

WILDWARNSREFLEKTOREN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

**Erhebung der Straßenabschnitte mit
Wildwarnreflektoren und Untersuchung
der Wirkung auf Wildtiere**

Projektbericht

FVA Q1941_1 2018-08-29 05:02:32



Forstliche Versuchs-
und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg

Wildwarnreflektoren in Baden-Württemberg

**Projektbericht zur Erhebung der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren
und Untersuchung der Wirkung auf Wildtiere
(2017-2020)**

Wildlife warning reflectors in Baden-Württemberg

**Inventory of road sections equipped with wildlife warning reflectors and their
effects on wildlife behaviour (2017-2020)**

Project report

Falko Brieger, Jim-Lino Kämmerle, Florian Frosch, Tim Voigt, Rieke Vorderbrügge, Zeno Bader, Martin Strein, Rudi Suchant

Projektzeitraum: 2017 – 2020

Das Projekt wurde aus Mitteln der Landesjagdabgabe ermöglicht.

Zitiervorschlag

Brieger, F., Kämmerle, J.-L., Forsch, F., Voigt, T., Vorderbrügge, R., Bader, Z., Strein, M., Suchant, R. (2021): Wildwarnreflektoren in Baden-Württemberg - Projektbericht zur Erhebung der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren und Untersuchung der Wirkung auf Wildtiere (2017-2020). Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg. 65 Seiten.

pdf- Version 1.4

Impressum

Titelbild: FVA

Herausgeberin:

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg

FVA-Wildtierinstitut, Arbeitsbereich Lebensraumverbund & Wildunfälle
Wonnhaldestraße 4
79100 Freiburg

Alle Rechte, insbesondere das Recht zur Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.

Danksagung

Unser herzlicher Dank gilt zum einen den Jägerinnen und Jägern sowie den Revierleitenden im Untersuchungsgebiet, die das Projekt mit ihrer Ortskenntnis und Hilfe sowie ihren Erfahrungen unterstützt haben. Zum anderen den Straßenmeistereien und Straßenbauämtern Baden-Württembergs für ihre Unterstützung und die Bereitschaft, an der Kartierung der Wildwarnreflektoren teilzunehmen. Ein großes Dankeschön geht an die Praktikantinnen und Praktikanten, die uns bei der Durchsicht der Videos unterstützt haben.

Wir danken für die finanzielle Unterstützung aus Mitteln der Landesjagdabgabe Baden-Württemberg. Dank an das Verkehrsministerium Baden-Württemberg für die Bereitstellung der Netzknoten- und Bauwerkskarten.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	1
2	Summary.....	2
3	Einleitung.....	3
3.1	Wildwarnreflektoren.....	3
3.2	Wirkungsweise von Wildwarnreflektoren.....	4
4	Projektaufgaben.....	5
4.1	Ziel Bestandserhebung Wildwarnreflektoren.....	5
4.2	Ziel Wirkung von Wildwarnreflektoren.....	5
4.3	Ziel Arbeitskreis „Verkehrssicherheit & Wildtiere“	6
5	Bestandserhebung Wildwarnreflektoren.....	6
5.1	Untersuchungsrahmen.....	6
5.2	Methodik.....	6
5.2.1	Geografische Erfassung der Straßenabschnitte.....	6
5.3	Auswertung.....	7
5.3.1	Verteilung in Baden-Württemberg.....	7
5.3.2	Verteilung nach Dichte.....	7
5.3.3	Angrenzende Landnutzung.....	7
5.4	Ergebnisse.....	9
5.4.1	Verteilung in Baden-Württemberg.....	9
5.4.2	Verteilung nach Dichte.....	15
5.4.3	Verteilung nach Landnutzung.....	16
5.5	Bewertung und Fazit.....	16
6	Wirkung von Wildwarnreflektoren auf Wildtiere am Straßenrand.....	18
6.1	Untersuchungsrahmen.....	18
6.1.1	Ziele.....	18
6.2	Methodik.....	18
6.2.1	Auswahl Straßenabschnitte.....	18
6.2.2	Auswahl Wildwarnreflektormodelle.....	19
6.2.3	Technik Wärmebildkamera.....	19
6.2.4	Untersuchungsdesign.....	21
6.2.5	Datenvorbereitung für Verhaltensklassifikation.....	22
6.2.6	Klassifikation des Wildtierverhaltens.....	22
6.2.7	Prädiktoren für Auswertung.....	25
6.3	Statistische Auswertung.....	26
6.4	Ergebnisse Wildtierverhalten an Straßen im Beisein von Wildwarnreflektoren.....	27
6.4.1	Allgemeine Ergebnisse.....	27
6.4.2	Statistische Ergebnisse.....	28
6.5	Diskussion und Bewertung.....	30
7	Arbeitskreis „Verkehrssicherheit & Wildtiere“	31
8	Literatur.....	32
9	Anhang.....	35
9.1	Erhebung Wildwarnreflektoren.....	35
9.2	Wildtierverhalten an Straßenabschnitten.....	37
9.2.1	Fragebogen Wildtierverhalten.....	37
9.2.2	Charakteristika der Straßenabschnitte zur Erfassung der Wildtierverhaltens.....	39
9.2.3	Ablauf Untersuchungsphasen Wildtierverhalten.....	53
9.2.4	Beurteilung Wildunfallgefährdendes Verhalten.....	58

1 Zusammenfassung

Jährlich werden in Deutschland rund 300.000 Wildtiere durch Verkehrsunfälle getötet. Allein in Baden-Württemberg kam es im Jagdjahr 2019/2020 zu rund 26.000 dokumentierten Wildunfällen. Generell ist davon auszugehen, dass die Dunkelziffer deutlich höher ist, da viele Unfälle nicht gemeldet werden. Sowohl die Anzahl an Wildunfällen als auch die Summe der Kfz-Sachschäden durch Wildunfälle erreichten im Jahr 2019 wieder ein neues Rekordhoch.

Wildwarnreflektoren werden seit rund sechs Jahrzehnten eingesetzt, um Wildunfälle zu verhindern und kommen als Präventionsmaßnahme am häufigsten zur Anwendung. Ziel ist nicht die Verhinderung von Straßenquerungen von Wildtieren (vor allem Rehen), sondern die Beeinflussung des Verhaltens der Tiere, so dass Wildunfälle vermieden werden. Besonders blaue Reflektoren sollen aufgrund ihrer „Warn“-Farbe Wildunfälle wirksam vermeiden. Während wissenschaftliche Studien die Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren überwiegend anzweifeln, ist ein Großteil der Jägerschaft von deren Wirkung nach wie vor überzeugt. Um dem Widerspruch nachzugehen, wurden drei Untersuchungsschwerpunkte im vorliegenden Projekt bearbeitet:

1. Erfassung aller Straßenabschnitte im übergeordneten überregionalen Streckennetz (d.h. alle Bundes- Land- und Kreisstraßen) mit Wildwarnreflektoren in Baden-Württemberg.
2. Bewertung der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren bezüglich der Verhaltensreaktionen der Wildtierarten Reh, Fuchs und Wildschwein im Straßenumfeld.
3. Initiierung eines Arbeitskreises „Verkehrssicherheit & Wildtiere“ zur Erarbeitung von Strategien für eine nachhaltige Reduzierung von Wildunfällen.

Die Erfassung der Straßenabschnitte, die mit Wildwarnreflektoren ausgestattet sind, erfolgte mithilfe der Straßenmeistereien der jewei-

ligen Land- und Stadtkreise Baden-Württembergs. Alle 44 Land- und Stadtkreise Baden-Württembergs beteiligten sich an der Erfassung. Die Gesamtlänge der Straßenabschnitte, die Stand 2019 mit Wildwarnreflektoren ausgestattet sind, betrug demnach 2.631 km. Daraus ergeben sich für Baden-Württemberg rund 100.000 montierte Wildwarnreflektoren für alle Bundes- Land- und Kreisstraßen. Gemeindestraßen konnten nicht erfasst werden, da diese nicht vom Straßenbetrieb unterhalten werden.

Die Wirkung von Wildwarnreflektoren auf das Verhalten von Wildtieren wurde an 14 repräsentativ über Baden-Württemberg verteilten Straßenabschnitten untersucht. Hierfür wurden sieben Wärmebildkameras der Firma Axis GmbH genutzt, um das Verhalten von Wildtieren am Straßenrand zu dokumentieren. Jeder Straßenabschnitt wurde sechs Monate überwacht und aus diesem Zeitraum alle Ereignisse mit Rehen, Füchsen und Wildschweinen mit einem maximalen Abstand von 5 m zur Straße analysiert. Der Fokus lag auf dem Verhalten der Tiere vor Eintreffen eines Fahrzeugs und ihrer Reaktion auf das passierende Fahrzeug unter Berücksichtigung einer Beeinflussung des Wildtierverhaltens durch die Wildwarnreflektoren.

Insgesamt konnten 2.841 Tier-Fahrzeug-Ereignisse analysiert werden. Davon entfielen 1.960 Ereignisse auf Rehe, 696 auf Füchse und 185 auf Wildschweine. Bei Letzteren war die Anzahl an Daten zu gering, um die Wirkung von Wildwarnreflektoren valide zu analysieren. Weder bei Rehen noch bei Füchsen konnte ein signifikanter Einfluss der Wildwarnreflektoren auf das Verhalten von Wildtieren festgestellt werden. Mit Blick auf ein wildunfallgefährdendes Verhalten zeigte sich, dass Rehe im Vergleich zu Füchsen eher ein vorsichtigeres Verhalten zeigen, dass das Risiko eines Wildunfalls minimiert. Wildwarnreflektoren trugen jedoch nicht dazu bei, dass sich das Risiko verringert. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen, dass Wildwarnreflektoren keine geeignete Präventionsmaßnahme sind, um das Verhalten von Wildtieren gezielt zu beeinflussen und Wildunfälle zu reduzieren.

2 Summary

Every year, approximately 300.000 wild animals are killed in animal-vehicle accidents in Germany. In Baden-Württemberg, around 26.000 wildlife-vehicle collisions occurred between April 2019 and March 2020. The actual number is assumedly significantly higher, due to the number of unreported accidents. Both the number of wildlife-vehicle collisions and the total sum of vehicle damage reached a record high in 2019.

For about six decades, wildlife warning reflectors have been used to prevent wildlife-vehicle collisions and are currently the most used mitigation measure. Instead of preventing animals (primarily roe deer) from crossing the road (as for example wildlife fences do), wildlife warning reflectors aim to influence wildlife behavior to the extent that wildlife-vehicle accidents are avoided. Owing to their color, blue reflectors are assumed to be especially effective. While scientific studies cast doubt on the effectiveness of wildlife warning reflectors, a large part of the hunting community is convinced of their effectiveness. In order to investigate this contradiction, the research project focused on three main points:

1. The documentation of road sections in Baden-Württemberg within the national street network (all federal, county and district roads), which are equipped with wildlife warning reflectors. Municipal roads have not been included.
2. The evaluation of the effectiveness of wildlife warning reflectors for altering the behavior of roe deer, fox and boar on the roadside.
3. The initiation of a "Traffic Safety & Wildlife" working group to develop strategies for long-term reduction of wildlife-vehicle collisions.

The road sections equipped with wildlife warning reflectors were documented with the assistance of the road maintenance departments of the respective rural and urban districts in Baden-Württemberg. All 44 rural and urban districts in Baden-Württemberg participated in the survey. In total road sections of

2.631 km length were equipped with wildlife warning reflectors. This results in approximately 100.000 mounted wildlife warning reflectors on federal, county and district roads in Baden-Württemberg. Their distribution is not homogeneous across Baden-Württemberg.

The effect of wildlife warning reflectors was investigated at 14 road sections, which were representatively distributed over Baden-Württemberg. Thermal network cameras were used to document wildlife behavior at roadsides. Each road section was recorded for six months. All events with roe deer, red fox or wild boar, which were located within a five-meter distance to the road, were analyzed. Key aspect was animal behavior prior to the arrival of a vehicle and its reaction to the oncoming vehicle, taking an effect of wildlife warning reflectors on animal behavior into account.

In total 2.841 animal-vehicle events could be analyzed. Of those, roe deer accounted for 1,960 events, red foxes for 696, and wild boar for 185. Owing to the limited sample size for wild boar, reflector effectiveness was tested for roe deer and fox. Neither roe deer nor red fox behavior was significantly influenced by wildlife warning reflectors. When focusing on behavior influencing wildlife-vehicle collision, roe deer generally show behavior, which minimizes the risk of a collision. However, wildlife warning reflectors did not alter this risk.

The study results show that wildlife warning reflectors are not a suitable prevention measure. They neither alter wildlife behavior nor do they reduce wildlife-vehicle collision risk.

3 Einleitung

In Baden-Württemberg ereigneten sich im Jagdjahr 2019/20 rund 26.000 dokumentierte Wildunfälle (Deutscher Jagdverband, 2021). Mit einer Gesamtlänge von 27.418 km an Bundes-, Land- und Kreisstraßen verfügt Baden-Württemberg über ein im Vergleich zu vielen anderen Bundesländern sehr dicht ausgebauten Straßennetz (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2020a). 2019 sind landesweit mehr als 8 Mio. Fahrzeuge zugelassen (Kraftfahrtbundesamt, 2020) und es wurden rund 95 Mrd. Fahrzeugkilometer allein auf dem Straßennetz von Baden-Württemberg zurückgelegt (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2020b). Die Gesamtfahrleistung als auch der Gesamtbestand an Fahrzeugen nimmt in den letzten Jahrzehnten weiter kontinuierlich zu. Bundesweit wurde im Jahr 2019 nach Angaben des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft mit 295.000 Pkw-Wildunfällen ein neues Rekordhoch erreicht. Gleichzeitig stieg die Summe für Sachschäden auf einen ebenfalls neuen Höchststand auf 885 Mio. Euro (Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft, 2020).

Seit Beginn der 1960er Jahre wird versucht, mit unterschiedlichsten Wildunfallpräventionsmaßnahmen auf das Verhalten von Wildtieren im Straßenrandbereich einzuwirken, um Wildunfälle zu reduzieren (Ueckermann, 1984). Die Maßnahmen können in zwei Kategorien eingeteilt werden: Zum einen in Maßnahmen, die Tierquerungen über die Straße verhindern, zum anderen in Präventionsmaßnahmen, die weiterhin Querung zulassen, das Tierverhalten jedoch in einer wildunfallreduzierenden Weise beeinflussen sollen. Zur ersten Kategorie zählen Wildschutzzäune. Diese sind bei geeigneter Bauweise sehr effektiv in der Verhinderung von Wildunfällen. Ihr Bau wird aufgrund des starken Eingriffs auf die Wildtierpopulationen und in das Landschaftsbild sowie der relativ hohen Bau- und Unterhaltungskosten im Wesentlichen auf mehrstreifig ausgebaute Bundesfernstraßen beschränkt. Zu beachten ist immer die starke

Trennwirkung von Wildschutzzäunen auf die Tierpopulationen. Dieser Einfluss kann dann allenfalls an besonderen Konfliktstellen durch Tierquerungshilfen wie z.B. Grünbrücken, Wilddurchlässe oder Wildwarnanlagen punktuell entschärft werden. Die zweite Kategorie der Präventionsmaßnahmen ermöglicht es Wildtieren, weiterhin Straßen zu überqueren. Hierzu zählen vor allem flächig und häufig angewandte Maßnahmen wie Wildwarnreflektoren oder Duftzäune. Besonders Wildwarnreflektoren haben in der Wildunfallprävention vor allem in der Jägerschaft einen großen Stellenwert erlangt.

3.1 Wildwarnreflektoren

Wildwarnreflektoren gibt es seit fast 60 Jahren (Nettles, 1965; Ueckermann, 1984; Brieger et al., 2016). Seitdem werden sie in unterschiedlichsten Bauformen und Farben angeboten. Das zugrundeliegende Prinzip verändert sich jedoch nicht: Licht des herannahenden Fahrzeuges soll durch die Reflektoren reflektiert und von Wildtieren im Straßenumfeld bemerkt werden. Die so von den Reflektoren erzeugten Lichtreize sollen durch Verhaltensbeeinflussung zu einer Reduktion von Wildunfällen führen, wobei die angestrebte Verhaltensreaktion meist nicht näher beschrieben wird. Einige Hersteller geben an, dass die Wildtiere (v.a. Rehe) im Straßenrandbereich durch die Lichtreize stärker auf die näher kommenden Fahrzeuge „sensibilisiert“ werden sollen. Der Wildunfall soll dadurch vermieden werden, dass die Tiere das sich annähernde Fahrzeug „bewusster“ wahrnehmen und erst dann die Straße queren, nachdem das Auto das Tier passiert hat (z.B. D'Angelo und van der Ree, 2015).

Hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften lassen sich die Wildwarnreflektoren zwei Grundtypen zuordnen (Brieger et al., 2016; Benten, Annighöfer und Vor, 2018).

1. Bei Wildwarnreflektoren mit Spiegelementen (Abb. 1) fällt das Scheinwerferlicht eines herannahenden Fahrzeuges auf die Reflektoren und wird rechts und links in den Straßenrandbereich gestreut (Zack,

1986; Sivic und Sielecki, 2001; Langbein, Putman und Pokorny, 2011).

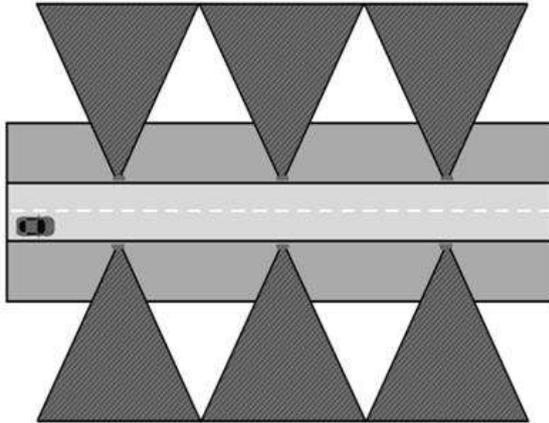


Abb. 1: Wirkungsprinzip Wildwarnreflektoren mit Spiegelementen. Das Licht des Fahrzeuges wird fächerförmig in den Straßenrandbereich gestreut.

2. Wildwarnreflektoren mit retroreflektierender Folie reflektieren das Licht in einem wesentlich geringeren Abstrahlwinkel (ca. 1,5° Grad) zurück zur Lichtquelle (Abb. 2). Zu diesem Typus zählt z.B. der blaue Halbkreisreflektor der Firma Schilderwerk Beutha, der ungefähr seit dem Jahr 2000 angeboten wird. Mit der Einführung von blauen Wildwarnreflektoren erfolgte eine deutliche Zunahme der Anbringung durch die Jägerschaft, da der Farbe Blau eine besondere Bedeutung zur Verhinderung von Wildunfällen beigemessen wird.

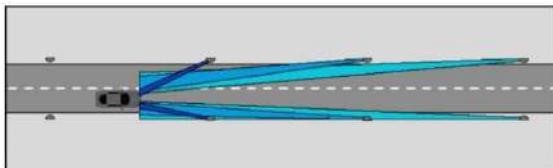


Abb. 2: Wirkungsprinzip von Retroreflektoren. Straßenleitpfosten mit blauen Halbkreisreflektoren sind schematisch als kleine graue Halbkreise dargestellt. Retroreflektoren reflektieren das Licht des nähernden Fahrzeuges aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften zurück zur Lichtquelle (dem Fahrzeug) und sollen laut Hersteller einen blauen Lichtzaun parallel zur Straße erzeugen (s. abgestufte blaue Flächen). Der Reflexionswinkel beträgt maximal 1,5 Grad.

3.2 Wirkungsweise von Wildwarnreflektoren

Konkrete Informationen, welches theoretische Wirkungsprinzip Wildwarnreflektoren zu Grunde liegt, sind nicht vorhanden. Es gibt zwei Thesen, wie Wildwarnreflektoren zu einer Senkung des Unfallrisikos beitragen könnten:

I. Einerseits können Wildtiere kurzfristig und unmittelbar durch Reflektoren beeinflusst werden. Halten sich Wildtiere direkt am Straßenrand auf und ein Fahrzeug nähert sich gleichzeitig, dann können die Tiere durch die Wirkung der Reflektoren intensivere/stärkere Verhaltensreaktionen zeigen, die zu einer Vermeidung eines Wildunfalls führen. Die Tiere können z.B. häufiger mit Sicherungsverhalten reagieren oder durch die Reflektoren vom Betreten bzw. Queren der Straße abgehalten werden. Eine Straßenquerung soll erst dann erfolgen, sobald sich das Fahrzeug entfernt hat.

II. Andererseits besteht die Möglichkeit, dass Reflektoren langfristig auf das Verhalten von Wildtieren einwirken. Insbesondere Rehe, die als Art am häufigsten von Wildunfällen betroffen sind, können so starke Verhaltensänderungen aufzeigen, dass sie z.B. weniger häufig Straßen queren und dadurch Straßenquerungen unterbunden werden oder es zu tageszeitlichen Verschiebungen kommt, wann Straßenquerungen stattfinden.

Parallel zur Herstellung von Wildwarnreflektoren in immer neuen Bauweisen wurden auch Forschungsprojekte durchgeführt, die versuchten, eine Wirkungsweise der Reflektoren nachzuweisen. Der größte Teil der Untersuchungen verglich lediglich die Wildunfallzahlen vor und nach Ausbringung von Wildwarnreflektoren (z.B. Schafer und Penland, 1985; Woodham, 1991; Armstrong, 1992; Reeve und Anderson, 1993; Gulen et al., 2006), die aber aufgrund zahlreicher Unterschiede zwischen den Studien wenig vergleichbar sind. Des Weiteren zogen diese Studien nicht das Tierverhalten mit in die Betrachtung ein, wie z.B. Ujvári, Baagøe und Madsen (1998), D'Angelo et al. (2006) sowie

Ramp und Croft (2006). Aufgrund der Schwierigkeit, statistisch belastbare Aussagen zu den Reflektoren zu erhalten, wurden stetig die Untersuchungsanordnungen geändert, um neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Einen umfassenden Blick auf die Wirkung von aktuellen Wildwarnreflektoren lieferten die Forschungsprojekte der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Brieger et al., 2019) und dem Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (Benten, Ammer und Bakaba, 2019). In diesen wurde die Wirkung u.a. von blauen Wildwarnreflektoren sowohl auf das unmittelbare als auch langfristige Verhalten bei Rehen intensiv untersucht bzw. Wildunfallzahlen systematisch in Kombination mit Kontrollstrecken analysiert (BACI-Ansatz).

4 Projektaufgaben

Das Projekt umfasst die drei Themen *Bestandserhebung Wildwarnreflektoren* (Kap. 5), *Wirkung von Wildwarnreflektoren auf das Wildtierverhalten am Straßenrand* (Kap. 6), und *Arbeitskreis „Verkehrssicherheit & Wildtiere“* (Kap. 7).

Zu den ersten beiden Themen werden Grundlagen mit dem übergeordneten Ziel erarbeitet, die Wildunfallprävention, insbesondere die Verkehrssicherheit als auch den Schutz der Wildtiere, nachhaltig zu verbessern. Darüber hinaus stehen die Daten Fachbehörden, wie Straßenbauverwaltungen etc. zur Verfügung oder die Daten sind für die Bearbeitung weiterer Fragestellungen nutzbar, z.B. welche Strategien in der Wildunfallprävention verfolgt werden müssen, um die kontinuierlich steigenden Wildunfallzahlen zu senken. Diese Frage wird wiederum vom Arbeitskreis „Verkehrssicherheit & Wildtiere“ aufgegriffen, der auf interministerieller Ebene Lösungsansätze und Strategien erarbeiten soll, damit Wildunfälle langfristig reduziert werden können.

4.1 Ziel Bestandserhebung Wildwarnreflektoren

Ziel des Projektmoduls 1 ist, die Straßenabschnitte der Bundes- Land- und Kreisstraßen in Baden-Württemberg mit Wildwarnreflektoren erstmalig geografisch zu erfassen und darzustellen. Die Erhebung erfolgt mit Unterstützung der Straßenmeistereien, die im Rahmen ihrer regelmäßigen Kontrollen des Streckennetzes die Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren dokumentieren. Die erhobenen Daten werden im Rahmen des Projektes mit GIS-Programmen digitalisiert und analysiert. Sie bilden die Grundlage für zukünftige Strategien in der Reduktion von Wildunfällen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit.

4.2 Ziel Wirkung von Wildwarnreflektoren

Die Ergebnisse des ersten FVA-Wildunfallpräventionsprojektes 2010-2014 mit Blick auf die Wirkung von Wildwarnreflektoren (Brieger et al., 2019) blieben, u.a. beim Denzlinger Wildtierforum 2015, umstritten. Die kontroversen Diskussionen offenbarten, dass Wildwarnreflektoren nach Meinung von Teilen der Jägerschaft entgegen der Projektergebnisse doch zur Wildunfallvermeidung beitragen. Aus diesem Grund findet in Projektmodul 2 die Überprüfung des Widerspruchs zwischen Wissenschaft und Praxis statt. Hierzu erfolgt die Überprüfung der unmittelbaren Wirkung von Wildwarnreflektoren auf das Wildtierverhalten im Nahbereich von Straßen. Die Überprüfung findet mit Hilfe von Wärmebildkameras an Wildunfallschwerpunkten mit hohen Wildunfallzahlen statt. Hauptaugenmerk liegt dabei erstens auf der Auswahl der Straßenabschnitte, die repräsentativ über die Fläche Baden-Württembergs verteilt wurden, um die geographischen Unterschiede des Landes gleichmäßig abzudecken, und zweitens auf der Betrachtung der von Wildunfällen am häufigsten betroffenen Wildarten Reh, Wildschwein und Fuchs unter Berücksichtigung verschiedener Wildwarnreflektormodelle.

4.3 Ziel Arbeitskreis „Verkehrssicherheit & Wildtiere“

Ziel des Projektmoduls 3 ist einen Arbeitskreis zum Thema Verkehrssicherheit und Wildtiere in Baden-Württemberg zu etablieren. Mit diesem soll die Verkehrssicherheit bei gleichzeitiger Berücksichtigung tierethischer und naturschutzrechtlicher Aspekte verbessert werden, indem Wildunfälle nachhaltig reduziert werden. Der Arbeitskreis soll auf interministerieller Ebene angesiedelt sein und die vom Thema hauptsächlich berührten Ministerien und Verbände Baden-Württembergs zusammenführen. Gemeinsam sollen langfristig funktionierende Maßnahmen/Lösungsstrategien auf administrativer/behördlicher Ebene im Kontext der Wildunfallprävention entwickelt bzw. etabliert werden.

5 Bestandserhebung Wildwarnreflektoren

5.1 Untersuchungsrahmen

Kern des Projektteils ist die Erfassung der Straßenabschnitte in Baden-Württemberg, die bereits mit Wildwarnreflektoren ausgestattet sind. Bisher gibt es keine Daten und somit erhebliche Unklarheiten, in welcher Verbreitung Wildwarnreflektoren im Streckennetz montiert sind. Mit der Erfassung der Straßenabschnitte wird im ersten Schritt die Grundlage für zukünftige Maßnahmen und Strategien in der Wildunfallprävention geschaffen, mit dem primären Ziel der Verbesserung der Verkehrssicherheit durch eine Reduktion von Wildunfällen und einer zukünftig unfallfreieren Vernetzung von Wildtier-Lebensräumen. Schon Voss (2007) beschreibt, dass es bisher erhebliche Unklarheiten darüber gibt, ob sich bei Wildunfällen typische Ursachen finden lassen und ob diese sich ggf. mindern lassen.

5.2 Methodik

5.2.1 Geografische Erfassung der Straßenabschnitte

Die Erfassung der Straßenabschnitte, die mit Wildwarnreflektoren ausgestattet sind, erfolgte durch die Straßenmeistereien der jeweiligen Land- und Stadtkreise Baden-Württembergs. Da das übergeordnete überregionale Streckennetz (Bundes- Land- und Kreisstraßen) regelmäßig durch die Straßenmeistereien kontrolliert wird, wurde die Erfassung an die Kontrollfahrten angedockt. Um den Mehraufwand auf ein Möglichstes zu reduzieren, wurde die Erhebung einfach und leicht umsetzbar aufgebaut. Ziel war, dass bei den Kontrollfahrten aus dem Fahrzeug heraus die Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren beim Vorbeifahren in das Kartenmaterial eingezeichnet (Unterscheidung in beidseitige oder einseitige Installation) und das Wildwarnreflektormodell mit der Farbe notiert wurden. Gemeindestraßen können durch diese Erhebung nicht abgedeckt werden, weshalb ein erheblicher Anteil von montierten Wildwarnreflektormodellen nicht erfasst werden kann.

Für jede Straßenmeisterei wurde das jeweilige Streckennetz des Zuständigkeitsbereichs in Form von Karten ausgedruckt und eine Kartierhilfe sowie ein Stift beigelegt (Abb. 3; vergrößert in Abb. 26 im Anhang 9.1). Die Kartierhilfe listet die gängigsten Wildwarnreflektormodelle auf und zeigt zwei Kartierbeispiele. Reflektormodelle, die bei der Kartierung nicht auf der Kartierhilfe abgebildet sind, wurden von den Straßenmeistereien/Landkreisen mit Fotos der FVA gemeldet. In manchen Landkreisen lagen die Straßenabschnitte bereits in Exceltabellen mit Angaben zur Stationierung und Netzknoten vor, so dass die Abschnitte direkt in ArcGIS digitalisiert werden konnten.



Abb. 3: Kartierhilfe mit den gängigsten Wildwarnreflektormodellen sowie zwei Beispielen zur Durchführung der Erfassung, Die Auflistung ist nicht vollständig.

Im Ortenaukreis erfolgte im April 2018 die testweise Anwendung der Erfassung, die im Anschluss auf das Land Baden-Württemberg übertragen und im März 2020 abgeschlossen wurde.

Nach dem Rücklauf der jeweiligen Kartiersets (Ausschnitt in Abb.4) wurden die eingezeichneten Straßenabschnitte aus den Erhebungsbögen bzw. den Exceltabellen in ArcGIS fortlaufend digitalisiert.

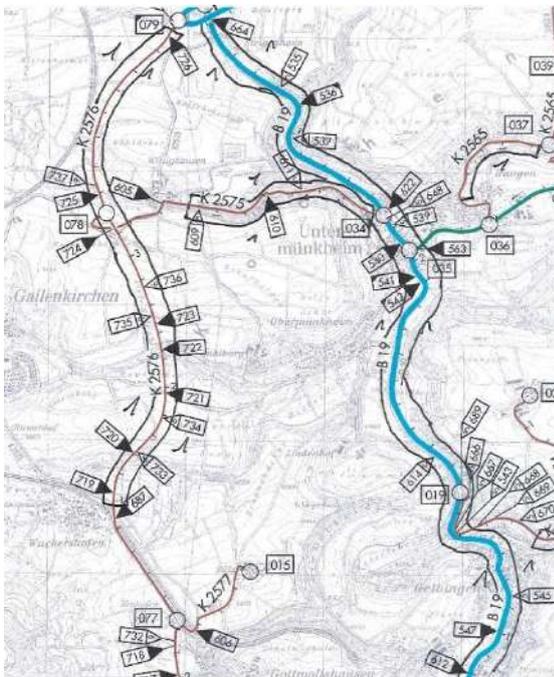


Abb.4: Kartenausschnitt mit eingezeichneten Straßenabschnitten, die mit Wildwarnreflektoren ausgestattet sind am Beispiel des Landkreises Schwäbisch-Hall.

5.3 Auswertung

Nach Abschluss der Digitalisierung (Beispiel Landkreis Calw, Abb. 5) wurden die Daten nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet.

5.3.1 Verteilung in Baden-Württemberg

- Verteilung nach Länge und Straßenkategorie
- Verteilung nach Wildwarnreflektormodellen
- Verteilung nach Landkreisen
- Verteilung nach Farbe

5.3.2 Verteilung nach Dichte

Mit der Berechnung der Dichte können Regionen/„Hotspots“ dargestellt werden, in denen besonders viele Wildwarnreflektoren montiert sind. Dies erfolgt in einer sogenannten „Heatmap“.

Für die Darstellung der Dichteverteilung wurde von jedem Straßenabschnitt der zentrale geographische Mittelpunkt berechnet. Anschließend wurde die Heatmap-Erweiterung des Programms QGIS 3.2.0 verwendet, die mit Hilfe einer Kernel Density Estimation ein Dichteraster (= Heatmap) erstellt. Die Dichte wird auf Grundlage der Anzahl von Punkten an einem Ort berechnet, wobei eine größere Anzahl von geclusterten Punkten höhere Werte zum Ergebnis haben. Das Ergebnis ist eine Karte mit der Dichteverteilung (s. Abb. 17).

Die Parameter für die Funktion waren ein Suchradius von 14.000 Metern und eine Pixelbreite und Höhe von 100 Metern im Ausgabebayer. Als Kernel Shape wurde der Default (bi-quadratisch) gewählt.

5.3.3 Angrenzende Landnutzung

Mit Blick auf die Landnutzung wurde der Frage nachgegangen, welche Landnutzung im Umfeld der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren vorrangig anzutreffen ist. Für die Berechnung der Landnutzung wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Berechnung eines 100 m breiten Puffers um jeden Straßenabschnitt.

2. Verschneidung der Puffer mit Landnutzungsdaten. Als Grundlage wurden das digitale Landschaftsmodell aus der ATKIS Datenbank verwendet. Die Gruppierung der Landnutzungsdaten erfolgte in fünf Klassen:

- Wald (alle Vegetationsflächen wie Wald, Hecken),
- Offenland (alle Offenlandflächen wie Acker, Grünland),

- Gewässer (fließende und stehende Gewässer),
- Siedlung (Ortschaften)
- Verkehr (Verkehrsachsen, Flugplätze etc).

3. Prozentuale Berechnung der angrenzenden Landnutzungsform an den Straßenabschnitten mit Wildwarnreflektoren als Zwischenprodukt für die Gesamtübersicht sowie Berechnung der Anteile pro Straßenkategorie (Bundes-, Land- und Kreisstraßen).

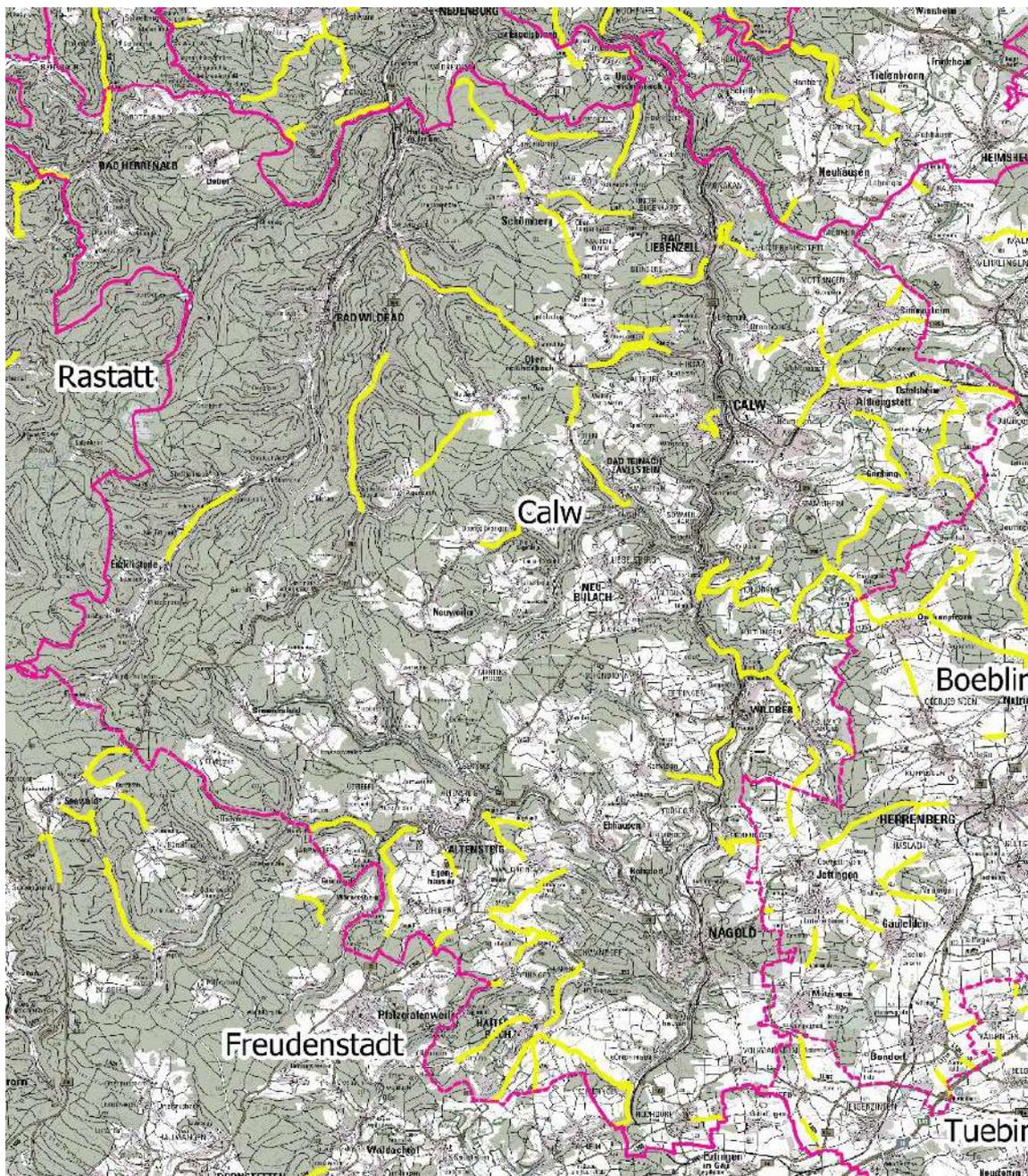


Abb. 5: Beispiel eines Landkreises (Calw) sowie benachbarter Landkreise nach der Digitalisierung der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren (gelbe Linien). Landkreisgrenzen sind pink dargestellt.

5.4 Ergebnisse

5.4.1 Verteilung in Baden-Württemberg

An der geografischen Erfassung der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren beteiligten sich **alle** 44 Land- und Stadtkreise Baden-Württembergs. Im Gegensatz zu den Stadtkreisen Baden-Baden, Heilbronn, Stuttgart und Ulm sind in den Stadtkreisen Freiburg, Heidelberg, Karlsruhe, Mannheim und Pforzheim sowie allen Landkreisen Wildwarnreflektoren montiert (s. Abb. 27 im Anhang 9.1).

Insgesamt konnten 2.322 Straßenabschnitte in Baden-Württemberg mit Wildwarnreflektoren dokumentiert werden. Die Gesamtlänge beträgt 2.631 Straßenkilometer. Wird die übliche Distanz von 50 m zwischen den Straßenleitpfosten angenommen (in Kurvenradien kann die Distanz zwischen den Leitpfosten deutlich geringer ausfallen, s. Schulze und Polster, 2017), sind in Baden-Württemberg mindestens 110.000 Wildwarnreflektoren im übergeordneten überregionalen Streckennetz, d.h. Bundes-, Land- und Kreisstraßen (Gemeindestraßen wurden nicht kartiert) montiert.

Tabelle 1: Kennzahlen der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren.

Minimum Länge	50 m
Maximum Länge	9.342 m
Durchschnittliche Länge	1.132 m
Standardabweichung	910 m

Tabelle 2: Verteilung der Straßenabschnitte auf das Streckennetz.

Kreisstraße	1.118
Landstraße	964
Bundesstraße	240

Tabelle 3: Häufigkeit nach Straßenseite.

Einseitig	303
Beidseitig	2.019

Tabelle 4: Anzahl Straßenabschnitte verteilt nach Wildwarnreflektormodellen. * Die Summe beinhaltet Varianten des Reflektormodells.

Beutha Wildwarnreflektor	Beilharz Wildwarnreflektor	CaVo Wildwarnreflektor	WEGU Wildwarnreflektor	Motzener Multischutzwärmer	Swarovski Wildwarner	Svenska Wildspiegel	Wildhüter24 Wildwarnreflektor	Sonstige Reflektoren (3 Modelle sowie Eigenbauten)
1465	420*	102	87*	52	121*	13	7	55
								Unter anderem: 
	Variante weiß oder Integriert (neu und alt) in Leitpfosten (blau, weiß, rot)		Variante rot oder Integriert in Leitpfosten (weiß, rot)		Variante weiß, rot blau			



Abb. 6: Lage der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren in Baden-Württemberg.

Die folgenden Abbildungen 7-13 zeigen die Ergebnisse der Kartierung, u.a. die Verteilung der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren nach deren Länge, die Gesamtlänge pro

Land- und Stadtkreis, die prozentualen Anteile am Streckennetz der jeweiligen Land- und Stadtkreise oder die Verteilung nach den Straßentypen.

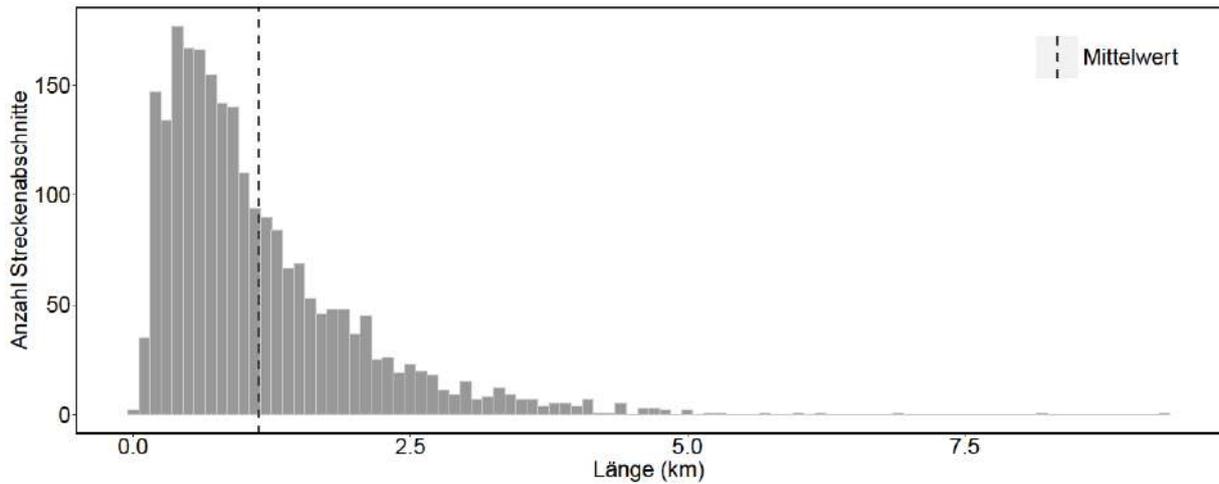


Abb. 7: Verteilung der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren nach ihrer jeweiligen Länge. Der Mittelwert beträgt: 1.133 m, der Median 876 m.

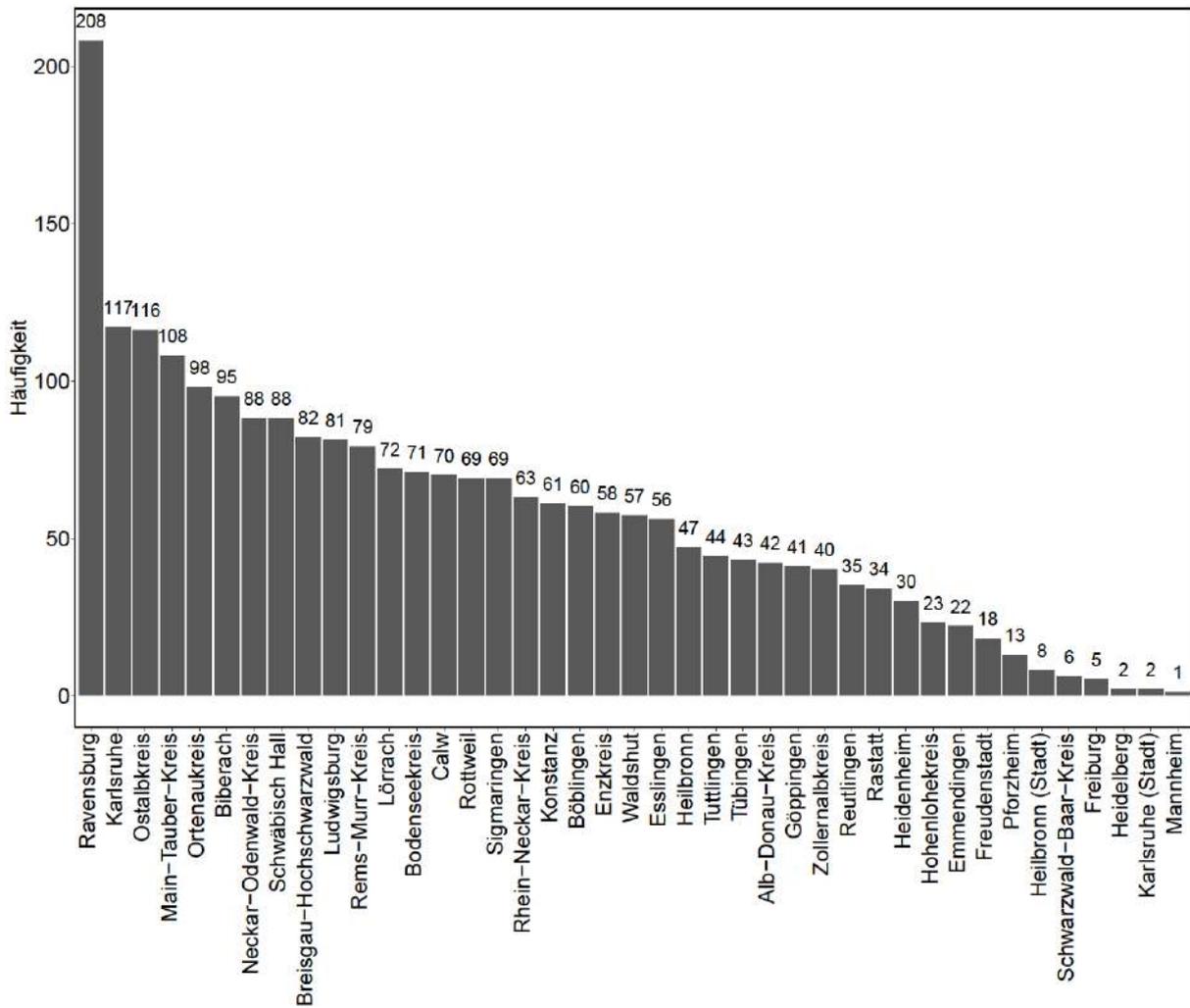


Abb. 8: Anzahl der Straßenabschnitte pro Land- und Stadtkreis.

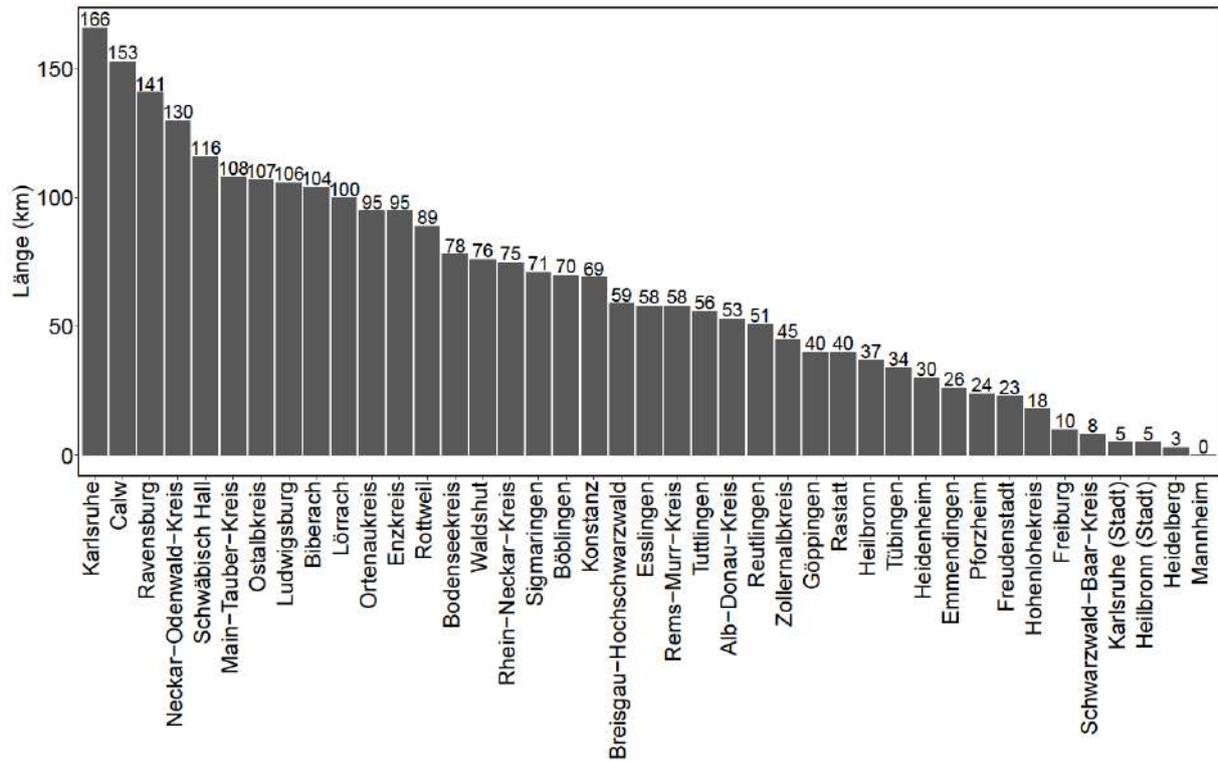


Abb. 9: Land- und Stadtkreise geordnet nach Gesamtlänge der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren.

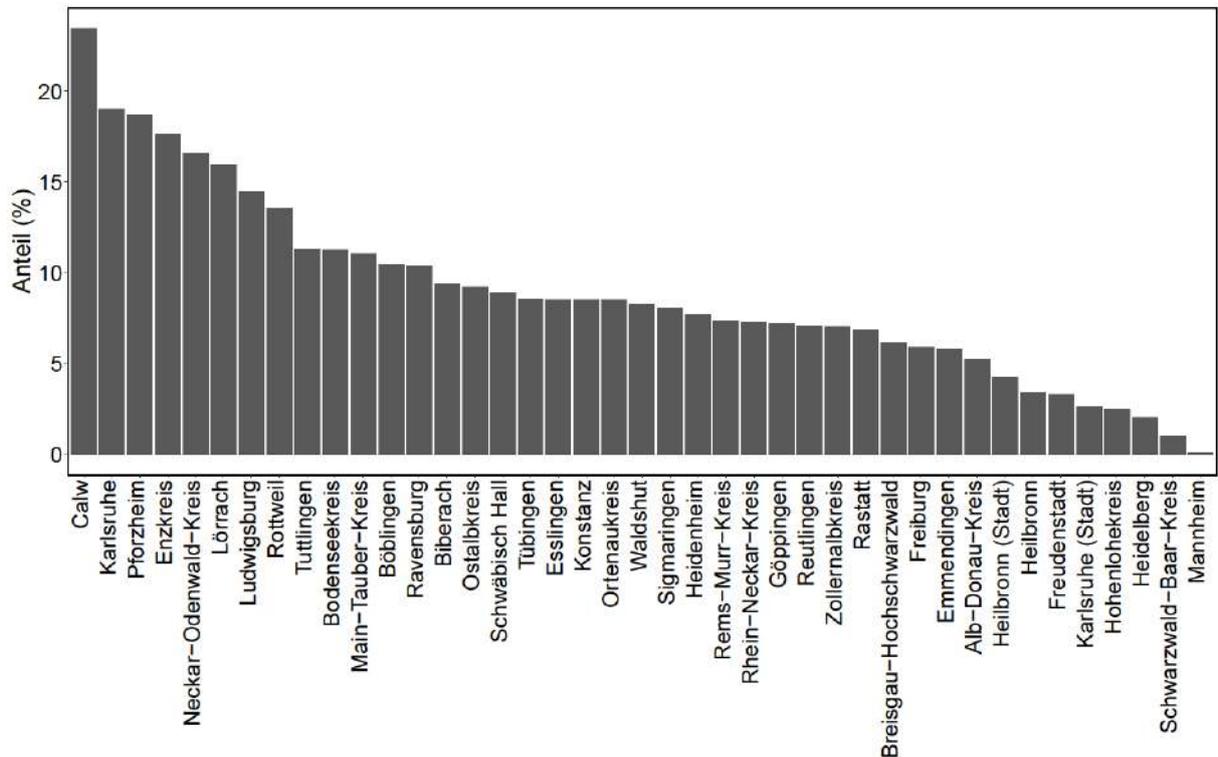


Abb. 10: Prozentualer Anteil der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren im Streckennetz des jeweiligen Land- und Stadtkreise.

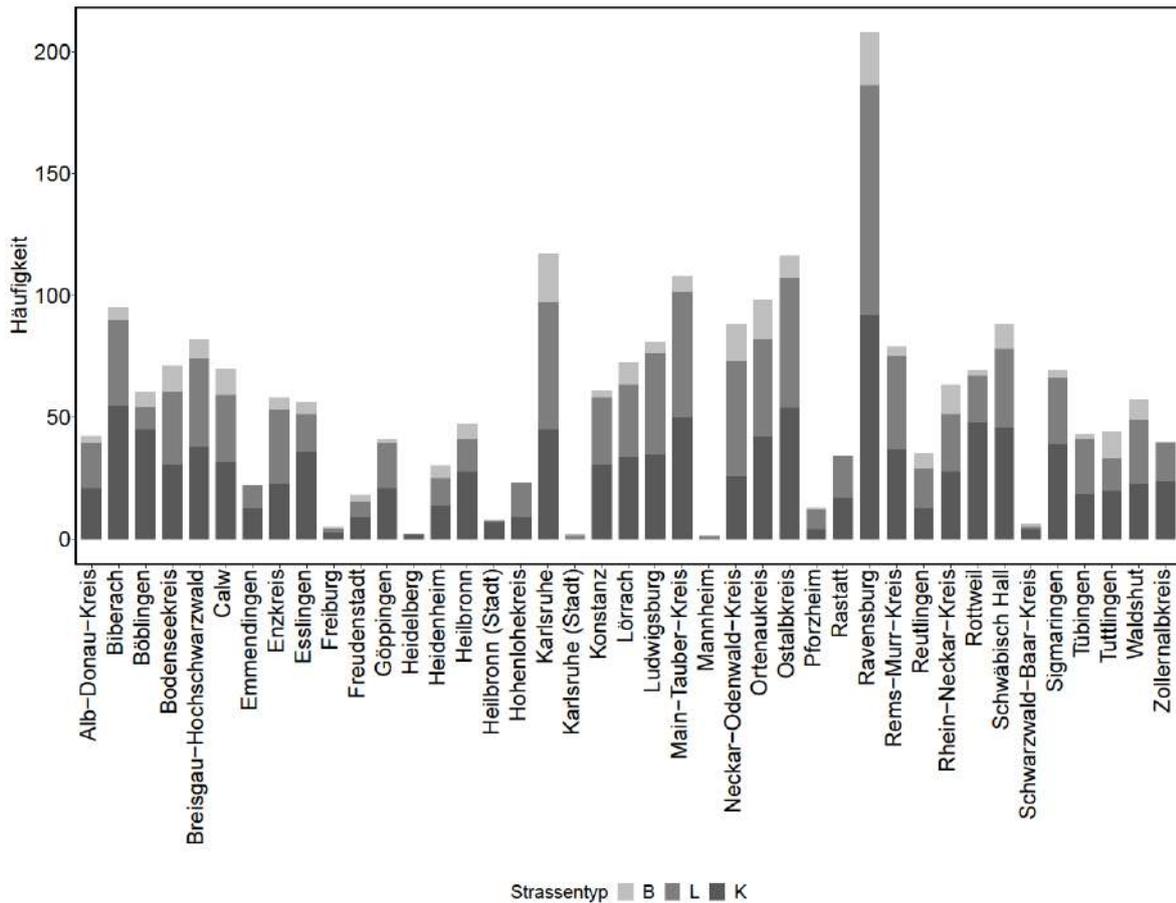


Abb. 11: Anzahl der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren pro Straßentyp pro Land- und Stadtkreise.

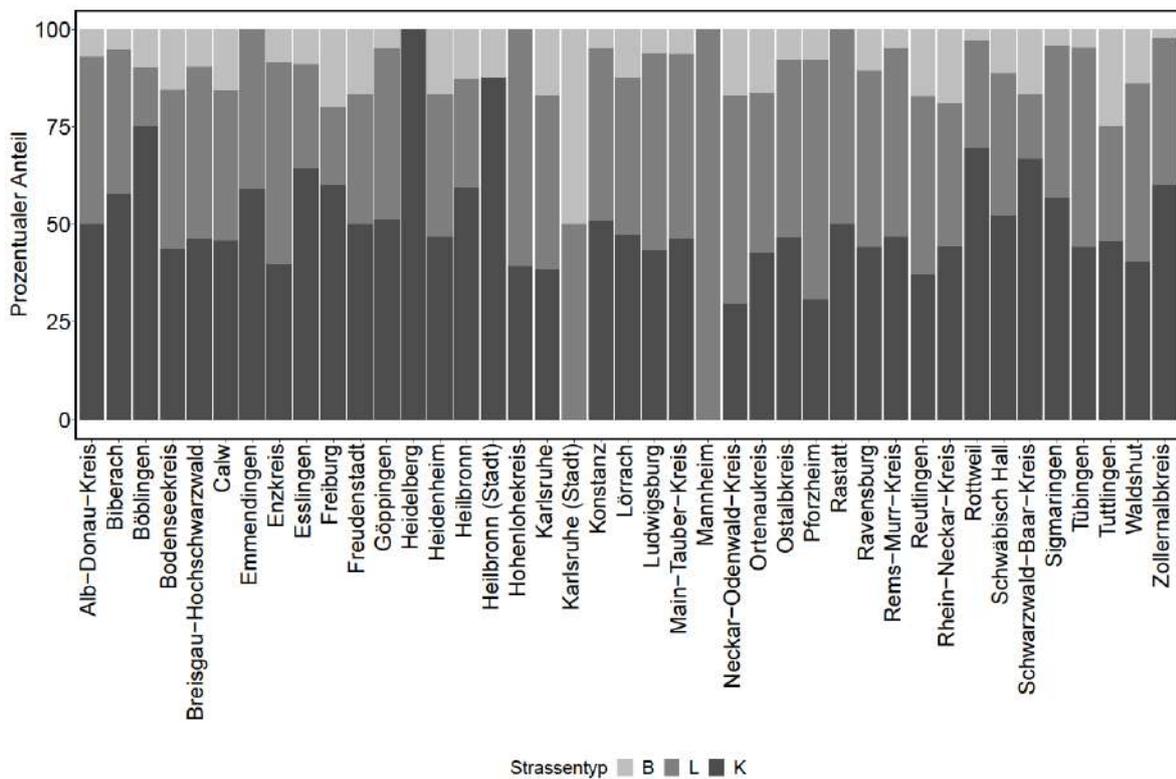


Abb. 12: Prozentualer Anteil des Straßentyps je Land- und Stadtkreisfläche.

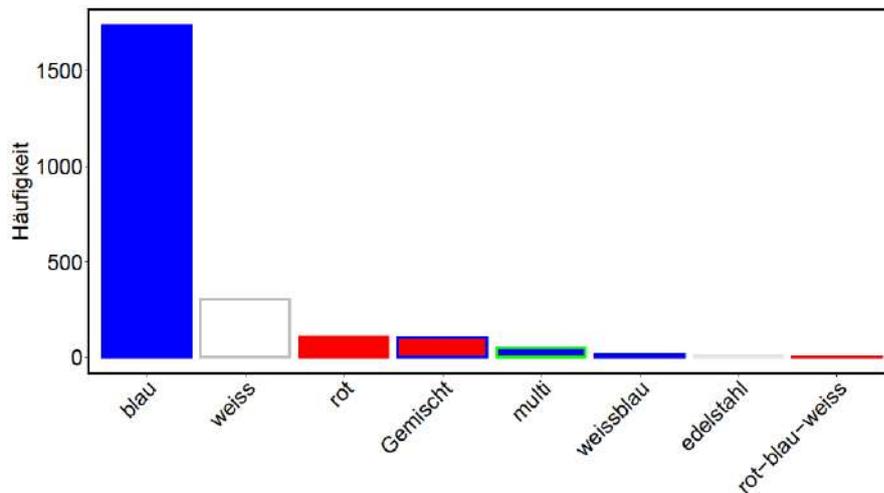


Abb. 13:
Häufigkeit der Wildwarnreflektoren nach ihren Farben.

Besonderheiten

Die Kartierung zeigte, dass zum Teil mehrere Reflektormodelle an einem Straßenabschnitt verwendet werden. An 95 Straßenabschnitten kamen zwei Reflektormodelle zum Einsatz, an sieben Abschnitten drei Modelle und an zwei Abschnitten wurden vier verschiedene Wildwarnreflektormodelle an einem Abschnitt montiert. In Ausnahmefällen wurden sogar zwei verschiedene Reflektormodelle an einem Straßenleitpfosten gleichzeitig montiert (s. Abb. 15, li.).

Weitere Besonderheiten waren selbstgebaute Reflektoren oder Reflektormodelle, die verändert, optimiert oder angepasst wurden.



Abb. 14: Veränderter weißer WEGU-Wildwarnreflektor sowie veränderter roter Swarovski Wildwarnreflektor im Landkreis Balingen, L415.



Abb. 15: Eigenbau im Landkreis Konstanz, L194 (li.) sowie zwei übereinander montierte Reflektoren (WEGU-Wildwarnreflektor und Motzener Multischutzwarner) im Kreis Ludwigsburg, K1643 (re.).



Abb. 16: Eigenbau im Landkreis Sigmaringen, K8222 (Quelle: Straßenmeisterei Messkirch).

5.4.2 Verteilung nach Dichte

Abbildung 17 liefert das Ergebnis für die Berechnung der Dichteverteilung der Wildwarnreflektoren in Baden-Württemberg und zeigt eindeutige Schwerpunktregionen mit den

höchsten Dichten im Allgäu (u.a. Landkreis Ravensburg) und im nördlichen Baden-Württemberg auf der Höhe und Umfeld von Stuttgart.

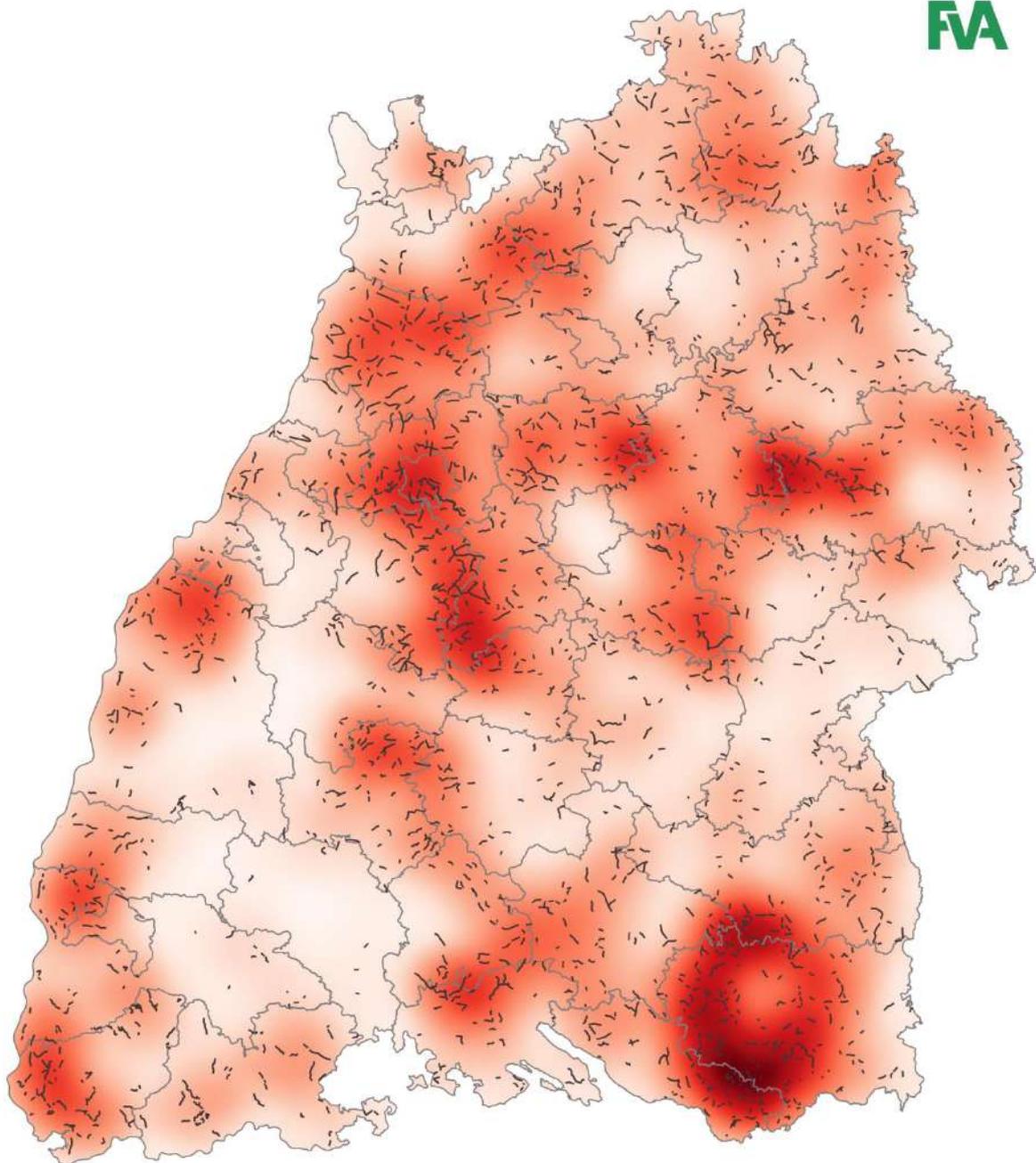
**FA**

Abb. 17: Heatmaps ermöglichen die einfache Identifikation von "Hotspots" und Punktclustern: Darstellung der Regionen mit besonders hohen Dichten an Wildwarnreflektoren. Je intensiver der Rotton, desto höher die Dichte. Kennzeichnung der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren als schwarze sowie Landkreisgrenzen als hellgraue Linien.

5.4.3 Verteilung nach Landnutzung

Bei der Berechnung der angrenzenden Landnutzung im Umfeld der Straßenabschnitte (Abb. 18) zeigt sich, dass Offenland mit 54 % prozentual am häufigsten an die Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren grenzt, gefolgt von Wald mit 38 %. Dass auch Wildwarnreflektoren im Siedlungs- oder Verkehrsbe-
reich montiert sind, ist u.a. auf die Methodik zurück zu führen, dass z.B. eine Straße mit Wildwarnreflektoren an einem offenen Flugplatz vorbeiführt und durch die Verschneidung der verschiedenen Datensätze die ursprüngliche Klassifizierung der Fläche als Verkehrsfläche übernommen wurde.

Die prozentuale Verteilung der Landnutzung mit Blick auf die Bundes- Land- und Kreisstraßen ist vergleichbar mit der Gesamtübersicht und weicht nur minimal von den Werten der Gesamtübersicht ab. Daher wurde auf eine Darstellung verzichtet.

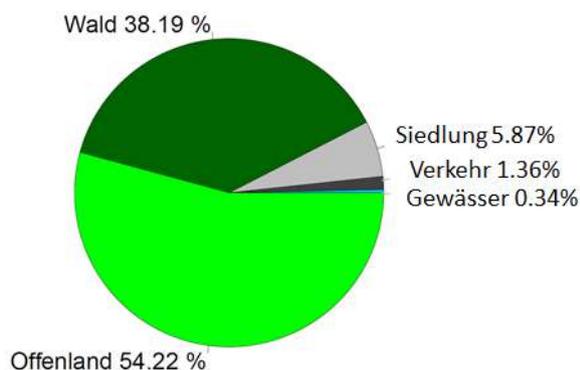


Abb. 18: Prozentualer Anteil an Landnutzung im Umfeld der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren für alle Straßenkategorien zusammengefasst.

5.5 Bewertung und Fazit

Mit Hilfe der Kartierung wurde erstmals in einem Bundesland der vollständige Umfang an Straßenkilometern im übergeordneten überörtlichen Straßennetz erfasst, an denen Wildwarnreflektoren montiert sind. Die Erhebung der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren liefert wichtige Grundlagendaten für das übergeordnete Ziel, langfristig Wildunfälle zu reduzieren. Im nächsten Schritt können die

Daten mit anderen Datenquellen wie Wildunfalldaten, Verkehrsdichten, Vorkommen von Deckungsstrukturen im Straßenumfeld etc. verschnitten werden und detaillierte Analysen durchgeführt werden.

Auch wenn es sich einerseits nur um eine einmalige Erhebung handelt, die den Status Quo für den Zeitraum 2018-2020 betrachtet, und andererseits die Gemeindestraßen in der Kartierung keine Berücksichtigung finden konnten, lassen sich wichtige Rückschlüsse aus den Daten ziehen. Generell zeigt sich, dass blaue Wildwarnreflektoren den Hauptanteil bilden. Hier hat seit der Einführung des blauen Halbkreisreflektors Anfang 2000 ein Wechsel zur Farbe Blau vollzogen, so dass nahezu alle Hersteller Wildwarnreflektoren in blauer Farbe anbieten. Andere Farben wie Rot oder Weiß spielen nur noch eine untergeordnete Rolle und werden bei den Reflektoren selten verwendet. Der hohe Stellenwert, der mit der Farbe Blau assoziiert wird, zeigt sich neben dem hohen Anteil an verwendeten blauen Reflektoren auch daran, dass bestehende Wildwarnreflektoren in weiß oder rot mit blauer Retroreflektierender Folie überklebt werden, weil mit dieser eine bessere Wirkung assoziiert wird.

Bei der Verteilung der Wildwarnreflektoren in den einzelnen Land- und Stadtkreisen zeigen sich deutliche Unterschiede. In manchen Landkreisen sind sehr viele Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren ausgestattet (z.B. Ravensburg), in anderen Landkreisen befinden sich proportional sehr viele Wildwarnreflektoren im Straßennetz (z.B. Pforzheim). Die regionalen Unterschiede in Baden-Württemberg treten mit Blick auf die Heatmap deutlich hervor. Dabei sticht vor allem der Landkreis Ravensburg und Teile des Bodenseekreises und des Landkreises Biberachs hervor. Aber auch im nördlichen Baden-Württemberg sind mehrere Regionen mit kleineren Schwerpunkten zu erkennen. Im Gegensatz dazu ist auffällig, dass in mehreren Regionen, wie z.B. der Schwarzwald oder die Baar, kaum Wildwarnreflektoren montiert sind. Die Schwerpunkte können darauf hinweisen, dass sich lokal Wildunfälle erhöht ereignen, da in der Folge Wildwarnreflektoren erst dann montiert wer-

den. Das Anbringen von Wildwarnreflektoren beruht zudem vor allem auf dem Engagement der lokalen Jägerinnen und Jäger. Diese haben jedoch unterschiedliche Maßstäbe, ab wie vielen verunfallten Wildtieren ein Wildunfallschwerpunkt vorliegt und Wildwarnreflektoren als Präventionsmaßnahme eingesetzt werden. Gleichzeitig ist auch zu beachten, dass ein Großteil der Jägerschaft von den Reflektoren nicht überzeugt, folglich diese auch nicht montiert werden. Eine Ableitung von möglichen Wildunfallschwerpunkten anhand der montierten Wildwarnreflektoren ist daher für Baden-Württemberg nicht möglich und nicht sinnvoll. Dies kann nur mit Hilfe von Geokoordinaten in Kombination mit weiteren Informationen, wie Datum, Uhrzeit und Tierart erfolgen.

Anhand der Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass mindestens 110.000 Wildwarnreflektoren im übergeordneten überörtlichen Straßennetz, d.h. allen Bundes- Land- und Kreisstraßen montiert sind. Unter dem Aspekt, dass zum überörtlichen überregionalen Streckennetz mit einer Länge von 27.418 km (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2020a) noch einmal 46.500 km Gemeindestraßen in Baden-Württemberg hinzukommen (Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr, 2010), ist davon auszugehen, dass die Anzahl an Wildwarnreflektoren um ein Vielfaches höher liegt. Bereits 2012 schätzte der Landesjagdverband die Anwendung von über 200.000 Wildwarnreflektoren (Brieger et al., 2019).

Die im Rahmen der Kartierung kontaktierten Land- und Stadtkreise ließen erkennen, dass nur vereinzelt dokumentiert wird, an welchen Straßenabschnitten im eigenen Hoheitsgebiet Wildwarnreflektoren installiert sind. Es zeigte sich, dass nur wenigen Land- und Stadtkreisen Informationen vorliegen, an welchen Straßenabschnitten Reflektoren montiert sind. In den meistens Land- und Stadtkreisen fehlt das Wissen hierzu.

Im Allgemeinen geben die Straßenmeistereien Wildwarnreflektoren an die Jägerschaft zurück, wenn Leitpfosten ausgetauscht werden. Da dies mit einem Mehraufwand verbunden

ist, umgeht ein Landkreis diesen Schritt. Nach Aussage der Straßenmeisterei werden in den nächsten 3-5 Jahren (Stand Januar 2019) sämtliche Straßenleitpfosten durch solche mit integrierten Wildwarnreflektoren ausgetauscht, da das kombinierte System nur geringfügig teurer ist und damit das Aushändigen der Reflektoren an die Jägerschaft entfallen kann. Diese Herangehensweise ist nur aus einem Landkreis bekannt und stellt eine Besonderheit dar. Mit Blick auf die Ergebnisse zur Wirkung von Wildwarnreflektoren auf das Verhalten von Wildtieren in Straßennähe im zweiten Teil des Projektberichtes ist die flächige landkreisweite Umrüstung auf Leitpfosten mit integrierten Wildwarnreflektoren als nicht zielführend zu bewerten.

Ausblick

Die Streckenabschnitte mit Wildwarnreflektoren im Streckennetz der Gemeinden konnten nicht berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wird empfohlen, die Erhebung auf das Streckennetz der Gemeinden auszuweiten, um einen umfassenden Datenbestand zu erhalten, mit dem übergeordneten Ziel, Wildunfälle langfristig zu reduzieren.

6 Wirkung von Wildwarnreflektoren auf Wildtiere am Straßenrand

6.1 Untersuchungsrahmen

Wie bereits ausgeführt, steigen die Wildunfallzahlen seit Jahren. Im Jahr 2019 wurde mit 295.000 Pkw-Wildunfällen ein neuer Höchststand erreicht (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, 2020), womit anschaulich das stark zunehmende Verkehrssicherheitsrisiko verdeutlicht wird. Jeder Wildunfall kann abgesehen von den potenziell hohen Sachschäden im ungünstigen Fall auch mit verletzten oder sogar getöteten Personen enden. Aus diesem Grund besteht ein Bedarf an Wissen, welche Wildunfallpräventionsmaßnahmen nachhaltig Wildunfälle reduzieren.

Wildwarnreflektoren kommen in der Praxis, v.a. durch die Jägerschaft, am häufigsten zum Einsatz. Widersprüchliche Aussagen zwischen Erfahrungen der Jägerschaft und Ergebnissen wissenschaftlicher Untersuchungen begleiten sich seit mehreren Jahrzehnten und verhindern einen sachlichen Dialog in der Wildunfallprävention und eine nachhaltige Reduktion von Wildunfällen. Aus diesem Grund sind wissenschaftlich belastbare Aussagen zur Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren, insbesondere auf das Verhalten von Wildtieren erforderlich, die Empfehlungen für einen zukünftigen Umgang mit Wildwarnreflektoren als Wildunfallpräventionsmaßnahme zulassen.

6.1.1 Ziele

Die Untersuchung schließt drei Wildarten ein. Neben dem Reh mit bundesweit mindestens 200.000 verunfallten Tieren ist das Wildschwein mit mehr als 31.000 Tieren als zweithäufigste Tierart betroffen (Deutscher Jagdverband, 2021). Darüber hinaus finden sich im Straßennetz auch regelmäßig überfahrene Füchse, zu denen es jedoch keine verlässlichen Wildunfallzahlen gibt, weil sie kaum Schäden an Fahrzeugen hinterlassen. Alle drei Tierarten zeichnen sich durch grundlegend verschiede-

ne Lebensweisen aus und sind für die Wildunfallproblematik relevant. Zum einen, weil sie im Falle einer Kollision aufgrund ihrer Größe oft große Sachschäden an Fahrzeugen verursachen, so z.B. Rehe und Wildschweine. Zum anderen können Fahrzeugführende im ersten Schreck jedoch zu Ausweichmanövern mit wesentlich schwerwiegenderen Folgen verleitet werden, was trotz ihrer geringeren Größe, aber aufgrund ihres häufigen Vorkommens, auch durch den Fuchs ausgelöst werden kann.

Im Fokus der Untersuchung steht die Wirkung von Wildwarnreflektoren auf das Wildtierverhalten mit dem Ziel, die Verkehrssicherheit als zentrales Element des Straßenverkehrs zur Gewährleistung der persönlichen Unversehrtheit zu verbessern sowie den hohen Verlust bei Wildtieren durch Straßenmortalität sowie erhebliches Tierleiden zu reduzieren.

Zwei Ziele werden im Rahmen der Untersuchung zu Wildwarnreflektoren verfolgt:

1. Bewertung der unmittelbaren Wirkung von Wildwarnreflektoren auf das Wildtierverhalten, ob diese zur Prävention geeigneter Verhaltensreaktionen wie Sicherungs- oder Fluchtverhalten bei Wildtieren erzeugen.
2. Bewertung, ob ein wildunfallgefährdendes Verhalten durch Wildwarnreflektoren reduziert wird und diese einen Beitrag leisten können, Wildunfälle nachhaltig zu verhindern.

6.2 Methodik

6.2.1 Auswahl Straßenabschnitte

Für die Untersuchung wurden 14 Straßenabschnitte nach einheitlichen Kriterien herausgesucht. Diese sind:

- Bereitschaft der lokalen Jägerinnen und Jäger, an der Untersuchung teilzunehmen
- Vorhandensein von Wildunfallsschwerpunkten mit hohen Wildunfallzahlen
- Möglichkeit der Befestigung der Wärmebildkameras in Straßennähe
- Berücksichtigung verschiedener geographischer Gebiete Baden-Württembergs
- Wenn möglich, gerader Straßenverlauf

- Möglichst keine Böschungen im Straßenumfeld

Mit Hilfe des Landesjagdverbandes Baden-Württemberg erfolgte im verbandseigenen Mitteilungsheft im Rahmen eines Artikels der Aufruf, sich an der Untersuchung zu beteiligen und Streckenabschnitte mit Wildunfallschwerpunkten zu melden (Brieger, 2018). Hierzu konnte ein Fragebogen über die Homepage des Landesjagdverbandes Baden-Württemberg heruntergeladen und ausgefüllt werden (Fragebogen im Anhang 9.2.1). Der Rücklauf war mit einem Dutzend Antworten relativ niedrig, weshalb die Meldefrist um einen Monat verlängert wurde.

Die gemeldeten Straßenabschnitte wurden nach Ablauf der Frist vor Ort begutachtet und eine Auswahl getroffen, da nicht alle den zugrunde liegenden Kriterien entsprachen. Aus Erfahrungen des vorangegangenen FVA-Wildunfallpräventionsprojektes (Brieger et al., 2019) konnte auf bekannte Streckenabschnitte zurückgegriffen und somit die Auswahl vervollständigt werden.

Die Lage der Straßenabschnitte in Baden-Württemberg zeigt Abb. 19. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Streckenabschnitten finden sich im Anhang 9.2.2.

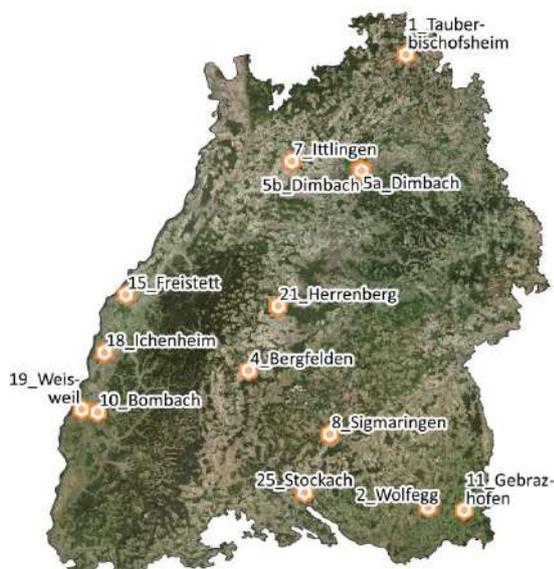


Abb. 19: Übersichtskarte mit der Lage der Straßenabschnitte in Baden-Württemberg, an denen das Verhalten von Rehen, Füchsen und Wildschweinen mit Wärmebildkameras dokumentiert wurde.

6.2.2 Auswahl Wildwarnreflektormodelle

In der Untersuchung kamen drei verschiedene Wildwarnreflektormodelle zum Einsatz (Fotos s. Tabelle 4 auf Seite 9):

- Blauer Halbkreisreflektor der Firma Beutha
- Blauer Generalwildwarnreflektor der Firma Beilharz
- Weißer Generalwildwarnreflektor der Firma Beilharz anstelle des Reflektors der Firma WEGU, da dieser nicht lieferbar war.

Die Auswahl orientierte sich an mehreren Faktoren:

- Popularität in der Praxis (vgl. Kap. 5 Bestandserhebung Wildwarnreflektoren),
- Reflexionsprinzip (Berücksichtigung von zwei unterschiedlichen Prinzipien, s. Kap. 3.1),
- Reflexionsleistung einzelner Wildwarnreflektormodelle auf Basis der lichttechnischen Untersuchung der Uni Dresden (Schulze und Polster, 2017)
- Lieferbarkeit des Produktes

Die drei Reflektormodelle wurden den 14 Straßenabschnitten zugewiesen (s. Ablauf der Untersuchungsphasen in Tabelle 10 im Anhang 9.2.3), wenn ein ausgewählter Straßenabschnitt nicht bereits mit Reflektoren ausgestattet war.

6.2.3 Technik Wärmebildkamera

Alle Körper, die eine Temperatur von über 0 Kelvin (-273°C = absoluter Nullpunkt) haben, senden Wärmestrahlung aus. Wärmebildkameras stellen im Gegensatz zu herkömmlichen Kameras diese Wärmestrahlen in Form von Differenzen in Temperaturgradienten visuell dar. Der Einsatz von Wärmebildkameras hat den Vorteil, dass keine Lichtquellen während der Nacht notwendig sind und keine personenbezogenen Daten in den Videos der verwendeten Wärmebildkameras erkennbar sind.

Für die Verhaltensbeobachtungen kamen sieben Wärmebild-Netzwerkcameras der Firma Axis zum Einsatz (3x Modell Q 1921-E, 4x Modell Q 1941-E). Die Kameras wurden mit Tarnfarben-Klebeband versehen und mit einer Schwenkkopfhalterung mit Hilfe von Spanngurten an Bäumen am Straßenrand befestigt (Abb. 20).



Abb. 20: Zwei Netzwerk-Wärmebildkammeramodelle der Firma Axis GmbH, die während der Untersuchung zum Einsatz kamen. Oben: Modell Q 1921-E, unten Modell Q 1941-E. Zum besseren Schutz gegen Diebstahl wurden die Kameras mit Camouflage Klebeband verblendet.

Die Stromversorgung erfolgte bei jeder Kamera über eine Exide Bleigelbatterie Equipment Gel ES 650 mit 56 Ah mit den Maßen 278 x 175 x 190 mm, die in einer Aluminiumbox der Firma Zarges GmbH am Stammfuß positioniert wurde. Wenn nach vier bis fünf Tagen die Kapazität der Batterie erschöpft war, wurde sie von den teilnehmenden Jagdpächterinnen und Jagdpächtern gegen eine zweite Ersatzbatterie getauscht. Die Speicherung der Videodateien erfolgte in den Kameras auf internen SD-Speicherkarten mit 64 bzw. 128 GB Kapazität.



Abb. 21: Aluminium Box der Firma Zarges GmbH mit einer Autobatterie sowie senkrecht die Platte mit Tiefentladeschutz und Axis Switch zur Versorgung der Wärmebildkamera mit Strom. Gleichzeitig dient das Switch zum Zugriff auf die Wärmebildkamera mit dem Laptop.



Abb. 22: Am Stammfuß deponierte Aluminiumbox am Standort Stockach. Am Stamm ist das Hinweisschild zum Datenschutz zu erkennen, das an jedem Standort über das Vorhaben aufklärte.

6.2.4 Untersuchungsdesign

Um eine hohe Anzahl an Beobachtungsereignissen erreichen und die hohen Kosten je Kameraeinheit (ca. 3.500 Euro inkl. Zubehör) begrenzen zu können, wurde eine Kamera zwei Straßenabschnitten zugeteilt. Mit den sieben Kameras konnten somit 14 Straßenabschnitte im Projekt berücksichtigt werden. Die Wärmebildkameras wurden entlang der ausgewählten Straßenabschnitte in Längsachse zur Straße installiert, um das Verhalten von Rehen, Füchsen und Wildschweine am Straßenrand auf herannahende Fahrzeuge im Beisein von Wildwarnreflektoren dokumentieren zu können.

Riginos et al. (2018) zeigte in ihrer Untersuchung zum Verhalten von Weißwedelhirschen gegenüber Wildwarnreflektoren, dass die Tiere am stärksten reagierten, wenn Reflektoren zu Kontrollzwecken abgedeckt wurden. Dieser Ansatz wurde in das Projekt integriert. In Deutschland dürfen Straßenleitpfosten jedoch nicht abgedeckt werden. Aus diesem Grund, wurden Fähnchen zusätzlich zu den Reflektoren an den Straßenleitpfosten befestigt. Die zugrunde liegende Hypothese lautete, dass die flatternden Fähnchen einen stärkeren Reiz auf Wildtiere ausüben und diese häufiger Fluchtverhalten zeigen sollten als in Zeiträumen ohne Fähnchen.

Die Fähnchen wurden im Rahmen des Projektes selbst hergestellt. Sie bestanden aus einem geriffelten Rundholzstab, an dessen Ende ein Kunststofffähnchen in fünf verschiedenen Farben geklebt wurde. Die reversible Fixierung seitlich an den Straßenleitpfosten erfolgte mit Kabelbindern (Abb. 23). Da zu Beginn der Untersuchung viele Fähnchen durch Vandalismus zerstört wurden, konnte dieser nach einer Ergänzung durch Informationsaufkleber deutlich reduziert werden.

Die Dokumentation des Wildtierverhaltens folgte einem festen Untersuchungsschema, um statistisch gesicherte Ergebnisse zu ermöglichen. Jeder Straßenabschnitt wurde im Jahresverlauf 3x für 2 Monate beobachtet, so dass die Datenaufnahme ein volles Jahr umfasste (Juli 2018 - Juni 2019). Innerhalb der

zwei Monate folgten vier Phasen in zufällig gewählter Reihenfolge, um die Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren überprüfen zu können (s. Untersuchungsdurchführung in Tabelle 10, Anhang 9.2.3). Zeiträume ohne Wildwarnreflektoren sowie ohne Wildwarnreflektoren + Fähnchen dienten als Kontrolle, um das Wildtierverhalten ohne Beeinflussung dokumentieren zu können. Zeiträume mit Fähnchen am Straßenleitpfosten dienten ebenfalls als Kontrolle, da in diesen eine stärkere Wirkung auf das Wildtierverhalten erwartet wurde als in Zeiträumen, in denen nur Wildwarnreflektoren ohne Fähnchen montiert waren.



Abb. 23: Straßenleitpfosten mit montierten Fähnchen (li.: Abschnitt 18_Ichenheim, re.: Abschnitt 5a_Dimbach).

Da Wildwarnreflektoren nur in den Nacht- und Dämmerungsstunden funktionieren können, beschränkte sich die Datenaufnahme auf diese Tagesabschnitte. Die bürgerliche Dämmerung (Sonnenstand unter 6° unter dem Horizont) wurde als Schwelle zur Nachtzeit definiert. Die Uhrzeiten wurden im Jahresverlauf entsprechend angepasst.

6.2.5 Datenvorbereitung für Verhaltensklassifikation

Nach Abbau der Kameras Anfang Juli 2019 wurde das gesamte Videomaterial für die Auswertung in einem aufwändigen, technischen Verfahren über mehrere Monate gefiltert. Dazu mussten alle Tier-Fahrzeug-Ereignisse aus dem gesamten Videomaterial extrahiert werden.

In einem ersten Schritt wurde das gesamte Videomaterial mit Python (Version 3.7) und OpenCV (Version 4.1) vorselektiert [in Kombination mit einer selbst geschriebenen Logik zur Erkennung von Bewegungen außerhalb des Straßenkörpers sowie einer Minimierung von Falsch-Erkennung aufgrund von Bildrauschen oder Bewegungen von Vegetation durch Wind], um Zeiträume ohne Wildtiere am Straßenrand auszuklammern. Dieser Prozess dauerte mehrere Monate und beinhaltete folgende Arbeitsabschnitte:

- Entwicklung, Testen und Abschluss der Skripte (Dauer: mehrere Wochen).
- Nach Abschluss der Entwicklung Durchführung von Testreihen für jeden Standort, um die optimale Parameter für eine gute Erkennungsrate mit geringen Fehlerkennungen zu finden (Dauer: mehrere Monate).
- Durchführung der finalen Vorselektion pro Standort (Dauer: wenige Tage pro Standort).

Als Ergebnis wurde pro Standort eine Exceltabelle mit den extrahierten Tier-Fahrzeug-Ereignissen ausgegeben. Im zweiten Schritt erfolgten die Sichtung des reduzierten Datensatzes und die Bestimmung der Wildtierarten am Straßenrand. Dieser Prozess dauerte mehrere Monate. Im dritten, abschließenden Schritt wurden nur die Tier-Fahrzeug-Ereignisse mit Rehen, Wildscheinen und Füchsen zusammengestellt. Diese bildeten die Grundlage für die eigentliche, später anschließende Bewertung des Verhaltens und

der statistischen Auswertung. Der gesamte Prozess zur Vorselektion inkl. Datenübertragung, Vorauswahl mit Python und die händische Durchsicht dauerten ca. sechs Monate.

6.2.6 Klassifikation des Wildtierverhaltens

Im Modul zur Überprüfung des Rehverhaltens an Straßenabschnitten im Rahmen des ersten FVA-Wildunfallpräventionsprojektes (Brieger et al., 2019) zeigte sich, dass die Distanz der Tiere zur Straße entscheidend ist, wie stark die Reaktionen der Tiere auf herannahende Fahrzeuge ausfallen. Diese fielen im Nahbereich der Straße signifikant stärker aus als mit größeren Distanzen zur Straße. Gleichzeitig weisen Wildwarnreflektoren eine geringe physikalische Reflexionsleistung auf, die sich auf den Nahbereich von Straßen konzentriert (Schulze und Polster, 2017). Aus diesen beiden Gründen lag der Fokus des vorliegenden Projektes auf den Straßennahbereich, der auf 5 m definiert wurde, so dass nur Tier-Fahrzeug-Ereignisse für die Verhaltensklassifikation berücksichtigt wurden, die sich innerhalb der 5 m Distanz ereigneten.

Um Distanzen innerhalb der Videos der Wärmebildkameras messen zu können, wurde nach intensiver Recherche auf die Sportsoftware Utilius Fairplay 5 der Firma CCC Software GmbH zurückgegriffen und zwei Lizenzen erworben. Jeder der 14 Standorte musste zuerst kalibriert werden, indem an jedem Straßenabschnitt reale Distanzen zu Fixpunkten gemessen wurden, deren Übertragung dann in der Software erfolgte. Nach Abschluss der Kalibrierung wurden die Videos mit den Tier-Fahrzeug-Ereignissen in das Programm geladen und der gesamte Prozess der Verhaltensklassifikation durchgeführt, für den u.a. Distanzen der Tiere zum Straßenrand, zu den Reflektoren und zu den herannahenden Fahrzeugen gemessen wurde.

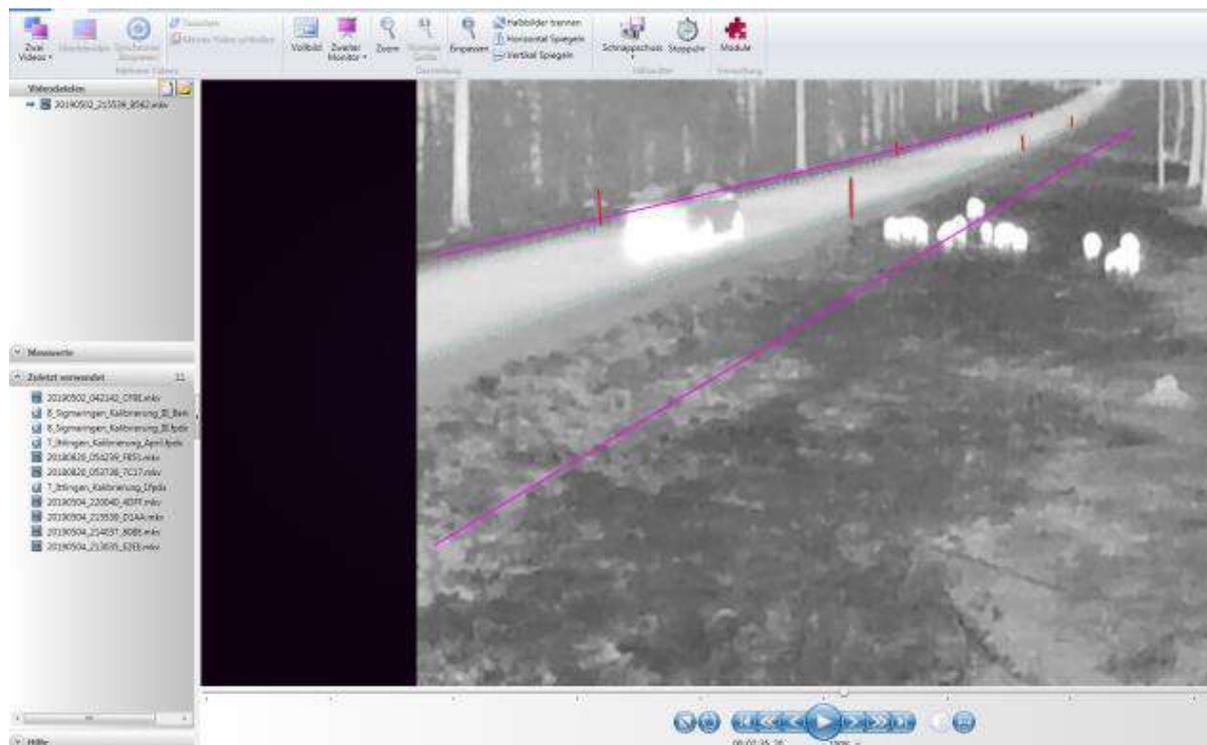


Abb. 24: Screenshot des Programms Utilus Fairplay 5 zur Analyse des Wildtierverhaltens an Straßen, vor allem zum Messen von Distanzen. Die senkrechten roten Striche kennzeichnen die Positionen der Straßenleitpfosten, die lila Linie parallel zur Straße zeigt den 5m Bereich zur Straße. Befanden sich Wildtiere in diesem Bereich, wurde das Verhalten analysiert.

Das Verhalten der drei Tierarten Reh, Fuchs, Wildschwein wurde getrennt voneinander erfasst. Die Klassifizierung, erfolgte nach einem standardisierten Protokoll (vgl. Martin und Bateson, 2009). Zuerst wurde jedem Tier, welches den Überwachungsbereich innerhalb der 5 m betrat, eine ID zugewiesen, um aufeinanderfolgende Fahrzeugkontakte einzelnen Individuen zuordnen zu können. Eine Besonderheit bildet das Wildschwein. Trat dieses in einer Gruppe auf, wurde die gesamte Gruppe als ein Individuum betrachtet, wenn die Reaktion aller Tiere identisch war. Gab es unterschiedliche Reaktionen, wurde die Gruppe geteilt und jeweils getrennt betrachtet.

Vor Eintreffen eines Fahrzeugs wurde zunächst das Verhalten jedes Tieres in sieben Klassen eingeteilt:

1. Nahrungsaufnahme
2. Sicherungsverhalten von Straße weg
3. Sicherungsverhalten zur Straße hin
4. Bewegung in Richtung Straße
5. Bewegung von Straße weg
6. Bewegung parallel zur Straße
7. Bewegung parallel auf Straße

Eine Beschreibung der einzelnen Verhaltensweisen ist im Ethogramm in Tabelle 5 getrennt nach Tierart dargestellt. Beim Herannahen des Fahrzeugs wurde anschließend die Verhaltensreaktion jedes Tieres in sechs Klassen eingestuft (s. Tabelle 6):

- 1) keine Reaktion
- 2) geringfügige Reaktion
- 3) kurzfristige Verhaltensänderung weg vom Fahrzeug
- 4) Kurzzeitige Verhaltensänderung zum Auto hin/Langsame Straßenquerung,
- 5) fluchtartige Verhaltensänderung vom Auto weg
- 6) fluchtartige Verhaltensänderung zum Auto hin/fluchtartige Straßenquerung“.

Wenn ein Tier mehrere Verhaltensreaktionen nacheinander zeigte, so wurde die stärkste Verhaltensreaktion notiert. Zeigte ein Reh z.B. erst eine geringfügige Reaktion wie z.B. Sicherungsverhalten und anschließend eine Fluchtreaktion weg vom Fahrzeug, dann wurde das Ereignis als Fluchtreaktion klassifiziert.

Tabelle 5: Klassifikation des Verhaltens von Reh, Fuchs und Wildschwein in sieben Klassen (Kl.) bevor ein Fahrzeug eintrifft. Klasse 1 wird nach den Tierarten unterschieden aufgrund der unterschiedlichen Art der Nahrungsaufnahme.

VERHALTEN VOR EINTREFFEN DES FAHRZEUGS			
Kl.	Reh	Fuchs	Wildschwein
1	Nahrungsaufnahme Der Kopf befindet sich unter Schulterhöhe während das Reh steht oder sich langsam vorwärts bewegt. Sicherungsverhalten kann während des Kauens/Äsens auftreten.	Nahrungsaufnahme Der Fuchs bewegt sich vorwärts. Dabei befindet sich sein Kopf am Boden, um nach Mäusen oder anderer Nahrung zu suchen. Die Bewegung kann auch unterbrochen werden, indem das Tier eine Maus mit erhobenem Kopf fixiert und/oder einen Mäusesprung durchführt.	Nahrungsaufnahme Die Schnauze befindet sich am Boden und wühlt. Dabei kann das Tier stehen oder sich langsam vorwärts bewegen. Interaktionen mit anderen Wildschweinindividuen können gleichzeitig stattfinden. Sicherungsverhalten kann kurzfristig während der Nahrungsaufnahme auftreten.
2	Sichern, von Straße abgewandt		
	Das Tier steht mit erhobenem Kopf und führt keine gerichtete Bewegung aus. Fixiert Punkt in abgewandter Richtung zur Straße.		
3	Sichern, Straße zugewandt		
	Das Tier steht mit erhobenem Kopf und führt keine gerichtete Bewegung aus. Fixiert Punkt in Richtung zur Straße.		
4	Bewegung in Richtung Straße		
	Zielgerichtetes Laufen, Traben oder Rennen mit dem Kopf bis bzw. über Schulterhöhe in Richtung Straße. Kurzfristiges Stehen kann den Bewegungsablauf unterbrechen.		
5	Bewegung weg von Straße		
	Zielgerichtetes Laufen, Traben oder Rennen mit dem Kopf bis bzw. über Schulterhöhe weg von der Straße. Kurzfristiges Stehen kann den Bewegungsablauf unterbrechen.		
6	Bewegung parallel zur Straße		
	Das Tier bewegt sich parallel zur der Straße, in dem es läuft, trabt oder rennt mit dem Kopf bis bzw. über Schulterhöhe.		
7	Bewegung parallel auf Straße		
	Das Tier bewegt sich parallel auf der Straße, in dem es läuft, trabt oder rennt mit dem Kopf bis bzw. über Schulterhöhe.		

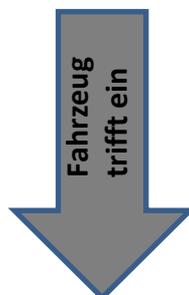


Tabelle 6: Klassifikation der Reaktion von Reh, Fuchs und Wildschwein in sechs Klassen (Kl.) auf herannahende Fahrzeuge.

REAKTION AUF EINTREFFENDES FAHRZEUG			
Kl.	Reh	Fuchs	Wildschwein
1	Keine Verhaltensänderung Das Individuum zeigt keine Reaktion auf das Fahrzeug und setzt sein Verhalten, das es vor dem Herannahen des Fahrzeugs ausgeübt hat, ohne Unterbrechung fort.		
2	Geringfügige Reaktion/sichern Das ausgeübte Verhalten wird beim Herannahen des Fahrzeugs unterbrochen. Das Tier steht oder bleibt stehen, hebt den Kopf bis oder über Schulterhöhe und fixiert die Umgebung. Meist schaut es in Richtung des Fahrzeugs		
3	Kurzzeitige Verhaltensänderung vom Auto weg Das ausgeübte Verhalten wird beim Herannahen des Fahrzeugs unterbrochen. Das Tier entfernt sich von seinem Aufenthaltsort langsam oder mit kurzer Fluchtstrecke (ca. 3-8 Meter; je nach Standort) mit Vor- oder Rückwärtsbewegungen. Nach Passieren des Fahrzeuges bewegt sich das Tier wieder zu seinem ursprünglichen Aufenthaltsort zurück.		
4	Kurzzeitige Verhaltensänderung zum Auto hin/Langsame Straßenquerung Das ausgeübte Verhalten wird beim Herannahen des Fahrzeugs unterbrochen. Das Tier bewegt sich von seinem Aufenthaltsort laufend oder trabend (bzw. rennend) Richtung Straße und quert mit ausreichendem Sicherheitsabstand vor Erreichen des Fahrzeugs die Straße.		
5	Fluchtartige Verhaltensänderung vom Auto weg Das ausgeübte Verhalten wird beim Herannahen des Fahrzeugs unterbrochen. Das Tier entfernt sich von seinem Aufenthaltsort mit Fluchtreaktion, die nicht unterbrochen wird. Das Individuum sucht Deckung auf oder rennt aus dem Aufnahmebereich der Kamera und kehrt nicht wieder zurück.		
6	Fluchtartige Verhaltensänderung zum Auto hin/Fluchtartige Straßenquerung Das ausgeübte Verhalten wird beim Herannahen des Fahrzeugs unterbrochen. Das Tier zeigt eine Fluchtreaktion von seinem Aufenthaltsort Richtung Straße. Diese wird unmittelbar vor dem eintreffenden Fahrzeug gequert. Fahrzeuge verringern die Geschwindigkeit durch Bremsbewegungen, um einen Wildunfall zu vermeiden oder kollidieren mit dem querenden Tier.		

6.2.7 Prädiktoren für Auswertung

Neben dem Verhalten der Wildtiere vor Eintreffen eines Fahrzeugs und die Reaktion auf das jeweils eintreffende Fahrzeug wurde eine Reihe weiterer Prädiktoren als Grundlage für die statistische Auswertung erhoben.

Zum Zeitpunkt der Reaktion wurden, wenn möglich, die *Distanz der Tiere zum Straßenrand*, *zum nächstgelegenen Straßenleitpfosten* sowie die *Distanz zum herannahenden Fahrzeug* in Metern gemessen. Zeigte das Tier keine Verhaltensänderung, dann wurde die kürzeste Distanz zwischen Reh und Straße während des gesamten Ereignisses gemessen. Der

Fahrzeugtyp wurde in „Pkw“, „Transporter“, „Lastkraftwagen/Bus“, „Motorrad/Roller“ und „Fahrräder“ unterschieden und die *Straßen-seite* („zugewandt“, „abgewandt“), aus der sich das Fahrzeug näherte, notiert. Für den Fall, dass mehrere Fahrzeuge hintereinander fuhren, erfolgte eine erneute Bewertung des Verhaltens erst wieder für die Situation, wenn das folgende Fahrzeug einen Abstand von mindestens 100 m hatte. Für den Fall, dass sich je ein Fahrzeug gleichzeitig aus beiden Fahrtrichtungen näherte, erfolgte die Beurteilung des Verhaltens auf das Fahrzeug, das sich auf der dem Wildtier zugewandten Fahrspur näherte. Des Weiteren wurde dokumentiert, ob ein Tier eine *Straßenquerung innerhalb eines*

Zeitraums von 20 Sekunden vor Eintreffen des Autos absolvierte („ja“/„nein“) und das Tier auf der Straße stoppte („ja“/„nein“). Dieser Wert orientierte sich an einer vergleichbaren Untersuchung von Benten, Ammer und Bakaba (2019) sowie Benten et al. (2019). Zusätzlich wurde die *biologische Jahreszeit für Rehe, Füchse und Wildschweine* getrennt nach Tierart hinzugefügt, um Änderungen der Verhaltensmuster der drei Tierarten im Jahresverlauf zu berücksichtigen. Die Unterteilung für Rehe erfolgte nach Krop-Benesch et al. (2013) in „Trächtigkeit“, „Aufzuchtzeit“, „Brunft“, und „Winterruhe“. Für Füchse wurde das Jahr in „Paarungszeit“, „Geburt im Bau“, „Jungenaufzucht“ und „Einstandswechsel“ unterteilt (Linderoth 2005). Die biologische Jahreszeit beim Wildschwein wurde in „Setzzeit“, „Jungenaufzucht“, „Einstandswechsel“ und „Futterknappheit“ unterteilt (Keuling, Stier und Roth, 2008).

Da jeder Straßenabschnitt spezifische Charakteristika aufweist, die einen Einfluss auf das Tierverhalten haben können, wurden mehrere Parameter in die statistischen Modelle aufgenommen, um Unterschiede in den Standorten abbilden zu können. Diese sind:

- *Vorkommen von Deckungsstrukturen* (Einstufung in „keine“, „einseitig“, „beidseitig“)
- *Erreichbarkeit der Deckung* („keine“, „nah“, „fern“)
- *Erreichbarkeit der Deckung mit Flucht* („ja“, „nein“)
- *Vorkommen eines Radwegs* („ja“, „nein“)
- *Straße in Böschungslage* („ja“, „nein“)

Für die Beantwortung der Frage 1 (Wirkung von Wildwarnreflektoren auf das Wildtierverhalten) wurde die *Präsenz von Reflektoren* am Straßenabschnitt dem Datensatz am Ende hinzugefügt, um eine Beeinflussung der Verhaltensklassifizierung zu verhindern. Dies beinhaltete auch Informationen zu den Zeiträumen, die als Kontrolle dienten, also Zeiträume ohne Reflektoren an den Straßenleitpfosten und Zeiträume mit Reflektoren + Fähnchen an den Straßenleitpfosten.

Die Prädiktoren *Aufmerksamkeit* und *Bewegung* wurde den Modellen hinzugefügt, um

das Verhalten spezifischer abbilden zu können. Für *Aufmerksamkeit* wurden die sieben Verhaltensklassen vor Eintreffen des Fahrzeugs in „ja“ (Verhalten 2,3,4) und „nein“ (Verhalten 1,5,6,7) unterteilt. Entsprechend für *Bewegung* erfolgte eine Einteilung des Verhaltens in „ungerichtet“ (d.h. richtungslos = Verhalten 1), „keine“ (Verhalten 2,3) und „gerichtet“ (Verhalten 4,5,6,7).

Für die Beantwortung der 2. Frage, ob aus dem Verhalten vor Eintreffen eines Fahrzeugs und der Reaktion auf das jeweils eintreffende Fahrzeug eine wildunfallgefährdende Situation entsteht und Wildwarnreflektoren diese reduzieren, wurde der Prädiktor *wildunfallgefährdendes Verhalten* hinzugefügt, der sich in „zunehmend“ und „abnehmend“ unterscheidet. Die Grundlage bildet die Beurteilung eines wildunfallgefährdenden Verhaltens in Tabelle 11 im Anhang 9.2.4.

6.3 Statistische Auswertung

Für die Analyse wurde die freie Software R v. 4.0.3 genutzt (R Core Team, 2020). Für die Analyse wurden nur Ereignisse berücksichtigt, die eine eindeutige Klassifikation des Verhaltens ermöglichten. Unscharfe und zu weit weg stattfindende Ereignisse bzw. Tiere, die unter Beeinflussung standen (z.B. Kitze, die der Geiß folgten oder durch bremsende Fahrzeuge beeinflusste Tiere), wurden aus der statistischen Analyse ausgeklammert.

Für die Beantwortung der Frage 1 wurde die Reaktion von Rehen und Füchsen auf herannahende Fahrzeuge und mögliche Effekte der Wildwarnreflektoren getrennt nach Tierarten untersucht. Verhaltensbeobachtungen von Wildschweinen konnten nicht in der Auswertung berücksichtigt werden, weil die Anzahl an Beobachtungen zu gering ausfiel. Die Auswertung erfolgte mit ordinalen Regressionsmodellen (sogenannte kumulative gemischte Modelle [CLMM], R-Paket brms, Bürckner, 2017). In diesem Ansatz wird der Einfluss der Prädiktoren auf die Wahrscheinlichkeit einer Reaktionsklasse bestimmt. Hierfür wurden zunächst die Verhaltensreaktionen in Form einer

ordinalen Variable nach der Stärke der Reaktion hierarchisch geordnet:

Keine Reaktion << Sicherungsverhalten
<< Bewegungsreaktion << Fluchtreaktion.

Folgende Prädiktoren wurden im Modell mit untersucht: Untersuchungsphase, Wachsamkeit, Bewegung, biologische Jahreszeit, Fahrzeugtyp, Vorkommen von Deckungsstrukturen, Erreichbarkeit der Deckung und Straße in Böschungslage. Der jeweilige Standort wurde als zufälliger Effekt (random effect) in das Modell aufgenommen.

Für Frage 2 wurde die Wahrscheinlichkeit eines wildunfallgefährdenden Verhaltens für Rehe und Füchse unter Berücksichtigung der Wirkung von Wildwarnreflektoren ausgewertet. Auch in diesem Fall konnten die Daten der Wildschweine aufgrund der geringen Anzahl an Ereignissen nicht berücksichtigt werden. Zur Anwendung kamen gemischte verallgemeinerte lineare Modelle (GLMM; R-Paket lme4, Bates et al., 2015) mit binomialer Antwortvariable (gefährdendes Verhalten zunehmend (0) bzw. abnehmend (1)).

Folgende Prädiktoren wurden im Modell mit untersucht: Untersuchungsphase, Wachsamkeit, Bewegung, biologische Jahreszeit, Fahrzeugtyp, Vorkommen von Deckungsstrukturen, Erreichbarkeit der Deckung, Straße in Böschungslage. Der jeweilige Standort wurde als zufälliger Effekt (random effect) in das Modell aufgenommen.

6.4 Ergebnisse Wirkung von Wildwarnreflektoren auf Wildtiere am Straßenrand

6.4.1 Allgemeine Ergebnisse

Während der 12monatigen Dokumentation des Verhaltens an den Straßenabschnitten stahlen Unbekannte eine Wärmebildkamera (4_Bergfelden) und eine Autobatterie für die Stromversorgung (10_Bombach). An einem dritten Abschnitt wurde in einem Chat in Facebook zur Sabotage einer Wärmebildkamera

aufgerufen (25_Stockach), weshalb die Kamera vorzeitig abgebaut wurde.

Insgesamt wurde an allen 14 Standorten nach Abschluss der Datenaufnahme 28.383 Stunden Videomaterial zusammengetragen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Laufzeiten der Wärmebildkameras an den einzelnen Standorten.

Ort	Laufzeit in Tagen, Stunden, Minuten, Sekunden
1_Tauberbischofsheim	44 Tage, 04:46:12
2_Wolfegg	98 Tage, 14:34:03
4_Bergfelden	57 Tage, 01:20:41
5a_Dimbach	97 Tage, 14:34:50
5b_Dimbach	96 Tage, 15:34:29
7_Ittligen	109 Tage, 07:44:38
8_Sigmaringen	78 Tage, 18:02:52
10_Bombach	80 Tage, 02:47:08
11_Gebrazhofen	86 Tage, 19:40:50
15_Freistett	96 Tage, 11:29:56
18_Ichenheim	102 Tage, 22:23:56
19_Weisweil	86 Tage, 09:16:57
21_Herrenberg	90 Tage, 09:18:43
25_Stockach	57 Tage, 07:04:58

Die meisten Tier-Fahrzeug-Ereignisse entfielen auf die Tierart Reh gefolgt von Füchsen und nur wenige auf Wildschweine.

Tabelle 8: Verteilung der Tier-Fahrzeug-Ereignisse nach Tierarten (Summe).

Reh	Fuchs	Wildschwein	Σ
1.960	696	185	2.841

Die Verteilung der Ereignisse fiel sehr heterogen zwischen den einzelnen Standorten sowie im Jahresverlauf aus (s. Anhang 9.2.3, Abb. 28). Pro Standort sah die Verteilung der Tier-Fahrzeug-Ereignisse, die für die Analyse verwendet werden konnten, wie folgt aus:

Tabelle 9: Verteilung der Tier-Fahrzeug-Ereignisse pro Standort.

Standort	Straße	Anzahl Ereignisse
1_Tauberbischofsheim	L504	84
2_Wolfegg	L317	466
4_Bergfelden	K5502	11
5a_Dimbach	K2113	128
5b_Dimbach	K2128	288
7_Ittlilingen	K2146	344
8_Sigmaringen	Gemein- destraße	695
10_Bombach	K5115	19
11_Gebrazhofen	K8025	176
15_Freistett	L87	3
18_Ichenheim	K5332	143
19_Weisweil	K5135	232
21_Herrenberg	K1068	74
25_Stockach	K6180	178

6.4.2 Statistische Ergebnisse

Die Analyse konzentrierte sich auf die Wahrscheinlichkeit, dass Wildwarnreflektoren zur Prävention geeigneter Verhaltensreaktionen wie Sichern oder Fluchtverhalten bei Rehen, Füchsen und Wildschweinen auslösen. Da sich die drei Tierarten grundlegend in ihrem Habitus und biologischen Verhalten unterscheiden, wurden die Daten getrennt nach den drei Tierarten analysiert.

Die stark variierende Anzahl an Tier-Fahrzeug-Ereignissen zwischen den Standorten also auch Unterschiede in der Charakteristik der jeweiligen Standorte führten zu einem Ungleichgewicht in den Daten (Bias), weshalb eine Trennung der Analyse nach den einzelnen Wildwarnreflektormodellen nicht möglich war und die drei Modelle zusammengefasst werden mussten. Darüber hinaus war aufgrund der geringen Anzahl der Beobachtungen bei Wildschweinen eine Analyse der Wirkung von Wildwarnreflektoren auf Wildschweine nicht möglich.

Die Ergebnisse im oberen Teil der Abb. 25 zeigen, dass Wildwarnreflektoren keinen Einfluss auf das Verhalten von Rehen und Füchsen haben. Zwar unterscheidet sich generell das Verhalten von Rehen und Füchsen am Straßenrand, aber dieses variiert nicht zwischen den drei Untersuchungsphasen Kontrolle, Reflektor und Fähnchen (d.h. Wildwarnreflektor + Fähnchen). Weder Rehe noch Füchse zeigen häufiger stärkere, zur Prävention geeignetere Verhaltensreaktionen wie kurze Bewegungsänderungen oder Flucht bei der Anwesenheit von Reflektoren verglichen mit den Kontrollphasen. Gleichzeitig wird die Theorie widerlegt, dass Fähnchen in Kombination mit Wildwarnreflektoren einen stärkeren Reiz auf das Verhalten von Wildtieren ausüben, da in dieser Untersuchungsphase keine statistisch signifikanten Unterschiede zu Kontroll- und Reflektorphasen vorliegen.

Rehe reagierten am häufigsten mit einer kurzen Bewegungsänderung, um dann wieder das ursprüngliche Verhalten am Straßenrand weiterzuführen. Sie reagierten im Vergleich zu Füchsen stärker bzw. sensibler auf Fahrzeuge, in dem sie am häufigsten kurze Bewegungsänderungen durchführten oder Flucht von der Straße zeigten. Füchse dagegen ließen am häufigsten überhaupt keine Reaktion auf herannahende Fahrzeuge erkennen. Wenn, dann zeigten sie kurzfristige Bewegungsänderungen, in dem sie sich kurz von der Straße entfernten, um dann nach Passieren des Fahrzeugs wieder zurück zur Straße zu laufen und das Verhalten vor Eintreffen des Fahrzeugs wieder fortzuführen.

Mit Blick auf die Frage 2 (Zu- oder Abnahme eines wildunfallgefährdenden Verhaltens durch Wildwarnreflektoren) wird im unteren Teil der Abb. 25 deutlich, dass Rehe im Vergleich zu Füchsen grundsätzlich ein positiveres Verhalten, d.h. abnehmendes wildunfallgefährdendes Verhalten auf Fahrzeuge erkennen ließen (Daten liegen bei rund 0,75). Daten der Füchse finden sich dagegen im neutralen Bereich (0,5). Rehe bewegten sich also tendenziell eher vom Fahrbahnrand weg, wenn sich ein Fahrzeug nähert als Füchse. Diese zeigten eine Art neutrales Verhalten, dass sich zwischen ab- und zunehmend befindet, wenn es um ein

wildunfallgefährdendes Verhalten geht. In Zeiträumen, in denen Wildwarnreflektoren in Kombination mit Fähnchen montiert sind, führt die Kombination dazu, dass ein wildun-

fallreduzierendes Verhalten bei Rehen minimal zunimmt, d.h. die Wahrscheinlichkeit eines Wildunfalls abnimmt. Dieser Effekt ist jedoch nicht signifikant.

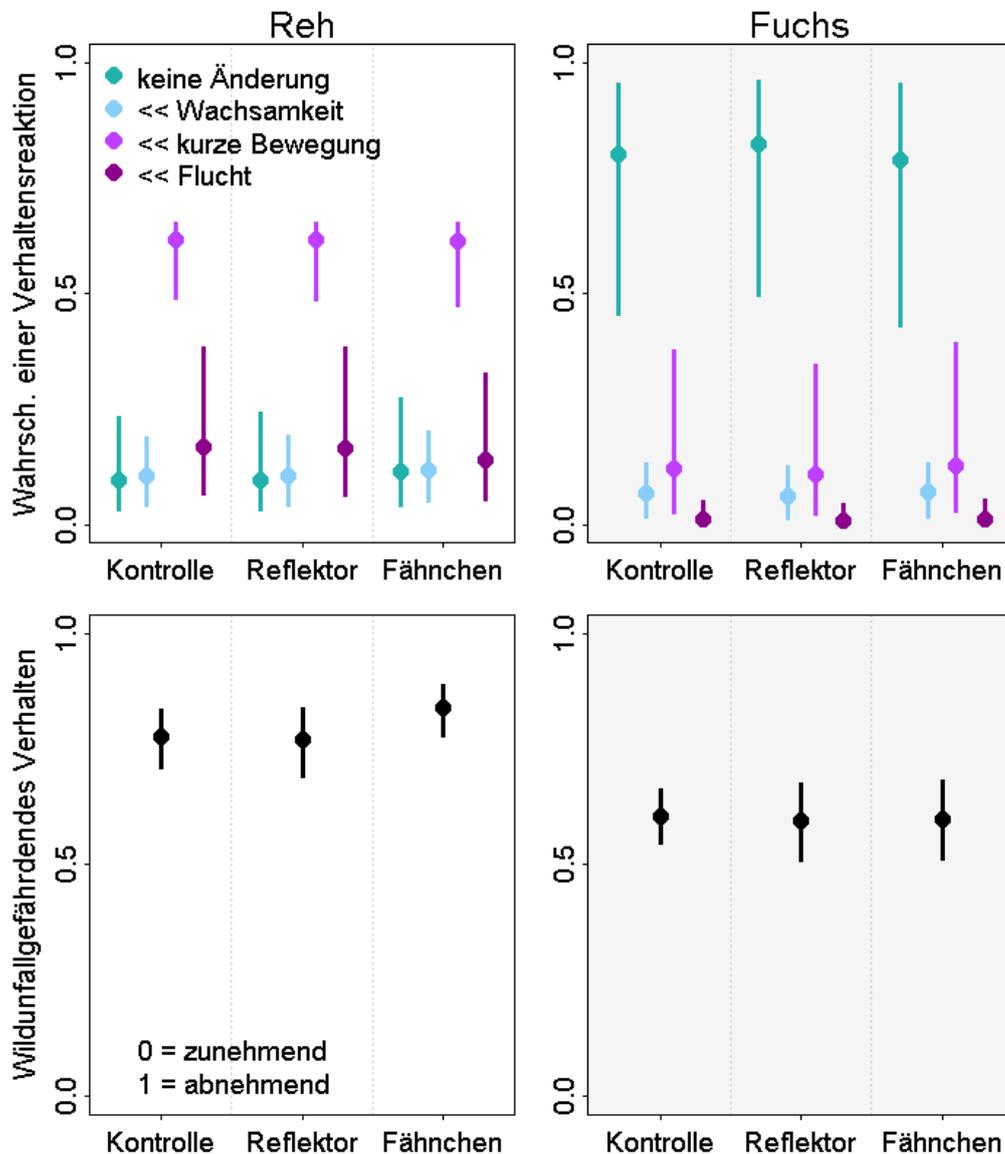


Abb. 25: Statistische Ergebnisse getrennt für Reh und Fuchs mit Blick auf die Wirkung von Wildwarnreflektoren auf das Verhalten.

Der obere Teil zeigt die Wahrscheinlichkeit einer Verhaltensreaktion für die Zeiträume ohne Reflektoren (Kontrolle), Zeiträume mit Reflektoren an den Straßenleitpfosten sowie Zeiträume mit Reflektoren in Kombination mit Fähnchen. Rehe reagierten am häufigsten mit kurzen Bewegungen auf herannahende Fahrzeuge, Füchse änderten ihr Verhalten dagegen nicht und führten beim Eintreffen des Fahrzeuges das ursprüngliche Verhalten fort. Deutlich wird, dass Wildwarnreflektoren sowohl bei Rehen als auch Füchsen keine Zunahme in der Wachsamkeit, in kurzen Bewegungen oder in Fluchtverhalten auslösten.

Der untere Teil zeigt die Ergebnisse, dass ein wildunfallgefährdendes Verhalten bei Rehen und Füchsen durch Reflektoren zu- oder abnimmt. Während Rehe tendenziell vorsichtiger sind und ein geringeres wildunfallgefährdendes Verhalten zeigen (Werte bei ca. 0,75), befindet sich das Verhalten von Füchsen im neutralen Bereich zwischen zu- und abnehmend. Wildwarnreflektoren haben keinen Einfluss auf das Verhalten von Rehen und Füchsen. Eine Ausnahme bildet die Phase, wenn Reflektoren in Kombination mit Fähnchen am Straßenrand montiert sind. In dieser wird die Vorsichtigkeit der Rehe gesteigert und sie reagieren mit einem geringeren wildunfallgefährdenden Verhalten als in Kontrollphasen oder in Zeiträumen, in denen sich ausschließlich Reflektoren an den Straßenleitpfosten befanden.

6.5 Diskussion und Bewertung

Die Ergebnisse zeigen, dass Wildwarnreflektoren keine zur Prävention geeignetere Verhaltensreaktionen wie Sichern oder Fluchtverhalten bei Rehen als auch bei Füchsen auslösen und darüber hinaus es zu keiner Reduzierung eines wildunfallgefährdenden Verhaltens bei beiden Tierarten kommt. Somit tragen Wildwarnreflektoren zu keinen wildunfallreduzierenden Verhaltensreaktionen bei den beiden von Wildunfällen am häufigsten betroffenen Wildarten Reh und Fuchs bei.

Wenn Wildtiere sich in unmittelbarer Nähe zur Straße aufhalten, müssten Rehe die Reflexion der Wildwarnreflektoren aufgrund ihrer hohen Sensitivität im blauen Spektralbereich (Ahnelt et al., 2006; Schiviz et al., 2008) wahrnehmen. Dies hätte zur Folge, dass sie zur Vermeidung von Gefahren vor allem mit verstärktem Fluchtverhalten in unmittelbarer Straßennähe reagieren sollten. Gleiches gilt auch für Füchse, die ebenfalls eine hohe Sensitivität im blauen Spektralbereich besitzen (Jacobs et al., 1992). Die Daten der Untersuchung zeigen jedoch, dass Wildwarnreflektoren keinen verstärkten Reiz auf das Verhalten ausübten und bei beiden Tierarten eine Reduzierung eines wildunfallgefährdenden Verhaltens nicht hervorgerufen wurde.

Die Ergebnisse der statistischen Modelle legen dar, dass vor allem die Fahrzeugklasse einen wesentlichen Einfluss auf das Reh- und Fuchsverhalten hat. Näherten sich großvolumige Fahrzeuge wie Busse oder Lkws, reagierten vor allem Rehe signifikant häufiger mit kurzen Bewegungsänderungen oder Fluchtverhalten. Dies ist insofern erklärbar, dass diese Art von Fahrzeugen eine intensivere Geräuschkulisse und Erscheinung hervorruft als Pkws oder Lieferwagen. Füchse zeigten vergleichbare Reaktionen, wenn auch nicht so ausgeprägt wie Rehe. Die durch Fahrzeuge alleine und Fahrzeuge mit Reflektor ausgelösten Verhaltensreaktionen unterschieden sich praktisch nicht und es ist deshalb davon auszugehen, dass die Tiere (Reh, Fuchs), wenn überhaupt, in erster Linie nur auf das Fahrzeug selbst reagieren und nicht auf Wildwarnreflektoren.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung spiegeln Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen bei Cerviden wie Reh, Rothirsch oder Weißwedelhirsch (in USA) der letzten Jahre bzw. Jahrzehnte wieder, die untersuchten, ob Wildwarnreflektoren Verhaltensänderungen hervorrufen. D'Angelo et al. (2006) testete vier verschiedene Reflektorfarben, von denen keine eindeutige Verhaltensreaktionen auslöste. Waring, Griffis und Vaughn (1991) zeigten in ihrer Studie, dass rote Wildwarnreflektoren keine Verhaltensänderungen bei Weißwedelhirschen hervorriefen. Ujvári, Baagøe und Madsen (1998) fanden heraus, dass ein Fluchtverhalten bei frei lebenden Damhirschen erzeugt wurde, dieses aber signifikant nach wenigen Tagen abnahm. Im Gegensatz dazu konnte Riginos et al. (2018) nachweisen, dass bei roten Wildwarnreflektoren das Fluchtverhalten weg von der Straße bei Weißwedelhirschen um 30 % zunahm. Der Anteil an Fluchtverhalten wurde jedoch gesteigert, als die Reflektoren im Rahmen der wissenschaftlichen Versuchsanordnung mit weißem Stoff verblendet wurden. Auch die umfangreichen Forschungsprojekte der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt und des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft aus den letzten Jahren, die erstmals die Wirkung von blauen Wildwarnreflektoren untersuchten, zeigen, dass Wildwarnreflektoren keine Effekte auf das Verhalten von Cerviden auslösten (Brieger et al., 2019; Benten, Ammer und Bakaba, 2019). Mit Blick auf die Wirkung von Wildwarnreflektoren auf Füchse stellt die vorliegende Untersuchung nach Wissen der Autoren ein Novum dar und wurde erstmals untersucht.

Die Ergebnisse stellen eine wichtige Ergänzung zu den Ergebnissen der jüngsten Forschungsprojekte dar. Besonders mit Blick auf den zukünftigen Umgang mit Wildunfallpräventionsmaßnahmen liefern die Ergebnisse einen wichtigen Beitrag in der Diskussion um die Wirkung und den Einsatz von Wildwarnreflektoren. In diesem Projekt wurde bewusst die Diskrepanz zwischen wissenschaftlichen Ergebnissen des ersten FVA-Wildunfallpräventionsprojektes und den Erfahrungen der Jägerschaft aufgegriffen. Durch eine deut-

liche Erweiterung der Straßenabschnitte und der Berücksichtigung möglichst unterschiedlicher geographischer Regionen Baden-Württembergs wurden gezielt Kritikpunkte aufgegriffen und der Arbeitsaufwand um ein Vielfaches gesteigert, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Dies spiegelt sich u.a. in dem Einsatz von sieben Kameras im Vergleich zu drei Kameras des ersten Projektes als auch in den Datenmengen wieder, die von 16.000 Stunden des ersten Projektes auf rund 29.000 Stunden nahezu verdoppelt werden konnten.

Trotz der eindeutigen Projektergebnisse können diese weiterhin im Widerspruch zu Erfahrungen der Jägerschaft stehen, die Wildwarnreflektoren überwiegend eine positive Wirkung bescheinigen. Die Ursache dafür liegt in der alleinigen Begründung anhand von Wildunfallzahlen, die dazu meistens vor und nach Ausbringung der Reflektoren verglichen werden. Nehmen Wildunfallzahlen ab, wird dies automatisch den Wildwarnreflektoren und damit ihrer Wirkung zugeschrieben, obwohl andere Faktoren der maßgebliche Grund dafür sind, dass Wildunfälle abgenommen haben. Dies kann daran liegen, dass z.B. eine geringe Aktivität bei Rehen aufgrund ihres biologischen Verhaltens dazu führt, dass die Tiere weniger häufig die Straße queren und sich somit weniger Wildunfälle ereignen. Wenn Wildunfallzahlen verglichen werden sollen, muss mit langen Zeiträumen von mind. acht Jahren oder mit Kontrollstrecken (BACI-Ansatz) gearbeitet werden (u.a. Roedenbeck, 2007; Brieger et al., 2016), was in der Praxis jedoch nicht stattfindet.

Ausblick

In den letzten zehn Jahren wurde in mehreren Projekten die Wirkung von Wildwarnreflektoren als Präventionsmaßnahme auf das Verhalten von Wildtieren intensiv untersucht. Die Ergebnisse des vorliegenden Projektes ergänzen die des ersten FVA-Wildunfallpräventionsprojektes als auch die Ergebnisse der Untersuchung durch den Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, dass Wildwarnreflektoren keinen Einfluss auf das Wildtierverhalten haben und folglich keinen Bei-

trag zur Wildunfallprävention leisten. Mit Blick in die Zukunft ist die Anwendung von Wildwarnreflektoren nicht mehr zu empfehlen und zu rechtfertigen. Ziel sollte nun sein, alternative Lösungen zu finden und Strategien zu entwickeln, die landes- bzw. bundesweit abgestimmt werden, um die stetig steigende Zahl an Wildunfällen zu reduzieren.

7 Arbeitskreis „Verkehrssicherheit & Wildtiere“

Um die Verkehrssicherheit zu verbessern und Wildunfälle nachhaltig zu reduzieren, ist eine Zusammenarbeit verschiedener Ministerien und Verbänden Baden-Württembergs notwendig. Am 22. Oktober 2020 wurde der Arbeitskreis „Verkehrssicherheit & Wildtiere“ initiiert, der sich aus Vertreterinnen und Vertretern des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, dem Innenministerium, dem Verkehrsministerium, dem Landesjagdverband Baden-Württemberg und der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt zusammensetzt. Der Arbeitskreis hat die Aufgabe, neue Lösungsansätze und Strategien in der Wildunfallprävention sowie eine nachhaltige Dokumentation von Wildunfällen in den nächsten Jahren zu entwickeln, um langfristig die Verkehrssicherheit zu verbessern und Wildtierverluste durch Straßenmortalität zu reduzieren. Mit diesem Ansatz schlägt Baden-Württemberg einen neuen Weg in der Wildunfallprävention ein.

8 Literatur

- Ahnelt, P.K., Schubert, C., Küber-Heiss, A., Schiviz, A.N., Anger, E. (2006): Independent variation of retinal S and M cone photoreceptor topographies: A survey of four families of mammals. *Visual neuroscience*, 23, 429–35.
- Armstrong, J.J. (1992): An Evaluation of the Effectiveness of Swareflex Deer Reflectors. Ontario Ministry of Transportation Research and Development Branch. ReportNo. MAT-91-12.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., Walker, S. (2015): Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, (67), 1–14. doi: 10.18637/jss.v067.i01.
- Benten, A., Annighöfer, P. und Vor, T. (2018): Wildlife warning reflectors' potential to mitigate wildlife-vehicle collisions - A review on the evaluation methods. *Frontiers in Ecology and Evolution* 6: 37. 10.3389/fe-vo.2018.00037
- Benten, A., Ammer, C. und Bakaba, J.E. (2019): Überprüfung der Wirksamkeit von „blauen, akustischen und multi-farbigen Reflektoren“ zur Bekämpfung von Wildunfällen auf Landstraßen. Projektbericht Nr. 56. 122 S. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
- Benten, A., Hothorn, T., Vor, T., Ammer, C. (2019): Wildlife warning reflectors do not mitigate wildlife-vehicle collisions on roads. *Accident Analysis and Prevention*. 120. 64-73. 10.1016/j.aap.2018.08.003.
- Brieger, F., Hagen, R., Vetter, D., Dormann, C.F., Storch, I. (2016): Effectiveness of light-reflecting devices: A systematic reanalysis of animal-vehicle collision data. *Accident Analysis and Prevention* 97: 242-260.
- Brieger, F., Hagen, R., Kröschel, M., Hartig, F., Petersen, I., Ortman, S., Suchant, R. (2017): Do roe deer react to wildlife warning reflectors? A test combining a controlled experiment with field observations. *European Journal of Wildlife Research* 63:72. DOI 10.1007/s10344-017-1130-5.
- Brieger, F. (2018): Wie wirken Wildwarnreflektoren? Der Jäger in Baden-Württemberg, 01-2018. Landesjagdverband Baden-Württemberg.
- Brieger, F., Kröschel, M., Hagen, R., Kämmerle, J.-L., Suchant, R. (2019): Effektivität von optischen Wildunfallpräventionsmaßnahmen - Untersuchung der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren mit Fokus auf dem blauen Halbkreisreflektor (2009-2014). Projektbericht, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg. 143 Seiten.
- Bürkner, P.-C. (2017): brms: An R Package for Bayesian Multilevel Models Using Stan. *Journal of Statistical Software*, 80(1), 1-28. doi:10.18637/jss.v080.i01.
- D'Angelo, G.J., D'Angelo, J.G., Gallagher, G.R., Osborn, D.A., Miller, K. V., Warren, R.J. (2006): Evaluation of wildlife warning reflectors for altering white-tailed deer behavior along roadways. *Wildlife Society Bulletin*, 34, 1175–1183.
- D'Angelo, G.J. und van der Ree, R. (2015): Use of reflectors and auditory deterrents to prevent wildlife-vehicle collisions. In: van der Ree R, Smith DJ, and Grilo C, editors. *Handbook of road ecology*. John Wiley & Sons. 522 S.
- Deutscher Jagdverband e.V. (2021): DJV-Handbuch Jagd. Deutscher Jagdverband e.V. (DJV) - Vereinigung der deutschen Landesjagdverbände für Wild, Jagd und Natur. 720 S.

- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (2020): Wildunfälle erreichen Rekordhoch. <https://www.gdv.de/de/medien/aktuell/wildunfaelle-erreichen-rekordhoch-63692>
- Gulen, S., McCabe, G.P., Rosenthal, I., Wolfe, S.E., Anderson, V.L. (2006): Evaluation of wildlife reflectors in reducing vehicle deer collisions on Indiana interstate 80/90. Indiana Department of Transportation. Division of Research. Report No. FHWA/IN/JTRP-2006/18.
- Jacobs, G.H., Deegan, J.F., Crognale, M.A., Fenwick, J.A. (1992): Photopigments of dogs and foxes and their implications for canid vision. *Visual Neuroscience* 10(1): 173-80. DOI: 10.1017/S0952523800003291.
- Keuling, O., Stier, N. und Roth, M. (2008): Annual and seasonal space use of different age classes of female wild boar *Sus scrofa* L.. *European Journal of Wildlife Research* 54, 403–412. <https://doi.org/10.1007/s10344-007-0157-4>.
- Kraftfahrtbundesamt (2020): Informationen zum Fahrzeugbestand in Deutschland. Pressemitteilung Nr. 6/2020 - Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2020. https://www.kba.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2020/pm_06_19_bestand_01_20_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Krop-Benesch, A., Berger, A., Hofer, H., Heurich, M. (2013): Long-term measurement of roe deer (*Capreolus capreolus*) (Mammalia: Cervidae) activity using two-axis accelerometers in GPS-collars. *Italian Journal of Zoology*, 80, 69–81.
- Langbein, J., Putman, R. und Pokorny, B. (2011): Traffic collisions involving deer and other ungulates in Europe and available measures for mitigation. *Ungulate Management in Europe: Problems and Practices* (eds R. Putman, M. Apollonio, Andersen, R.), S. 215–259. Cambridge University Press, Cambridge.
- Linderoth, P. (2005): Rotfuchs *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758). In: Braun, M., Dieterlin, F. (Hrsg.): *Die Säugetiere Baden-Württembergs*. Band 2, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Martin, P.R. und Bateson, P. (2009): *Measuring Behaviour - An Introductory Guide*, 3rd ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr (2010): *Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 2010*. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg. 206 S. https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Brosch%C3%BCren/GVP2010_14_MB.pdf
- Nettles, K. (1965): Mirrors to reduce deer-auto collisions. *Outdoor Indiana*, VIII, 20–23.
- R Core Team (2020): R - A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ramp, D. und Croft, D.B. (2006): Do wildlife warning reflectors elicit aversion in captive macropods? *Wildlife Research*, 33, 583–590.
- Reeve, A.F. und Anderson, S.H. (1993): Ineffectiveness of Swareflex reflectors at reducing deer-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin*, 21, 127–132.
- Riginos, C., Graham, M.W., Davis, M.J., Johnson, A.B., May, A.B., Ryer, K.J., et al. (2018). Wildlife warning reflectors and white canvas reduce deer–vehicle collisions and risky road-crossing behavior. *Wildl. Soc. Bull.* 42, 119–130. doi: 10.1002/wsb.862
- Roedenbeck, I.A.E. (2007): *Landscape-scale Effects of Roads on Wildlife*. Dissertation. Gießen: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung und Institut für Tierökologie und Spezielle Zoologie.

- Schafer, J.A. und Penland, S.T. (1985): Effectiveness of Swareflex reflectors in reducing deer-vehicle accidents. *The Journal of Wildlife Management*, 49, 774–776.
- Schiviz, A.N., Ruf, T., Kuebber-Heiss, A., Schubert, C., Ahnelt, P.K. (2008): Retinal cone topography of artiodactyl mammals: influence of body height and habitat. *Journal of Comparative Neurology*, 507, 1336–1350.
- Schulze, C. und Polster, J.-U. (2017): Wirkungsweise von Wildwarnern. Heft 1127/2017. 96 S. In: *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- Sivic, A. und Sielecki, L.E. (2001): Wildlife warning reflectors speciometric evaluation. Environmental Management Section Engineering Branch, B.C. Ministry of Transportation and Highways.
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020a): Informationen zu Straßenlängen und Unfällen. <https://www.statistik-bw.de/Verkehr/Unfaelle/LRt1501.jsp>
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020b): Baden-Württemberg: Jahresfahrleistungen nur leicht über dem Vorjahresniveau. Pressemitteilung 344/2020 <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2020344>
- Ueckermann, E. (1984): Untersuchung der Eignung von Wilddurchlässen und der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren. Forschungsberichte aus dem Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr und der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Bonn-Bad Godesberg: Bundesminister für Verkehr, Heft 426.
- Ujvári, M., Baagøe, H.J. und Madsen, A.B. (1998): Effectiveness of wildlife warning reflectors in reducing deer-vehicle collisions: a behavioral study. *The Journal of wildlife management*, 62, 1094–1099. doi:10.1002/9781118568170.ch20
- Voss, H. (2007): Unfallhäufungen mit Wildunfällen – Modellversuch im Oberbergischen Kreis. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Forschungsbericht 01/07, Berlin.
- Waring, G.H., Griffis, J.L. und Vaughn, M.E. (1991): White-tailed deer roadside behavior, wildlife warning reflectors, and highway mortality. *Applied Animal Behaviour Science*, 29, 215–223.
- Woodham, D.B. (1991): Evaluation of Swareflex wildlife warning reflectors. Colorado Department of Transportation Final Report No. CDOT-DTD-R-91-11. <http://www.coloradodot.info/programs/research/pdfs/1991-research-reports/swareflex.pdf/view>.
- Zacks, J.L. (1986): Do white-tailed deer avoid red? An evaluation of the premise underlying the design of Swareflex wildlife reflectors. - *Transp. Res. Rec.* 1075, TRB, Natl. Res. Council. Washington D.C., USA.

9 Anhang

9.1 Erhebung Wildwarnreflektoren



Abb. 26: Kartierhilfe für die Straßenmeistereien zur Erfassung der Straßenabschnitte mit Wildwarnreflektoren.

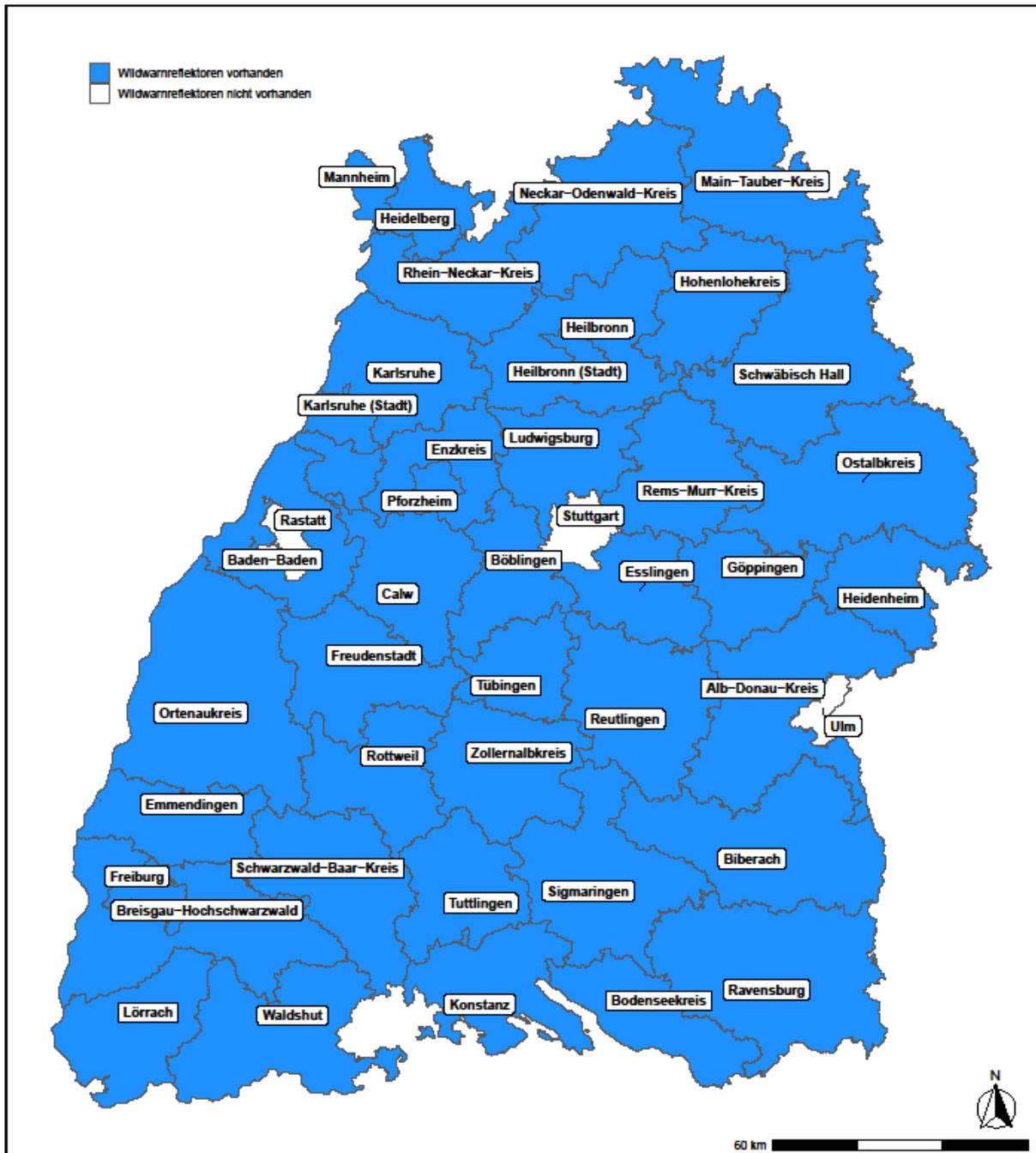


Abb. 27: Übersicht der Land- und Stadtkreise, in denen Wildwarnreflektoren installiert sind (blau). Kreise ohne Reflektoren sind weiß (Baden-Baden, Stuttgart, Ulm).

9.2 Wildtierverhalten an Straßenabschnitten

9.2.1 Fragebogen Wildtierverhalten



FRAGEBOGEN „VERHALTEN VON WILDTIEREN AM STRAßENRAND“

Es werden repräsentative Streckenabschnitte in ganz Baden-Württemberg gesucht, an denen das Verhalten von Wildtieren an Straßenrändern **mit und ohne** Wildwarnreflektoren überprüft werden soll. Wenn Ihr Straßenabschnitt folgende Kriterien aufweist, bitten wir Sie, ihn dem LJV zu melden. Dieser wird zusammen mit der FVA eine Auswahl an repräsentativen Straßenabschnitten treffen.

Bitte füllen Sie den Fragebogen digital aus und senden ihn an Herrn René Greiner, greiner@landesjagdverband.de zurück. Falls Ihnen die Beantwortung einer Frage nicht möglich ist, tragen Sie bitte „/“ in das entsprechende Textfeld ein oder geben Sie an, warum eine Auskunft nicht möglich ist.

Herzlichen Dank für Ihre Mithilfe!

Ihr Name: [Klicken Sie hier, um Text einzugeben.](#)

Ihre Adresse: [Klicken Sie hier, um Text einzugeben.](#)

Telefonnummer: [Klicken Sie hier, um Text einzugeben.](#)

Email: [Klicken Sie hier, um Text einzugeben.](#)

Kriterien für Auswahl der Streckenabschnitte:

- Vorhandensein von Wildunfallschwerpunkten mit hohen Wildunfallzahlen
- Möglichst gerade Straßenführung
- Lage des Streckenabschnitts in ebener Topographie (keine Hangflächen, etc.)
- Min. 500m Abstand zur nächsten Siedlung, keine Leitplanken, möglichst keine Radwege und keine Gräben

Informationen zum Streckenabschnitt:

1. Straßenbezeichnung (z.B. B 8); Länge des Wildunfallschwerpunkts in Metern:

[Klicken Sie hier, um Text einzugeben.](#)

2. Lage des Wildunfallschwerpunkts (**Bitte GPS-Koordinaten angeben oder digitalen Kartenausschnitt einfügen, in dem der Abschnitt markiert ist**):

Beginn der Strecke: [Klicken Sie hier, um Text einzugeben.](#)

Ende der Strecke: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

3. Welcher Landschaftstyp befindet sich im Umfeld des Wildunfallschwerpunktes?

Offenland-Offenland → → Wald-Wald

Bemerkung: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

4. Sind Wildwarnreflektoren am Streckenabschnitt montiert?

ja nein

Bemerkung: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Datum der Anbringung der Reflektoren: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

5. Falls zutreffend: Welches Wildwarnreflektormodell wurde am Streckenabschnitt montiert?

Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

6. Falls zutreffend: Welche Farbe hat das Reflektormodell?

Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

7. Wie hoch waren die genauen jährlichen Wildunfallzahlen an dem Wildunfall-schwerpunkt für Reh- und Schwarzwild in den letzten 5 Jahren?

Falls Wildwarnreflektoren montiert wurden sind die Wildunfallzahlen (sofern vor-handen) von 5 Jahren vor und 5 Jahren nach Installation der Reflektoren relevant.

Bitte das Wort „Jahr“ durch die Jahreszahl ersetzen

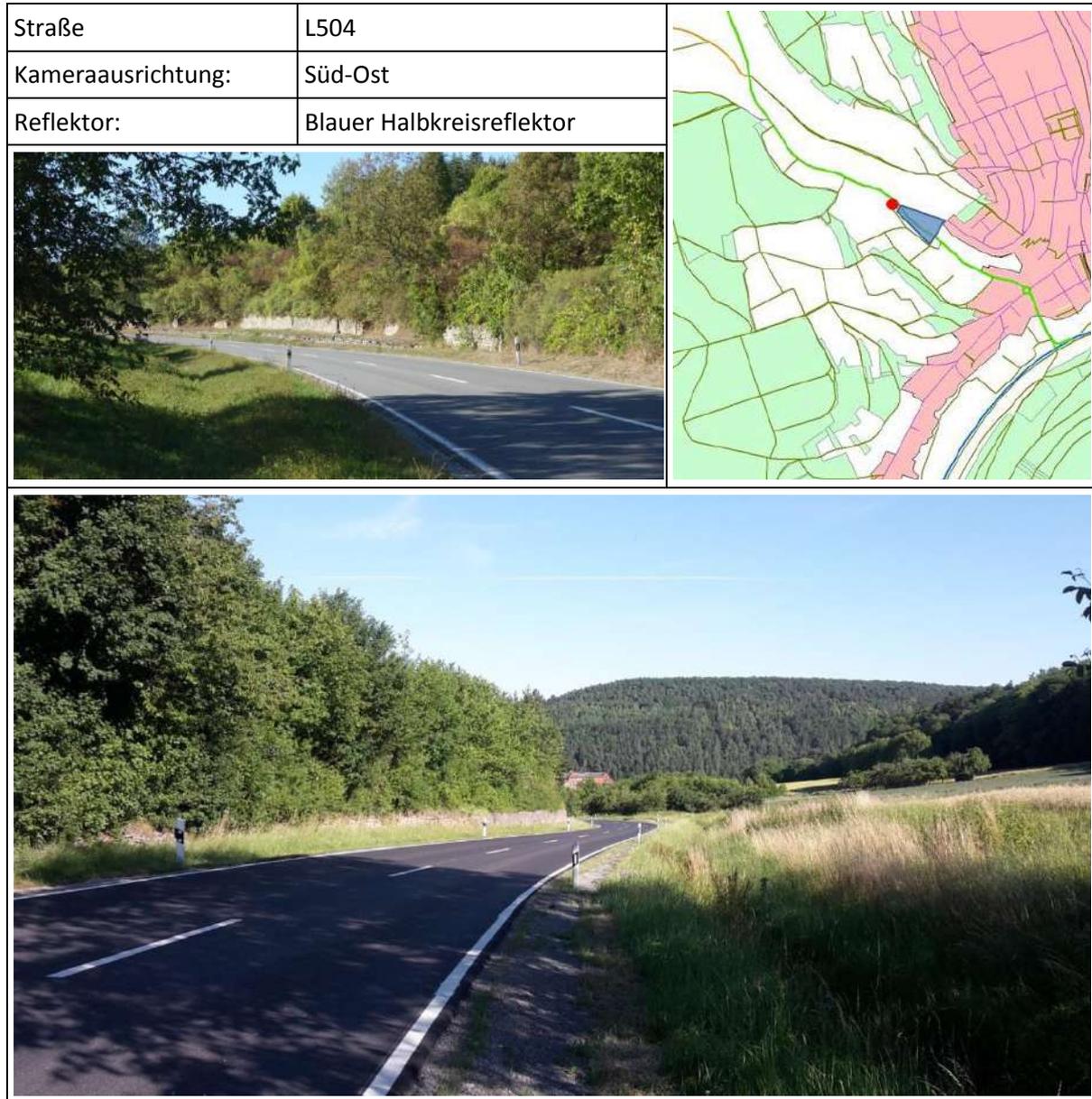
	Jahr									
Rehwild										
Schwarzwild										

8. Bemerkungen, falls erforderlich:

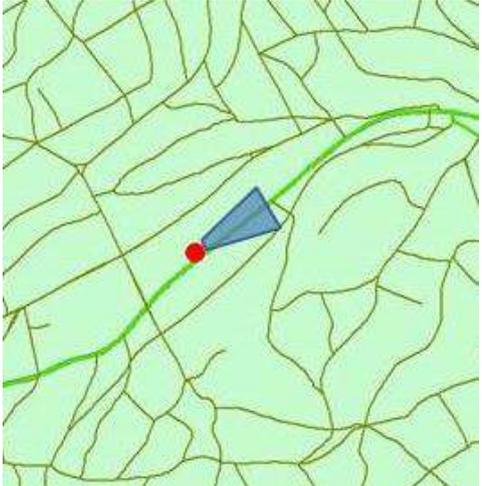
Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

9.2.2 Charakteristika der Straßenabschnitte zur Erfassung der Wildtierverhaltens

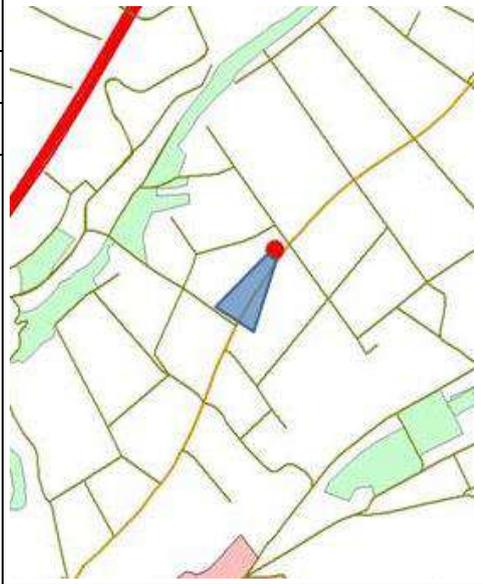
Abschnitt 1_Tauberbischofsheim



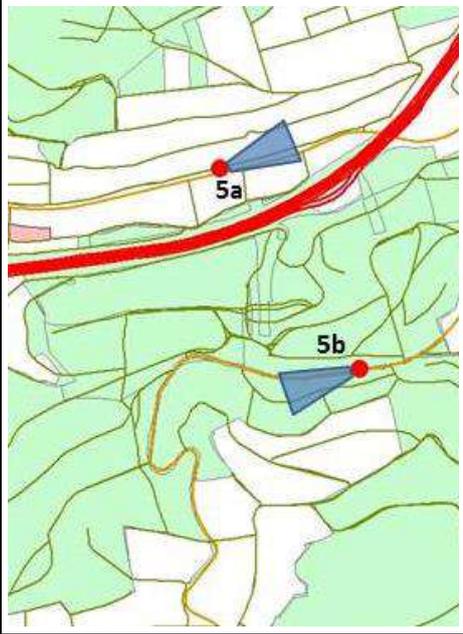
Abschnitt 2_Wolfegg

Straße	L317	
Kameraausrichtung:	Nord-Ost	
Reflektor:	Blauer Halbkreisreflektor	
		
		

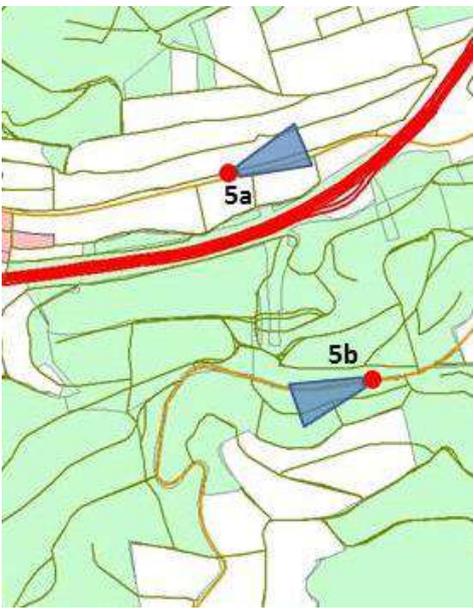
Abschnitt 4_Bergfelden

Straße	K5502	
Kameraausrichtung:	Süd-West	
Reflektor:	Blauer Beilharz Reflektor	
		
		

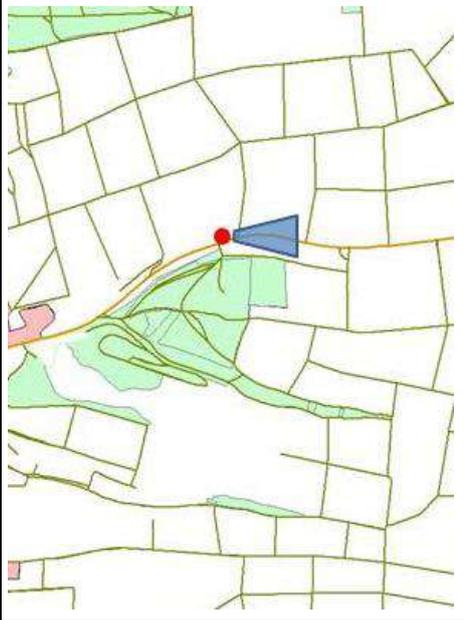
Abschnitt 5a_Dimbach

Straße	K2113	
Kameraausrichtung:	Nord-Ost	
Reflektor:	Blauer Halbkreisreflektor	
		
		

Abschnitt 5b_Dimbach

Straße	K2128	
Kameraausrichtung:	West	
Reflektor:	Weißer Beilharz Reflektor	
		
		

Abschnitt 7_Ittlilingen

Straße	L2146	
Kameraausrichtung:	Ost	
Reflektor:	Blauer Beilharz Reflektor	
		
		

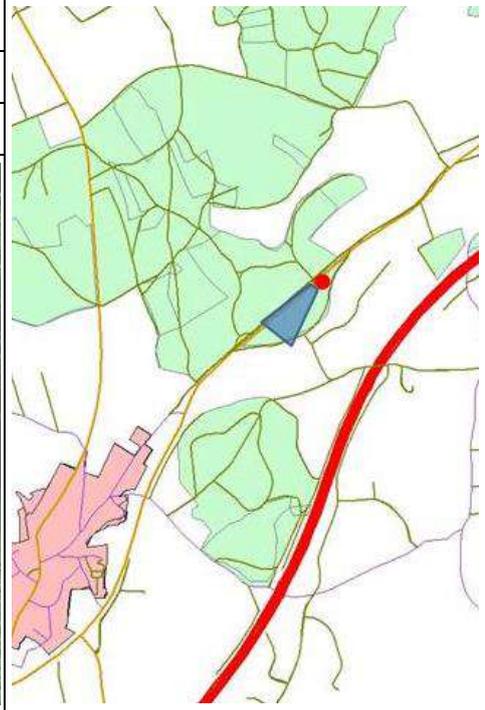
Abschnitt 8_Sigmaringen

Straße	Gemeindestraße Hochgesträß	
Kameraausrichtung:	Nord	
Reflektor:	Blauer Beilharz Reflektor	
		
		

Abschnitt 10_Bombach

Straße	K5115	
Kameraausrichtung:	Ost	
Reflektor:	Blauer Halbkreisreflektor	
		
		

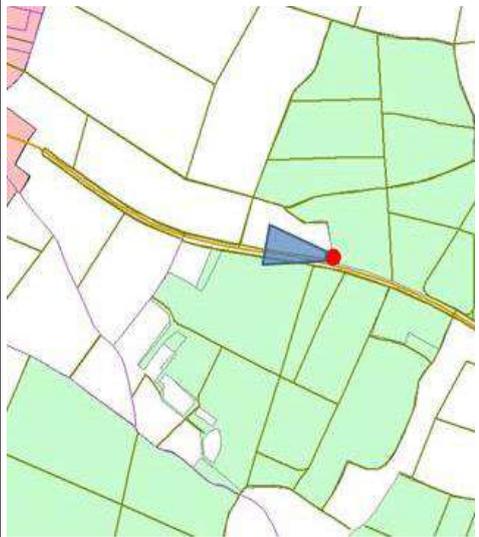
Abschnitt 11_Gebrazhofen

Straße	K8025	
Kameraausrichtung:	Süd-West	
Reflektor:	Weißer Beilharz Reflektor	
		
		

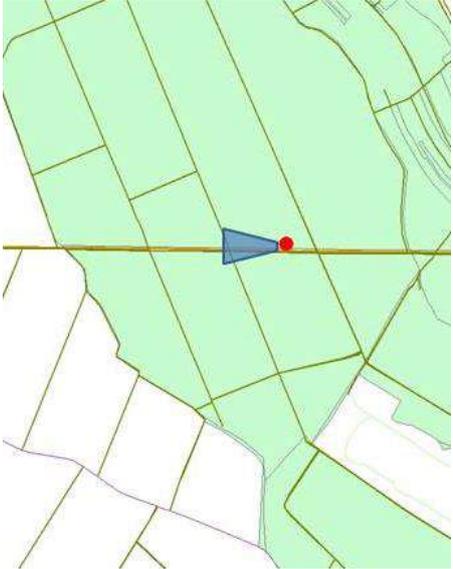
Abschnitt 15_Freistett

Straße	L87	
Kameraausrichtung:	Ost	
Reflektor:	Weißer Beilharz Reflektor	
		
		

Abschnitt 18_Ichenheim

Straße	K5332	
Kameraausrichtung:	West	
Reflektor:	Weißer Beilharz Reflektor	
		
		

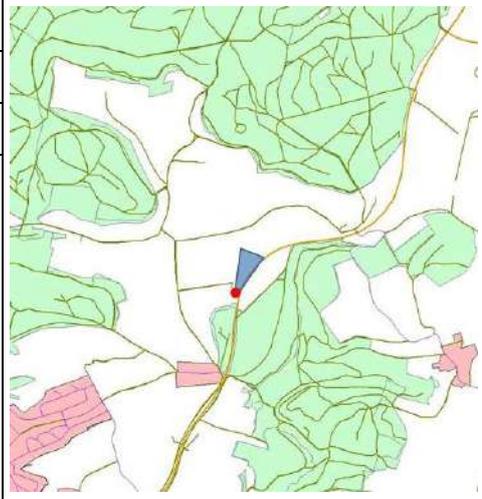
Abschnitt 19_Weisweil

Straße	K5135	
Kameraausrichtung:	West	
Reflektor:	Blauer Halbkreisreflektor	
		
		

Abschnitt 21_Herrenberg

Straße	K1068	
Kameraausrichtung:	Ost	
Reflektor:	Blauer Beilharz Reflektor	
		
		

Abschnitt 25_Stockach

Straße	K6180	
Kameraausrichtung:	Nord	
Reflektor:	Blauer Beilharz Reflektor	
		
		

9.2.3 Ablauf Untersuchungsphasen Wildtierverhalten

Tabelle 10: Ablauf der Maßnahmen an den einzelnen Straßenabschnitten. Die Verteilung der Maßnahmen „kein Reflektor“, „Reflektor“ und „Reflektor+Fähnchen“ erfolgte in zufälliger Reihenfolge.

Standort	Datum Beginn	Datum Ende	Behandlung	Reflektortyp
1_Tauberbischofsheim	11.09.2018_12:00:00	26.09.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	26.09.2018_12:00:00	10.10.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	10.10.2018_12:00:00	24.10.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen
	24.10.2018_12:00:00	08.11.2018_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
	09.01.2019_12:00:00	23.01.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	23.01.2019_12:00:00	06.02.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	06.02.2019_12:00:00	20.02.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen
	20.02.2019_12:00:00	06.03.2019_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
	08.05.2019_12:00:00	22.05.2019_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
	22.05.2019_12:00:00	05.06.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen
	05.06.2019_12:00:00	19.06.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	19.06.2019_12:00:00	03.07.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	2_Wolfegg	11.09.2018_12:00:00	26.09.2018_11:59:59	kein Reflektor
26.09.2018_12:00:00		10.10.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen
10.10.2018_12:00:00		24.10.2018_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
24.10.2018_12:00:00		08.11.2018_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
09.01.2019_12:00:00		23.01.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
23.01.2019_12:00:00		06.02.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
06.02.2019_12:00:00		20.02.2019_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
20.02.2019_12:00:00		06.03.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen
09.05.2019_12:00:00		22.05.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
22.05.2019_12:00:00		05.06.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen
05.06.2019_12:00:00		19.06.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
19.06.2019_12:00:00	03.07.2019_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor	
4_Bergfelden	10.07.2018_12:00:00	25.07.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	25.07.2018_12:00:00	08.08.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
	08.08.2018_12:00:00	22.08.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	22.08.2018_12:00:00	11.09.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	08.11.2018_12:00:00	21.11.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	21.11.2018_12:00:00	05.12.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
	05.12.2018_12:00:00	20.12.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	20.12.2018_12:00:00	09.01.2019_11:59:59	Reflektor	blauer Beilharzreflektor
5a_Dimbach	10.07.2018_12:00:00	25.07.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	25.07.2018_12:00:00	08.08.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen
	08.08.2018_12:00:00	22.08.2018_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
	22.08.2018_12:00:00	11.09.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	08.11.2018_12:00:00	21.11.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	21.11.2018_12:00:00	05.12.2018_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
	05.12.2018_12:00:00	20.12.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
	20.12.2018_12:00:00	09.01.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	06.03.2019_12:00:00	20.03.2019_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
	20.03.2019_12:00:00	03.04.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
	03.04.2019_12:00:00	17.04.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
17.04.2019_12:00:00	08.05.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	

Standort	Datum Beginn	Datum Ende	Behandlung	Reflektortyp
5b_Dimbach	11.09.2018_12:00:00	26.09.2018_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor
	26.09.2018_12:00:00	10.10.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	10.10.2018_12:00:00	24.10.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	24.10.2018_12:00:00	08.11.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen
	09.01.2019_12:00:00	23.01.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	23.01.2019_12:00:00	06.02.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen
	06.02.2019_12:00:00	20.02.2019_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor
	20.02.2019_12:00:00	06.03.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	08.05.2019_12:00:00	22.05.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	22.05.2019_12:00:00	05.06.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	05.06.2019_12:00:00	19.06.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen
	19.06.2019_12:00:00	03.07.2019_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor
7_Ittlingen	10.07.2018_12:00:00	25.07.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	25.07.2018_12:00:00	08.08.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
	08.08.2018_12:00:00	22.08.2018_11:59:59	Reflektor	blauer Beilharzreflektor
	22.08.2018_12:00:00	11.09.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	08.11.2018_12:00:00	21.11.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
	21.11.2018_12:00:00	05.12.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	05.12.2018_12:00:00	20.12.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	20.12.2018_12:00:00	09.01.2019_11:59:59	Reflektor	blauer Beilharzreflektor
	06.03.2019_12:00:00	20.03.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	20.03.2019_12:00:00	03.04.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
	03.04.2019_12:00:00	17.04.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
17.04.2019_12:00:00	08.05.2019_11:59:59	Reflektor	blauer Beilharzreflektor	
8_Sigmaringen	10.07.2018_12:00:00	25.07.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	25.07.2018_12:00:00	08.08.2018_11:59:59	kein Reflektor	blauer Beilharzreflektor
	08.08.2018_12:00:00	22.08.2018_11:59:59	Reflektor	-
	22.08.2018_12:00:00	11.09.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
	08.11.2018_12:00:00	21.11.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	21.11.2018_12:00:00	05.12.2018_11:59:59	Reflektor	blauer Beilharzreflektor
	05.12.2018_12:00:00	20.12.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
	20.12.2018_12:00:00	09.01.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	06.03.2019_12:00:00	20.03.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	20.03.2019_12:00:00	03.04.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
	03.04.2019_12:00:00	17.04.2019_11:59:59	kein Reflektor	blauer Beilharzreflektor
17.04.2019_12:00:00	08.05.2019_11:59:59	Reflektor	-	
10_Bombach	11.07.2018_12:00:00	26.07.2018_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
	26.07.2018_12:00:00	08.08.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	08.08.2018_12:00:00	22.08.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen
	22.08.2018_12:00:00	11.09.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	08.11.2018_12:00:00	21.11.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	21.11.2018_12:00:00	05.12.2018_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor
	05.12.2018_12:00:00	20.12.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	20.12.2018_12:00:00	09.01.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen
	06.03.2019_12:00:00	20.03.2019_11:59:59	kein Reflektor	-
	20.03.2019_12:00:00	03.04.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen

Standort	Datum Beginn	Datum Ende	Behandlung	Reflektortyp	
11_Gebratzhofen	10.07.2018_12:00:00	25.07.2018_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor	
	25.07.2018_12:00:00	08.08.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
	08.08.2018_12:00:00	22.08.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
	22.08.2018_12:00:00	12.09.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen	
	08.11.2018_12:00:00	21.11.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
	21.11.2018_12:00:00	05.12.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen	
	05.12.2018_12:00:00	20.12.2018_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor	
	20.12.2018_12:00:00	09.01.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	06.03.2019_12:00:00	20.03.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	20.03.2019_12:00:00	03.04.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen	
	03.04.2019_12:00:00	17.04.2019_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor	
	17.04.2019_12:00:00	09.05.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	15_Freistett	11.07.2018_12:00:00	26.07.2018_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor
		26.07.2018_12:00:00	08.08.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
08.08.2018_12:00:00		22.08.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
22.08.2018_12:00:00		11.09.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen	
08.11.2018_12:00:00		21.11.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
21.11.2018_12:00:00		05.12.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
05.12.2018_12:00:00		20.12.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen	
20.12.2018_12:00:00		09.01.2019_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor	
06.03.2019_12:00:00		20.03.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
20.03.2019_12:00:00		03.04.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen	
03.04.2019_12:00:00		17.04.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
17.04.2019_12:00:00		08.05.2019_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor	
18_Ichenheim		11.09.2018_12:00:00	26.09.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
		26.09.2018_12:00:00	11.10.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	11.10.2018_12:00:00	25.10.2018_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor	
	25.10.2018_11:59:59	08.11.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen	
	09.01.2019_12:00:00	23.01.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	23.01.2019_12:00:00	06.02.2019_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor	
	06.02.2019_12:00:00	20.02.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen	
	20.02.2019_12:00:00	06.03.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	08.05.2019_12:00:00	22.05.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	22.05.2019_12:00:00	05.06.2019_11:59:59	Reflektor	weißer Beilharzreflektor	
	05.06.2019_12:00:00	19.06.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	19.06.2019_12:00:00	03.07.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	weißer Beilharzreflektor+Fähnchen	

Standort	Datum Beginn	Datum Ende	Behandlung	Reflektortyp	
19_Weisweil	11.09.2018_12:00:00	26.09.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
	26.09.2018_12:00:00	11.10.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
	11.10.2018_12:00:00	25.10.2018_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor	
	25.10.2018_12:00:00	08.11.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen	
	09.01.2019_12:00:00	23.01.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen	
	23.01.2019_12:00:00	06.02.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	06.02.2019_12:00:00	20.02.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	20.02.2019_12:00:00	06.03.2019_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor	
	08.05.2019_12:00:00	22.05.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	Halbkreisreflektor+Fähnchen	
	22.05.2019_12:00:00	05.06.2019_11:59:59	Reflektor	Halbkreisreflektor	
	05.06.2019_12:00:00	19.06.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	19.06.2019_12:00:00	03.07.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	21_Herrenberg	11.09.2018_12:00:00	26.09.2018_11:59:59	Reflektor	blauer Beilharzreflektor
		26.09.2018_12:00:00	10.10.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen
10.10.2018_12:00:00		24.10.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
24.10.2018_12:00:00		08.11.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
09.01.2019_12:00:00		23.01.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
23.01.2019_12:00:00		06.02.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
06.02.2019_12:00:00		20.02.2019_11:59:59	Reflektor	blauer Beilharzreflektor	
20.02.2019_12:00:00		06.03.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen	
09.05.2019_12:00:00		22.05.2019_11:59:59	Reflektor	blauer Beilharzreflektor	
22.05.2019_12:00:00		05.06.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen	
05.06.2019_12:00:00		19.06.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
19.06.2019_12:00:00		03.07.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
25_Stockach		11.09.2018_12:00:00	26.09.2018_11:59:59	Reflektor	blauer Beilharzreflektor
		26.09.2018_12:00:00	11.10.2018_11:59:59	kein Reflektor	-
	11.10.2018_12:00:00	24.10.2018_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen	
	24.10.2018_12:00:00	08.11.2018_11:59:59	kein Reflektor	-	
	09.01.2019_12:00:00	23.01.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	23.01.2019_12:00:00	06.02.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen	
	09.05.2019_12:00:00	22.05.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	22.05.2019_12:00:00	05.06.2019_11:59:59	kein Reflektor	-	
	05.06.2019_12:00:00	19.06.2019_11:59:59	Reflektor	blauer Beilharzreflektor	
	19.06.2019_12:00:00	03.07.2019_11:59:59	Reflektor+Fähnchen	blauer Beilharzreflektor+Fähnchen	



Abb. 28: Anzahl an Tier-Fahrzeug-Ereignissen, die in die Analyse einfließen, aufgeschlüsselt nach Monaten und Standorten (rechtes vertikal), unterteilt nach den drei Untersuchungsphasen Kontrolle, Reflektor und Reflektor+Föhnchen.

9.2.4 Beurteilung Wildunfallgefährdendes Verhalten

Tabelle 11: Einteilung des Verhaltens in ein „wildunfallgefährdendes Verhalten“. Dieses resultiert aus dem Verhalten des Tieres bevor ein Fahrzeug eintrifft sowie die Reaktion auf das eintreffende Fahrzeug. Zunehmend = das Risiko eines Wildunfalls nimmt zu, Abnehmend = das Risiko eines Wildunfalls nimmt ab.

Wildunfallg. Verhalten	Verhalten vor Eintreffen eines Fahrzeugs	Reaktion auf eintreffendes Fahrzeug
Zunehmend	1 keine Bewegung, nicht aufmerksam	1 keine Reaktion, d.h. das Verhalten vorher wird nicht verändert
Zunehmend	1 keine Bewegung, nicht aufmerksam	4 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung zum Auto hin
Zunehmend	1 keine Bewegung, nicht aufmerksam	6 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht zum Auto hin
Zunehmend	2 keine Bewegung, aufmerksam nicht zur Straße	1 keine Reaktion, d.h. das Verhalten vorher wird nicht verändert
Zunehmend	2 keine Bewegung, aufmerksam nicht zur Straße	4 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung zum Auto hin
Zunehmend	2 keine Bewegung, aufmerksam nicht zur Straße	6 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht zum Auto hin
Zunehmend	3 keine Bewegung, aufmerksam Richtung Straße	4 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung zum Auto hin
Zunehmend	3 keine Bewegung, aufmerksam Richtung Straße	6 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht zum Auto hin
Zunehmend	4 Bewegung hin zur Straße	1 keine Reaktion, d.h. das Verhalten vorher wird nicht verändert
Zunehmend	4 Bewegung hin zur Straße	4 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung zum Auto hin
Zunehmend	4 Bewegung hin zur Straße	6 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht zum Auto hin
Zunehmend	5 Bewegung weg von der Straße	4 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung zum Auto hin
Zunehmend	5 Bewegung weg von der Straße	6 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht zum Auto hin
Zunehmend	6 Bewegung parallel zur Straße	1 keine Reaktion, d.h. das Verhalten vorher wird nicht verändert
Zunehmend	6 Bewegung parallel zur Straße	4 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung zum Auto hin
Zunehmend	6 Bewegung parallel zur Straße	6 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht zum Auto hin
Zunehmend	7 Bewegung parallel auf Straße	1 keine Reaktion, d.h. das Verhalten vorher wird nicht verändert
Zunehmend	7 Bewegung parallel auf Straße	2 geringfügig (sichern)
Zunehmend	7 Bewegung parallel auf Straße	4 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung zum Auto hin
Zunehmend	7 Bewegung parallel auf Straße	6 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht zum Auto hin
Abnehmend	1 keine Bewegung, nicht aufmerksam	2 geringfügig (sichern)
Abnehmend	1 keine Bewegung, nicht aufmerksam	3 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung vom Auto weg
Abnehmend	1 keine Bewegung, nicht aufmerksam	5 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht vom Auto weg
Abnehmend	2 keine Bewegung, aufmerksam nicht zur Straße	2 geringfügig (sichern)

Abnehmend	2 keine Bewegung, aufmerksam nicht zur Straße	3 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung vom Auto weg
Abnehmend	2 keine Bewegung, aufmerksam nicht zur Straße	5 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht vom Auto weg
Abnehmend	3 keine Bewegung, aufmerksam Richtung Straße	1 keine Reaktion, d.h. das Verhalten vorher wird nicht verändert
Abnehmend	3 keine Bewegung, aufmerksam Richtung Straße	2 geringfügig (sichern)
Abnehmend	3 keine Bewegung, aufmerksam Richtung Straße	3 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung vom Auto weg
Abnehmend	3 keine Bewegung, aufmerksam Richtung Straße	5 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht vom Auto weg
Abnehmend	4 Bewegung hin zur Straße	2 geringfügig (sichern)
Abnehmend	4 Bewegung hin zur Straße	3 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung vom Auto weg
Abnehmend	4 Bewegung hin zur Straße	5 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht vom Auto weg
Abnehmend	5 Bewegung weg von der Straße	1 keine Reaktion, d.h. das Verhalten vorher wird nicht verändert
Abnehmend	5 Bewegung weg von der Straße	2 geringfügig (sichern)
Abnehmend	5 Bewegung weg von der Straße	3 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung vom Auto weg
Abnehmend	5 Bewegung weg von der Straße	5 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht vom Auto weg
Abnehmend	6 Bewegung parallel zur Straße	2 geringfügig (sichern)
Abnehmend	6 Bewegung parallel zur Straße	3 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung vom Auto weg
Abnehmend	6 Bewegung parallel zur Straße	5 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht vom Auto weg
Abnehmend	7 Bewegung parallel auf Straße	3 kurzzeitige Verhaltensänderung mit Positionsänderung vom Auto weg
Abnehmend	7 Bewegung parallel auf Straße	5 dauerhafte Verhaltensänderung Flucht vom Auto weg



Forstliche Versuchs-
und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg

Wonnhaldestraße 4
79100 Freiburg

Tel.: (0761) 4018-0
fva-bw@forst.bwl.de
www.fva-bw.de