträglich korrigiert.

Die Grafiken in Abb. 26 Biologische Auswertung der ersten Ergebnisse in der Unterführung Mönkhagen (West) Abb. 26 zeigen eine erste biologische Auswertung der Daten. Mit 47% gibt es eine hohe Querungszahl der Unterführung durch Rehe. Alle Auslösungen in den Zeiträumen 21 – 24 Uhr und 6 – 9 Uhr wurden von Rehen verursacht. Die restlichen Auslösungen sind auf Menschen zurückzuführen, mit der Ausnahme von einer Auslösung im Zeitraum 9 – 12 Uhr.

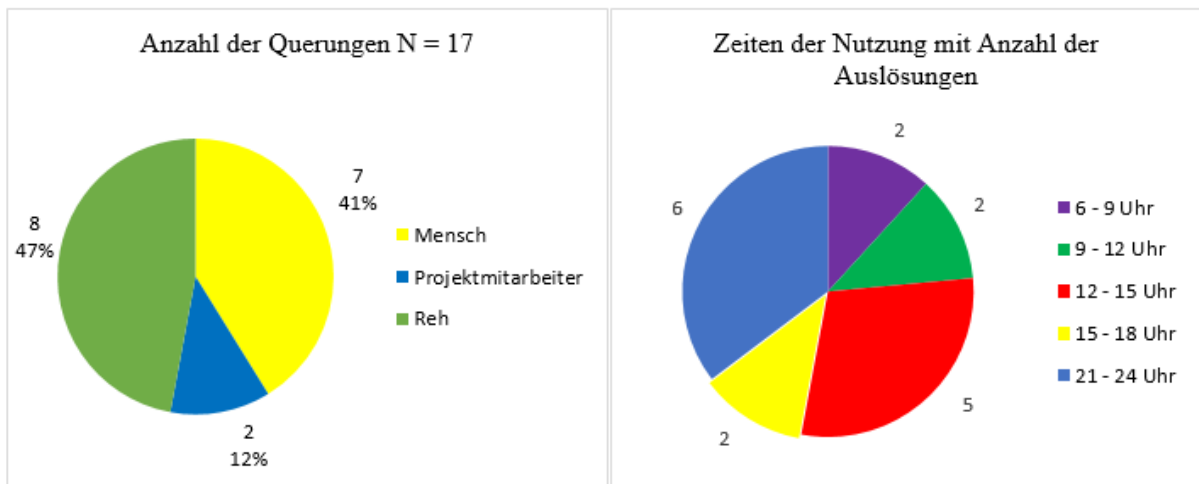


Abb. 26 Biologische Auswertung der ersten Ergebnisse in der Unterführung Mönkhagen (West)

4 Ergebnisse

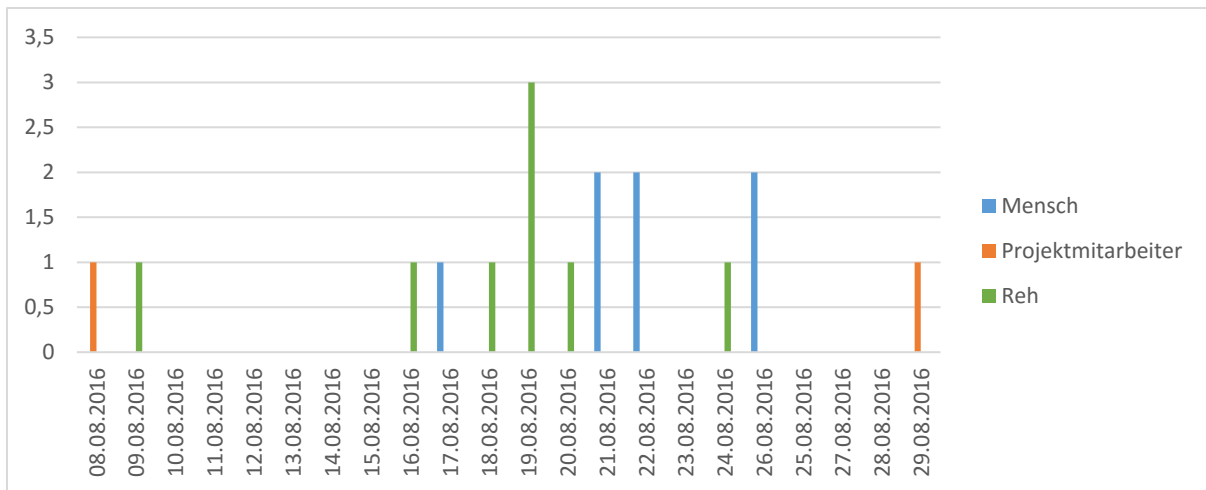


Abb. 27 Nutzung der Unterführung Mönkhagen (West)

5 Diskussion

5.1. Kamerapositionierung

Anhand der Aufnahmen in den ausgewählten Unterführungen können die Arten gut erkannt werden. Die kurze Auslösungszeit der Cuddeback C123 erlaubt eine nahe, orthogonale Ausrichtung zur Querungshilfe, ohne dabei Fehlauflösungen zu erzeugen oder „leere Bilder“ zu schießen. Die 45°-Ausrichtung der Wildkamera kann, im Gegensatz zur orthogonalen Ausrichtung, eine größere Fläche der Querungshilfe abdecken. Dadurch bleibt ein querendes Wildtier länger im Aufnahmebereich und kann im Burst-Modus auf mehr Bildern aufgenommen werden. Allerdings lässt sich keine komplette Durchquerung des Tunnels oder der Brücke erkennen. Zwar werden die Individuen in der Unterführung erfasst und somit wird bewiesen, dass eine Nutzung stattfindet, aber die Tiere könnten sich nur bis auf die Höhe der Kamera vorwagen und dann umdrehen.

Damit die Nutzung einer Unterführung als Querungspassage unter der Autobahn untersucht werden kann, müssen mindestens zwei Kameras angebracht werden (siehe Abb. 28). Durch den Einsatz von zwei Wildkameras, mit jeweils einer am Ein- und Ausgang der Unterführung, kann die komplette Durchquerung der Unterführung observiert werden. Für eine umfassendere Untersuchung des Querungsverhaltens von Tieren könnten zusätzlich zwei Wildkameras außerhalb der Unterführung angebracht werden. Diese Kameras, vor dem Ein- und Ausgang, würden Tiere erfassen, die sich der Unterführung nähern, dann aber keine Durchquerung wagen, da keine adäquate terrestrische Passage vorhanden ist oder aus anderen Gründen. Dies kann Hinweise auf eine Umstrukturierung der Landschaft vor der Unterführung geben. In dem weiteren Verlauf des Projekts sollen zusätzliche Wildkameras zur Untersuchung einer Unterführung eingesetzt werden.

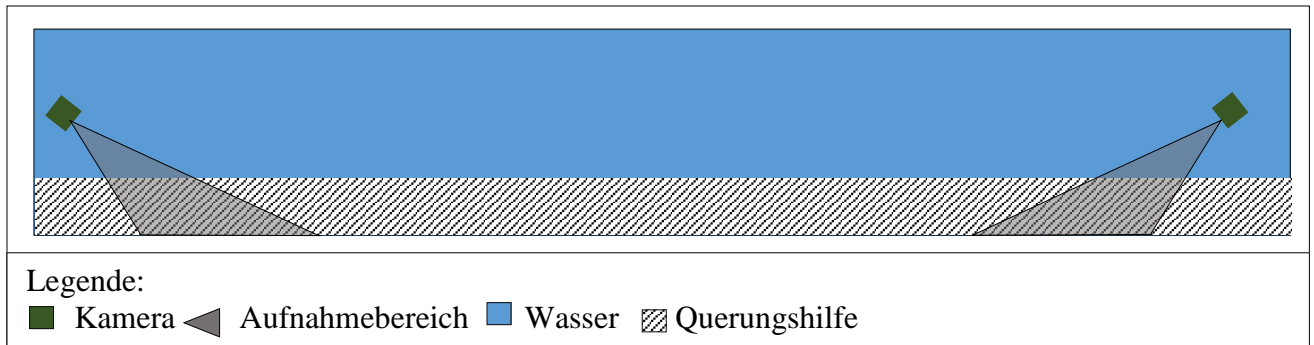


Abb. 28 Aufsicht eines Tunnels mit zwei Wildkameras in 45°-Ausrichtung

4.1.1. Höhe der Kamera: Mönkhagen (West)

Im Tunnel bei Mönkhagen hängt die Wildkamera in 3 Metern Höhe und hat lediglich große Individuen (Rehe und Menschen) aufgenommen. Durch die vertikale Neigung von 30° führt im Aufnahmebereich zu einem Abstand von 4,4 – 16,4 Metern zum Boden. Dieser Abstand kann Schwierigkeiten in der Erfassung von kleinen bis mittelgroßen Tieren bringen. Um auszuschließen, dass kleine Tiere nicht erfasst werden, sollte eine Wildkamera in Bodennähe installiert werden. So können kleinere Individuen erfasst werden. Alternativ kann ein kleineres Tier (z. B. eine Katze) als Testversuch durch den Tunnel gelockt werden, um zu überprüfen ob die Wildkamera auslöst. Aus zeitlichen Gründen und Mangel an weiteren Wildkameras wurde keine genauere Prüfung durchgeführt.

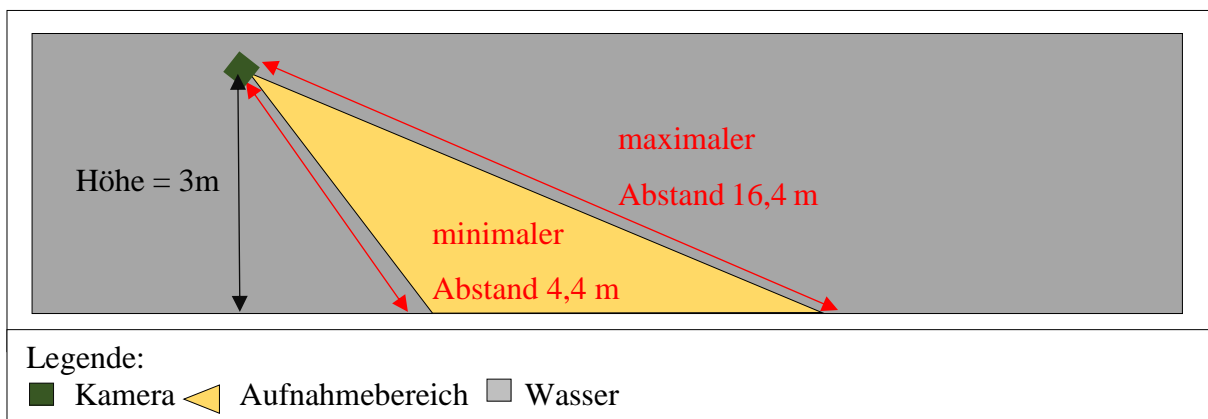


Abb. 29 Seitliche Ansicht des Kameraaufbaus im Tunnel

5.2 Tag- und Nachtmodus

In den Aufnahmen in Langwedel und Mönkhagen war, bei einer überwiegenden Anzahl der Auslösungen, der Nachtmodus eingestellt. Auch am helllichten Tag wurde zum Teil im Nahtmodus aufgezeichnet. Die Wildkamera schaltet automatisch zwischen Tag- und

5 Diskussion

Nachtmodus um, indem die Lichtintensität gemessen wird und intern gegen einen festen Schwellenwert für den Wechsel verglichen wird. Sobald der Nachtmodus eingestellt ist, wird der IR-Blitz aktiv und die Aufnahmen werden im Infrarotspektrum aufgenommen und in Graustufen abgebildet.

Sämtliche Bilder aus Langwedel und Mönkhagen wurden in Tag und Nacht aufgeteilt, wobei die Aufnahmen die zwischen Sonnenunter- und Sonnenaufgang fielen als Nachtaufnahmen kategorisiert wurden. Die Grafiken in Abb. 30 zeigen das in Langwedel 72% und in Mönkhagen 53% der Aufnahmen im falschen Modus aufgenommen wurden. Dies deutet auf eine Fehleinstellung oder zu wenig Licht im Tunnel. Da die Wildkamera in Langwedel und Mönkhagen eine ähnlich hohe Rate an Nachteinstellungen am Tag hat, lässt sich auf einen systematischen Fehler in der Einstellung vom Hersteller schließen. Die Schwelle der Lichtintensität, bei der die Kamera vom Tag- in den Nachtmodus wechselt, lässt sich bei der Cuddeback C123 nicht manuell einstellen. Dieser Fehler wirkt sich nicht auf die Studie aus, da eine eindeutige Erkennung der Tiere anhand von Fellfarben nicht nötig ist. Allerdings kann getestet werden, ob andere Wildkameramodelle bei den Lichtverhältnissen in Tunneln ähnlich reagieren.

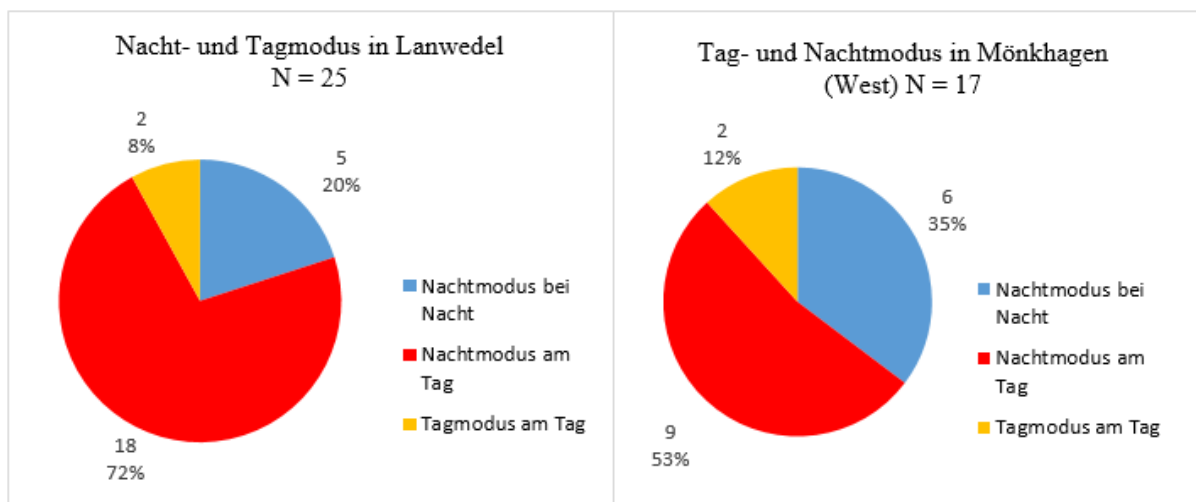


Abb. 30 Aufteilung von Tag- und Nachtmodus am Tag und bei Nacht

5.3 Videoaufnahmen

Nach der Fotoserie mit drei Bildern wurde nach jeder Auslösung des PIR-Sensors ein Video mit der Länge von 10 Sekunden aufgenommen. Das Video sollte zur Erkennung der Bewegung der Individuen dienen. Bis das Video aufgenommen wird, vergehen durch die Aufnahme der drei Bilder, ca. 6,6 Sekunden (3 x Auslösezeit + 3 x Wiederbereitschaftszeit). Im Tunnel bei

Mönkhagen (West) war das Objekt nach dieser Zeit in jeder Videoaufnahme bereits außerhalb des Aufnahmebereiches. Bei Langwedel wurden immerhin ein paar Enten, die sich zur Nahrungsaufnahme länger im Aufnahmebereich aufgehalten haben, in den Videosequenzen aufgezeichnet. Damit keine „leeren Videos“ aufgenommen werden, sollte die Videoaufnahme simultan zu der Bildaufnahme stattfinden. Einige Wildkameras wie das Modell Bone Collector von Bushnell haben diese Funktion. Für eine genauere Aufzeichnung der Tierbewegung wäre zusätzlich eine „pre-recording“ Funktion vorteilhaft. Dadurch wird bei jeder Auslösung durch den PIR-Sensor ein Video vor und nach der Auslösung aufgenommen. Allerdings muss die Videoaufnahme kontinuierlich auf dem internen RAM-Speicher zwischengespeichert werden bis eine Auslösung kommt. Diese kontinuierliche Aufnahme verbraucht sehr viel Strom, weshalb es bisher noch keine Wildkameras mit dieser Funktion gibt.

5.4 Biologische Auswertung

Die biologische Auswertung zur Nutzung der Unterführung wird nach der Datensammlung durchgeführt. Hier werden die Aufnahmen analysiert und kategorisiert, um eine Statistik über die Nutzung der Unterführung aufzustellen. Für die Unterführung Mönkhagen (West) wurde dies in Abb. 26 und Abb. 27 ansatzweise gezeigt. Bei anderen Unterführungen lagen die Daten zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit noch nicht vor oder waren wie bei dem Tunnel bei Langwedel irrelevant, da der Fokus der Untersuchung auf terrestrischen Tieren liegt und die Vögel die aufgenommen wurden als „Sonstige“ kategorisiert werden.

In der Unterführung bei Mönkhagen (West) zeigt sich in den ersten 21 Tagen eine hohe Nutzung durch Menschen. Rehe nutzen die Unterführung auch gelegentlich, allerdings spielt die Unterführung für andere Arten keine Rolle. Zwar ist die Unterführung bereits für Tiere ausgebaut und die umliegende Landschaft bietet einen guten Lebensraum, aber die hohe menschliche Nutzung könnte ein maßgeblicher Faktor sein, der die Unterführung für Tiere unattraktiv macht. Es bietet sich an weitere Unterführungen dieser Art, mit naturschutzfachlich eingebauten Querungshilfen und eventuell weniger menschlicher Nutzung, zum Vergleich zu untersuchen.

Für eine aussagekräftige biologische Auswertung dieser Studien werden mehr Daten benötigt. Zum einen sollte die Datensammlung über einen längeren Zeitraum (3 - 12 Monate) stattfinden und zum anderen sollten mehr vergleichbare Unterführungen mit Wildkameras ausgestattet werden. Zusätzlich kann an ausgewählten Unterführungen die menschliche Nutzung durch Verbotsschilder eingeschränkt werden, um Tieren die Querung attraktiver zu gestalten. Dann

5 Diskussion

kann ausgewertet werden, inwiefern die menschliche Nutzung der Unterführungen die Tierbewegung beeinflusst. Außerdem kann analysiert werden welche Arten bestimmte Unterführungsformen bevorzugen. Diese Erweiterungen der Studie sollen im weiteren Verlauf des Projekts erfolgen.

6 Fazit

Ziel dieser Arbeit ist es, das Projekt zur Untersuchung von Unterführungen an Autobahnen anzustoßen und einen Leitfaden zur Einrichtung von Wildkameras zu geben. Eine große Hürde, die die Aufnahme des Projekts verzögert hat, waren baurechtlichen Einschränkungen an Autobahnunterführungen. Ursprünglich war die Aufgabenstellung eine Lösung zur Montage von Wildkameras zu finden, die den baurechtlichen Vorgaben entsprechen. Dafür wurden in Gesprächen mit Björn Schulz einige Lösungsansätze diskutiert. In diesen Gesprächen wurden weitere Ziele für die Arbeit festgelegt. Da die Cuddeback C123 für die Studie zur Verbreitung von Wölfen in Schleswig-Holstein vorhanden war, stand fest, dass dieses Modell auch für die Untersuchung der Unterführungen eingesetzt werden soll. Mit den Wolfsbetreuern, die die Wildkameras aufbauen und auswerten, bestand bereits in ganz Schleswig-Holstein verteilt ein großes Team an Betreuern für die neue Studie. Zuerst sollten die technischen Eigenschaften der Wildkamera zur Nutzung in Unterführungen getestet und anschließend ein Leitfaden zur Montage für die Betreuer aufgestellt werden.

Neben der Recherche zum Einsatz und zur Technik von Wildkameras, hat der Aufbau und die Auslesung der Kameras am meisten Zeit beansprucht. Zum Test wurden zwei Exemplare der Cuddeback C123 bereitgestellt. Nach einigen Besichtigungen von Unterführungen und einem Austausch verschiedenen Naturschützern in Schleswig-Holstein, wurden zwei Unterführungen (Langwedel und Mönkhagen (West)) als Teststandorte festgelegt. Anschließend wurden Materialien zur Montage besorgt und die Wildkameras installiert. Da Björn Schulz in der Nähe der Unterführung in Langwedel wohnt, wurden die Wildkamera abwechselnd von ihm und dem Autor ausgelesen und justiert. Aufgrund der Fahrtzeiten haben die Auslesungen und Justierungen einen ganzen Tag in Anspruch genommen und konnten aus zeitlichen Gründen lediglich am Wochenende durchgeführt werden. Die Wildkameras sollen für die nächsten Monate an den Standorten bleiben und regelmäßig ausgelesen werden, um weitere Daten über die Nutzung der Unterführungen zu sammeln.

Im Laufe der Arbeit wurden weitere Problemstellungen und Aufgaben für das Projekt erkannt. Aus zeitlichen Gründen und/oder Mangel an Ressourcen konnten diese Aufgaben im Rahmen dieser Arbeit nicht gelöst werden und sollen im weiteren Verlauf des Projekts behandelt werden.

6 Fazit

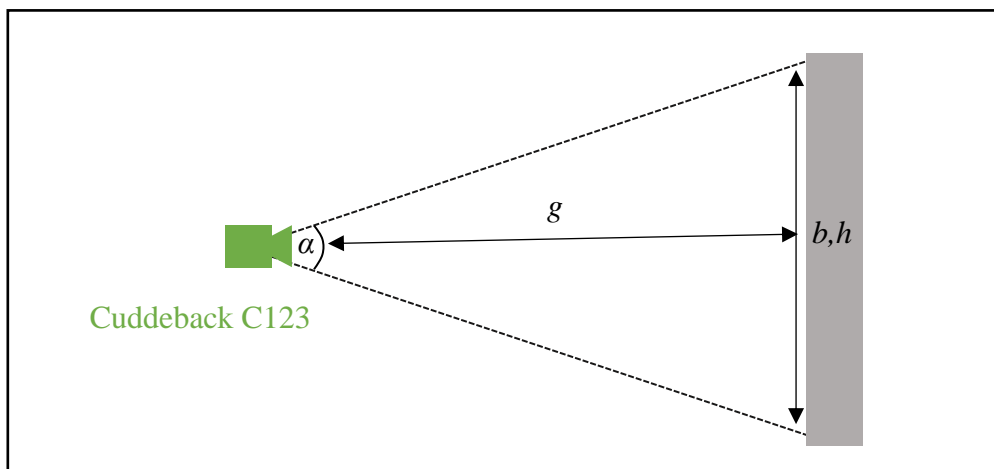
Aufgrund der technischen Grenzen der Cuddeback C123 soll ein Vergleich mit anderen Wildkameramodellen ausgearbeitet werden. Die Aufnahmen in Unterführungen bringt u.a. spezielle Lichtverhältnisse mit sich, für die alternativen Wildkamas eventuell besser ausgestattet sind. Außerdem soll ein Tool zur Berechnung von Strecken und Flächen, die eine Wildkamera in einer Unterführung abdeckt, entwickelt werden. Dieses Tool soll Betreuern die optimale Ausrichtung der Wildkamera erleichtern.

Für das Projekt wurden bereits weitere Unterführungen ausgesucht. In den Wochen nach Abgabe der Arbeit, sollen weitere Wildkamas installiert werden. Abschließend werden alle Daten gesammelt und ausgewertet werden, um eine Empfehlung zur Umgestaltung der Autobahnunterführungen in Schleswig-Holstein zu verfassen.

Anhänge

Anhang 1 – Testaufbau zur Messung des Aufnahmewinkels

Zur Messung des Aufnahmewinkels der Wildkamera Cuddeback C123 wurde folgender Versuchsaufbau verwendet:



Der Abstand g wurde auf 2 Meter festgelegt und an der Wand wurde ein Zollstock platziert. Nachdem die Wildkamera ausgelöst wurde, konnte anhand des Zollstocks die Bildbreite auf der Aufnahme abgelesen werden. Dieser Vorgang wurde zwei Mal durchgeführt: das erste Mal für die Breite b des Bildes und das zweite Mal für die Höhe h . Anschließend wurde die Messung mit einem zweiten Modell der Cuddeback C123 wiederholt.

Für beide Modelle wurden mit $g = 2$ m folgende Werte gemessen:

$$b = 1,5 \text{ m}$$

$$h = 1,1 \text{ m}$$

Anschließend konnte der horizontale Aufnahmewinkel α und β durch folgende Formel berechnet:

$$\alpha = 2 \cdot \arctan\left(\frac{b}{2 \cdot g}\right)$$

und

Anhänge

$$\beta = 2 \cdot \arctan\left(\frac{b}{2 \cdot g}\right)$$

Durch Einsetzen der Messwerte für b und h in die Formeln wurden folgende Aufnahmewinkel berechnet:

$$\alpha = 41,1^\circ$$

$$\beta = 30,8^\circ$$

Anhang 2 – Berechnung der Strecken im Aufnahmebereich

Zur Berechnung der Querungspassage im Aufnahmebereich müssen folgende Variablen gemessen werden:

h = Höhe der Wildkamera

d = Abstand zur Querungshilfe

α = horizontaler Winkel

β = vertikaler Winkel

Außerdem sind folgende Werte für die Cuddeback C123 gegeben:

Aufnahmewinkel (horizontal) $\gamma = 41^\circ$

Aufnahmewinkel (vertikal) $\delta = 31^\circ$

Durch h und d kann der direkte Abstand a zwischen der Kamera und der Querungspassage berechnet werden:

$$a = \sqrt{h^2 + d^2}$$

Unter der Annahme das die Kamera so ausgerichtet wird, dass die ganze Breite des Aufnahmewinkels auf der Querungshilfe liegt, wird mit den obigen Variablen die Querungspassage im Aufnahmebereich wie folgt berechnet:

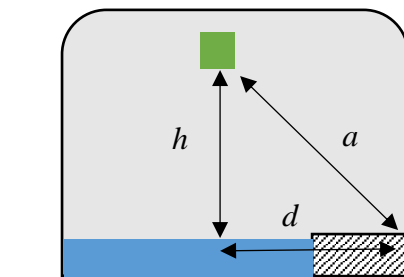
Zuerst wird der Winkel λ berechnet:

Falls $\gamma = 0^\circ$:

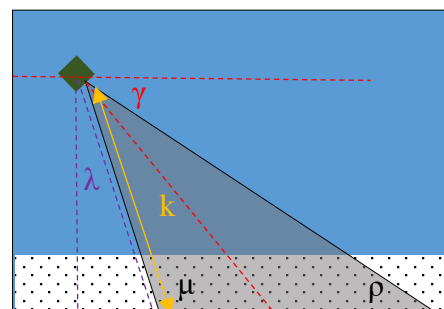
$$\lambda = 90 - (\beta + \delta)$$

Falls $\gamma \neq 0^\circ$:

$$\lambda = 90 - (\alpha + \gamma)$$



Querschnitt durch einen Tunnel mit Wildkamera



Aufsicht auf einen Tunnel mit Wildkamera

Mit λ kann der Winkel μ und ρ berechnet werden:

Anhänge

$$\mu = 180 - (180 - 90 - \lambda)$$

Falls $\gamma = 0^\circ$:

$$\rho = 180 - \mu - \delta$$

Falls $\gamma \neq 0^\circ$:

$$\rho = 180 - \mu - \gamma$$

Anschließend wird die kürzeste Entfernung zur Querungshilfe im Aufnahmebereich k ermittelt:

Falls $\alpha = 90^\circ$:

$$k = x$$

Falls $\alpha \neq 90^\circ$:

$$k = x * \cos(\lambda)$$

Zuletzt wird die Querungspassage im Aufnahmebereich x berechnet werden:

Falls $\gamma = 0^\circ$:

$$x = \frac{k * \sin(\delta)}{\sin(\rho)}$$

Falls $\gamma \neq 0^\circ$ und $\alpha + \frac{\gamma}{2} \geq 90^\circ$:

$$x = k * \tan(\lambda) + k * \tan\left(\frac{\gamma}{2} - \lambda\right)$$

Falls $\gamma \neq 0^\circ$ und $\alpha + \frac{\gamma}{2} < 90^\circ$:

$$x = \frac{k * \sin(\gamma)}{\sin(\rho)}$$

Anhang 3 – Materialliste der Kamerahalterung

- 2 x Ringschraube (8x80)
- 2 x Ringschraube (6x40)
- 1 x 6-KT-Schraube DIN 933 (10x40)
- 2 x Flügelmutter M6
- 2 x Flügelmutter M8
- 1 x Flügelmutter M10
- 2 x 6-KT-Mutter DIN 934 M6
- 2 x 6-KT-Mutter DIN 934 M8
- 4 x Bausch DIN 9021 (6,4x18)
- 3 x Fächerscheibe DIN 6798 M10

Zusätzlich für Montage an Teleskopstange und Ringöse

- Gelenkrohrschelle (26-28mm)

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 1 Löwin reißt kranken Esel vor einer Kamerafalle (1904) (Quelle: Schillings, 2012) | 9 |
| Abb. 2 Warnschild der Wolsfbetreuer Schleswig-Holstein | 11 |
| Abb. 3 Grünbrücken in Schleswig-Holstein(Quelle: Kirsch, 2016) | 14 |
| Abb. 4 Vorderansicht der Cuddeback C123 (Quelle: Cuddeback, 2016) | 16 |
| Abb. 5 Erfassungs- und Aufnahmebereich der Cuddeback C123 mit 51° (links) und 15° (rechts) | 19 |
| Abb. 6 Diagramm mit Entfernung zwischen Tier und Kamera gegen Zeit im Aufnahmebereich | 20 |
| Abb. 7 Vergleich des Spannungsabfalls bei Lithium-, Alkali-Mangan-Batterien und zwei NiMh-Akkumulatoren (Ansmann und Tanergy) (Quelle: TrailcamPro, 2016) | 23 |
| Abb. 8 Tabelle mit den Videoparametern der Cuddeback C123 | 24 |
| Abb. 9 Wildkamera mit Stahlgehäuse und Schloss..... | 25 |
| Abb. 10 Formen von Durchlässen (Quelle: Gleim, 2010) | 26 |
| Abb. 11 Datenblatt der drei Unterführungen..... | 27 |
| Abb. 12 Brücke bei Bad Bramstedt und Mönkhagen (Süd)..... | 27 |
| Abb. 13 Winkelverstellbare Gelenkhalterung am Stahlgehäuse | 29 |
| Abb. 14 Montage mit Teleskopstange in einem Rahmendurchlass | 30 |
| Abb. 15 Wildkamera bei Bad Bramstedt an einen Zaunpfahl geschraubt | 31 |
| Abb. 16 Wildkamera zwischen Beton-Gittersteinen montiert | 31 |
| Abb. 17 Aufnahme eines Reiher im Nachtmodus (links) und Tagmodus (rechts)..... | 33 |
| Abb. 18 Aufsicht eines Tunnels mit einer 45°-Ausrichtung (links) und 90°-Ausrichtung (rechts) der Wildkamera | 33 |
| Abb. 19 Seitliche Ansicht (links) und Aufsicht (rechts) einer Unterführung | 35 |
| Abb. 20 Tabelle der Strecken und Geschwindigkeiten in Abhängigkeit der Ausrichtung der Wildkamera | 37 |
| Abb. 21 Wildkamera im Beton-Rahmendurchlass unter der A7 bei Langwedel..... | 38 |
| Abb. 22 Wildkamera am Stahlwellendurchlass unter der A21 bei Mönkhagen | 39 |
| Abb. 23 Aufnahmen der Wildkamera bei Bad Bramstedt: Rotfuchs (links) und Hase (rechts) | 40 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 24 Reiher und Enten im Rahmendurchlass bei Langwedel..... | 41 |
| Abb. 25 Rehe im Tunnel bei Mönkhagen | 42 |
| Abb. 26 Biologische Auswertung der ersten Ergebnisse in der Unterführung Mönkhagen (West) | 42 |
| Abb. 27 Nutzung der Unterführung Mönkhagen (West) | 43 |
| Abb. 28 Aufsicht eines Tunnels mit zwei Wildkamas in 45°-Ausrichtung | 45 |
| Abb. 29 Seitliche Ansicht des Kameraaufbaus im Tunnel..... | 45 |
| Abb. 30 Aufteilung von Tag- und Nachtmodus am Tag und bei Nacht | 46 |

Literaturverzeichnis

- ADAC e.V. (2015). *Wildunfälle Statistik*. Abgerufen am 10. Juli 2016 von ADAC: https://www.adac.de/_mmm/pdf/statistik_9_6_Wildunfaelle_z_140335.pdf
- Beschluss vom Bundeskabinett. (29. Februar 2012). *Bundesprogramm Wiedervernetzung*. Von Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten.../bundesprogramm_wiedervernetzung_bf.pdf abgerufen
- Bundesanstalt für Straßenverkehrswesen. (2015). *Auomatische Zählstellen 2015*. Abgerufen am 15. Juli 2016 von BASt: http://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Aktuell/zaehl_aktuell_node.html;jsessionid=F9DB3040F9376D93D85DDE17267D1C69.live21304
- Clevenger, A. P., Chruzczyk, B., & Gunson, K. (Dezember 2001). Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Applied Ecology: Volume 38, Issue 6*, S. 1340-1349.
- Cuddeback. (14. Juni 2012). *Tech Note - Motion/Heat Sensor*. Abgerufen am 20. Juli 2016 von Cuddeback: cuddeback.com/Updates/files/TechNote-PIR.pdf
- Cuddeback. (2016). *Benutzerhandbuch für die Modelle C (modular) und E*. Green Bay: Cuddeback. Von Cuddeback. abgerufen
- Deutscher Jagdverband. (November 2014). *Wildunfall-Statistik 2013/2014*. Abgerufen am 10. Juli 2016 von Jagdverband: https://www.jagdverband.de/sites/default/files/2015_Wildunfallstatistik_2013%3A2014.pdf
- Gesellschaft für Wildökologie und Naturschutz e.V. (2016). *Projekt Waschbär*. Abgerufen am 24. August 2016 von <https://www.projekt-waschbaer.de/aktuelles/>
- Gleim, W. (25. August 2010). *Bauempfehlungen und ökologische Anforderungen an Kreuzungsbauwerke in Fließgewässern mit Feld- und Waldwegen*. Abgerufen am 02. August 2016 von Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung: https://www.gfg-fortbildung.de/web/images/stories/gfg_pdfs/11-Kreuzungsbauwerke/Kreuzungsbauwerke_04092009-Werner%20Gleim.pdf
- Guggisberg, C. A. (1977). *Early Wildlife Photographers*. New York: Taplinger Publishing Company.
- Herrmann, M., Enssle, J., Süßner, M., & Krüger, J.-A. (Februar 2007). *Der NABU-Bundeswegeplan*. Abgerufen am 26. Juli 2016 von Naturschutzbund Deutschland e.V.: <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/naturschutz/wildwegeplan/4.pdf>

Literaturverzeichnis

- Kirsch, M. (18. März 2016). *Tierbrücken über die A7 – Stückpreis fünf Millionen Euro*. Abgerufen am 8. August 2016 von SHZ: <http://www.shz.de/regionales/schleswig-holstein/tierbruecken-ueber-die-a7-stueckpreis-fuenf-millionen-euro-id13047381.html>
- Kucera, T. E., & Barrett, R. H. (1993). The Trailmaster Camera System for Detecting Wildlife. *Wildlife Society Bulletin Vol. 21, No. 4*, 505-508.
- Kucera, T. E., & Barrett, R. H. (2011). A History of Camera Trapping. In A. O'Connell, J. D. Nichols, & K. U. Karanth, *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses* (S. 9-26). Tokyo: Springer.
- LaPoint, S. D., Kays, R. W., & Ray, J. C. (März 2003). Animals Crossing the Northway: Are Existing Culverts Useful? *Adirondack Journal of Environmental Studies*, S. 11-17.
- Loki Schmidt Stiftung. (2016). *Projekt Biber*. Abgerufen am 24. August 2016 von Liki Schmidt Stiftung: http://www.loki-schmidt-stiftung.de/projekte/projekt_biber.php
- Mace, R. D., Minta, S. C., Manley, T. L., & Aune, K. E. (1994). Estimating Grizzly Bear Population Size Using Camera Sightings. *Wildlife Society Bulletin Vol. 22*, 74-83.
- Marshall, G. J., Heithaus, M. R., Buhleier, B. M., & Dill, L. M. (2001). Employing Crittercam to study habitat use and behavior of large sharks. *Marine Ecology Progress Series, Vol. 209*, 307-310.
- Meek, P. D., Ballard, G., & Fleming, P. (2012). *An introduction to camera trapping for wildlife surveys in Australia*. Invasive Animals Cooperative Research Centre, Canberra, Australia: PestSmart Toolkit Publication .
- Michler, F.-U., & Köhnemann, B. A. (2010). Notizen zur Fellfärbung des Waschbären. *Labus* 32, S. 46-52.
- Ng, S. J., Dole, J. W., Sauvajot, R. M., Riley, S. P., & Valone, T. J. (Februar 2004). Use of highway undercrossings by wildlife in southern California. *Biological Conservation* 115, S. 499-597.
- Reck, H., & Hänel, K. (März 2010). *Bundesweite Prioritäten zur Wiedervernetzung von Ökosystemen: Überwindung straßenbedingter Barrieren*. Abgerufen am 26. Juli 2016 von Bundesamt für Naturschutz: https://www.bfn.de/.../Konzept_Prioritaeten_Wiedervernetzung_Oekosysteme.pdf
- Rohe, W., & Greifenstein, M. (6. Januar 2016). Verbissaufnahme mit Hilfe von Wildkameras und Verbiss-Knospenzählungen im Lehr- und Versuchsrevier Lattenberg (Arnsberg, Nordrhein-Westfalen). *Game Conservancy*, S. 30-36.
- Rovero, F., Zimmermann, F., Berzi, D., & Meek, P. (1. May 2013). "Which camera trap type and how many do I need?" - A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix - The Italian Journal of Mammalogy*, S. 148-156.
- Schillings, C. G. (2012). *Mit Blitzlicht und Büchse*. Paderborn: Salzwasser Verlag GmbH.
- Schleswig-Holstein. (2016). *Naturschutzgebiete*. Abgerufen am 8. August 2016 von Schleswig-Holstein: <https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/S/schutzgebiete/naturschutzgebiete.html>

- Schleswig-Holstein Ministerium für Wirtschaft, Arbeit Verkehr und Technologie. (März 2016). *Übersichtskarte von Schleswig-Holstein*. Abgerufen am 8. August 2016 von Schleswig-Holstein: https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/V/verkehrsinfrastruktur/Downloads/stra%C3%9Fennetz_S_H_L%C3%A4ngen.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Schmüser, H., Graumann, S., & Hoffmann, D. (2016). *Totfundkataster Schleswig-Holstein*. Abgerufen am 15. Juli 2016 von Wildtier-Kataster Schleswig-Holstein: <http://www.wildtier-kataster.uni-kiel.de/pages/projekte/totfund-kataster/erste-ergebnisse-aus-dem-totfund-kataster.php>
- Singleton, P. H., & Lehmkuhl, J. F. (1998). *Assessing Wildlife habitat connectivity in the interstate 90 Snoqualmie Pass*. Wenatche, Washington: U.S. Forrest Service.
- Swann, D., Kawanishi, K., & Palmer, J. (2011). Evaluating types and features of camera traps in ecological studies: a guide for researchers. In A. O'Connell, J. D. Nichols, & K. U. Karanth, *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses* (S. 27-43). Tokyo: Springer.
- Teutloff, G. (2000). *Sternstunden des Tierfilms*. Steinfurt: Tecklenborg Verlag.
- Trailcam Pro. (2016). *Cuddeback Long Range C2 Review*. Abgerufen am 28. August 2016 von Trailcam Pro: <http://www.trailcampro.com/collections/cuddeback-game-camera-reviews/products/cuddeback-long-range-ir-c2?variant=10111099333>
- TrailcamPro. (2016). *Game Camera Battery Information*. Abgerufen am 03. August 2016 von TrailcamPro: <http://www.trailcampro.com/pages/game-camera-battery-information>
- Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein. (28. November 2014). *Hinweise für den Einsatz von Wildkameras*. Abgerufen am 9. August 2016 von Datenschutzzentrum: <https://www.datenschutzzentrum.de/artikel/527-Hinweise-fuer-den-Einsatz-von-Wildkameras.html#extended>
- Wegge, P., Pokheral, C. P., & Jnawali, S. R. (August 2004). Effects of trapping effort and trap shyness on estimates of tiger abundance from camera trap. *Animal Conservation* 7, S. 251-256.
- Wender, J. (20. November 2015). *Meet Grandfather Flash, the Pioneer of Wildlife Photography*. Abgerufen am 23. Juli 2016 von National Geographic: <http://proof.nationalgeographic.com/2015/11/20/meet-grandfather-flash-the-pioneer-of-wildlife-photography/>

Ich versichere, die vorliegende Arbeit selbstständig ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt zu haben. Die aus anderen Werken wörtlich entnommenen Stellen oder dem Sinn nach entlehnten Passagen sind durch Quellenangaben eindeutig kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Julian Gehrman