

Reaktivierung der Bahnlinie Weil der Stadt - Calw

Nutzung der Bestandstunnel (Hirsauer- u. Forster Tunnel) durch Fledermäuse

Teil 1: Bericht zur Erfassung des Überwinterungsbestandes



Landratsamt Calw

Stuttgart, September 2016

Auftraggeber: Landkreis Calw
Abt. S-Bahn und ÖPNV
Vogteistraße 42 – 46
75365 Calw

Auftragnehmer: ChiroTEC
Verhaltenssensorik und Umweltgutachten
Hollersgraben 27
35102 Lohra
<http://www.chiroTEC.de>

Gruppe für ökologische Gutachten
Detzel & Matthäus
Dreifelderstraße 31
70599 Stuttgart
<http://www.goeg.de>

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Ausgangssituation und Anlass	2
1.2	Ziele / Aufgabenstellung.....	3
2	METHODIK.....	5
2.1	Akustische Erfassungen.....	5
2.2	Lichtschranken-Foto-Monitoring.....	5
2.2.1	Lichtschranke.....	7
2.2.2	Tricorder 9008e.....	8
2.2.3	Foto-Monitoring-Modul	8
2.2.4	Stromversorgung	8
2.2.5	Foto-Monitoring-System an den Tunnelportalen.....	9
3	METHODENDISKUSSION	10
3.1	Akustische Erfassungen.....	10
3.2	Lichtschranken-Foto-Monitoring.....	10
3.2.1	Vorteile der automatisierten Erfassung	10
3.2.2	Grenzen der automatisierten Erfassung	11
4	DATENANALYSE	13
4.1	Akustische Daten	13
4.2	Lichtschranken-Daten	14
4.2.1	Validierung der Lichtschranken-Daten	14
4.2.2	Einschätzung der Genauigkeit der Lichtschranken-Daten	15
4.2.3	Bestimmung der Abwanderungsphase.....	17
4.3	Foto-Daten.....	19
4.3.1	Validierung Foto-daten.....	19
4.3.2	Einschätzung der Genauigkeit der Foto-Daten.....	20
4.3.3	Ermittlung eines relativen Gesamtfehlers	21
4.3.4	Bestimmung der artspezifischen Abwanderungsphase	23
5	ERGEBNISSE.....	24
5.1	Aktivitätsmuster in den Tunneln basierend auf den akustischen Daten	24
5.1.1	Tunnel Hirsau	24
5.1.2	Tunnel Forst.....	26
5.2	Überwinterungsbestand basierend auf den Lichtschranken-daten	28
5.3	Artspezifische Aktivitätsmuster und Überwinterungsbestände basierend auf den Foto-Daten	30
5.3.1	Tunnel Hirsau	31

5.3.2	Tunnel Forst.....	39
5.3.3	Abweichungen zwischen den bilanzierten artspezifischen Gesamt- Überwinterungsbeständen	47
6	ZUSAMMENFASSUNG	49
7	QUELLEN UND LITERATUR.....	52

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Lage des Hirsauer Tunnels entlang der Bahnlinie Hermann-Hesse-Bahn.....	1
Abbildung 2:	Lage des Forster Tunnels entlang der Bahnlinie Hermann-Hesse-Bahn.....	2
Abbildung 3:	Vergittertes Tunnelportal Ostelsheim mit deckennaher Lichtschranke und Foto-Monitoring-Einheit.	7
Abbildung 4:	Schematische Darstellung des Foto-Monitoring Systems (links) und erfasste Fledermaus (rechts). Nicht dargestellt sind die Kabelverbindungen zwischen den einzelnen Modulen.	7
Abbildung 5:	Bestandsentwicklung im Tunnel Hirsau. Die Abwanderungsphase bezieht sich auf den Zeitraum 20. Februar 2016 bis 31. Mai 2016.....	18
Abbildung 6:	Bestandsentwicklung im Tunnel Forst. Die Abwanderungsphase bezieht sich auf den Zeitraum 29. Februar 2016 bis 31. Mai 2016.....	19
Abbildung 7:	Fledermausaktivität basierend auf Lautaufnahmen an drei Standorten im Tunnel Hirsau.	25
Abbildung 8:	Fledermausaktivität gemessen an der Anzahl der Lautaufnahmen in der Mitte des Hirsauer Tunnels pro Monat dargestellt.....	26
Abbildung 9:	Fledermausaktivität basierend auf Lautaufnahmen an drei Standorten im Tunnel Forst.	27
Abbildung 10:	Fledermausaktivität gemessen an der Anzahl der Lautaufnahmen in der Mitte des Forster Tunnels pro Monat dargestellt.....	28
Abbildung 11:	Lichtschranken-Ereignisse während der Abwanderungsphase im Tunnel Hirsau.....	29
Abbildung 12:	Lichtschranken-Ereignisse während der Abwanderungsphase im Tunnel Forst.....	29
Abbildung 13:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Bartfledermäuse im Tunnel Hirsau.	32
Abbildung 14:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Bechsteinfledermaus im Tunnel Hirsau.	33
Abbildung 15:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Breitflügelfledermaus im Tunnel Hirsau.	34
Abbildung 16:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Fransenfledermaus im Tunnel Hirsau.....	35
Abbildung 17:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) des Großen Mausohrs im Tunnel Hirsau.	36
Abbildung 18:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Langohrfledermäuse im Tunnel Hirsau.....	37

Abbildung 19:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Wasserfledermaus im Tunnel Hirsau.....	38
Abbildung 20:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Zwergfledermäuse im Tunnel Hirsau.....	39
Abbildung 21:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Bartfledermäuse im Tunnel Forst.	41
Abbildung 22:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Breitflügelfledermaus im Tunnel Forst.	42
Abbildung 23:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Fransenfledermaus im Tunnel Forst.....	43
Abbildung 24:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) des Großen Mausohrs im Tunnel Forst.	44
Abbildung 25:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Langohrfledermäuse im Tunnel Forst.....	45
Abbildung 26:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Wasserfledermaus im Tunnel Forst.....	46
Abbildung 27:	Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Zwergfledermäuse im Tunnel Forst.....	47

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Vergleich des Erfassungserfolgs am Winterquartier anhand der traditionellen Quartierbegehung und der automatisierten Erfassung mittels Lichtschranke.....	11
Tabelle 2:	Datengrundlage für Aktivitätsauswertungen pro Tunnel.....	14
Tabelle 3:	Beispielhafte Berechnung des Minimalfehlers anhand der Unplausibilität der bilanzierten Foto-Daten.	21
Tabelle 4:	Beispielhafte Berechnung des Minimalfehlers anhand der Unplausibilität der bilanzierten Foto-Daten in Bezug auf die Winterquartierzählung.	22
Tabelle 5:	Beispielhafte Berechnung des mittleren Fehlers anhand der Abweichungen zwischen Lichtschranken- und Foto-Daten.....	23
Tabelle 6:	Zusammenfassung der Bilanzierten Lichtschrankenereignisse und der daraus resultierende Überwinterungsbestand in den Tunneln Hirsau und Forst.....	30
Tabelle 7:	Artspezifische Überwinterungsbestände und Abwanderungsphasen im Tunnel Hirsau basierend auf den Foto-Daten.....	31
Tabelle 8:	Artspezifische Überwinterungsbestände und Abwanderungsphasen im Tunnel Forst basierend auf den Foto-Daten.	40

1 EINLEITUNG

Der Landkreis Calw ist Eigentümer des Streckenabschnitts Weil der Stadt – Calw der „Württembergischen Schwarzwaldbahn“ von Stuttgart-Zuffenhausen nach Calw. Auf dem landkreiseigenen, eisenbahnrechtlich nach wie gewidmeten Abschnitt ruht seit 1988 der Verkehr. Der Landkreis plant seit vielen Jahren eine Wiederinbetriebnahme seines Abschnitts unter dem Namen „Hermann-Hesse-Bahn“ (HHB). Vor einer erneuten Verkehrsaufnahme muss die bestehende Infrastruktur saniert und in einigen Abschnitten geändert bzw. um- und ausgebaut werden.

Zur bestehenden Infrastruktur gehören auch zwei Tunnel: Der Tunnel Forst mit einer Länge von 696 m und der Tunnel Hirsau mit einer Länge von 554 m. Diese sollen bei einer Wiederaufnahme des Eisenbahnverkehrs entsprechend ihrer Widmung genutzt werden.

Kurzbeschreibung Tunnel Hirsau:

Bei dem Hirsauer Tunnel handelt es sich um ein 554 m langes Bauwerk aus dem Jahr 1871, welches zwischen Althengstett und Calw liegt (Abbildung 1). Der Tunnel durchquert den Welzberg in einer S-förmigen Linienführung. Die Tunnelausmauerung besteht aus Sandstein-Quadermauerwerk. Er hat insgesamt 8 Nischen (jeweils vier links der Bahn und vier rechts der Bahn). Die Tunnelportale Heumaden (südliches Portal) und Fuchsklinge (nördliches Portal) haben eine lichte Höhe von ca. 6 m und eine lichte Breite von ca. 8 m.

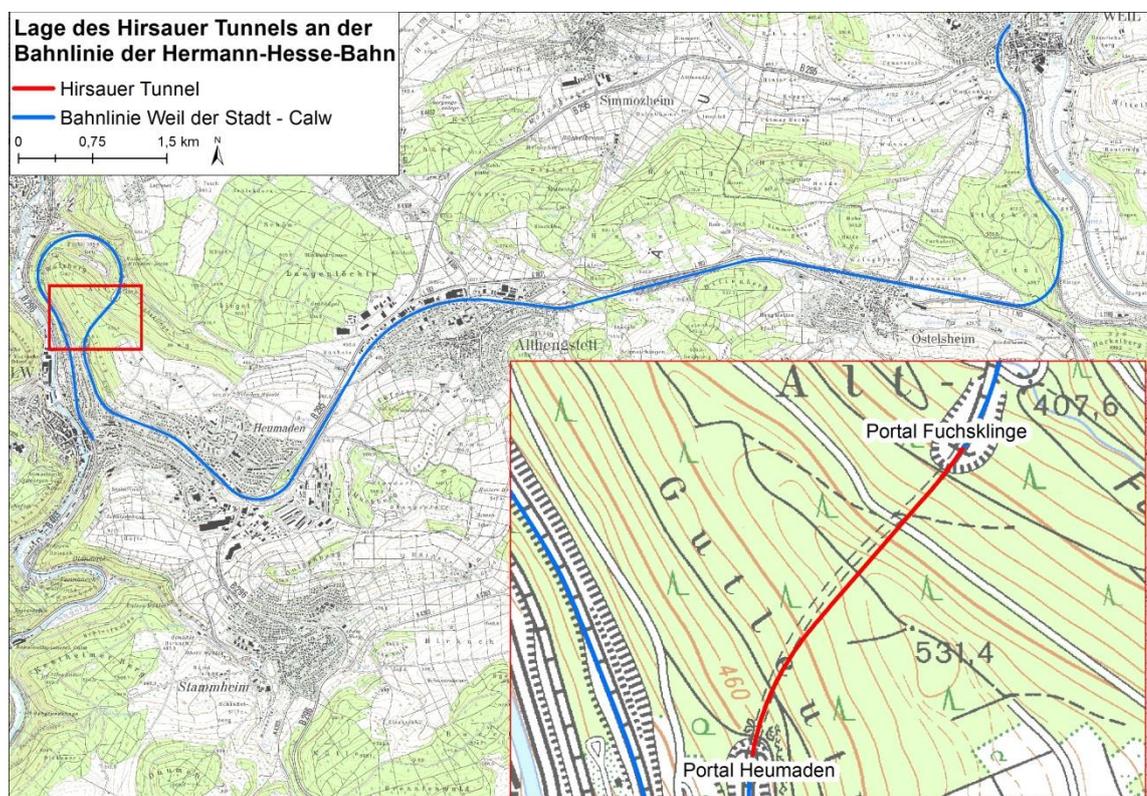


Abbildung 1: Lage des Hirsauer Tunnels entlang der Bahnlinie Hermann-Hesse-Bahn.

Kurzbeschreibung Bestandstunnel Forst:

Der Forster Tunnel ist ein 696 m langes Bauwerk ebenfalls aus dem Jahr 1871, welches zwischen Ostelsheim und Althengstett liegt (Abbildung 2). Es handelt sich um eine Durchörterung des Hengstetter Grabenbruchs in Höhe des Wellengebirges. Die Tunnelausmauerung besteht aus Sandstein-Quadermauerwerk. Im Tunnel gibt es eine Quelle bei Bahn-km 36,720. Der Tunnel hat insgesamt 72 Nischen (35 links der Bahn und 37 rechts der Bahn). Die Tunnelportale Althengstett (westliches Portal) und Ostelsheim (östliches Portal) haben eine lichte Höhe von ca. 6 m und eine lichte Breite von ca. 8 m.

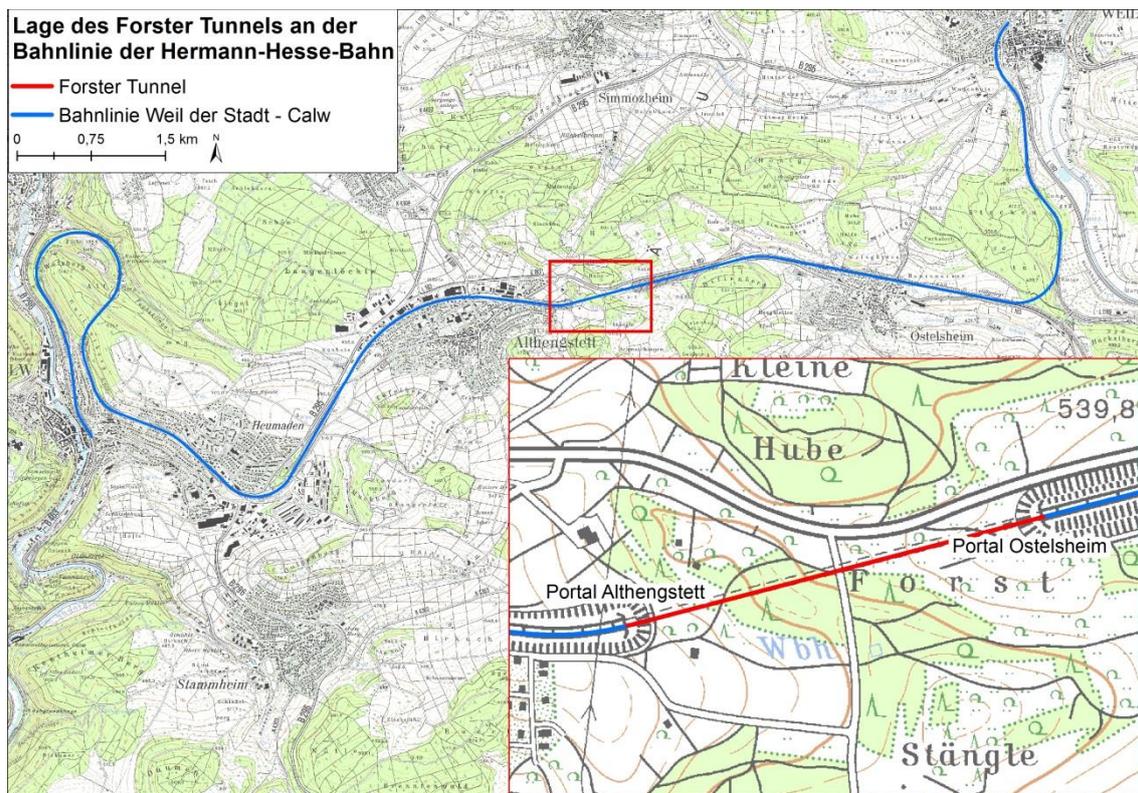


Abbildung 2: Lage des Forster Tunnels entlang der Bahnlinie Hermann-Hesse-Bahn.

1.1 AUSGANGSSITUATION UND ANLASS

Wie zu Zeiten, als auf der Strecke noch Züge verkehrten, nutzen Fledermäuse die beiden Bestandstunnel [6]. NAGEL [15] postuliert aufgrund der Ergebnisse von Erfassungen der dort vorkommenden Arten- und Individuenzahlen aus den Jahren 2010-2014 und daraus resultierender Hochrechnungen, dass es sich bei den Tunneln um überregional bedeutsame Winterquartiere und Schwärmquartiere handelt ([9], [12], [15]).

Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) verbietet Beeinträchtigungen von europarechtlich streng und besonders geschützten Arten sowie ihren Lebensstätten (§ 44 BNatSchG) und fordert die Prüfung des Vorhabens auf mögliche Konfliktpotenziale mit den gemeldeten Gebietskulissen des Netzwerks Natura 2000 (§ 34 BNatSchG). Hinsichtlich der beiden Bestandstunnel kann sowohl deren Sanierung, als auch deren

Durchführung artenschutzrechtliche Verbote erfüllen und darüber hinaus negative Auswirkungen auf die lokale und auch landesweite Population einzelner Arten haben. Dem stehen der Bestandsschutz aus der eisenbahnrechtlichen Widmung, und die Funktionssicherung gemäß § 4 Nr. 3 BNatSchG entgegen.

Insgesamt wurden in den Jahren 2010 bis 2014 durch Herrn Dr. Nagel 13 Fledermausarten im Rahmen der qualitativen und quantitativen Bestandserfassungen (Sichtbeobachtungen, Detektorbegehungen, Batcorder-Erfassung und Netzfänge, automatische Langzeitregistrierung der Flugaktivität) ([12], [13], [14], [15]) in den Tunneln nachgewiesen. Der Gesamtbestand an winterschlafenden Fledermäusen in den Tunneln wurde auf insgesamt annähernd 7.000 Tiere geschätzt [15], wovon 5.021 Individuen auf den Hirsauer Tunnel und 1.675 Individuen auf den Forster Tunnel entfielen. Die verwendeten Methoden zur Bestandsabschätzung führten im Ergebnis zu einer großen Spannbreite des prognostizierten Überwinterungsbestandes. Die ermittelte Standardabweichung der 5.021 Fledermäuse des Hirsauer Tunnels liegt bei ± 2.445 Tieren und der 1.675 Individuen des Forster Tunnels bei ± 662 .

Auf diesen Ergebnissen aufbauende Aussagen über die Bedeutung der beiden Tunnel für die lokale und auch landesweite Population sind folglich mit großen Unsicherheiten behaftet und somit ungeeignet, das artenschutzrechtliche Konfliktpotenzial zu ermes- sen und ein zu dessen Bewältigung notwendiges Maßnahmenpaket zu konzipieren.

Die nach aktuellem wissenschaftlichem Standard beste verfügbare Untersuchungsmethode zur differenzierten Bestandserfassung, zur Erfassung der Frequentierung der Tunnel im Jahresverlauf und zur artdifferenzierten Registrierung ein- und ausfliegender Fledermäuse, ist eine Kombination aus akustischen Erfassungen, Fledermauslichtschranken und Digitalkameras.

Mit der Durchführung dieser Untersuchung hat der Landkreis Calw am 17. September 2015 die Firma ChiroTEC beauftragt. Beide Tunnel wurden daraufhin von ChiroTEC mit der entsprechenden Technik ausgestattet. Die Fledermausaktivität wird für die Dauer von mindestens eines Jahres überwacht. Zusätzlich werden die artunspezifischen Aktivitäten innerhalb der Tunnel mit Hilfe von Batcordern sowie die mikroklimatischen Verhältnisse mit Hilfe von Klimaloggern dokumentiert.

1.2 ZIELE / AUFGABENSTELLUNG

Die systematische quantitative Bestandserfassung mit den Lichtschrankensystemen liefert konkrete Informationen über das Verhalten der Fledermäuse im Bereich der Tunnel und ermöglicht eine artspezifische Differenzierung. Darüber hinaus werden Daten über die tageszeitlichen Aktivitätsmuster der Fledermäuse im Jahresverlauf gewonnen. Somit bilden die Daten eine valide Grundlage für:

- die Bewertung der Tunnelabschnitte als Winter- und Schwärmquartiere
- die Prüfung der Verbotserfüllung im Sinne von § 44 (1) BNatSchG

- die Prüfung auf mögliche Konfliktpotenziale mit den gemeldeten Gebietskulissen des Netzwerks Natura 2000 (§ 34 BNatSchG)
- die Erarbeitung eines Maßnahmenkonzeptes zur Bewältigung des Arten- und Gebietsschutzes
- der Prüfung der Auswirkungen auf die Landespopulation
- die Identifizierung einer geeigneten Lage von Ersatzquartieren in der direkten Nähe der Tunnel und Hinweise auf deren erforderliche Ausgestaltung

Der vorliegende Bericht umfasst Daten aus dem Zeitraum von September 2015 bis Ende Mai 2016 und gibt Auskunft über die Quantifizierung des Bestandes sowie der Artenzusammensetzung und artspezifische Bestandsgröße der Fledermäuse, die in den Tunneln ihren Winterschlaf halten. Da die Erfassungen erst Ende September 2015 begonnen, als für ein Großteil der Fledermausarten die Schwärmphase bereits abgeschlossen war, kann im vorliegenden Bericht keine Aussage zur Schwärmphase gemacht werden. Weiterhin kann auf dieser Datengrundlage keine Aussage über eine Nutzung der Tunnel während des Sommers getroffen werden. Um Aussagen zur Nutzung der Tunnel während des Sommers und während der Schwärmphase treffen zu können, werden die Erfassungen an den beiden Tunneln mindestens bis Ende der Schwärmphase weitergeführt.

2 METHODIK

Um Aussagen über das Artenspektrum zu erhalten sowie die Anzahl tunnelnutzender Individuen als auch deren Aktivitätsmuster möglichst exakt beschreiben zu können, werden bei den Erfassungen 2015/16 unterschiedliche Methoden miteinander kombiniert und angewandt.

Die tages- und jahreszeitliche Fledermausaktivität an den Tunnelportalen und innerhalb der Tunnel wird mittels akustischer Erfassung durch Fledermausdetektoren dokumentiert. Anzahl und Art tunnelnutzender Fledermäuse wird mit Hilfe des Lichtschranken-Foto-Monitorings dokumentiert.

2.1 AKUSTISCHE ERFASSUNGEN

In beiden Tunneln wurden jeweils drei Batcorder 2 (ecoObs GmbH) installiert: ein Gerät in der Tunnelmitte und ein weiteres an jedem Verschlussgitter (für eine detaillierte Beschreibung der Gitterkonstruktion vgl. Kapitel 2.2). Das Mikrofon des Batcorders in der Tunnelmitte ist vertikal ausgerichtet, während die Mikrofone der Geräte an den Verschlussgittern nach außen gerichtet sind. Die Installationshöhen betragen jeweils ca. vier Meter.

Basierend auf Erfahrungswerten von Batcorder-Einsätzen in anderen unterirdischen Quartieren wurden die Einstellungen wie folgt gewählt:

- Threshold: -36 db
- Quality: 26
- Critical frequency: 25 kHz
- Post trigger: 800 ms
- Kalibrierfaktor: 255

Um das gesamte Aktivitätsaufkommen in und an den Tunneln zu dokumentieren, zeichnen die Geräte im Dauerbetrieb auf. Autobatterien liefern hierfür den nötigen Strom. Als Speichermedien werden 32 GB - SDHC Karten verwendet.

Die akustischen Erfassungen begannen im Hirsauer Tunnel am 18. September 2015. Aufgrund der unvollständigen Vergitterung der Portale des Forster Tunnels wurden die akustischen Erfassungen dort erst am 28. September 2015 begonnen. Die Wartungsarbeiten und Datensicherungen fanden i.d.R. in einem zweiwöchigen Turnus statt.

2.2 LICHTSCHRANKEN-FOTO-MONITORING

Um die Anzahl der tunnelnutzenden Fledermäuse zu untersuchen, wurde ein Lichtschranken-Foto-Monitoringsystem (ChiroTEC) eingesetzt. Das System besteht aus der Basiseinheit Lichtschranke sowie zwei Digitalkameras mit externen Blitzgeräten zur Dokumentation der Ein- bzw. Ausflüge, die über den Datenlogger getriggert werden. Da das System im Dauerbetrieb läuft, lassen sich mit den damit erhobenen Daten über

längere Zeiträume hinweg Aussagen über die Nutzungsintensität der Tunnelportale durch die Fledermäuse sowie deren artspezifische Rhythmik treffen. Eine Individuenerkennung ist mittels dieser Methode nicht möglich, da die Tiere nicht individuell markiert wurden.

Die vorangehend beschriebene Versuchsanordnung wurde am 18. November 2015 den anwesenden Behörden und Verbänden am Beispiel des Tunnelportals Althengstett (Westportal Tunnel Forst) vorgestellt und vorgeführt. Dabei wurden offene Fragen beantwortet sowie Anregungen diskutiert und teilweise aufgegriffen.

Für die Erfassungen müssen die Tiere gezielt zu den Lichtschrankenöffnungen hingelenkt werden. Dies wurde durch eine Verkleinerung der Tunnelöffnung erzielt. Hierfür wurde an jedem Tunnelportal eine Gitterkonstruktion angebracht. Diese befindet sich ca. 10 m von den Tunnelportalen entfernt im Tunnelinneren. Jeweils eine Lichtschranke wurde deckennah in jedes vergitterte Tunnelportal eingebaut (Abbildung 3). Die Gitterkonstruktionen wurden zusätzlich mit Insektennetzen verhängt, um die Fledermäuse durch die Öffnung der Lichtschranken zu lenken. Diese Maßnahme wurde aufgrund von Bedenken bezüglich der mikroklimatischen Bedingungen in den Tunneln, die seitens der Naturschutzverbände und Behörden beim bereits erwähnten Vorstellungstermin geäußert wurden, teilweise rückgängig gemacht. Die untere Hälfte der Verschlussgitter wurde am 18. November 2015 von Insektenschutznetzen befreit. An der oberen Verhängung der Gitteröffnungen wurde aufgrund der nötigen Leitstruktur zur Lichtschranke hin festgehalten.

Beim Passieren der Lichtschranke werden die Tiere auf eine Sekunde genau registriert. Die angeschlossenen Digitalkameras werden automatisch ausgelöst und das entstandene Foto mit entsprechender Uhrzeit, auf die Sekunde genau, gespeichert, sodass anhand des Fotos i.d.R. die Fledermausart bestimmt werden kann (Abbildung 2).

Die Wartungsarbeiten und Datensicherungen fanden, wie auch bei den akustischen Erfassungen, i.d.R. in einem zweiwöchigen Turnus statt.



Abbildung 3: Vergittertes Tunnelportal Ostelsheim mit deckennaher Lichtschanke und Foto-Monitoring-Einheit.

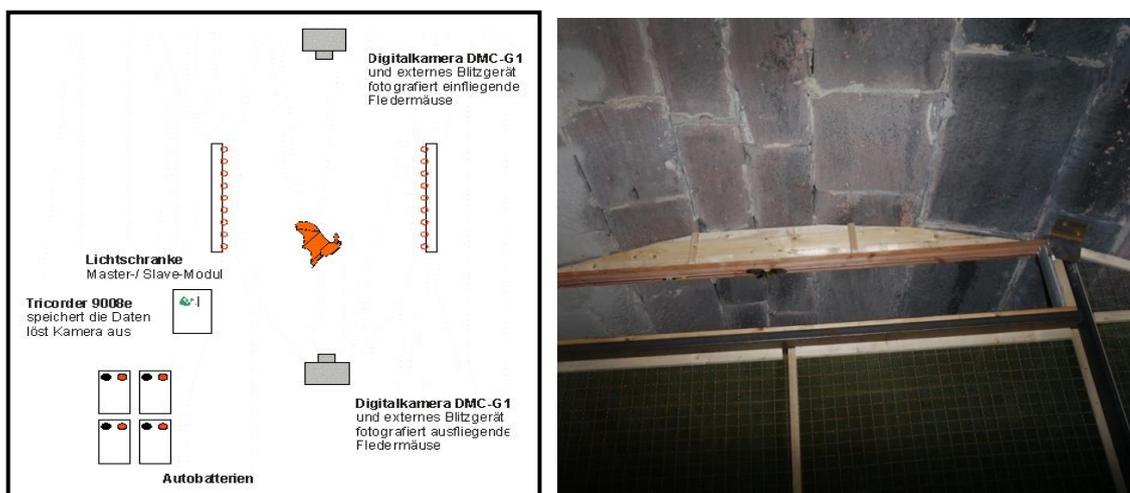


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Foto-Monitoring Systems (links) und erfasste Fledermaus (rechts). Nicht dargestellt sind die Kabelverbindungen zwischen den einzelnen Modulen.

2.2.1 LICHTSCHRANKE

Bei dem in diesem Projekt eingesetzten Lichtschrantentyp handelt es sich um das Modell Liba-16 mit zwei antiparallel ausgerichteten und hintereinander geschalteten Strahlenvorhängen aus jeweils 16 Einzelstrahlen. Die Öffnungsweite beträgt 280 * 38 cm.

Der Abstand zwischen den beiden Strahlenvorhängen ist 5 cm; der Abstand zwischen den Einzelstrahlen misst 2,1 cm.

Beim Passieren der Lichtschranke unterbrechen die Fledermäuse nacheinander beide Strahlenvorhänge. Als Durchflug registriert werden jedoch nur logische Unterbrechungsabfolgen, unabhängig davon, wie lange die Einzelstrahlen unterbrochen sind. Da beim Passieren zumindest für einen kurzen Moment beide Vorhänge gleichzeitig abgedeckt werden müssen, liegt die Mindestgröße von Objekten, die eine Registrierung auslösen können, bei 5 cm. Demzufolge werden Mücken von der Lichtschranke nicht erfasst, während Vögel, oder z.B. auch Blätter eine Registrierung auslösen können.

2.2.2 TRICORDER 9008E

Die Steuereinheit des gesamten Systems ist der Tricorder 9008e. Er versorgt die Lichtschranke mit Strom, übernimmt die Auswertung der von der Lichtschranke gemeldeten Unterbrechungen und löst über zwei Schaltausgänge die angeschlossenen Kameras aus. Sowohl die Lichtschrankenereignisse als auch die Trigger-Signale der angeschlossenen Kameras werden chronologisch und mit einem Zeitstempel versehen dokumentiert.

2.2.3 FOTO-MONITORING-MODUL

Bei den verwendeten Modellen handelt es sich um Panasonic-Kameras des Typs DMC-G5 (Panasonic). Die DMC-Modellreihe firmiert als sogenannte EVIL-Kameras (Electronic Viewfinder, Interchangeable Lens). Es handelt sich dabei um spiegelreflexähnliche Kameras mit Wechselobjektiven und einer Auflösung von 16 Megapixel. Ausgelöst werden die Kameras in Echtzeit über zwei programmierbare Schaltausgänge.

Als Speichermedium für die Bildaufzeichnung werden SDHC-Karten verwendet. Die Speicherkarten wurden beim turnusmäßigen Batteriewechsel ausgetauscht und später das Bildmaterial im Zusammenhang mit der Auswertung auf einen PC übertragen.

Für den Erhalt auswertbarer Fotos war künstliche Beleuchtung erforderlich. Bereitgestellt wurde diese über ein externes Blitzgerät, das über die Kamera ausgelöst wird. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden Metz-Blitzgeräte des Typs 58 AF-2 eingesetzt. Um sowohl Bewegungsunschärfen als auch blitzbedingte Störeinflüsse zu minimieren, ist die Blitzleistung auf 1/8 reduziert worden, was einer Blitzdauer von ca. 1/5.000 Sekunde entspricht.

2.2.4 STROMVERSORGUNG

Das Lichtschranken-Foto-Monitoringsystem wurde mittels Autobatterien mit Strom versorgt. Da Logger, Lichtschranke, Kamera und Blitzgeräte unterschiedliche Verbrau-

cherspannungen benötigen (5,2 V / 9,3 V und 6,1 V), wurden diese über getrennte Stromkreise versorgt. Die entsprechende Versorgungsspannung wurde über Powermanager zur Verfügung gestellt, die gleichzeitig eine Tiefenentladung der eingesetzten Batterien verhindern.

2.2.5 FOTO-MONITORING-SYSTEM AN DEN TUNNELPORTALEN

Mit dem Foto-Monitoring wurde im Hirsauer Tunnel am Portal Heumaden am 11. September 2015 und am Portal Fuchsklinge am 21. September 2015 begonnen. Am Forster Tunnel wurde das Foto-Monitoring ebenfalls am 21. September 2015 gestartet.

Aufgrund der großen Öffnungsweite der Lichtschranken, welche es mit dem Sichtfeld der Kamera komplett abzudecken galt, wurden die beiden Kameras pro Portal jeweils ca. drei Meter von der Lichtschranke entfernt, außen an den Tunnelportalen, angebracht (Abbildung 3).

Einen Überblick über die Fledermausaktivität am Quartier vermitteln die Lichtschranken-Registrierungen. Bei der Darstellung von Zeiträumen mithilfe des Analyseprogramms ChiroGraph (ChiroTEC) werden die Ein- und Ausflüge auf Basis von 24-Stunden-Intervallen zusammengefasst.

Das Artenspektrum wie auch die Dominanzen einzelner Arten wurden anhand der Foto-Daten ermittelt. Die Artbestimmung der fotografierten Fledermäuse erfolgt durch fachkundige Personen von ChiroTEC und auf Basis gängiger Bestimmungsbücher wie DIETZ et al. [5] unter besonderer Berücksichtigung charakteristischer Merkmale wie z.B. der Form und Größe von Schwanzflughaut und Ohren, Farbe des Körperfells sowie Körpergröße.

3 METHODENDISKUSSION

3.1 AKUSTISCHE ERFASSUNGEN

Da z.B. kreisende Fledermäuse eine Vielzahl an Lautaufnahmen auf den Batcordern verursachen können, kann anhand der Anzahl der Lautaufnahmen nicht auf die Anzahl der Individuen rückgeschlossen werden. Lautaufnahmen werden in dieser Untersuchung ausschließlich als Indikator für die Fledermausaktivität genutzt, weshalb bei den Auswertungen des akustischen Monitorings von relativer Aktivität gesprochen wird.

3.2 LICHTSCHRANKEN-FOTO-MONITORING

Gegenüber anderen, traditionellen Methoden der Fledermauserfassung, wie Quartierzählungen und Netzfängen, bietet die automatisierte Erfassung mittels Lichtschranken-technik erhebliche Vorteile:

3.2.1 VORTEILE DER AUTOMATISIERTEN ERFASSUNG

Langzeiterfassung

Das Lichtschranken-Foto-Monitoring ermöglicht die kontinuierliche Überwachung der Fledermausaktivität an ihren Quartieren über lange Zeiträume, während Quartierbegehungen und Netzfänge lediglich eine Momentaufnahme des Quartiergeschehens erfassen können.

Erfassungsgenauigkeit

Abhängig vom Fortgang der Saison und den Witterungsbedingungen ändern sich die Nutzung des Quartiers durch Fledermäuse und die Wahl des Hangplatzes im Quartier. Viele Fledermausarten haben z.B. eine Vorliebe für tiefe und enge Spalten, in die sie sich zurückziehen. Auch für Menschen unzugängliche Quartierbereiche können für die kleinen Säuger attraktive Rückzugsmöglichkeiten bieten. Dadurch ist bei der visuellen Bestandserfassung i.d.R. nur ein mehr oder weniger kleiner Teil der quartiernutzenden Tiere erfassbar (Tabelle 1). Eine auf dieser Art der Bestandserfassung basierende Hochrechnung ist daher mit einer entsprechend hohen Fehlerquote bzw. Spannweite behaftet (vgl. Kapitel 1.1).

Tabelle 1: Vergleich des Erfassungserfolgs am Winterquartier anhand der traditionellen Quartierbegehung und der automatisierten Erfassung mittels Lichtschranke.

Quartier	Visuelle Zählungen	Automatische Zählungen
Knappengrund, Bergbaustollen; Schwarzwald (Baden-Württemberg)	31 (Hensle, 2010, mdl.)	153 (Kugelschaffer 2012, unveröffentl.)
Feldbergstollen, Deister (Niedersachsen)	157 (Passior, 2013)	722 (Kugelschaffer 2013, unveröffentl.)
Gemeine Zeche, Schieferstollen, Mittelhessen (Nordrhein-Westfalen)	120 (Heuser 2001, unveröffentl.)	325 (Heuser 2002, unveröffentl.)

Störungsfaktor

Die Fledermaus-Erfassung anhand von Lichtschrankentechnik erfolgt für die Tiere weitestgehend störungsfrei, da der deckennahe Einbau der Lichtschranken und die gewählte Öffnungsweite sich an den Anforderungen der Tiere orientieren. Im Gegensatz dazu können bei Quartierbegehungen winterschlafende Tiere aufgeschreckt werden, was unter Umständen lebensbedrohlich sein kann. Netzfänge haben nachweislich eine abschreckende Wirkung auf Fledermäuse, die nach dem Fang den Fangstandort (das Quartier) meiden [7], [8], [10].

3.2.2 GRENZEN DER AUTOMATISIERTEN ERFASSUNG

Technische Grenzen

Grenzen der Methode der Lichtschrankenerfassung ergeben sich u.a. aus den lokalen Gegebenheiten. So muss für diese Untersuchung der Abstand der Digitalkameras zur Einflugöffnung aufgrund der Öffnungsweite der Lichtschranke relativ groß gewählt werden. Das führt dazu, dass nur Tiere im an fokussierten Bereich scharf abgebildet werden. Tiere in den Randbereichen wurden hingegen oft unscharf abgebildet, sodass es in vor allem bei kleineren Fledermausarten in einigen Fällen zu Schwierigkeiten bei der Artbestimmung kam. Arten, die auf Basis eines Fotos grundsätzlich nicht zuverlässig voneinander unterschieden werden können, wurden als Artkomplex zusammengefasst.

Dies galt für die Große und die Kleine Bartfledermaus (*Myotis brandtii* / *mystacinus*, Bartfledermäuse), Braunes Langohr und Graues Langohr (*Plecotus auritus* / *austriacus*, Langohrfledermäuse) sowie die Arten Mückenfledermaus und Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus* / *pygmaeus*, Zwergfledermäuse). Im Weiteren werden, soweit nicht anders vermerkt, die Arten eines Artkomplexes als eine Art behandelt.

Lichtschrankenblockierungen durch Vogelfedern, hineinwehende Blätter o.ä. können nicht gänzlich vermieden werden, beschränkten sich jedoch bei den bisher vorliegenden Daten auf kurze Zeiträume an einem einzigen Portal, was aufgrund des insgesamt langen Erfassungszeitraums von am Ende über einem Jahr für die Abschätzung der

Größe der Überwinterungsgemeinschaft in den Tunneln nicht relevant ist (vgl. Kapitel 4.2.3).

Die Grenzen der technischen Möglichkeiten der Lichtschrankenerfassung werden erreicht, wenn schnell fliegende Tiere die Lichtschranke in einem Abstand von weniger als einem Meter passieren (z.B. Tandemflüge). Um blitzbedingte Fehlauflösungen zu vermeiden, wird beim Lichtschranken-Foto-Monitoring die Lichtschranke nach einer Passage für 0,3 Sekunden gesperrt. Bei sogenannten Tandemflügen, wie sie z.B. häufig bei schwärmenden Langohrfledermäusen auftreten, wird deshalb aufgrund dieser Sperrzeit das zweite Individuum von der Lichtschranke unter Umständen nicht registriert.

Diese Einschränkung führt auch während der Schwärmzeit, in der die Tiere im Eingangsbereich des Quartiers kreisen, zu deutlich größeren Ungenauigkeiten in der Registrierung als in der Abwanderungsphase, wo die Tiere überwiegend einzeln die Lichtschranke passieren.

Im Rahmen der Datenanalyse fiel auf, dass ein Einflug, der auf einen Ausflug folgte, in einigen Fällen kein Foto ausgelöst hat, obwohl der Abstand zwischen Ausflug und Einflug teilweise mehrere Sekunden betrug. Dabei handelt es sich um ein erst kürzlich entdecktes „Phänomen“, dessen Ursache noch unklar ist. Sicher ist, dass ein Lichtschranken-Ereignis ausgelöst wurde und der Tricorder ein Triggersignal an die Kamera sendet, diese jedoch nicht auslöst.

4 DATENANALYSE

Für die Aussagekraft der gewonnenen Daten spielen zeitliche Faktoren eine entscheidende Rolle. Die vollständige Vergitterung der Tunnelportale und die anschließende Inbetriebnahme der Lichtschranken fand im Laufe der zweiten Septemberhälfte 2015 statt, zu einem Zeitpunkt, an dem die Schwärmphase und die erste Hälfte der Einwanderungsphase ins Winterquartier für die meisten Fledermausarten bereits weit fortgeschritten war. Um belastbare Aussagen über die Überwinterungsbestände in den beiden Tunneln treffen zu können, wird die Abwanderungsphase im Frühjahr 2016 betrachtet. Früh abwandernde Arten wie die Langohrfledermäuse verlassen das Quartier i.d.R. bereits Mitte März, während spät abwandernde Arten wie die Wimperfledermäuse ihr Winterquartier bis in den späten Mai hinein nutzen. Auch die artspezifischen Abwanderungszeiten sind daher zu berücksichtigen. Da die Abwanderungsphase für alle Arten vollständig erfasst wurde sind diese Daten geeignet den Überwinterungsbestand zu quantifizieren (vgl. Kapitel 4.2.3 und 5.2).

Zum Aufzeigen des Schwärmverhaltens der lokalen Fledermausbestände sind die bisherigen Daten, mit Ausnahme der Fransenfledermaus, dagegen nur eingeschränkt geeignet. Ursächlich hierfür ist der Beginn der Erfassungen zum Ende der Schwärmzeit (Ende September 2015), so dass für die meisten Arten erst mit den Erfassungen während der Schwärmzeit Sommer/Herbst 2016 valide Daten gewonnen werden können.

Zur Analyse der Überwinterungsgemeinschaft in den beiden Tunneln, wurden sowohl die Lichtschranken- als auch die ausgewerteten Foto-Daten verwendet.

Zur Abschätzung der Größe des Überwinterbestandes wird zunächst ausschließlich auf die Lichtschranken-Registrierungen zurückgegriffen. Diese Datengrundlage verfügt trotz der methodischen Grenzen über die größte Genauigkeit bzw. die geringste Unschärfe. Die Foto-Daten ermöglichen wiederum die größte Genauigkeit bei der Differenzierung einzelner Arten und sind daher am besten geeignet das Artspektrum der Überwinterungsgemeinschaft zu ermitteln (vgl. Kapitel 3.2.2). Weiterhin kann basierend auf diesen Daten der Anteil der einzelnen Arten an der Überwinterungsgemeinschaft festgestellt werden.

4.1 AKUSTISCHE DATEN

Die Auswertungen der Batcoder-Daten ist zurzeit noch nicht abgeschlossen. Die Aussagen zu den Batcoder-Daten beziehen sich daher in diesem Zwischenbericht auf den Stand von Mitte Januar 2016. Basierend auf den gewählten Batcoder-Einstellungen wird eine neue Datei erstellt, wenn zwischen zwei Fledermausrufen mehr als 800 ms Stille herrscht. Zur Aktivitätsanalyse wurden die erstellten Lautaufnahmen auf einen PC überspielt und mithilfe des Programms „Oma Hildes csv-Stricklies!“ (Version 1.1) auf eine Datei pro fünf Minuten Intervall reduziert. Somit wurden Rufabfolgen, die aufgrund

kurzer Zeitabstände vermutlich von demselben Tier stammen auf ein Aktivitätsereignis reduziert.

Für die Auswertung der Fledermausaktivität pro Batcorder-Standort wurden Datensätze kompletter Tage herangezogen, d.h. Tage, an denen ununterbrochene Aufzeichnungen der Batcorder vorlagen. Zur Auswertung der Gesamtaktivität pro Tunnel wurden nur Datensätze von Tagen herangezogen, an denen alle drei Batcorder des jeweiligen Tunnels ununterbrochen aufgezeichnet haben. In Folge von vereinzelt Datenausfällen¹ durch Speicherüberlauf oder Stromausfall liegen der Gesamtauswertung des Hirsauer Tunnels 78 Tage und der des Forster Tunnels 45 Tagen zugrunde (Tabelle 2).

Tabelle 2: Datengrundlage für Aktivitätsauswertungen pro Tunnel.

Hirsauer Tunnel	Forster Tunnel
19.09.2015 - 19.10.2015	30.09.2015 - 11.10.2015
19.11.2015	30.10.2015 - 10.11.2015
03.12.2015 - 17.01.2016	19.11.2015 - 22.11.2015
	07.12.2015 - 13.12.2015
	30.12.2015 - 17.01.2016

4.2 LICHTSCHRANKEN-DATEN

Am Tunnelportal Ostelsheim ist eine Datenlücke² vom 10. November 2015-18. November 2015 durch eine Vogelfeder verursacht worden, die eine Lichtschrankendiode blockierte. An allen übrigen Portalen haben die Lichtschranken während des gesamten Untersuchungszeitraums (01. Oktober 2015 - 31. Mai 2016) kontinuierlich Daten aufgenommen. Die Erfassung der Lichtschranken-Daten wurde auch durch den Vandalismus im Januar/Februar 2016 (vgl. Kapitel 4.3) im Tunnel Hirsau nicht gestört oder unterbrochen.

4.2.1 VALIDIERUNG DER LICHTSCHRANKEN-DATEN

Im ersten Schritt der Validierung wurden die Lichtschranken-Daten so bereinigt, dass die Lichtschranken-Registrierungen, die mit Sicherheit nicht auf Fledermäuse zurückzuführen sind, aus dem Datensatz entfernt wurden. Hierzu gehören zum einen Testbilder zum anderen alle Bilder, die durch andere Objekte ausgelöst wurden (z.B. Vögel, Säuger oder Blätter). Es gibt zwei Möglichkeiten Testbilder auszulösen: zum einen manuell an der Kamera ausgelöste Bilder, wodurch ein Bild ohne dazugehöriges Licht-

¹ Tunnel Hirsau: 10,14% der Gesamtdaten (36 Tage und 11,5 Stunden), Tunnel Forst: 19,19% der Gesamtdaten (62 Tage und 18,25 Stunden)

² Tunnel Forst: 1,6% der Gesamtdaten (8 Tage)

schranken-Ereignis erzeugt wird, oder durch ein mit Hilfe eines Testobjekts an der Lichtschranke ausgelöstes Bild, das dann ein Testbild mit dazugehörigem Lichtschranken-Ereignis auslöst.

In einem zweiten Schritt wurden die Lichtschranken-Registrierungen auf möglicherweise nicht registrierte Tandemflüge hin überprüft. Als Tandemflüge bezeichnet man Tiere, die unmittelbar hintereinander die Lichtschranken passieren. Da die Lichtschranken aus technischen Gründen einer Sperrzeit von 0,3 Sekunden unterworfen sind, werden Individuen, die die Lichtschranke mit weniger als 0,3 Sekunden Abstand passieren, nur als ein Lichtschranken-Ereignis gezählt. Häufig sind jedoch beide Tandem-Individuen auf dem Bild zu erkennen. Es wurde daher an Tagen, an denen anhand der Bilder Tandemflüge dokumentiert werden konnten, die Anzahl der Bilder mit der Anzahl der Lichtschranken-Registrierungen verglichen. Entsprach die Anzahl der Bilder der Anzahl der Lichtschranken-Registrierungen, war davon auszugehen, dass das zweite Tier kein eigenes Lichtschranken-Ereignis ausgelöst hatte. In diesem Fall wurde die Anzahl der auf den Bildern zusätzlich dokumentierten Tiere zur Anzahl der Lichtschranken-Registrierungen addiert. Falls an Tagen, an denen Tandemflüge registriert wurden, mehr Lichtschranken-Ereignisse als Bilder erfasst wurden, wurde davon ausgegangen, dass das zweite Tier ein eigenes Lichtschranken-Ereignis ausgelöst hatte. Dieses wurde nicht zu den Lichtschranken-Registrierungen addiert.

Die so entstandene korrigierte Anzahl der Lichtschranken-Registrierungen bildet eine valide Datengrundlage zur Bestandsschätzung der überwinternden Fledermäuse in den beiden Tunneln.

4.2.2 EINSCHÄTZUNG DER GENAUIGKEIT DER LICHTSCHRANKEN-DATEN

Die Lichtschranken-Daten unterliegen einer gewissen Unschärfe, die auf technische und verhaltensbiologische Ursachen zurückzuführen sind.

1. Technische Ursachen

Die Lichtschranken unterliegen einer Sperrzeit von 0,3 Sekunden. Dies hat zur Folge, dass alle Tiere, die in einem zeitlichen Abstand von weniger als 0,3 Sekunden zu einem vorherigen Ereignis die Lichtschranke passieren, kein weiteres Lichtschranken-Ereignis auslösen und daher nicht erfasst werden. Um einschätzen zu können, wie häufig dieses Phänomen aufgetreten ist, wurden die Daten von Nächten, in denen besonders viel Aktivität dokumentiert wurde, genauer betrachtet.

Für insgesamt zehn Erfassungstage mit hoher Aktivität wurde die durchschnittliche Zeit zwischen zwei Lichtschranken-Ereignissen berechnet. Außerdem wurden die Anzahl der Lichtschranken-Ereignisse mit einem zeitlichen Abstand von ≤ 5 Sekunden und nochmal gesondert mit einem zeitlichen Abstand von weniger als 1 Sekunde dokumentiert. Anschließend wurde der relative Anteil dieser Ereignisse an der Gesamtanzahl der in diesem Zeitraum erfassten Gesamtanzahl an Lichtschranken-Ereignisse berechnet.

Der durchschnittliche zeitliche Abstand aufeinander folgender Lichtschranken-Ereignisse betrug 5 Minuten 14 Sekunden. Dabei wurden pro Erfassungstag durchschnittlich 25 Lichtschranken-Ereignisse dokumentiert, die in einem zeitlichen Abstand von ≤ 5 Sekunden registriert wurden. Dies entspricht einem relativen Anteil von 9,13%. Die Anzahl der Lichtschranken-Ereignisse mit einem zeitlichen Abstand von ≤ 5 Sekunden schwankte bei den betrachteten zehn Erfassungstagen mit hoher Aktivität zwischen 2 und 114 Ereignissen pro Erfassungstag. Die durchschnittliche Anzahl der registrierten Lichtschranken-Ereignisse mit einem zeitlichen Abstand von weniger als 1 Sekunde lag bei 3 (1,24%) und schwankte zwischen den betrachteten Erfassungstagen von 0 bis 10 Lichtschranken-Ereignissen. Da die Sperrzeit der Lichtschranken lediglich bei 0,3 Sekunden liegt, ist somit davon auszugehen, dass die Anzahl der Tiere, die aufgrund der Sperrzeit kein Lichtschranken-Ereignis ausgelöst haben, sehr gering ist und statistisch vernachlässigbar.

Einen weiteren Hinweis darauf, wie häufig Tiere durch diese Sperrzeit nicht erfasst wurden, bieten die auf den Bildern dokumentierten Tandemflüge. Tandemflüge können zu nur einem Lichtschranken-Ereignis führen, wenn die Tiere die Lichtschranke in einem zeitlichen Abstand von weniger als 0,3 Sekunden passieren. Einige Tandemflüge führen jedoch zu zwei Lichtschranken-Ereignissen mit nur einem Bild, wenn die Tiere die Lichtschranke in einem zeitlichen Abstand von knapp über 0,3 Sekunden passieren, aber die Kamera beim zweiten Tier nicht auslöst. An Tagen, an denen auf den Bildern Tandemflüge sichtbar sind und mehr Lichtschranken-Ereignisse als Bilder dokumentiert sind, kann davon ausgegangen werden, dass die auf den Bildern dokumentierten Tandemflüge als zwei Lichtschranken-Ereignisse erfasst wurden. An Tagen, an denen zwar Tandemflüge auf den Bildern dokumentiert wurden, die Anzahl der Bilder jedoch mit der Anzahl der Lichtschranken-Ereignisse übereinstimmt, kann davon ausgegangen werden, dass die dokumentierten Tandemflüge nicht von den Lichtschranken erfasst wurden. Der relative Anteil der durch die Lichtschranken nicht registrierten Tandemflüge betrug im Durchschnitt 0,23%. Auch insgesamt betrug der Anteil der Tandemflüge an der Gesamtanzahl der Lichtschranken-Ereignisse lediglich 0,78%.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass sogar in Nächten mit sehr hoher Aktivität lediglich 1,24% der Lichtschranken-Ereignisse in einem zeitlichen Abstand von weniger als 1 Sekunde registriert wurden und auch der Anteil der Tandemflüge an den Lichtschranken-Ereignissen deutlich unter 1% lag, kann davon ausgegangen werden, dass die durch die Sperrzeit hervorgerufene Unschärfe keinen relevanten Einfluss auf die Bestandszahlen hat.

2. Verhaltensbiologische Ursachen

Fledermäuse, die mit sehr hoher Flügelschlagfrequenz schräg in den Strahlenbereich fliegen, werden unter Umständen nicht erfasst, da sie keine logische Unterbrechung der Strahlenvorhänge auslösen. Dies betrifft in erster Linie einzelne Arten, die eine hohe Manövrierfähigkeit aufweisen, wie Langohrfledermäuse oder Bechsteinfledermäuse.

Da sich die Artzusammensetzung in den beiden Tunneln unterscheidet, wird die dadurch entstandene Unschärfe zwischen den beiden Tunneln möglicherweise voneinander abweichen. Basierend auf Erfassungen an anderen Quartieren wird davon ausgegangen, dass es sich hierbei nur um wenige Ereignisse handelt (Kugelschaffer mündl.). Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass der Fehler bei Ein- und Ausflugsereignissen gleichermaßen auftritt und sich dadurch zu einem gewissen Teil in der Bilanzierung relativiert.

3. Abschätzung der Gesamtunschärfe

Unter der Annahme, dass alle Tiere, die im Herbst eingeflogen sind, auch im Frühling wieder ausgeflogen sind, müssen die ermittelten Bestandszahlen von der Einwanderungsphase und Abwanderungsphase gleich sein. Durch die Bilanzierung der Ein- und Ausflugsphase wäre es daher möglich, die Unschärfe der Lichtschrankenerfassung abzuschätzen. Dies ist jedoch basierend auf der aktuellen Datengrundlage nicht möglich, da die Erfassungen erst Ende September 2015 begonnen haben. Zu diesem Zeitpunkt sind bereits einige Tiere im Rahmen des Schwärmens in die Tunnel eingeflogen, die das Winterquartier auch ab diesem Zeitpunkt kontinuierlich nutzen [2]. Im Rahmen der ab Ende September 2015 dokumentierten Einflugphase ist daher lediglich ein Teil des Überwinterungsbestands erfasst worden, weshalb ein Vergleichen der Ein- und Ausflugsphase basierend auf der aktuellen Datengrundlage nicht möglich ist.

4.2.3 BESTIMMUNG DER ABWANDERUNGSPHASE

Zur Bestimmung der Größe der Überwinterungsgemeinschaft wurden die Daten aus der Abwanderungsphase herangezogen. Es kann davon ausgegangen werden, dass alle Tiere, die in den Tunneln überwintert haben, diese im Frühjahr wieder verlassen. Natürlicherweise ist nicht auszuschließen, dass einige Einzeltiere während des Winterschlafs versterben, dies wird sich jedoch auf wenige Einzeltiere beschränken und ist daher bei der zu erwartenden Bestandsgröße vernachlässigbar. Die Grundannahme für die weitere Auswertung ist daher, dass sich alle im Tunnel überwinternden Tiere zu Beginn der Ausflugsphase noch im Tunnel befinden und diesen bis zum Ende der Ausflugsphase verlassen haben. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Tiere im Frühjahr das Winterquartier jedoch nicht immer ohne Rückkehr verlassen, sondern unter Umständen nur eine Nacht ausfliegen und dann noch einige Male zurückkehren, müssen die Ein- und Ausflugsereignisse bilanziert werden. So kann es beispielsweise vorkommen, dass ein Tier das Winterquartier an zehn Nächten verlässt, jedoch immer am darauf folgenden Morgen wieder einfliegt und erst in der elften Nacht das Winterquartier final verlässt. Dies hätte zur Folge, dass dieses Tier 11 Ausflugsereignisse und 10 Einflugereignisse an den Lichtschranken auslöst. Bei der weiteren Betrachtung werden Einflug-Ereignisse als positive und Ausflug-Ereignisse als negative Zahlen behandelt. Bilanziert man die Einflugs- und Ausflugsereignisse so erhält man -1 (+10 Einflüge und -11 Ausflüge). Bilanziert man alle Einflugs- und Ausflugs-Lichtschranken-

Ereignisse während der Abwanderungsphase, so ergibt sich eine negative Bilanz, die der Größe der Überwinterungsgemeinschaft entspricht.

Da in den beiden Tunneln unterschiedliche klimatische Bedingungen herrschen, wurde die Abwanderungsphase für jeden Tunnel bestimmt. Hierzu wurde die Bestandsentwicklung in den Tunneln über den gesamten Erfassungszeitraum betrachtet. Da keine Aussagen darüber getroffen werden können, wie viele Tiere zu Beginn der Erfassungen bereits im Tunnel waren, handelt es sich hierbei um einen relativen Bestand. Der Verlauf der Bestandsentwicklung zeigt deutlich, dass sich zu Beginn der Erfassungen bereits ein Großteil der Überwinterungsgemeinschaft in den Tunnel aufgehalten hat, da vor allem im Tunnel Forst kein deutlicher Anstieg des relativen Bestands zu erkennen ist und in beiden Tunneln der relative Bestand deutlich unter den Ausgangswert fällt.

Als Beginn der Abwanderungsphase wurde im Fröhjahr der Tag betrachtet, an dem der relative Bestand im Tunnel am größten war. Die Abwanderungsphase endet zum Zeitpunkt, an dem der relative Bestand im Tunnel am kleinsten war (Abbildung 5 und 6).

Die so ermittelte Abwanderungsphase begann im Hirsauer Tunnel am 20. Februar 2016 etwas früher als im Forster Tunnel, in dem der Beginn der Abwanderungsphase erst am 29. Februar 2016 zu beobachten war. Bei beiden Tunneln ist jedoch sehr gut der deutlich negative Bestandstrend zu erkennen. Bei beiden Tunneln ist gegen Ende der Phase ein Plateau zu erkennen, das darauf hindeutet, dass die Abwanderungsphase bis Ende Mai nahezu vollständig abgeschlossen war.

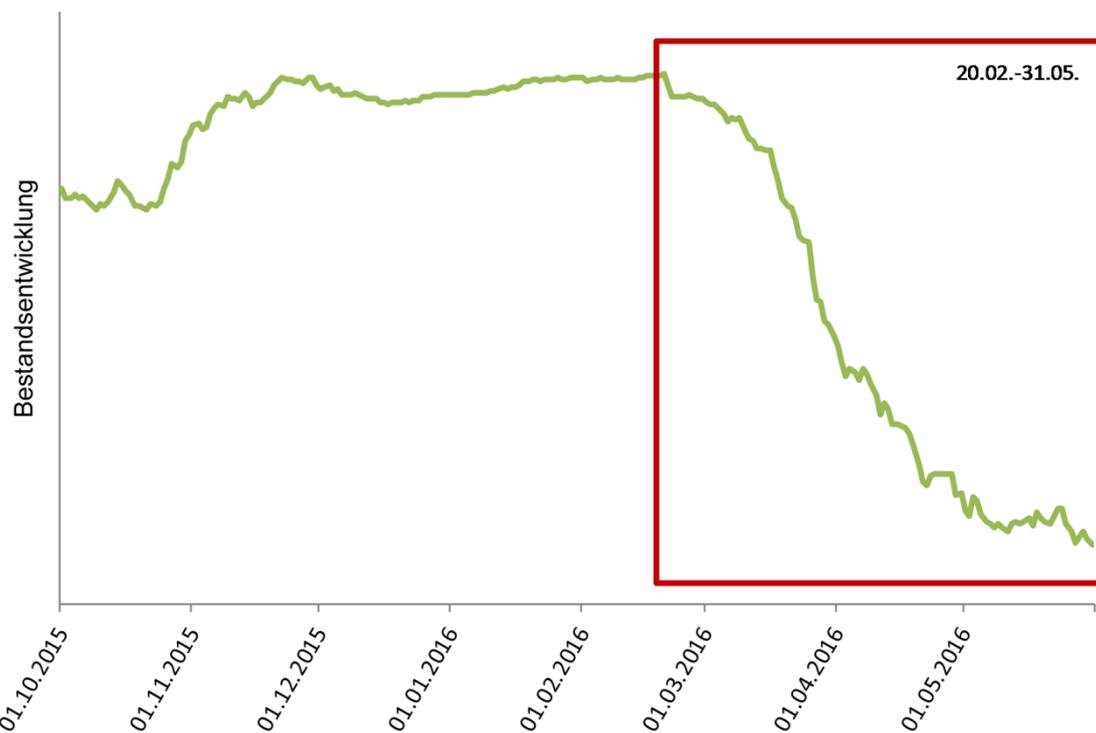


Abbildung 5: Bestandsentwicklung im Tunnel Hirsau. Die Abwanderungsphase bezieht sich auf den Zeitraum 20. Februar 2016 bis 31. Mai 2016.

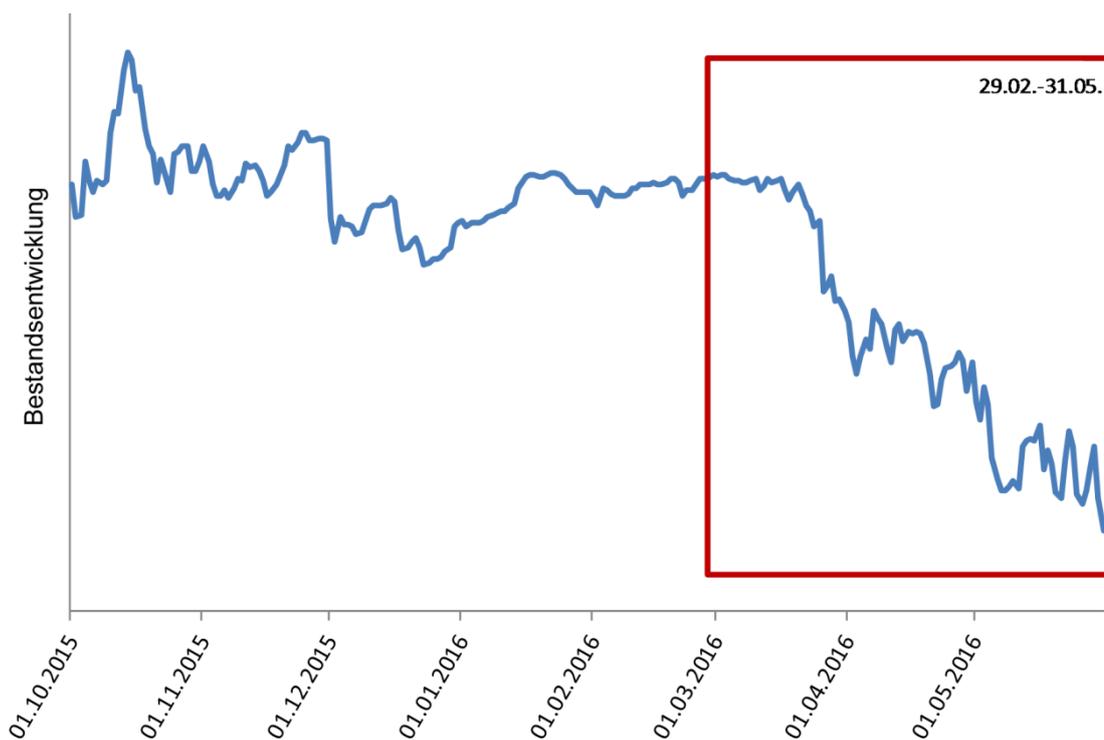


Abbildung 6: Bestandsentwicklung im Tunnel Forst. Die Abwanderungsphase bezieht sich auf den Zeitraum 29. Februar 2016 bis 31. Mai 2016.

4.3 FOTO-DATEN

Die Foto-Daten ermöglichen es, Aussagen über die Artengemeinschaft und die Häufigkeit der nachgewiesenen Arten in den beiden Tunneln treffen zu können. Außerdem sind diese Daten geeignet, artspezifische Unterschiede, beispielsweise zeitliche Unterschiede hinsichtlich der Tunnelnutzung, abzubilden. Für die Analyse der Foto-Daten wurden Fotos, auf denen Fledermäuse erkennbar waren, auf Tagesbasis ausgewertet. Am Portal Fuchsklinge des Tunnels Hirsau ist die Kamera, die Ausflug-Ereignisse registriert aufgrund eines technischen Fehlers vom 10. November 2015 – 17. November 2015 sowie vom 19. November 2015 - 27. November 2015 ausgefallen. Weiterhin ist im Tunnel Hirsau in Folge von Vandalismus eine Foto-Datenlücke¹ vom 18. Januar 2016-20. Februar 2016 entstanden, da an beiden Portalen alle vier Kameras entwendet wurden. Aufgrund des Vandalismus-Ereignisses im Januar 2016 werden die Tunnel seitdem regelmäßig von einem vom Landkreis Calw beauftragten Sicherheitsdienst bestreift.

4.3.1 VALIDIERUNG FOTO-DATEN

Die Art wurde, wenn möglich bestimmt oder als „Fledermaus unbestimmt“ kategorisiert. Wenn auf einem Bild Tandemflüge zu erkennen waren, wurde zunächst überprüft, ob

¹ Tunnel Hirsau: 15,68% des gesamten Untersuchungszeitraums (153 Tage), Tunnel Forst: kein Datenausfall.

in zeitlich sehr kurzem Abstand ein weiteres Bild entstanden ist, auf dem ein Individuum der gleichen Art zu erkennen ist. Wenn unmittelbar auf das erste Bild ein zweites folgte, welches ein Individuum derselben Art dokumentierte, wurde davon ausgegangen, dass das zweite erkennbare Tier auf dem ersten Bild ein separates Foto erzeugt hat. Diese Individuen wurden nicht zur Tagesbilanz addiert. War jedoch kein zweites Foto, das in direktem zeitlichen Zusammenhang ein Individuum derselben Art dokumentiert, im Datensatz enthalten, so wurde angenommen, dass dieses Tier kein eigenes Foto-Ereignis ausgelöst hat und dieses zum Tagesdatensatz addiert.

Der so entstandene Datensatz ermöglicht die artspezifische Bilanzierung der ein- und ausfliegenden Tiere auf Tagesbasis. Dadurch ist es möglich, artspezifische Unterschiede hinsichtlich der Aktivität und der zeitlichen Nutzungsmuster zu ermitteln.

4.3.2 EINSCHÄTZUNG DER GENAUIGKEIT DER FOTO-DATEN

An den Tunnelportalen der Tunnel Hirsau und Forst ist die Einflugöffnung mit jeweils 2,80 m Breite relativ groß. Dies führt dazu, dass Tiere, die die Einflugöffnung in den Randbereichen passieren, nicht scharf abgebildet werden. Diese Tiere können unter Umständen nicht eindeutig identifiziert oder mit einer ähnlichen Art verwechselt werden (vgl. Kapitel 3.2.2). Der Anteil der Fotos, auf denen die Fledermausart im Zeitraum der Abwanderungsphase nicht eindeutig bestimmt werden konnte („Fledermaus unbestimmt“) betrug in beiden Tunneln 2,26%. Dabei sind jedoch nur Fotos berücksichtigt, auf denen die Art nicht eindeutig identifiziert werden konnte. Man kann daher davon ausgehen, dass dieser Fehler aufgrund einiger falsch identifizierter Individuen etwas höher liegen wird als 2,26%. Dabei ist zu berücksichtigen, dass einige Arten diesem Fehler stärker unterliegen als andere. So sind beispielsweise Langohrfledermäuse in der Regel eindeutig als solche zu identifizieren. Im Gegensatz dazu weisen vor allem Bart- und Wasserfledermäuse eine ähnliche Morphologie auf, weshalb diese Arten wahrscheinlicher miteinander verwechselt werden als andere Arten.

Bei schnell aufeinanderfolgenden Auslösungstriggern (<2-3 Sekunden) ist die Kamera aufgrund der langen Versorgungskabeln an den Tunnelportalen noch nicht wieder einsatzbereit und löst daher in diesen Fällen nicht aus. Dies hat ein Lichtschranken-Ereignis ohne Foto zur Folge. Um diesen Fehler einschätzen zu können, wurde auf Tagesbasis die Anzahl der Lichtschranken-Ereignisse mit der Anzahl der Foto-Ereignisse verglichen. Der relative Anteil der Summe der Differenz zwischen Lichtschranken- und Foto-Ereignissen betrug durchschnittlich an allen vier Portalen 6,36%.

Ebenso wie in Bezug auf die Lichtschranken-Daten resultiert auch für die Foto-Daten eine gewisse Unschärfe aus verhaltensbiologischen Ursachen (vgl. Kapitel 4.2.2). Durch die artspezifische Betrachtung der Foto-Daten kann diese, für die Lichtschranken-Ereignisse verhältnismäßig klein geschätzte, Unschärfe bei einzelnen Arten sehr deutlich hervortreten. Dies gilt vor allem für Arten, die mit nur sehr wenigen Ein- und Ausflugereignissen registriert wurden. So resultiert ein nicht registrierter Einflug bei 10

Ein- und 15 Ausflügen in einer Abweichung des bilanzierten Bestands von 20% während ein nicht registrierter Einflug bei fünfmal so vielen Ein- und Ausflugereignissen nur noch zu einer Abweichung des bilanzierten Bestands von 4% führt. Es gilt daher, je mehr Foto-Daten vorliegen, desto kleiner ist die durch verhaltensbiologische Ursachen verursachte Unschärfe. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass diese Unschärfe sowohl bei den Ein- als auch bei den Ausflügen auftritt und sich daher zu einem gewissen Teil wieder ausgleichen wird.

Basierend darauf wird davon ausgegangen, dass die Unschärfe der Foto-Daten deutlich größer ist als die der Lichtschranken-Daten. Diese Unschärfe ist daher bei der Bilanzierung der Foto-Daten zur Ermittlung des Anteils der einzelnen Arten zu berücksichtigen. In einem ersten Schritt wurde daher zunächst mittels verschiedener Herangehensweisen ein prozentualer Fehler ermittelt. In einem weiteren Schritt wurde unter Einbeziehung aller Faktoren eine fachgutachterliche Einschätzung der Maximalbestände der einzelnen Arten hergeleitet, die dann als Grundlage für die weiteren Bewertungen dienen soll.

4.3.3 ERMITTLUNG EINES RELATIVEN GESAMTFEHLERS

Bei dem berechneten Fehler handelt es sich um einen durchschnittlichen minimalen Fehler. Es wurden dabei basierend auf unterschiedlichen Ansätzen Fehlerberechnungen durchgeführt und diese anschließend gemittelt.

1. Ansatz – Ermittlung des mittleren Minimalfehlers anhand der Unplausibilität bilanzierten der Foto-Daten

Unter der Annahme, dass bei der Betrachtung der Ausflugsphase alle überwinterten Tiere Ende Mai das Winterquartier verlassen haben, müssten alle bilanzierten Bestandszahlen negativ sein. Positive Zahlen stellen daher offensichtliche Fehler in der Registrierung der Foto-Ereignisse dar. Zur Abschätzung des minimalen Fehlers wurde daher die relative Anzahl dieser falsch positiven Zahlen in Bezug zu den Gesamtereignissen der jeweiligen Art berechnet. So läge bei +30 Einflügen und -27 Ausflügen der bilanzierte Bestand bei +3, welches gleichermaßen der Unplausibilität entsprechen würde, da die Grundannahme bedingt, dass alle Tiere ausgeflogen sein müssen. Gemessen an der Summe aller für diese Art registrierten Foto-Ereignisse ergibt sich daher in diesem Beispiel ein Fehler von 5,26% (Tabelle 3).

Tabelle 3: Beispielhafte Berechnung des Minimalfehlers anhand der Unplausibilität der bilanzierten Foto-Daten.

Einflüge	Ausflüge	Summe der Ein- und Ausflüge	Bilanz	Unplausibilität	Fehler
30	-27	57	3	3	5,26%

2. Ansatz – Ermittlung des mittleren Minimalfehlers anhand der Unplausibilität in Bezug auf die Winterquartierzählung

Basierend auf der Grundannahme, dass alle bei der Winterquartierzählung erfassten Tiere das Winterquartier Ende Mai verlassen haben sollten, müssen alle bilanzierten Bestandszahlen mindestens so groß sein wie die durch die Winterquartierzählung erfassten Tiere. Da die Foto-Daten Tiere, die sich vor den Tunnelportalen befanden nicht erfasst haben können, wurden nur die im Tunnel gezählten Individuen berücksichtigt. Alle positiven Differenzen zwischen den bilanzierten Beständen und den in den Tunneln gezählten Tieren stellen dabei einen offensichtlichen Fehler dar. Zur Abschätzung des minimalen Fehlers wurde der relative Anteil dieser positiven Differenzen in Bezug zu den gesamt Passagen berechnet. Für beide Tunnel wurde wiederum der mittlere Minimalfehler basierend auf den gemittelten Fehlern aller Arten berechnet. So ergibt sich bei +28 registrierten Einflügen und -32 Ausflügen eine Bilanz von -4 Foto-Ereignissen, welche als plausibler Überwinterungsbestand angenommen werden kann. Bei der Winterquartierzählung wurden jedoch 6 Individuen dieser Art gezählt, wodurch es in Bezug auf die Winterquartierzählung zu einer Unplausibilität von 2 kommt. In Relation zur Summe aller registrierten Ein- und Ausflüge dieser Art ergibt sich daher ein Fehler von 3,33% (Tabelle 4).

Tabelle 4: Beispielhafte Berechnung des Minimalfehlers anhand der Unplausibilität der bilanzierten Foto-Daten in Bezug auf die Winterquartierzählung.

Einflüge	Ausflüge	Summe der Ein- und Ausflüge	Bilanz	Winterquartier-Zählung	Unplausibilität	Fehler
28	-32	60	-4	6	2	3,33%

3. Ansatz – Ermittlung des mittleren Fehlers anhand der Abweichungen zwischen Lichtschranken- und Foto-Daten

Die Abweichungen zwischen den Lichtschranken- und Foto-Daten wurden auf Tagesbasis ermittelt und der mittlere Fehler anhand der Summe dieser Differenzen in Relation zu der Summe der registrierten Lichtschranken-Ereignissen berechnet (vgl. Kapitel 4.3.2 und Tabelle 5).

Tabelle 5: Beispielhafte Berechnung des mittleren Fehlers anhand der Abweichungen zwischen Lichtschranken- und Foto-Daten

Datum	Anzahl Lichtschranken-Ereignisse	Anzahl Foto-Ereignisse	Differenz	Fehler
24.05.2016	47	47	0	
25.05.2016	53	53	0	
26.05.2016	33	32	1	
27.05.2016	58	58	0	
28.05.2016	101	99	2	
29.05.2016	83	87	4	
Summe	375		7	

Gesamtfehler

Die durch diese drei Ansätze ermittelten Fehler wurden gemittelt, um einen relativen Gesamtfehler zu erhalten. Dabei ist zu beachten, dass sich vor allem die Ansätze 1 und 2 in der Regel auf die Arten beziehen, die mit nur wenigen Foto-Ereignissen registriert wurde. Der Fehler bei diesen Arten ist deutlich höher als bei Arten mit sehr vielen Foto-Ereignissen. Auch wenn es sich bei diesen beiden Fehlern um einen Minimalfehler handelt, ist daher davon auszugehen, dass dieser deutlich höher liegt als bei den Arten, die die Tunnel mit deutlich höherer Aktivität nutzten. Eine genauere Quantifizierung dieses Fehlers oder eine Einschätzung dieses Fehlers für Arten, die mit hoher Aktivität erfasst worden, ist jedoch nicht möglich. Weiterhin berücksichtigen diese mittleren Minimalfehler nicht, dass es große artspezifische Unterschiede in den durch verhaltensbiologische Ursache verursachte Unschärfen gibt.

4.3.4 BESTIMMUNG DER ARTSPEZIFISCHEN ABWANDERUNGSPHASE

Zur Bestimmung des Überwinterungsbestands der einzelnen Fledermausarten wurden, wie auch bei den Lichtschranken-Daten (vgl. Kapitel 3), lediglich die während der Abwanderungsphase registrierten Foto-Ereignisse genutzt. Zunächst wurde für jede Art in jedem Tunnel der Bestandsverlauf über den gesamten Erfassungszeitraum betrachtet. Da auch hier keine Aussagen darüber getroffen werden können, wie viele Tiere zu Beginn der Erfassungen bereits im Tunnel waren, handelt es sich hierbei um einen relativen Bestand. Als Abwanderungsphase wurde für jede Fledermausart der Zeitraum definiert, in dem der Bestandstrend deutlich negativ war. Für einige Arten war aufgrund sehr geringer Aktivität die Abwanderungsphase nicht eindeutig abgrenzbar. Für diese Arten wurden dann dementsprechend große Zeiträume angesetzt, die sich wenn möglich an der Abwanderungsphase von Individuen dieser Art im anderen Tunnel orientieren.

5 ERGEBNISSE

5.1 AKTIVITÄTSMUSTER IN DEN TUNNELN BASIEREND AUF DEN AKUSTISCHEN DATEN

5.1.1 TUNNEL HIRSAU

Die akustischen Erfassungen mittels Batcordern im Zeitraum vom 19. September 2015 bis zum 17. Januar 2016 erbrachte am Hirsauer Tunnel insgesamt 7.177 Lautaufnahmen (vgl. Abbildung 7), die zeigen, dass der Tunnel in seiner ganzen Länge von Fledermäusen genutzt wird.

Aufgrund von Datenlücken (vgl. Kap 4.1) einzelner Batcorder-Standorte (Portal Heumaden, vgl. Abbildung 7) reduziert sich die Anzahl auswertbarer Aufnahmen auf 4.784, die eine aussagekräftige Grundlage zur Erfassung der Aktivität in den Tunneln bilden. Diese wurden zu 43,1% (n = 2.061) am Tunnelportal Fuchsklinge aufgenommen. Die relative Aktivität in der Tunnelmitte betrug 23,1% (n = 1.104), weitere 33,8% (n = 1.619) sind dem Tunnelportal Heumaden zuzuordnen. An allen drei Standorten war über den Untersuchungszeitraum eine graduelle Aktivitätsabnahme zu verzeichnen.

Die diurnale Nutzungsdynamik, d.h. die Tageszeiten in denen die Fledermäuse aktiv sind, hat sich im Tunnel Hirsau im Laufe des Untersuchungszeitraums deutlich verschoben (Abbildung 8). Während sich die relative Aktivität im September / Oktober 2015 noch recht gleichmäßig über die Nachtstunden verteilte, verlagerte sie sich im Dezember 2015 / Januar 2016 in den späten Nachmittag / frühen Abend, beginnend mit einem Aktivitätspeak. Auch nahm im Laufe des Jahres die relative Aktivität über die Mittagsstunden deutlich zu, ein Phänomen, welches besonders im Dauerdunkel der Tunnelmitte sehr ausgeprägt war.

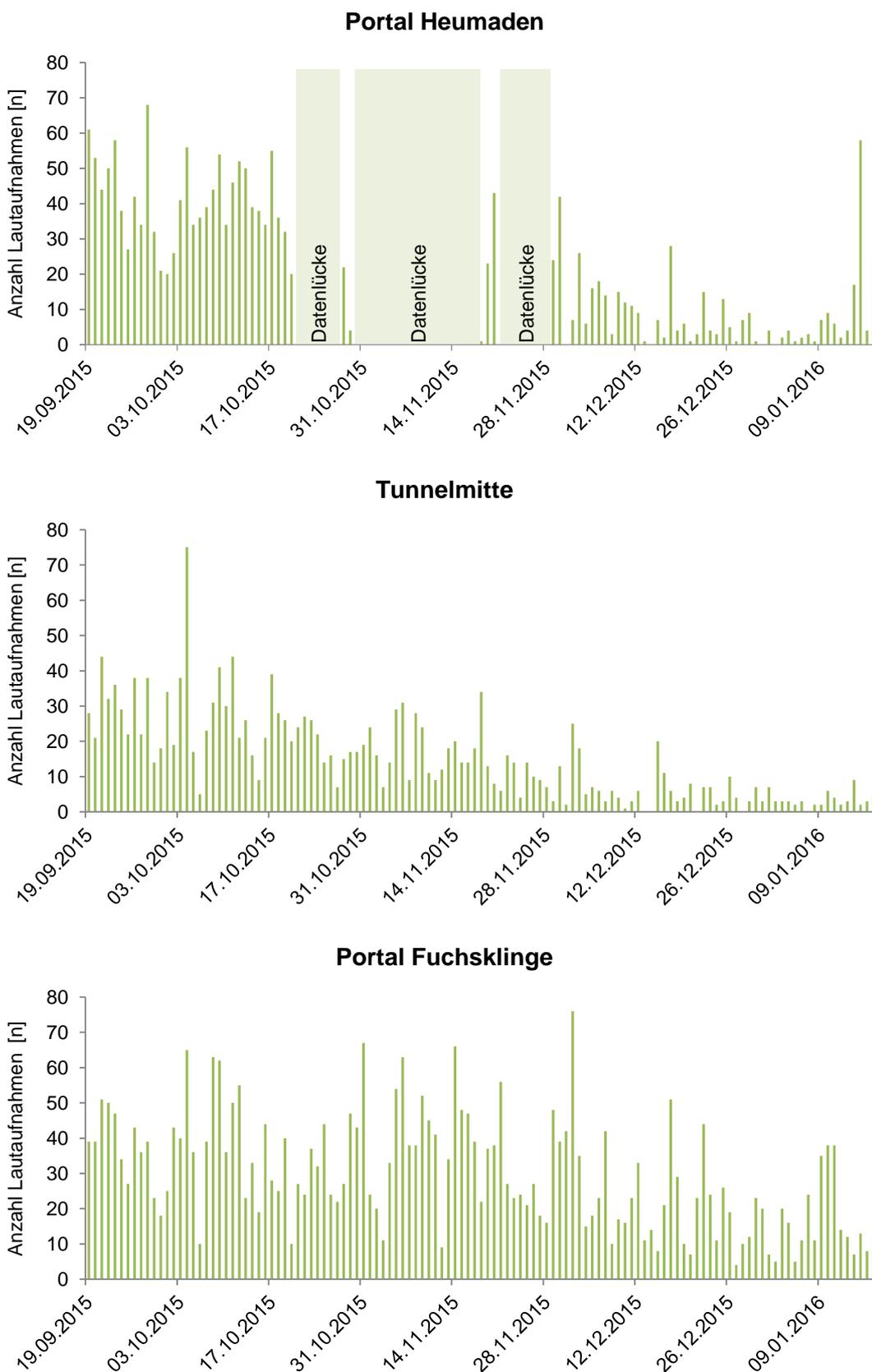


Abbildung 7: Fledermausaktivität basierend auf Lautaufnahmen an drei Standorten im Tunnel Hirsau.

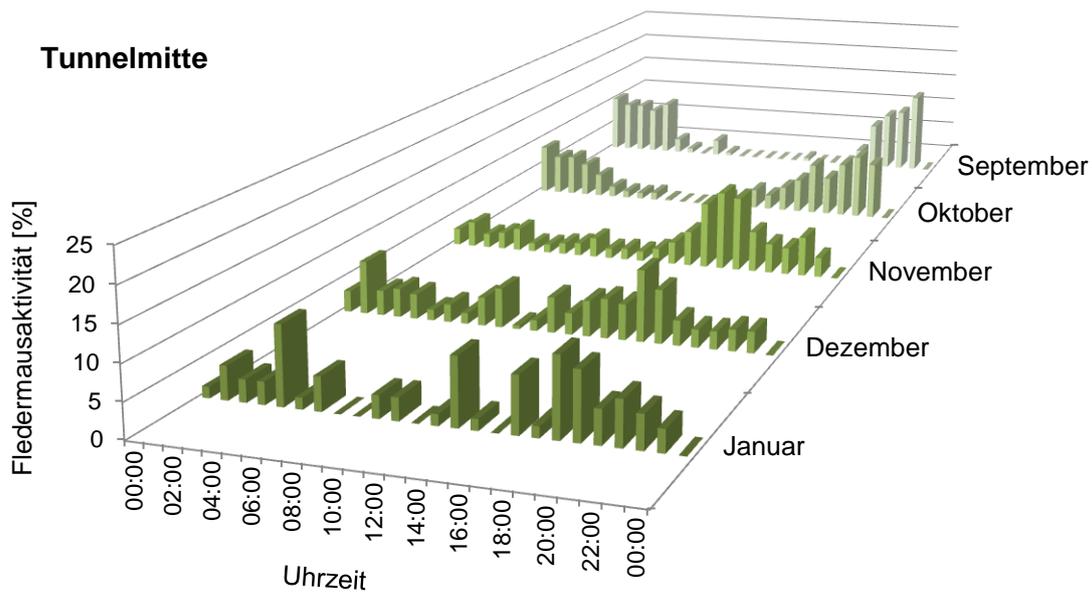


Abbildung 8: Fledermausaktivität gemessen an der Anzahl der Lautaufnahmen in der Mitte des Hirsauer Tunnels pro Monat dargestellt.

5.1.2 TUNNEL FORST

Am Forster Tunnel wurden über den Zeitraum vom 30. September 2015 bis 17. Januar 2016 insgesamt 9.390 Lautaufnahmen aufgezeichnet (Abbildung 9). Diese zeigen auch für den Tunnel Forst, dass dieser über die gesamte Länge von den Fledermäusen genutzt wird.

Bedingt durch die Datenlücken reduziert sich die Anzahl auswertbarer Aufnahmen auf 5.128, die zur Darstellung Aktivitätsmuster im Tunnel Forst dienen können. Diese wurden zu 45,8% ($n = 2.349$) am Tunnelportal Ostelsheim aufgenommen. Weitere 19,8% ($n = 1.013$) wurden in der Tunnelmitte gemacht. 34,4% ($n = 1.766$) der Gesamtaktivität wurden am Tunnelportal Althengstett gemessen.

Die Aktivität am Portal Althengstett scheint sich über den Untersuchungszeitraum relativ gleichmäßig fortzusetzen. In der Tunnelmitte wurde ab Anfang Dezember ein Aktivitätseinbruch verzeichnet. Der Aktivitätsverlauf am Tunnelportal Ostelsheim ist aufgrund von Datenlücken nur eingeschränkt nachvollziehbar.

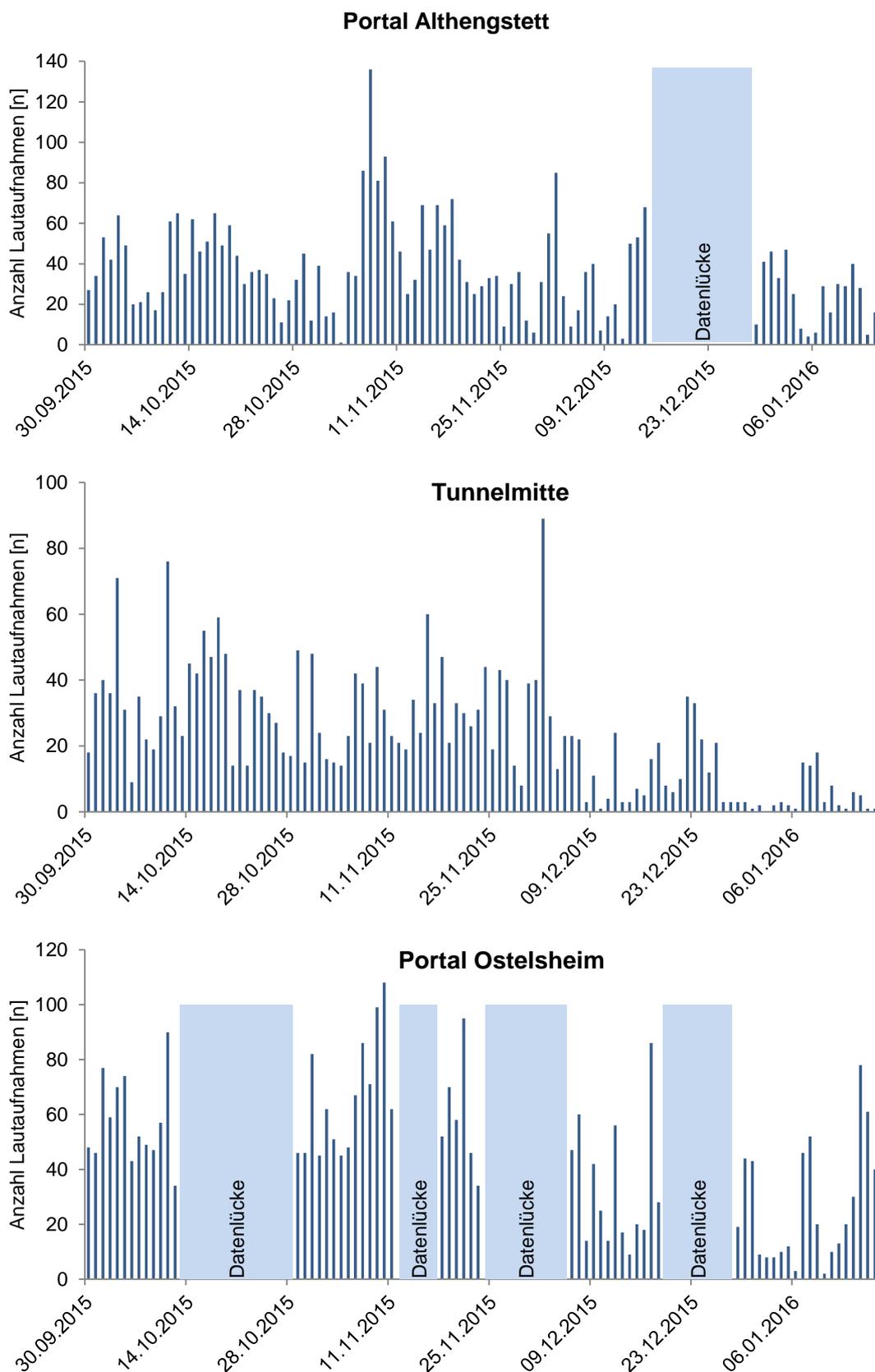


Abbildung 9: Fledermausaktivität basierend auf Lautaufnahmen an drei Standorten im Tunnel Forst.

Wie auch am Hirsauer Tunnel hat sich am Forster Tunnel die zeitliche Nutzung im Laufe des Untersuchungszeitraums verschoben. Die gleichmäßige Nachtaktivität, wie sie im Oktober 2015 gemessen wurde, hat sich ab November 2015 in den späten Nachmittag / frühen Abend hinein verlagert. Auch hier nahm die Aktivität in den Mittagsstunden mit Fortschreiten des Winters zu, wobei diese sich am Forster Tunnel nicht nur in der Tunnelmitte, sondern zu einem großen Teil auch am Althengstetter Portal abspielte, wo im Januar kein Tag / Nacht-Rhythmus mehr erkennbar war.

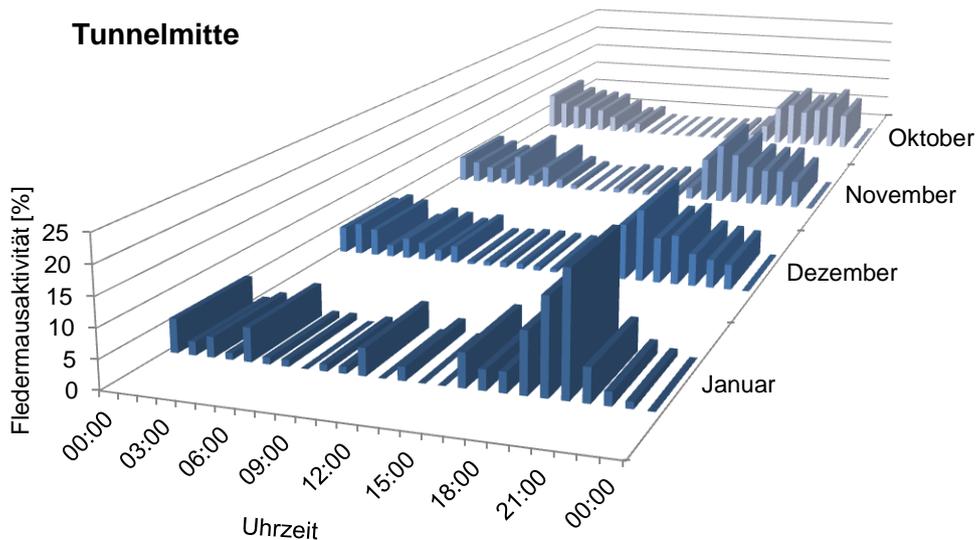


Abbildung 10: Fledermausaktivität gemessen an der Anzahl der Lautaufnahmen in der Mitte des Forster Tunnels pro Monat dargestellt.

5.2 ÜBERWINTERUNGSBESTAND BASIEREND AUF DEN LICHTSCHRANKEN-DATEN

Im Tunnel Hirsau wurden während der Abwanderungsphase insgesamt 18.113 Lichtschranken-Ereignisse registriert (Abbildung 11). Die größte Aktivität wurde zwischen Ende März und Mitte April 2016 dokumentiert. An den beiden Portalen (Heumaden und Fuchsklinge) wurden im Zeitraum der Abwanderungsphase 8.714 Einflugs-Lichtschranken-Ereignisse und 9.399 Ausflugs-Lichtschranken-Ereignisse registriert. Daraus ergibt sich für den Tunnel Hirsau eine Bilanz von -685 Lichtschranken-Ereignissen, aus denen sich unter Berücksichtigung der methodischen Unschärfe im Tunnel Hirsau ein Überwinterungsbestand von ca. 700 Tieren ableitet (Tabelle 6).

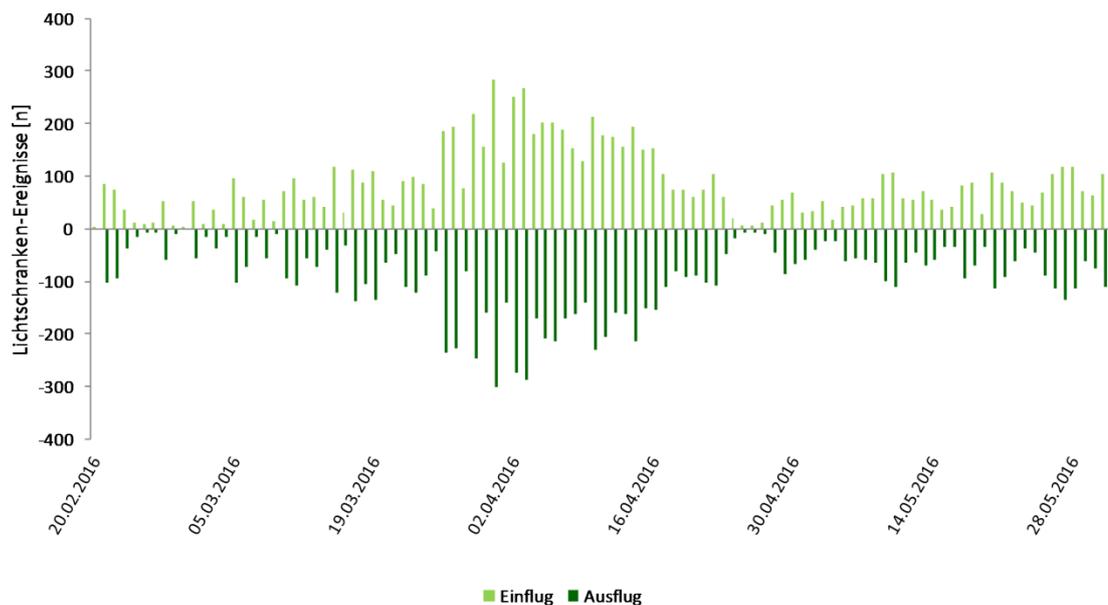


Abbildung 11: Lichtschranken-Ereignisse während der Abwanderungsphase im Tunnel Hirsau.

Im Vergleich dazu war die Aktivität im Tunnel Forst mit insgesamt 8.295 Lichtschranken-Ereignisse deutlich geringer (Abbildung 12). Die größte Aktivität wurde hier zwischen Ende März und Ende April 2016 dokumentiert. Im Zeitraum der Abwanderungsphase wurden an den beiden Portalen (Althengstett und Ostelsheim) 4.005 Einflugs-Lichtschranken-Ereignisse und 4.290 Ausflugs-Lichtschranken-Ereignisse registriert. Daraus ergibt sich eine Bilanz von -285 Lichtschranken-Ereignissen, aus denen sich unter Berücksichtigung der methodischen Unschärfe im Tunnel Forst ein Überwinterungsbestand von ca. 300 Tieren ableitet (Tabelle 6).

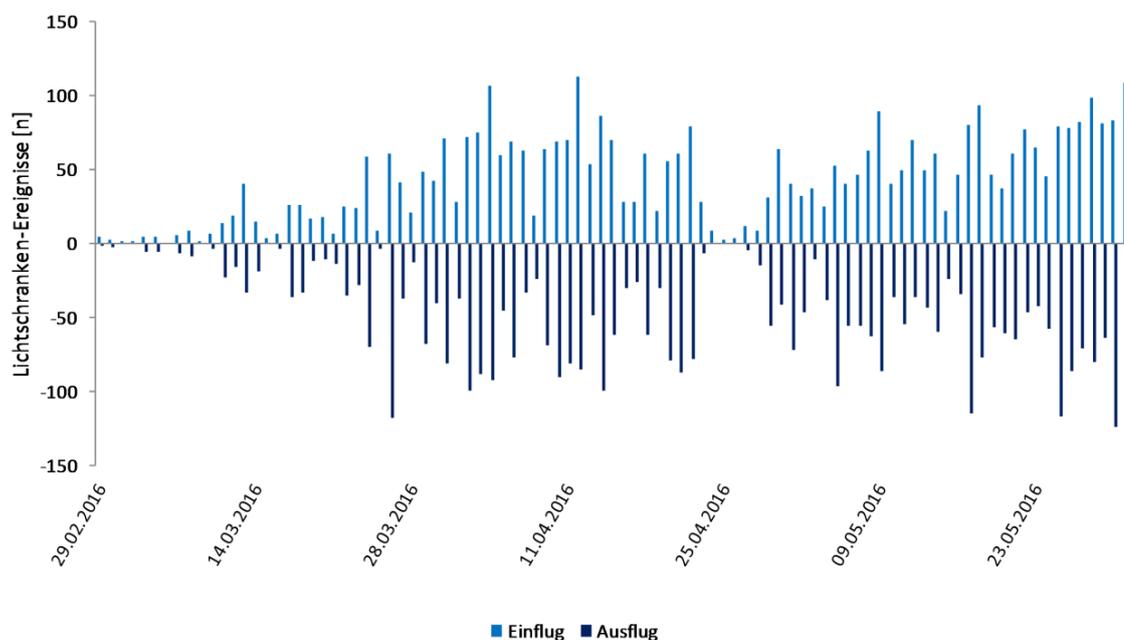


Abbildung 12: Lichtschranken-Ereignisse während der Abwanderungsphase im Tunnel Forst.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Bilanzierten Lichtschrankenergebnisse und der daraus resultierende Überwinterungsbestand in den Tunneln Hirsau und Forst.

Tunnel	Abwanderungsphase	Einflug-Ereignisse	Ausflug-Ereignisse	Bilanz	Überwinterungsbestand
Hirsau	20.02. -31.05.2016	8.714	9.399	-685	ca. 700
Forst	29.02. -31.05.2016	4.005	4.290	-285	ca. 300

5.3 ARTSPEZIFISCHE AKTIVITÄTSMUSTER UND ÜBERWINTERUNGSBESTÄNDE BASIEREND AUF DEN FOTO-DATEN

Basierend auf den Foto-Daten und unter Berücksichtigung der artspezifischen Abwanderungsphasen wurde für jede dokumentierte Art ein bilanzierter Überwinterungsbestand ermittelt. Dieser ist für Arten, bei denen die Abwanderungsphase nicht eindeutig abgegrenzt werden konnte, mit einer größeren Unschärfe behaftet als für Arten, bei denen der Zeitraum der Abwanderung eindeutig war.

Fehlerberechnung

Der anhand der Unplausibilität der bilanzierten Foto-Daten berechnete mittlere Minimalfehler (Ansatz 1) betrug in beiden Tunneln durchschnittlich 7,89%, der anhand der Unplausibilität in Bezug auf die Winterquartierzählung berechnete mittlere Minimalfehler betrug in beiden Tunneln durchschnittlich 5,29% und der anhand der Abweichungen zwischen Lichtschranken- und Foto-Daten ermittelte Fehler betrug in beiden Tunneln durchschnittlich 6,36%. Daraus ergibt sich ein mittlerer Gesamtfehler von 6,52%. Des Weiteren wurde unter Berücksichtigung dieses relativen Gesamtfehlers sowie der artspezifischen Verhaltensweisen und Datengrundlagen eine fachgutachterliche Einschätzung des Gesamtbestands vorgenommen.

Artkomplexe

Für die Arten, die in Artkomplexen zusammengefasst wurden gilt in Bezug auf ihr Vorkommen in den beiden Tunneln, dass aufgrund der Verbreitung und Häufigkeit ist ein Vorkommen der Großen Bartfledermaus nahezu auszuschließen, da die Art bisher nicht in der Region nachgewiesen wurde, während für die Kleine Bartfledermaus zahlreiche Funde vorliegen [1], [2]. Auch bei den Netzfängen an den Tunnelportalen wurden lediglich Kleine Bartfledermäuse nachgewiesen [15]. Es wird daher davon ausgegangen, dass es sich bei den nachgewiesenen Bartfledermäusen um Kleine Bartfledermäuse handelt. Das Graue Langohr wurde bei der diesjährigen Winterkontrolle erstmalig mit zwei Individuen im Tunnel Forst nachgewiesen [4]. Aufgrund dessen kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei den erfassten Langohrfledermäusen zum großen Teil um Braune Langohren handelt. Für den Artkomplex Zwergfledermäuse ist zu berücksichtigen, dass die Mückenfledermaus in Baden-Württemberg noch unzureichend erforscht, da sie erst seit wenigen Jahren als eigenständige Art be-

schrieben ist. Es kann jedoch von einem Vorkommen beider Arten ausgegangen werden.

5.3.1 TUNNEL HIRSAU

Im Tunnel Hirsau wurden während der Abwanderungsphase neun Fledermausarten dokumentiert: Bartfledermäuse (*Myotis mystacinus* / *Myotis brandtii*), Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteini*), Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*), Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*), Großes Mausohr (*Myotis myotis*), Langohrfledermäuse (*Plecotus auritus* / *Plecotus austriacus*), Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*), Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) und Zwergfledermäuse (*Pipistrellus pipistrellus* / *Pipistrellus pygmaeus*). Dabei konnten deutliche Unterschiede hinsichtlich der Aktivität und Abwanderungszeiten zwischen den Arten beobachtet werden (Tabelle 7).

Tabelle 7: Artspezifische Überwinterungsbestände und Abwanderungsphasen im Tunnel Hirsau basierend auf den Foto-Daten¹.

Art	Abwanderung	Einflug-Fotos	Ausflug-Fotos	Bilanz	geschätzter Gesamtbestand
Bartfledermäuse	25.03.-17.05.	1.071	-1.349	-278	ca. 250
Bechsteinfledermaus	02.04.-31.05.	30	-27	3	ca. 5
Breitflügelfledermaus	27.03.-31.05.	238	-253	-15	ca. 15
Fransenfledermaus	21.03.-31.05.	1.480	-1.584	-104	ca. 100
Großes Mausohr	28.03.-31.05.	596	-652	-56	ca. 60
Langohrfledermäuse	20.02.-9.04.	2.521	-2.867	-346	ca. 300
Mopsfledermaus	04.04.	0	-1	-1	1
Wasserfledermaus	20.02.-31.05.	658	-644	14	ca. 15
Zwergfledermäuse	23.03.-31.05.	471	-519	-48	ca. 30
Fledermaus unbestimmt	20.02.-31.05.	135	-144		

¹ Arten, bei denen die Abwanderungsphase nicht eindeutig abgegrenzt werden konnte sind durch graue Schrift gekennzeichnet. Die Anzahl der nicht eindeutig bestimmbar ein- und ausfliegenden Fledermäuse sind unter „Fledermaus unbestimmbar“ dargestellt. Eine Bilanzierung der Ein- und Ausflüge der „Fledermaus unbestimmbar“ erfolgte nicht, da es sich hierbei in der Regel um unterschiedliche Individuen handelt. Der geschätzte Gesamtbestand basiert auf der fachgutachterlichen Einschätzung unter Berücksichtigung aller möglichen und artspezifischen Fehlerquellen.

Bartfledermäuse im Tunnel Hirsau

Die Abwanderungsphase der Bartfledermäuse konnte anhand der Foto-Daten eindeutig abgegrenzt werden und fand im Zeitraum 25. März 2016 - 17. Mai 2016 statt (Abbildung 13). In diesem Zeitraum wurden Bartfledermäuse im Tunnel Hirsau auf 1.071 Einflug-Fotos und auf 1.349 Ausflug-Fotos identifiziert. Daraus ergibt sich für den Tunnel Hirsau ein bilanzierter Bestand von -278 ausfliegenden Bartfledermäusen. Hinsichtlich artspezifischer Fehlerquellen ist zu beachten, dass Wasserfledermäuse, wenn diese sehr dunkel gefärbt oder mit wenig Licht fotografiert worden sind, fälschlicherweise als Bartfledermäuse identifiziert werden können. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass einige der Fotos, die den Bartfledermäusen zugeordnet wurden, eigentlich zur Art der Wasserfledermaus gehören. Im Rahmen der fachgutachterlichen Einschätzung wird daher der bilanzierte Bestand leicht nach unten korrigiert. Im Rahmen der fachgutachterlichen Einschätzung wurde daher ein Überwinterungsbestand der Bartfledermäuse von ca. 250 Individuen im Hirsauer Tunnel (vgl. Tabelle 7).

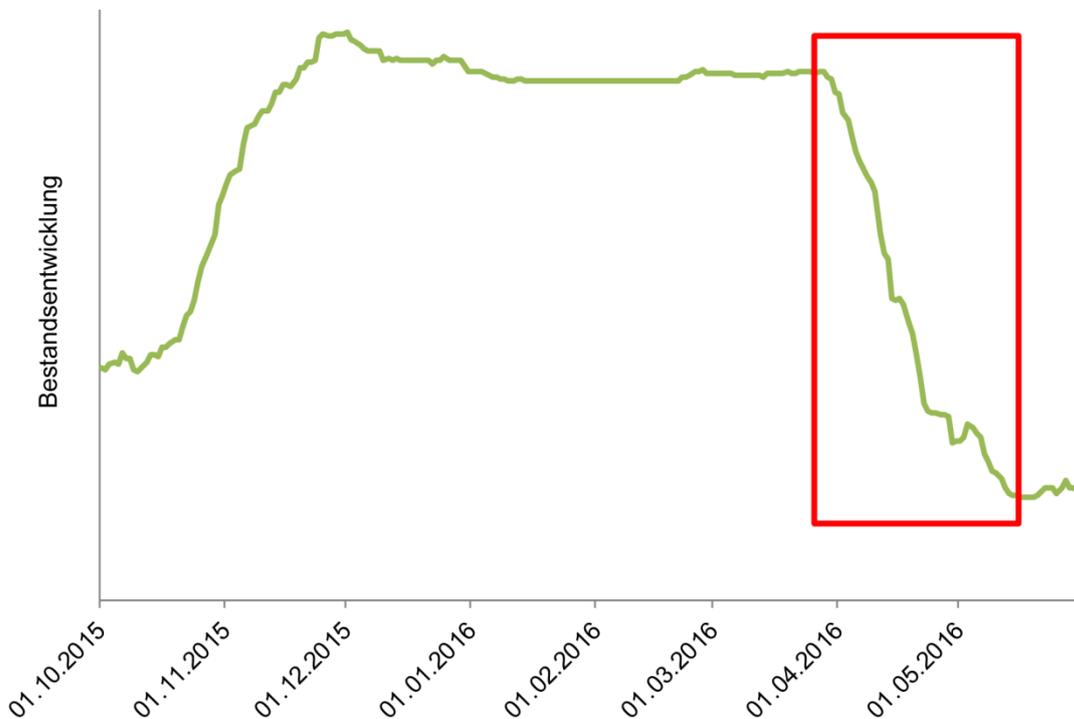


Abbildung 13: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Bartfledermäuse im Tunnel Hirsau.

Bechsteinfledermaus im Tunnel Hirsau

Der Abwanderungszeitraum konnte für die Bechsteinfledermaus nicht eindeutig abgegrenzt werden. Dies liegt vor allem daran, dass die Bestandsänderung der Bechsteinfledermaus abweichend von den anderen, in dem Tunnel überwinternden Arten verläuft, da zunächst der relative Bestand im Oktober 2015 deutlich absinkt und anschließend am 26. Oktober 2015 lediglich zwei Einflugereignisse registriert wurden (Abbildung 14). Die Bechsteinfledermaus wird dann über einen sehr langen Zeitraum

(161 Tage) nicht im Tunnel registriert, bis am 05. April 2016 die Aktivität der Bechsteinfledermäuse mit der Registrierung von drei bzw. sechs Einflügen wieder beginnt. Unter Berücksichtigung des Datums dieser Einflüge ist anzunehmen, dass es sich dabei um Bechsteinfledermäuse handelt, die nicht im Tunnel überwintert haben sondern diesen als Sommerlebensraum bzw. Zwischenquartier nutzen. Dafür spricht auch, dass Bechsteinfledermäuse in der Regel die Winterquartiere bis Ende März verlassen haben [11]. Weiterhin wird angenommen, dass ein Großteil der Bechsteinfledermäuse überwiegend in Baumhöhlen überwintern [5].

Berücksichtigt man alle im Frühling ein- (30) und ausgeflogenen (-27) Bechsteinfledermäuse, so ergibt sich ein bilanzierter Bestand von +3 Bechsteinfledermäusen. Basierend auf der mittels Foto-Daten aufgenommenen Bestandsentwicklung kann ebenfalls angenommen werden, dass ein Großteil der Bechsteinfledermäuse den Tunnel Hirsau überwiegend als Zwischenquartier im Herbst und Frühling und nicht Winterquartier nutzt. Da jedoch den Foto-Daten eine zu berücksichtigende Unschärfe zugrunde liegt und diese durch das Flugverhalten der Bechsteinfledermaus vermutlich größer wird als beispielsweise bei Zwergfledermäusen, ist nicht auszuschließen, dass einige Bechsteinfledermäuse den Hirsauer Tunnel zur Überwinterung nutzen. Basierend auf der fachgutachterlichen Einschätzung ergibt sich daher für den Tunnel Hirsau ein geschätzter Überwinterungsbestand von ca. 5 Individuen der Bechsteinfledermaus (vgl. Tabelle 7).

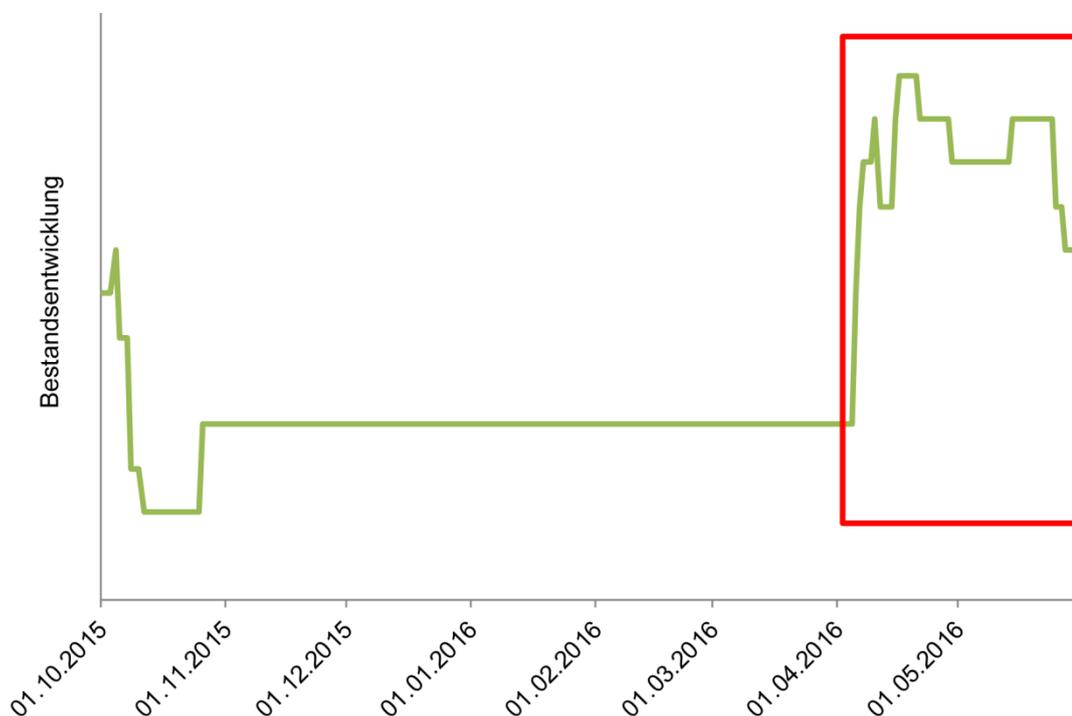


Abbildung 14: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Bechsteinfledermaus im Tunnel Hirsau.

Breitflügelvedermaus im Tunnel Hirsau

Die Abwanderungsphase der Breitflügelvedermaus aus dem Tunnel Hirsau konnte anhand der Foto-Daten eindeutig abgegrenzt werden und fand im Zeitraum 27. März 2016 - 31. Mai 2016 statt (Abbildung 15). In diesem Zeitraum wurden Individuen der Breitflügelvedermaus im Tunnel Hirsau auf 238 Einflug-Fotos und auf 253 Ausflug-Fotos identifiziert. Daraus ergibt sich für den Tunnel Hirsau ein bilanzierter Bestand von 15 ausfliegenden Breitflügelvedermäusen. Der artspezifische Fehler ist auf Grund des sehr gradlinigen Flugverhaltens und der, im Vergleich zu den übrigen im Tunnel nachgewiesenen Arten, unverwechselbaren Morphologie für die Breitflügelvedermaus als gering einzuschätzen. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass der basierend auf den Foto-Daten bilanzierte Überwinterungsbestand der Breitflügel relativ genau ist, weshalb für diese Art basierend auf der fachgutachterlichen Einschätzung ein Gesamtbestand von 15 überwinternden Individuen angenommen wird (vgl. Tabelle 7).

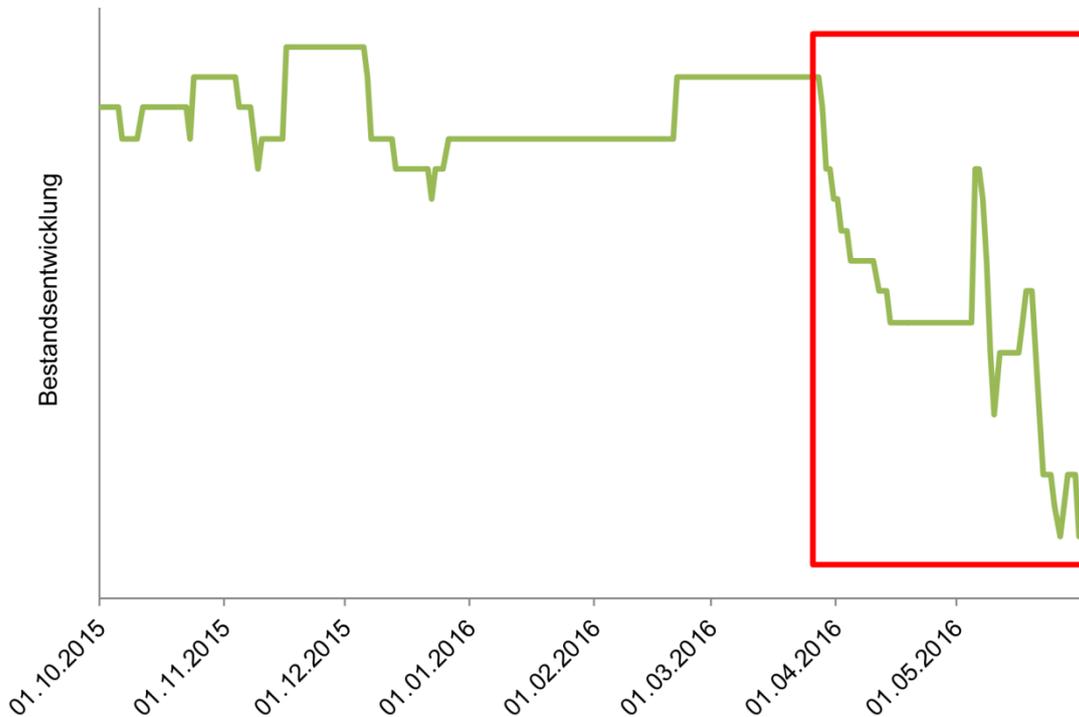


Abbildung 15: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Breitflügelvedermaus im Tunnel Hirsau.

Fransenvedermaus im Tunnel Hirsau

Die Abwanderungsphase der Fransenvedermaus aus dem Tunnel Hirsau konnte anhand der Foto-Daten eindeutig abgegrenzt werden und fand im Zeitraum 21. März 2016 - 31. Mai 2016 statt (Abbildung 16). In diesem Zeitraum wurden Individuen der Fransenvedermaus im Tunnel Hirsau auf 1.480 Einflug-Fotos und auf 1.584 Ausflug-Fotos identifiziert. Daraus ergibt sich für den Tunnel Hirsau ein bilanzierter Bestand von -104 ausfliegenden Fransenvedermäusen. Der artspezifische Fehler ist aufgrund

der hohen Anzahl der Registrierungen für diese Art als vergleichsweise gering anzunehmen. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass der basierend auf den Foto-Daten bilanzierte Überwinterungsbestand der Fransenfledermaus nur geringfügig von dem tatsächlichen Überwinterungsbestand abweicht, weshalb für diese Art der Gesamtbestand auf ca. 100 überwinternden Individuen im Tunnel Hirsau geschätzt wird (vgl. Tabelle 7).



Abbildung 16: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Fransenfledermaus im Tunnel Hirsau.

Großes Mausohr im Tunnel Hirsau

Die Abwanderungsphase des Großen Mausohrs aus dem Tunnel Hirsau konnte anhand der Foto-Daten eindeutig abgegrenzt werden und fand im Zeitraum 28. März 2016 - 31. Mai 2016 statt (Abbildung 17). In diesem Zeitraum wurden 596 Einflugs- und 652 Ausflugs-Fotos dem Großen Mausohr im Tunnel Hirsau zugeordnet. Daraus ergibt sich für den Tunnel Hirsau ein bilanzierter Bestand von -56 ausfliegenden Großen Mausohren. Der artspezifische Fehler ist aufgrund der relativ hohen Anzahl der Registrierungen, des Flugverhaltens der Art und der geringen Verwechslungswahrscheinlichkeit für das Große Mausohr als gering einzuschätzen. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass der basierend auf den Foto-Daten bilanzierte Überwinterungsbestand für das Große Mausohr nur geringfügig von dem tatsächlichen Überwinterungsbestand abweicht, weshalb für diese Art im Rahmen der fachgutachterlichen Einschätzung ein Gesamtbestand von ca. 60 überwinternden Individuen im Tunnel Hirsau angenommen wird (vgl. Tabelle 7).



Abbildung 17: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) des Großen Mausohrs im Tunnel Hirsau.

Langohrfledermäuse im Tunnel Hirsau

Die Abwanderungsphase der Langohrmäuse konnte anhand der Foto-Daten eindeutig abgegrenzt werden und fand im Zeitraum 20. Februar 2016 - 09. April 2016 statt (Abbildung 18). In diesem Zeitraum wurden im Tunnel Hirsau 2.521 Einflug-Fotos und 2.867 Ausflug-Fotos den Langohrfledermäusen zugeordnet. Daraus ergibt sich für den Tunnel Hirsau ein bilanzierter Bestand von -346 ausfliegenden Langohrfledermäusen. Hinsichtlich artspezifischer Fehlerquellen ist zu beachten, dass Langohrfledermäuse sehr häufig in Tandemflügen zu beobachten sind, dies tritt jedoch vermehrt in der Einflugphase auf. Weiterhin ist diese Art sehr manövrierfähig, weshalb die durch das art-spezifische Flugverhalten verursachte Unschärfe bei Langohrfledermäusen als vergleichsweise hoch anzunehmen ist. Diese Unschärfe kann dabei im Vergleich zum tatsächlichen Überwinterungsbestand sowohl eine Erhöhung als auch Reduzierung des bilanzierten Bestands zur Folge haben. Bezüglich der unverwechselbaren Morphologie dieser Art sind Verwechslungen mit anderen Arten für Langohrfledermäuse jedoch weitestgehend auszuschließen. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren und basierend auf Erfahrungen aus anderen Untersuchungen wird daher der bilanzierte Bestand leicht nach unten korrigiert. Es ergibt sich daher ein geschätzter Überwinterungsbestand der Langohrfledermäuse von ca. 300 Individuen im Hirsauer Tunnel (vgl. Tabelle 7).

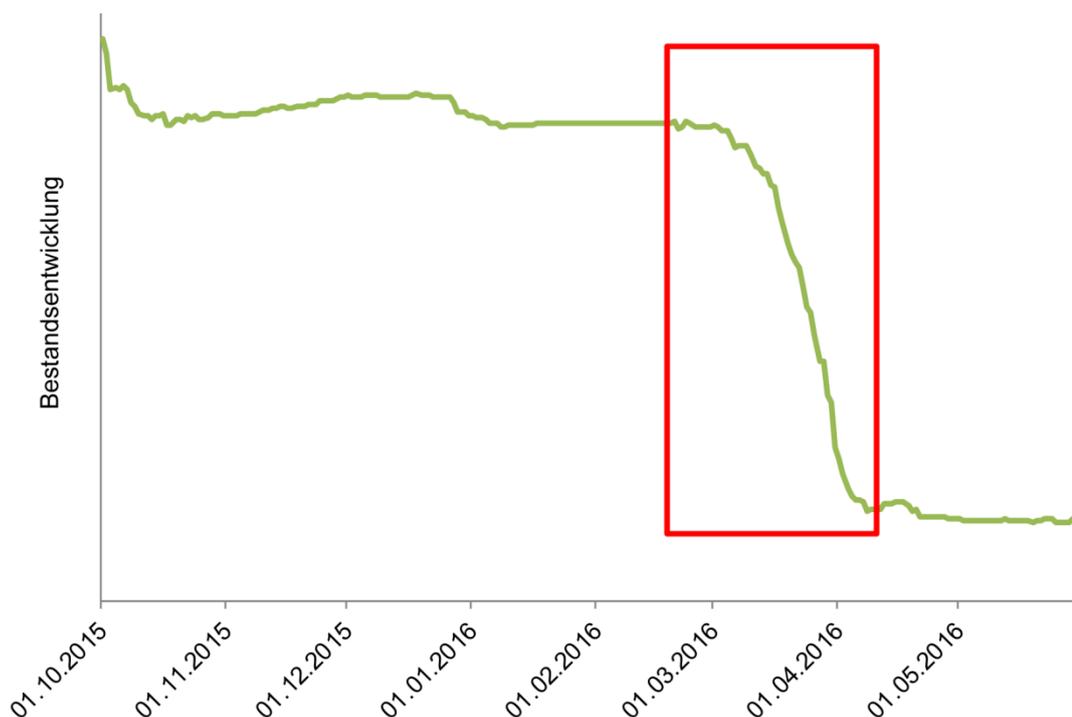


Abbildung 18: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Langohrfledermäuse im Tunnel Hirsau.

Mopsfledermaus im Tunnel Hirsau

Die Mopsfledermaus wurde im Tunnel Hirsau während des gesamten Erfassungszeitraums mit nur einem Ausflugs-Ereignis dokumentiert. Es wird daher davon ausgegangen, dass lediglich dieses eine Individuum im Tunnel überwintert hat.

Wasserfledermaus im Tunnel Hirsau

Die Abwanderungsphase konnte für die Wasserfledermaus im Hirsauer Tunnel nicht eindeutig abgegrenzt werden. Dies liegt vor allem daran, dass die Bestandsänderung der Wasserfledermaus abweichend von den anderen, in dem Tunnel überwinternden Arten verläuft (Abbildung 19), da zum einen während der Einflugphase mehr Individuen dieser Art den Tunnel verlassen als einfliegen und zum anderen während der potenziellen Abwanderungsphase der relative Bestand zunächst zunimmt. Dabei ist ein klarer Abwärtstrend des relativen Bestands erst ab Mitte Mai 2016 zu verzeichnen. Zwar ist für die Wasserfledermaus bekannt, dass diese Art teilweise erst sehr spät die Winterquartiere verlässt, jedoch wird beschrieben, dass einzelne Individuen schon deutlich früher (Mitte März) in den Sommerlebensräumen zu finden sind [2], [11]. Es ist daher naheliegend, dass bereits einige frühzeitig in die Sommerlebensräume zurückgekehrte Individuen in den Tunnel eingeflogen sind, um diesen beispielsweise als Zwischenquartier zu nutzen, während die im Tunnel überwinternden Wasserfledermäuse diesen noch nicht verlassen haben. Dadurch kommt es zu einer Überlagerung dieser zwei Bestände, die eine eindeutige Quantifizierung des Überwinterungsbestands anhand der Foto-Daten für die Wasserfledermaus im

Hirsauer Tunnel unmöglich macht. Betrachtet man die vollständigen Aktivitätsphase dieser Art im Frühjahr 2016 (20.02.-31.05.), so wurden 658 Einflug-Fotos und 644 Ausflug-Fotos der Wasserfledermaus zugeordnet. Daraus ergibt sich ein bilanzierter Bestand von +14 Individuen der Wasserfledermaus. Aufgrund der morphologischen Ähnlichkeit können Wasserfledermäuse bei dunkler Fellfärbung oder ungünstigen Lichtverhältnissen fälschlicherweise als Bartfledermäuse identifiziert werden. Unter Berücksichtigung möglicher Fehlbestimmungen und der geringen Anzahl an Registrierungen im Herbst und vor der Einwanderungsphase wird davon ausgegangen, dass der Überwinterungsbestand gering ist. Für die Wasserfledermaus wird daher im Rahmen der fachgutachterlichen Einschätzung für den Hirsauer Tunnel ein Überwinterungsbestand von ca. 15 Tieren angenommen.

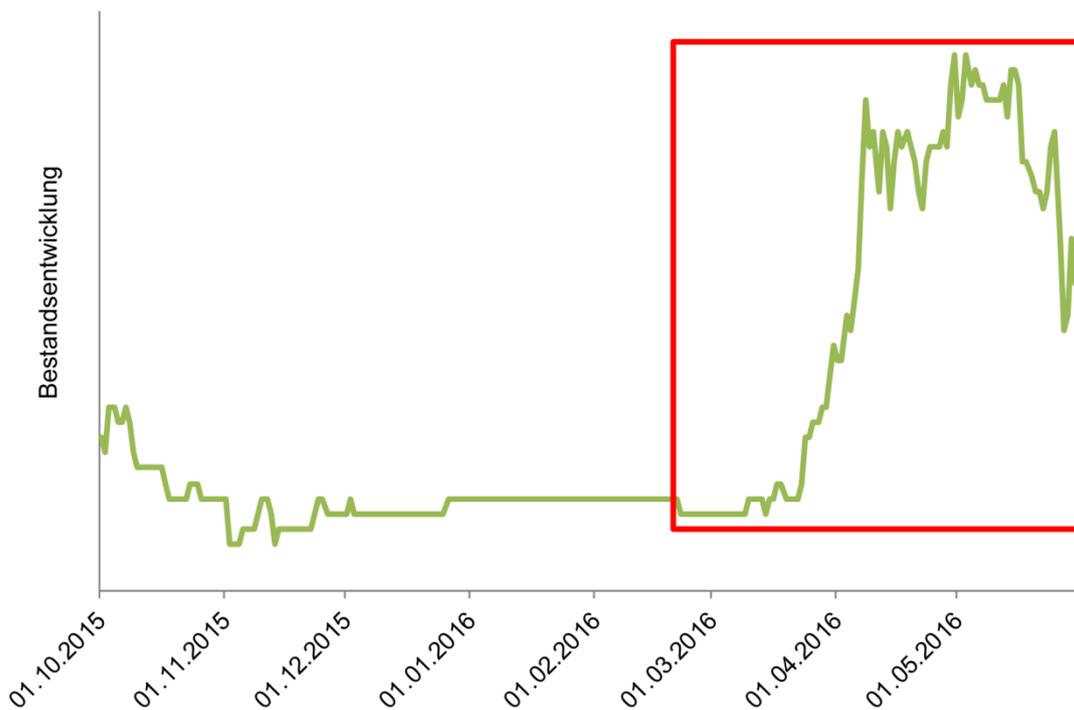


Abbildung 19: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Wasserfledermaus im Tunnel Hirsau.

Zwergfledermäuse im Tunnel Hirsau

Die Abwanderungsphase der Zwergfledermäuse konnte nicht eindeutig abgegrenzt werden. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass Anfang April einige Tiere eingewandert sind, die offensichtlich nicht in dem Tunnel überwintert haben (Abbildung 20). Um diese, offensichtlich erst nach der Überwinterung eingewanderten Tiere nicht als Individuen des Überwinterungsbestands zu behandeln wurde als Beginn der Abwanderungsphase ein Zeitpunkt vor der Einwanderung dieser Tiere gewählt. Als Abwanderungsphase wurde für die Zwergfledermäuse im Tunnel Hirsau daher der Zeitraum 23. März 2016 - 31. Mai 2016 festgelegt. Während dieser Abwanderungsphase wurden 471 Einflug-Fotos und 519 Ausflug-Fotos den Zwergfledermäusen zugeordnet. Daher beträgt der anhand der Foto-Daten bilanzierte Überwinterungsbestand der

Zwergfledermäuse im Tunnel Hirsau -48 ausliegende Individuen. Die durch das art-spezifische Flugverhalten verursachte Unschärfe ist für Zwergfledermäuse als vergleichsweise gering anzunehmen. Bei ungünstigen Lichtverhältnissen könnten einzelne Individuen mit Bartfledermäusen verwechselt worden sein. Da jedoch eine Verwechslung in beide Richtungen möglich ist wird davon ausgegangen, dass sich diese Falschbestimmungen im Rahmen der vergleichsweise vielen Bilder der beiden Arten vernachlässigbar sind. Unter Berücksichtigung dessen und der großen Anzahl erst Anfang April eingewanderten Zwergfledermäuse wird daher der bilanzierte Bestand etwas reduziert. Es wird weiterhin von einem Überwinterungsbestand von ca. 30 Zwergfledermäusen im Hirsauer Tunnel ausgegangen.



Abbildung 20: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Zwergfledermäuse im Tunnel Hirsau.

5.3.2 TUNNEL FORST

Im Tunnel Forst wurden während der Abwanderungsphase acht Fledermausarten dokumentiert: Bartfledermäuse (*Myotis mystacinus* / *Myotis brandtii*), Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*), Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*), Großes Mausohr (*Myotis myotis*), Langohrfledermäuse (*Plecotus auritus* / *Plecotus austriacus*), Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*), Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) und Zwergfledermäuse (*Pipistrellus pipistrellus* / *Pipistrellus pygmaeus*). Dabei konnten deutliche Unterschiede hinsichtlich der Aktivität und Abwanderungszeiten zwischen den Arten beobachtet werden (Tabelle 8).

Tabelle 8: Artspezifische Überwinterungsbestände und Abwanderungsphasen im Tunnel Forst basierend auf den Foto-Daten¹.

Art	Abwanderung	Einflug-Fotos	Ausflug-Fotos	Bilanz	geschätzter Gesamtbestand
Bartfledermäuse	28.03.-31.05.	38	-32	6	ca. 5
Breitflügelfledermaus	08.03.-22.04.	28	-32	-4	ca. 5
Fransenfledermaus	16.03.-31.05.	1.738	-1.773	-35	ca. 35
Großes Mausohr	06.03.-08.05.	184	-218	-34	ca. 35
Langohrfledermäuse	15.03.-31.05.	936	-943	-7	ca. 40
Mopsfledermaus	12.04.	0	-1	-1	1
Wasserfledermaus	07.05.-25.05.	7	-5	2	ca. 5
Zwergfledermäuse	12.03.-04.04.	83	-252	-169	ca. 170
Fledermaus unbestimmt	29.02.-31.05.	67	-128		

Bartfledermäuse im Tunnel Forst

Die Abwanderungsphase der Bartfledermäuse konnte anhand der Foto-Daten nicht eindeutig abgegrenzt werden. Dies liegt vor allem daran, dass die Bestandsentwicklung der Bartfledermäuse sich von den anderen, in dem Tunnel überwinternden Arten, unterscheidet. Während man im Herbst/Winter 2015 eine Einwanderung der Bartfledermäuse erwartet hätte, zeigt der relative Bestand eine deutliche Abnahme zwischen Anfang November und Anfang Dezember 2015. Außerdem wurde während der erwartenden Abwanderungsphase im Frühjahr 2016 eine deutliche Zunahme des relativen Bestands dieser Art ab Anfang April 2016 verzeichnet. Diese Zunahme des relativen Bestands ist bis Ende Mai 2016 zu beobachten. Bartfledermäuse haben jedoch in der Regel spätestens Mitte April das Winterquartier verlassen [11]. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass bis Ende Mai 2016 bereits Bartfledermäuse, die den Tunnel als Sommer- oder Zwischenquartier nutzen in den Tunnel eingewandert sind, während die im Tunnel Forst überwinternden Individuen der Bartfledermäuse diesen noch nicht verlassen hatten. Dies führt dazu, dass die Abwanderungsphase und damit der Bestand überwinternder Bartfledermäuse im Tunnel Forst anhand der Foto-Daten nicht eindeutig ermittelt werden kann. Wählt man den gesamten Aktivitätszeitraum der Bartfledermäuse im Frühjahr 2016 zur Bilanzierung des Überwinterungsbestands, so fand die Abwanderung der Bartfledermäuse zwischen 28. März 2016 und 31. Mai 2016 statt (Abbildung 21). In diesem Zeitraum wurden Bartfledermäuse auf 38 Einflug-Fotos und 32 Ausflug-Fotos identifiziert. Daraus ergibt sich ein bilanzierter Bestand von +6 eingeflogenen Bartfledermäusen. Hinsichtlich artspezifischer Fehlerquellen ist zu beachten,

¹ Arten, bei denen die Abwanderungsphase nicht eindeutig abgegrenzt werden konnte, sind durch graue Schrift gekennzeichnet. Die Anzahl der nicht eindeutig bestimmbar ein- und ausfliegenden Fledermäuse sind unter „Fledermaus unbestimmbar“ dargestellt. Eine Bilanzierung der Ein- und Ausflüge der „Fledermaus unbestimmbar“ erfolgte nicht, da es sich hierbei in der Regel um unterschiedliche Individuen handelt. Der geschätzte Gesamtbestand basiert auf der fachgutachterlichen Einschätzung unter Berücksichtigung aller möglichen und artspezifischen Fehlerquellen.

dass Wasserfledermäuse, wenn diese sehr dunkel gefärbt oder mit wenig Licht fotografiert worden sind, fälschlicherweise als Bartfledermäuse identifiziert werden können. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass einige der Fotos, die den Bartfledermäusen zugeordnet wurden, eigentlich zur Art der Wasserfledermaus gehören. Basierend darauf und unter Berücksichtigung der geringen Anzahl registrierter Bartfledermäuse kann daher davon ausgegangen werden, dass nur wenige Einzeltiere den Tunnel Forst tatsächlich als Winterquartier nutzten. Im Rahmen der fachgutachterlichen Einschätzung wird daher ein Überwinterungsbestand von ca. 5 Bartfledermäusen angenommen (vgl. Tabelle 8).

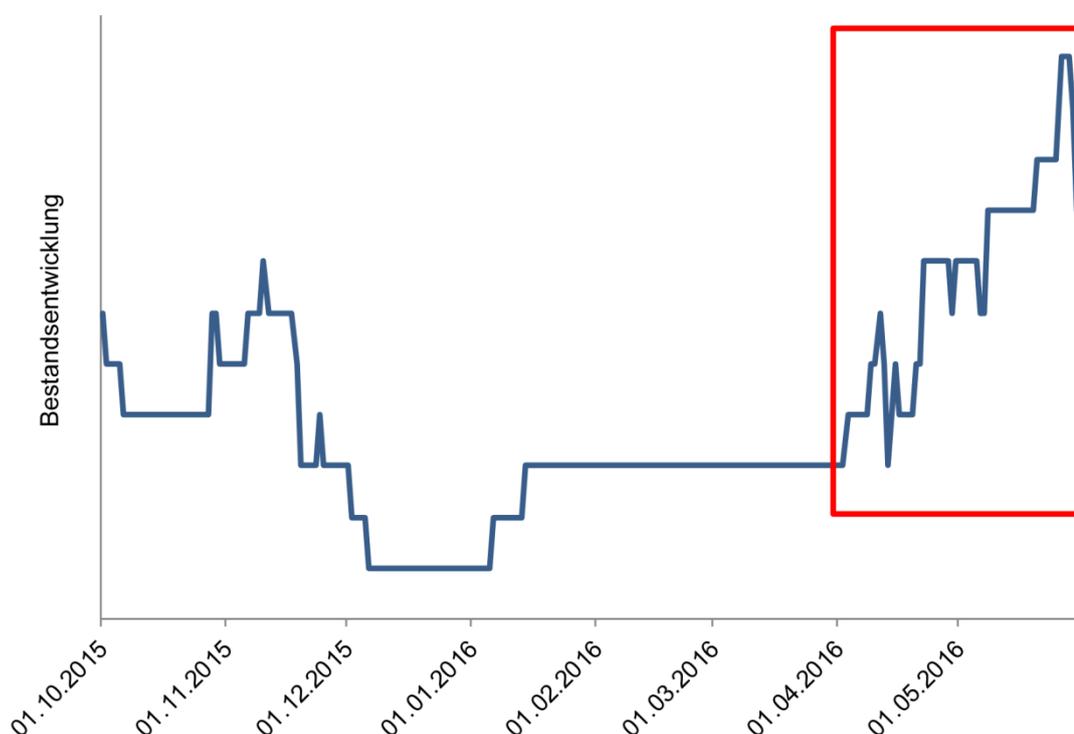


Abbildung 21: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Bartfledermäuse im Tunnel Forst.

Breitflügelfledermaus im Tunnel Forst

Die Abwanderungsphase der Breitflügelfledermaus konnte im Tunnel Forst nicht eindeutig abgegrenzt werden. Dies liegt vor allem daran, dass die Bestandsänderung der Breitflügelfledermaus sich deutlich von den anderen, in dem Tunnel überwinternden Arten, unterscheidet, da im Frühjahr 2016 zunächst eine Bestandszunahme für diese Art zu verzeichnen war. Dieser folgte eine kurze Bestandsabnahme und nach einer Zeit ohne Bestandsänderung (14 Tage) wurde eine deutliche Bestandszunahme dokumentiert (Abbildung 22). Aufgrund der verhältnismäßig langen Zeit ohne Bestandsänderung und unter Einbeziehung der Tatsache, dass Breitflügelfledermäuse das Winterquartier in der Regel bis Ende April verlassen [11], wurde die Bestandszunahme im Mai 2016 bei der Ermittlung des Überwinterungsbestands der Breitflügelfledermaus im Tunnel Forst berücksichtigt. Die Abwanderungsphase der Breitflügelfledermaus wurde daher

auf den Zeitraum 08. März 2016 - 22. April 2016 festgelegt. In diesem Zeitraum wurde die Breitflügelfledermaus auf 28 Einflug-Fotos und auf 32 Ausflug-Fotos identifiziert. Daraus resultiert ein bilanzierter Überwinterungsbestand von -4 Breitflügelfledermäusen im Tunnel Forst. Der artspezifische Fehler ist auf Grund des sehr gradlinigen Flugverhaltens und der, im Vergleich zu den übrigen im Tunnel nachgewiesenen Arten, unverwechselbaren Morphologie für die Breitflügelfledermaus als gering einzuschätzen. Basierend darauf wurde der bilanzierte Bestand im Rahmen der fachgutachterlichen Einschätzung nur geringfügig angepasst. Im Weiteren wird von einem Überwinterungsbestand von ca. 5 Breitflügelfledermäusen im Tunnel Forst ausgegangen (vgl. Tabelle 8).

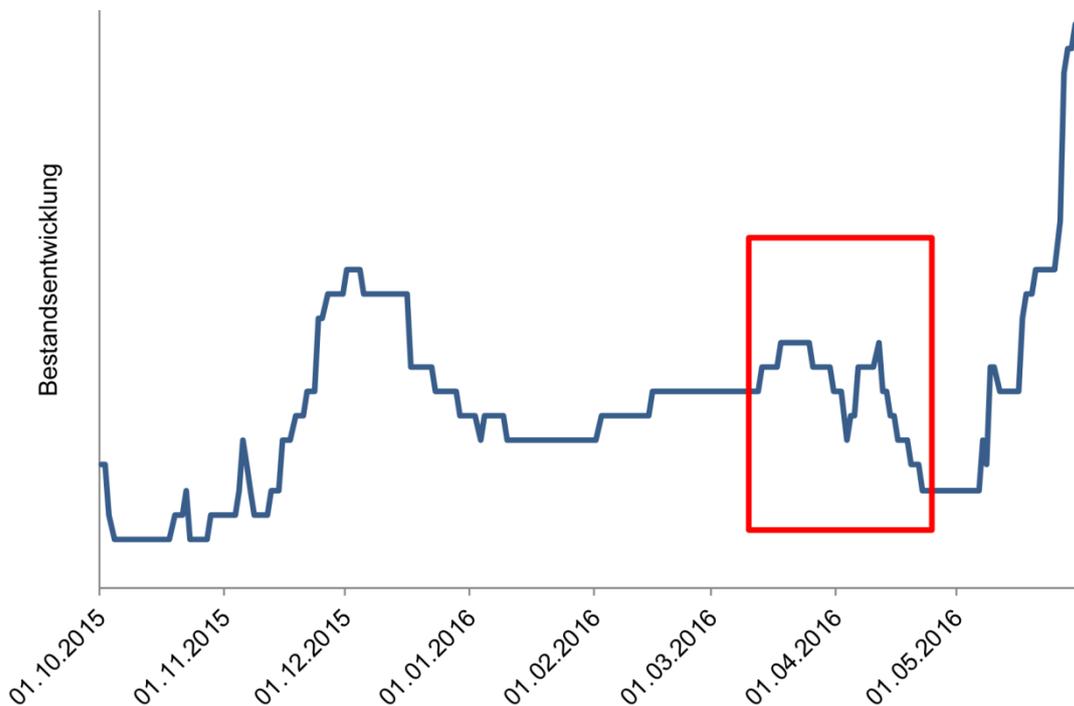


Abbildung 22: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Breitflügelfledermaus im Tunnel Forst.

Fransenfledermaus im Tunnel Forst

Die Abwanderungsphase konnte für die Fransenfledermaus eindeutig abgegrenzt werden und fand im Zeitraum 16. März 2016 - 31. Mai 2016 statt (Abbildung 23). In diesem Zeitraum wurden Individuen der Fransenfledermaus auf 1.738 Einflug-Fotos und 1.773 Ausflug-Fotos dokumentiert. Daraus ergibt sich ein bilanzierter Bestand von -35 abwandernden Fransenfledermäusen. Der artspezifische Fehler ist aufgrund der hohen Anzahl der Registrierungen für diese Art als vergleichsweise gering anzunehmen. Dennoch ist zu beachten, dass der Beginn der Abwanderungsphase der Fransenfledermäuse von einem leichten Bestandsanstieg gekennzeichnet ist (vgl. Abbildung 23). Dabei handelt es sich vermutlich um erst nach der Überwinterung eingewanderte Tiere. Diese nutzen die Tunnel in der Regel nur für einige Tage und werden im Rahmen der Bilanzierung zwar in Form von Ein- und Ausflugs-Ereignissen registriert, wirken sich

jedoch nicht auf die Größe des Überwinterungsbestands aus. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass der basierend auf den Foto-Daten bilanzierte Überwinterungsbestand der Fransenfledermaus nur geringfügig von dem tatsächlichen Überwinterungsbestand abweicht, weshalb im Rahmen der fachgutachterlichen Einschätzung für diese Art ein Gesamtbestand von ca. 35 überwinternden Individuen im Tunnel Forst angenommen wird (vgl. Tabelle 8).

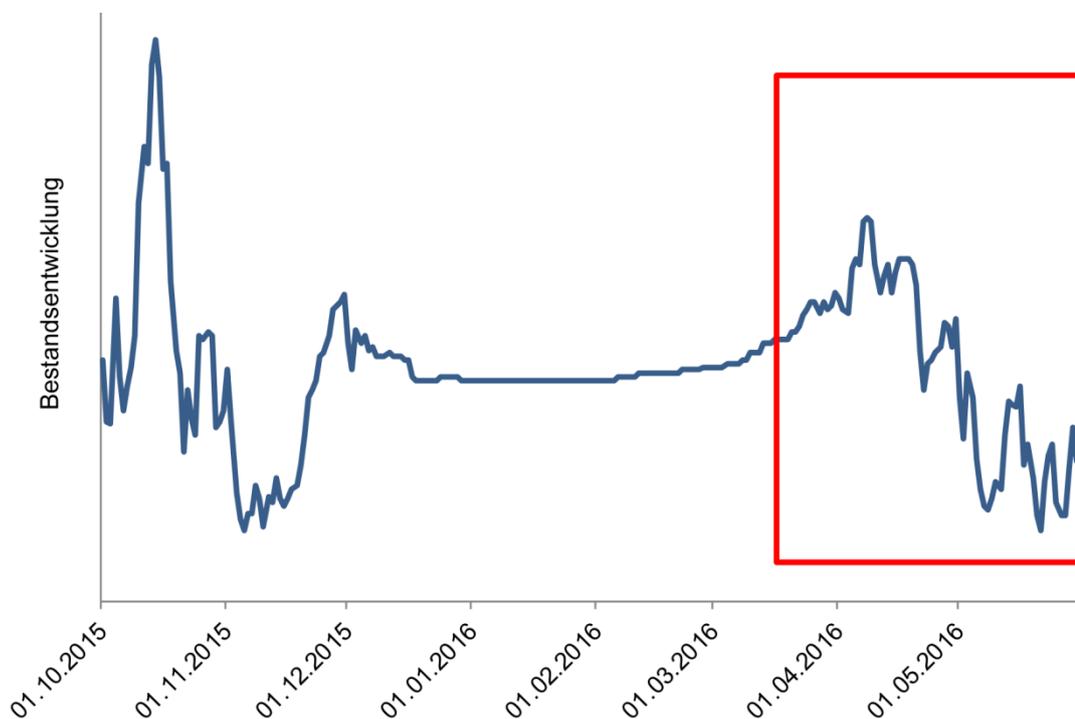


Abbildung 23: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Fransenfledermaus im Tunnel Forst.

Großes Mausohr im Tunnel Forst

Die Abwanderungsphase des Großen Mausohrs konnte basierend auf den Foto-Daten eindeutig abgegrenzt werden und fand im Zeitraum 06. März 2016 - 08. Mai 2016 statt (Abbildung 24). In diesem Zeitraum wurden Große Mausohren auf 184 Einflugs- und 218 Ausflugs-Fotos dokumentiert. Daraus ergibt sich ein bilanzierter Gesamtbestand von -34 überwinternde Große Mausohren im Tunnel Forst. Der artspezifische Fehler ist aufgrund der relativ hohen Anzahl der Registrierungen, des Flugverhaltens der Art und der geringen Verwechslungswahrscheinlichkeit für das Große Mausohr als gering einzuschätzen. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass der basierend auf den Foto-Daten bilanzierte Überwinterungsbestand für das Große Mausohr nur geringfügig von dem tatsächlichen Überwinterungsbestand abweicht, weshalb für diese Art ein Gesamtbestand von ca. 35 überwinternden Individuen im Tunnel Forst angenommen wird (vgl. Tabelle 8).

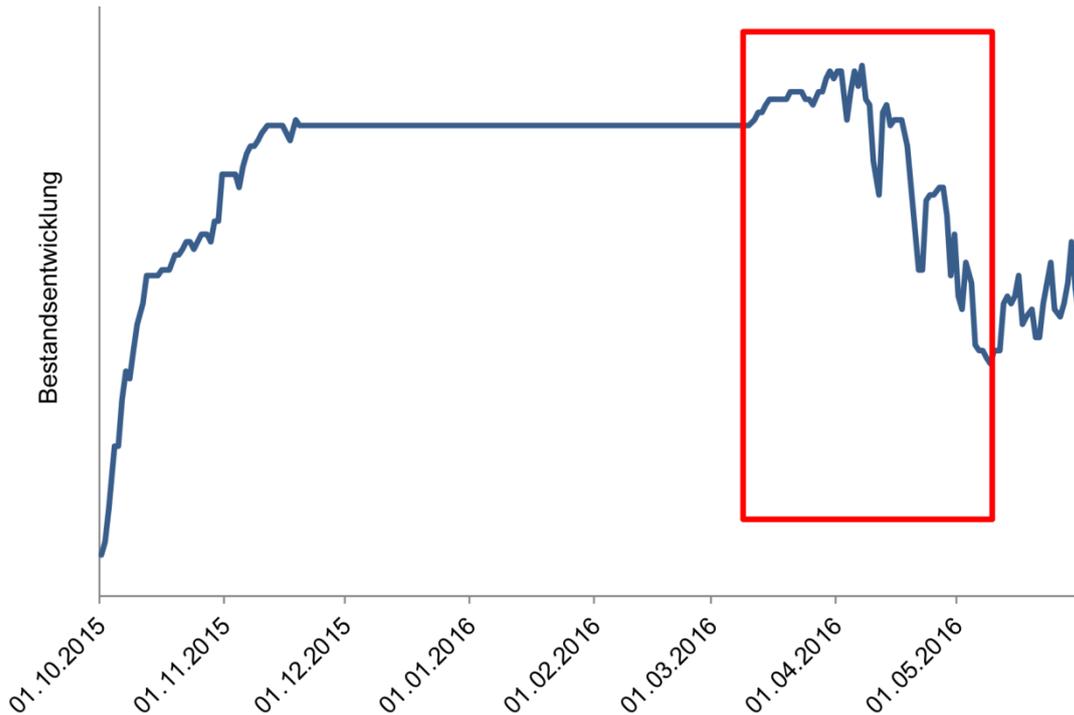


Abbildung 24: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) des Großen Mausohrs im Tunnel Forst.

Langohrfledermäuse im Tunnel Forst

Die Abwanderungsphase der Langohrfledermäuse konnte nicht eindeutig abgegrenzt werden, da die Bestandsentwicklung für diese Art, im Gegensatz zu anderen im Tunnel überwinternde Arten, im Tunnel Forst ab Anfang November 2015 einen relativ kontinuierlichen Anstieg des relativen Bestands zeigte (Abbildung 25). Der Beginn der Abwanderungsphase wurde daher auf den Zeitpunkt festgelegt, in dem erstmalig eine Bestandsabnahme und gleichzeitig eine erhöhte Aktivität festgestellt wurde. Als Abwanderungsphase der Langohrfledermäuse wurde daher im Tunnel Forst der Zeitraum 15. März 2016 - 31. Mai 2016 gewählt. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 936 einfliegende und 943 ausfliegende Langohrfledermäuse registriert. Daraus ergibt sich ein bilanzierter Überwinterungsbestand von -7 Langohrfledermäusen im Tunnel Forst. Hinsichtlich artspezifischer Fehlerquellen ist zu beachten, dass Langohrfledermäuse sehr häufig in Tandemflügen zu beobachten sind, dies tritt jedoch vermehrt in der Einflugphase auf. Weiterhin ist diese Art sehr manövrierfähig, weshalb die durch das artspezifische Flugverhalten verursachte Unschärfe bei Langohrfledermäusen als vergleichsweise hoch anzunehmen ist. Diese Unschärfe kann dabei im Vergleich zum tatsächlichen Überwinterungsbestand sowohl eine Erhöhung als auch Reduzierung des bilanzierten Bestands zur Folge haben. Bezüglich der unverwechselbaren Morphologie dieser Art sind Verwechslungen mit anderen Arten für Langohrfledermäuse jedoch weitestgehend auszuschließen. Unter Berücksichtigung dessen und der vergleichsweise hohen Anzahl der Registrierungen von Langohrfledermäusen wurde der Bestand im Rahmen der fachgutachterlichen Einschätzung angepasst. Es wird im Weiteren ein

Überwinterungsbestand von ca. 40 Langohrfledermäusen im Tunnel Forst angenommen (vgl. Tabelle 8).

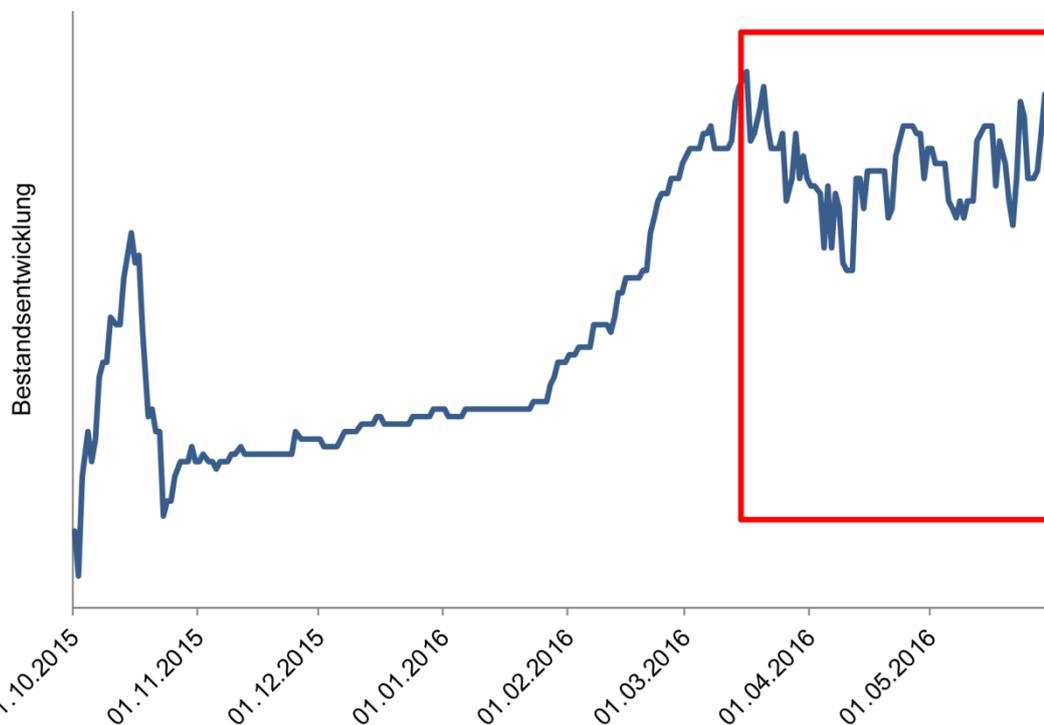


Abbildung 25: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Langohrfledermäuse im Tunnel Forst.

Mopsfledermaus im Tunnel Forst

Die Mopsfledermaus wurde im Tunnel Forst während des gesamten Erfassungszeitraums mit nur einem Ausflugs-Ereignis dokumentiert. Es wird daher davon ausgegangen, dass lediglich dieses eine Individuum im Tunnel überwintert hat.

Wasserfledermaus im Tunnel Forst

Die Abwanderungsphase der Wasserfledermaus konnte nicht eindeutig abgegrenzt werden, da nur sehr geringe Aktivität dieser Art im Zeitraum der Abwanderungsphase registriert wurde (Abbildung 26). Für die Wasserfledermaus wurde die gesamte Aktivitätsphase im Frühjahr 2016 (07.05.-25.05.) als Abwanderungsphase angenommen. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 7 einfliegende und 5 ausfliegende Wasserfledermäuse auf den Fotos identifiziert. Daraus ergibt sich ein bilanzierter Bestand von +2 im Tunnel Forst verbliebenen Wasserfledermäusen. Aufgrund der morphologischen Ähnlichkeit können Wasserfledermäuse bei dunkler Fellfärbung oder ungünstigen Lichtverhältnissen fälschlicherweise als Bartfledermäuse identifiziert werden. Unter Berücksichtigung möglicher Fehlbestimmungen und der geringen Anzahl an Registrierungen im Frühjahr 2016 wird davon ausgegangen, dass der Überwinterungsbestand gering ist. Für die Wasserfledermaus wird daher für den

Tunnel Forst ein Überwinterungsbestand von ca. 5 Tieren angenommen (vgl. Tabelle 8).

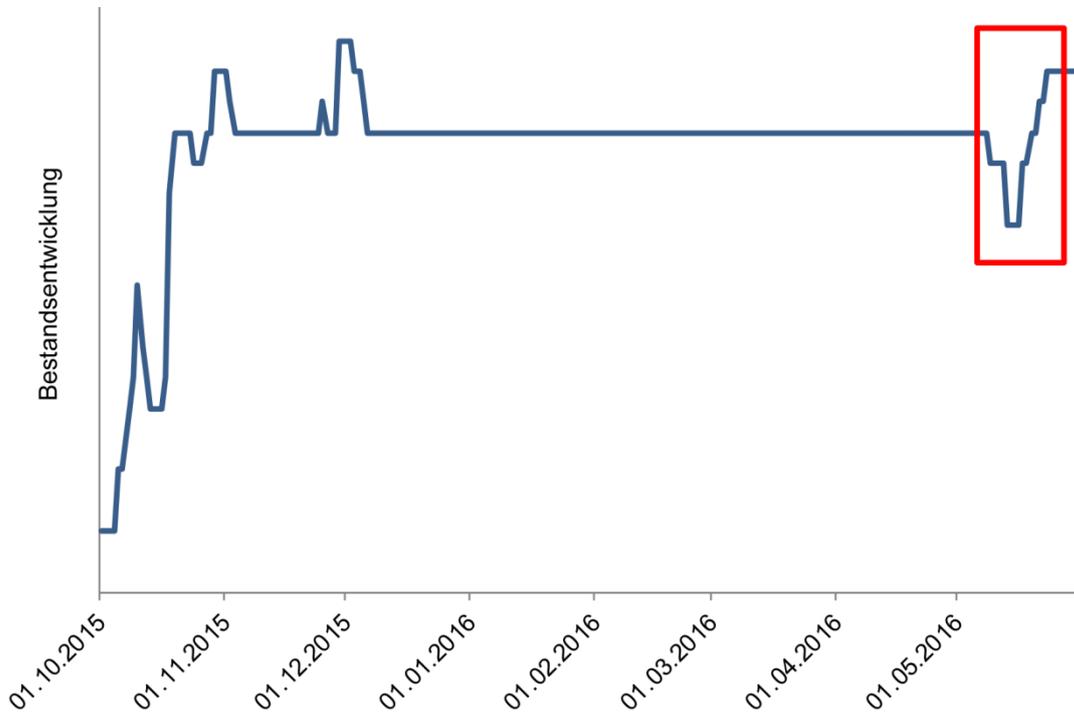


Abbildung 26: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Wasserfledermaus im Tunnel Forst.

Zwergfledermäuse im Tunnel Forst

Die Abwanderungsphase der Zwergfledermäuse konnte eindeutig auf den Zeitraum 12. März 2016 - 04. April 2016 eingegrenzt werden (Abbildung 27). In diesem Zeitraum wurden Zwergfledermäuse auf insgesamt 83 Einflug-Fotos und 252 Ausflug-Fotos dokumentiert. Daraus ergibt sich ein bilanzierter Überwinterungsbestand dieser Art von - 169 Individuen. Die durch das artspezifische Flugverhalten verursachte Unschärfe ist für Zwergfledermäuse als vergleichsweise gering anzunehmen. Bei ungünstigen Lichtverhältnissen könnten einzelne Individuen mit Bartfledermäusen verwechselt worden sein. Dies ist jedoch im vorliegenden Fall aufgrund der geringen Anzahl registrierter Bartfledermäuse als vernachlässigbar anzunehmen. Auch die Bestandsentwicklung der Zwergfledermäuse entspricht Beobachtungen aus anderen Quartieren. So steigt die Anzahl der Zwergfledermäuse in den Winterquartieren noch bis in den Januar und Februar an und fällt dann in der Regel bis Ende März wieder ab ([11], vgl. Abbildung 27). Unter Berücksichtigung all dieser Faktoren wird im Rahmen der fachgutachterlichen Einschätzung daher davon ausgegangen, dass die Anzahl registrierter Ein- und Ausflüge der Zwergfledermäuse relativ genau erfasst wurde. Es wird im Weiteren von einem Überwinterungsbestand von ca. 170 Zwergfledermäusen im Tunnel Forst ausgegangen (vgl. Tabelle 8).

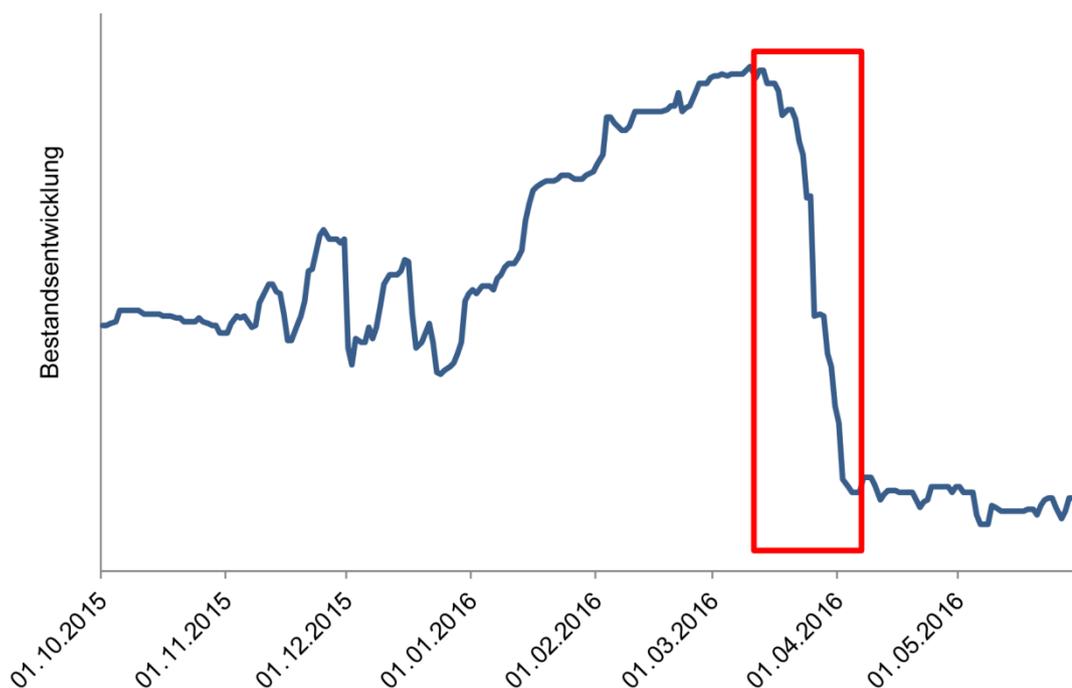


Abbildung 27: Bestandsentwicklung und Abgrenzung der Abwanderungsphase (roter Kasten) der Zwergfledermäuse im Tunnel Forst.

5.3.3 ABWEICHUNGEN ZWISCHEN DEN BILANZIERTEN ARTSPEZIFISCHEN GESAMT-ÜBERWINTERUNGSBESTÄNDEN

Vergleicht man die Summe der artspezifischen Überwinterungsbestände mit den Gesamt-Überwinterungsbeständen, so weichen diese vor allem im Tunnel Hirsau voneinander ab. Beispielsweise wurde für den Tunnel Hirsau basierend auf den Lichtschranken-Daten die Überwinterungsgemeinschaft mit einer Größenordnung von ca. 700 Fledermäusen ermittelt. Im Gegensatz dazu liegt der Überwinterungsbestand basierend auf den Foto-Daten bei 840 Tieren. Im Vergleich dazu weicht der basierend auf den Lichtschranken-Daten bilanzierte Überwinterungsbestand im Tunnel Forst von ca. 300 Fledermäusen nahezu nicht von den bilanzierten Foto-Daten ab (303 Fledermäuse). Potenzielle Abweichungen sind auf die größere Unschärfe der Foto-Daten zurückzuführen. Der größere Bestand, der sich aus den Foto-Daten ergibt, deutet darauf hin, dass vor allem einfliegende Tiere in einigen Fällen vermutlich durch die Kameras nicht erfasst wurden. In die fachgutachterlichen Einschätzungen sind daher auch artspezifische Verhaltensmuster und Fehlerquellen eingeflossen und berücksichtigt worden. Für den Tunnel Forst ist die Summe der geschätzten artspezifischen Bestände mit 296 Fledermäusen geringfügig kleiner als der basierend auf den Lichtschranken-Daten ermittelte Überwinterungsbestand. Diese Abweichung für den Tunnel Forst ist jedoch so gering, dass sie keine Bewertungsrelevanz aufweist. Im Gegensatz dazu liegt auch die Summe der geschätzten artspezifischen Bestände mit ca. 776 überwinternden Fledermäusen im Tunnel Hirsau über dem, basierend auf den Lichtschranken-Daten geschätzten, Überwinterungsbestand. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Sinne des

Vorsorgeansatzes im Zweifel bei der Einschätzung der artspezifischen Bestände diese eher größer geschätzt wurden. Damit wird auch die verbleibende Unschärfe der Lichtschranken-Erfassung berücksichtigt. Für die weitere Bewertung wird auf die geschätzten artspezifischen Bestände zurückgegriffen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem vorliegenden Zwischenbericht werden die aktuellen Ergebnisse, der Stand der Datenerfassung zu den Fledermausvorkommen in den beiden durch Fledermäuse genutzte Tunnel Hirsau und Forst sowie abschließend die Anzahl und die Artverteilung der in den Tunneln überwinternden Fledermäuse dargestellt. Es werden dabei drei Datensätze aus zwei separaten Erfassungssystemen unterschieden. Die Lichtschranken- und Foto-Daten werden durch das Lichtschranken-Foto-Monitoring erfasst. Diesen Daten liegt im vorliegenden Zwischenbericht der Zeitraum 01. Oktober 2015 bis 31. Mai 2016 zugrunde. Die akustischen Daten werden durch ein separates System erfasst. Die hier dargestellte Datengrundlage bezieht sich auf den Zeitraum 19. September 2015 (Tunnel Hirsau) bzw. 30. September 2015 (Tunnel Forst) bis 17. Januar 2016.

In diesem Kontext ist darauf hinzuweisen, dass die Erkenntnisse aktuell noch nicht geeignet sind, eine abschließende Konfliktbewertung hinsichtlich der Zugriffsverbote (§ 44 (1) BNatSchG) und erheblichen Betroffenheiten (§ 34 BNatSchG) sowie einer genehmigungsfähigen Maßnahmenkonkretisierung zu leisten. Dies ist vor allem damit begründet, dass der Umfang der Schwärmaktivität an den Tunnelportalen noch nicht quantifizierbar sind. Ursächlich hierfür ist der bisherige Untersuchungszeitraum, der im überwiegenden Maße das Schwärmaufkommen nicht hinreichend erfassen konnte. Dementsprechend liegen bisher keine gesicherten Kenntnisse zur Anzahl und Lokalisierung der schwärmenden Individuen in den Tunneln vor.

Basierend auf den akustischen Daten können Aussagen getroffen werden, ob und in welchem Bereich der beiden Tunnel Fledermäuse aktiv gewesen sind. Obwohl zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht alle Daten vollständig ausgewertet wurden, lässt sich bereits basierend auf den bisherigen Daten zeigen, dass die Fledermäuse beide Tunnel auf der vollständigen Länge und über den gesamten betrachteten Zeitraum nutzten.

Die registrierten Tagaktivitäten zwischen November 2015 und Januar 2016 (vgl. Abbildungen 8 und 10) zeigen, dass die Fledermäuse auch während des Winterschlafs aktiv sein können. Denn trotz Winterschlaf steht der Stoffwechsel der Fledermäuse nicht komplett still, und es wird in Wachphasen uriniert, getrunken und Kot abgesetzt [5]. Gerade Zwergfledermäuse sind auch im Winter bei niedrigen Temperaturen noch aktiv und unternehmen Jagdflüge [5] oder Quartierwechsel (Kugelschaffer, mdl.). Auch von Wasserfledermäusen ist ein regelmäßiges Herumfliegen im Winterquartier bekannt [5]. Die Änderung der diurnalen Nutzungsdynamik in den Tunneln zeigt weiterhin, dass sich die Aktivitätsphasen im Laufe des Winterschlafs verschieben, wodurch die Tiere beispielsweise im Januar 2016 schon in den Nachmittagsstunden aktiv waren.

Die Kombination der Lichtschranken- und Foto-Daten ermöglicht die Abschätzung der Größe der Überwinterungsgemeinschaft sowie die Artenzusammensetzung. Beide Datensätze wurden in einem ersten Schritt einer Validierung sowie einer Einschätzung der Genauigkeit unterzogen. Diese ergaben, dass die Lichtschranken-Daten eine rela-

tiv geringe Unschärfe aufweisen. Es kann daher angenommen werden, dass die Größe der ermittelten Überwinterungsbestände weitestgehend mit der Größe der tatsächlichen Überwinterungsbestände übereinstimmt. Im Vergleich dazu weisen die Foto-Daten eine größere Unschärfe auf. Aus diesem Grund wurden die artspezifischen Überwinterungsbestände einer Fehlerbetrachtung unterzogen, die jedoch nicht die artspezifischen Fehler berücksichtigt. In einem weiteren Schritt wurden, unter Berücksichtigung artspezifischer Verhaltensweisen, der bekannten Fehlerquellen und Datengrundlagen die Überwinterungsbestände fachgutachterliche eingeschätzt.

Die Lichtschranken-Daten zeigen, dass der Überwinterungsbestand im Tunnel Hirsau ca. 700 und im Tunnel Forst ca. 300 Fledermäuse umfasst. Diese, durch moderne und präzise Erfassungsmethoden, die den aktuellen Stand der Wissenschaft darstellen, ermittelten Fledermausbestände in den Tunneln, sind somit deutlich geringer als die von NAGEL [15] aus Netzfängen hochgerechneten Überwinterungsbestände. Weiterhin kann aufgrund der Validierung der Lichtschranken-Daten und der Fehlerbetrachtung davon ausgegangen werden, dass die ermittelten Überwinterungsbestände mit dieser Methode so genau ermittelt wurden, dass keine bewertungsrelevanten Abweichungen zu erwarten sind. Aus diesem Grund werden keine erneuten Erfassungen des Überwinterungsbestands im Winter 2016/2017 erforderlich werden.

Basierend auf den Foto-Daten konnten die überwinternden Arten in den Tunneln ermittelt werden. Im Tunnel Hirsau wurden neun Arten erfasst (Bartfledermäuse, Bechsteinfledermaus, Breitflügelfledermaus, Fransenfledermaus, Großes Mausohr, Langohrfledermäuse, Mopsfledermaus, Wasserfledermaus und Zwergfledermäuse). Im Tunnel Forst wurden acht überwinternde Arten nachgewiesen. Dabei handelt es sich, bis auf die Bechsteinfledermaus, um die gleiche Artenzusammensetzung wie im Tunnel Hirsau (Bartfledermäuse, Breitflügelfledermaus, Fransenfledermaus, Großes Mausohr, Langohrfledermäuse, Mopsfledermaus, Wasserfledermaus und Zwergfledermäuse). Nichtsdestotrotz unterscheiden sich die beiden Tunnel hinsichtlich des Anteils der einzelnen Arten. Während im Tunnel Hirsau Langohrfledermäuse, Bartfledermäuse und Fransenfledermäuse einen Großteil der Überwinterungsgemeinschaft bilden, dominieren im Tunnel Forst nahezu ausschließlich die Zwergfledermäuse. Die Mopsfledermaus wurde in beiden Tunneln mit jeweils nur einem Individuum nachgewiesen.

Auch die Abwanderungsphase unterschied sich zwischen den einzelnen Arten deutlich. Während beispielsweise die Langohrfledermäuse als eine der ersten Arten den Tunnel Hirsau bis zum 09. April 2016 verlassen hatten, begann die Abwanderung der Zwergfledermäuse in diesem Tunnel erst am 04. Mai 2016.

Eine Nutzung der Tunnel als Sommerquartier ist derzeit als wahrscheinlich anzunehmen, belastbare Ergebnisse liegen hierzu jedoch noch nicht vor. Ebenso liegt aktuell über das Schwärmverhalten keine ausreichende Datengrundlage vor. Die für diese Aussagen erforderlichen Erfassungen werden voraussichtlich noch bis Ende Oktober 2016 laufen. Erst danach können unter Berücksichtigung aller Daten Aussagen bezüg-

lich der Nutzung der Tunnel als Sommerquartier sowie des Schwärmverhaltens getroffen und damit die abschließende Bewertung und Maßnahmenplanung konkretisiert werden.

7 QUELLEN UND LITERATUR

- [1] ARBEITSGEMEINSCHAFT FLEDERMAUSSCHUTZ (AGF) (2016); Sommervorkommen von Fledermäusen in Baden-Württemberg 2010-2014; http://www.agf-bw.de/50_fledermaeuse_in_bw/50_index.html
- [2] BRAUN, M. & F. DIETERLEN (2003): Die Säugetiere Baden-Württembergs. Band 1 Allgemeiner Teil, Fledermäuse (Chiroptera), Stuttgart (Eugen Ulmer), 687 S.
- [3] BUNDESNATURSCHUTZGESETZ (BNATSCHG) vom 29.07.2009, BGBl. I S. 2542, zuletzt geändert am 04.08.2016, BGBl. I S. 1972.
- [4] DIETZ, C. & S. KOSCHNICK (2016): Winterquartierzählungen in den Tunneln Hirsau und Forst vom 07.03.2016 im Auftrag des Landratsamt Calw.
- [5] DIETZ, C., VON HELVERSEN, O. & D. NILL (2007): Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas - Biologie. Kennzeichen. Gefährdung. Franckh-Kosmos-Verlag, Stuttgart, 400 Seiten.
- [6] ESKEN, R. (VORSITZENDER DES WSB) (2016): Stellungnahme zu „Fledermaus-Schutz: NABU will Hesse-Bahn Stoppen“, erschienen am 26.08.2016 im Schwarzwälder Boten. <http://wsb-calw.de/2016/08/fledermaus-schutz-nabu-will-hesse-bahn-stoppen/>
- [7] ESTRADA A., COATES-ESTRADA R. & D. MERITT, JR. (1993): Bat species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico, *Ecography* 16(4):309-318.
- [8] FARIA F. & J. BAUMGARTEN (2007): Shade cacao plantations (*Theobroma cacao*) and bat conservation in southern Bahia, Brazil, *Biodiversity and Conservation* 16:291- 312.
- [9] Guidelines for surveillance and monitoring of European bats. UNEP/EUROBATS Secretariat, 2010.
- [10] KUNZ T. H., & C. E. BROCK (1975): A comparison of mist nets and ultrasonic detectors for monitoring flight activity of bats. *Journal of Mammalogy* 56(4):907-911.
- [11] MESCHÉDE, A. & B.-U. RUDOLPH (2004): Fledermäuse in Bayern. Ulmer Verlag, 411 Seiten.
- [12] NAGEL, A. (2011): Abschlussbericht Fledermäuse im Hirsauer Tunnel und im Forsttunnel vom 30.03.2011. Im Auftrag von Landratsamt Calw, Abteilung Nahverkehr und Strukturförderung, Vogteistraße 42-46, 75365 Calw. Biologische und ökologische Gutachten und Planungen, Dr. Alfred Nagel.
- [13] NAGEL, A. (2014a): Vergrämungsversuch der Fledermäuse durch Licht im Nordeingang des Hirsauer Tunnels am 01.10.2014. Im Auftrag von Landratsamt Calw, Abteilung Nahverkehr und Strukturförderung, Vogteistraße 42-46, 75365 Calw. Biologische und ökologische Gutachten und Planungen, Dr. Alfred Nagel.
- [14] NAGEL, A. (2014b): Nutzung der beiden Tunnel der Bahnlinie Calw-Weil der Stadt durch Fledermäuse, im Vergleich zu dem aktuell befahrenen Zelgenbergtunnel bei Pforzheim-Dillweissenstein der Nagoldtalbahn. Abschlussbericht,

14.05.2014. Im Auftrag von Landratsamt Calw, Abteilung Nahverkehr und Strukturförderung, Vogteistraße 42-46, 75365 Calw. Biologische und ökologische Gutachten und Planungen, Dr. Alfred Nagel.

- [15] NAGEL, A. (2014c): Netzfänge in den Bestandstunneln zur Populationseinschätzung 19.11.2014. Im Auftrag von Landratsamt Calw, Abteilung Nahverkehr und Strukturförderung, Vogteistraße 42-46, 75365 Calw. Biologische und ökologische Gutachten und Planungen, Dr. Alfred Nagel.