

Artenschutzrechtliches Konfliktpotential bei einer Wiederinbetriebnahme der Bahnstrecke Weil der Stadt – Calw als Hermann-Hesse-Bahn im Hinblick auf Fledermäuse in den Bestandstunneln

Artenschutzrechtliches Konfliktpotential bei einer Wiederinbetriebnahme der Bahnstrecke Weil der Stadt – Calw als Hermann-Hesse-Bahn im Hinblick auf Fledermäuse in den Bestandstunneln

im Auftrag von

NABU Landesverband Baden-Württemberg e.V.

Bearbeitung:

Dr. Christian Dietz

13.10.2016

Biologische Gutachten Dietz

Balinger Straße 15, D-72401 Haigerloch. Tel. 07474-9580933. Email gutachten@fledermaus-dietz.de



Isabel & Dr. Christian Dietz
Balinger Straße 15, 72401 Haigerloch

Inhaltsverzeichnis

0. Einleitung 1

1. Fledermäuse in Baden-Württemberg und Deutschland 2
1.1 Vorkommende Arten 2
1.2 Kurzabriss zur Biologie der Fledermäuse mit Bezug zum Vorhaben 2

2. Schwärm- und Winterquartiere von Fledermäusen 4
2.1 Funktionale Bedeutung von Winterquartieren 4
2.2 Funktionale Bedeutung von Schwärmquartieren 5
2.3 Verbreitung von großen Winter- und Schwärmquartieren in Baden-Württemberg 8
2.4 Fledermausvorkommen an den Bestandstunneln 12
2.5 Bedeutung der Bestandstunnel für die landesweiten Fledermausbestände 19

3. Konflikte zwischen der Planung zur Reaktivierung und dem Artenschutz 21
3.1. Direkte Tötung 22
3.2. Störung 23
3.3. Zerstörung von Lebensstätten 24

4. Mögliche Konfliktlösung 25
4.1 Erhalt der Quartierspalten 25
4.2 (Temporärer) Verzicht auf eine Nutzung 25
4.3 Reduktion der Fahrtgeschwindigkeit 26
4.4 Technische Lösungen 27
4.5 Umsiedlung 27

5. Konsequenzen aus den Planungsvorgaben des Vorhabenträgers 30
5.1 Verstoß gegen das Verbot der Tötung und Verletzung 30
5.2 Verstoß gegen das Verbot der Zerstörung von Fortpflanzungs- oder Ruhestätten 31
5.3 Verstoß gegen das Verbot der erheblichen Störung und der Verschlechterung des Erhaltungszustandes 31
5.4 Verstoß gegen die Vorbedingungen zum vorgezogenen Funktionsausgleich 31
5.5 Verstoß gegen die Ausnahmevoraussetzungen zum Artenschutz 31
5.6 Verstoß gegen die Erhaltungsziele von Natura 2000-Gebieten 36
5.7 Verstoß gegen die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt 2007 oder des Aktionsplanes Biologische Vielfalt des Landes 36
5.8 Verstoß gegen das Abkommen zur Erhaltung der europäischen Fledermausvorkommen 37

6. Zusammenfassung 38

7. Dank 38

8. Literatur 39



Isabel & Dr. Christian Dietz
Balinger Straße 15, 72401 Haigerloch

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der großen Fledermaus-Winterquartiere in Baden-Württemberg.. 10
Abbildung 2: Winterschlafende Zwergfledermäuse und Graues Langohr. 13
Abbildung 3: Nordportal des Hirsauer Tunnels. 14
Abbildung 4: Netzfang am Nordportal des Hirsauer Tunnels. 15
Abbildung 5: Gefangenes Männchen der Wimperfledermaus. 16
Abbildung 6: Eine Langohrfledermaus kreist im Bereich der Lichtschranke. 18
Abbildung 7: Tote Fledermäuse im Hochdorfer Tunnel. 23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Große Fledermaus-Winterquartiere in Baden-Württemberg. 11

Isabel & Dr. Christian Dietz
Balinger Straße 15, 72401 Haigerloch

Artenschutzrechtliches Konfliktpotential bei einer Wiederinbetriebnahme der Bahnstrecke Weil der Stadt – Calw als Hermann-Hesse-Bahn im Hinblick auf Fledermäuse in den Bestandstunneln

0. Einleitung

Der Landkreis Calw als Eigentümer der in den 1980er Jahren stillgelegten Württembergischen Schwarzwaldbahn zwischen Weil der Stadt und Calw möchte eine Streckenreaktivierung durchführen. Die Strecke soll ab 2018 als Hermann-Hesse-Bahn (HHB) betrieben werden. Von der Wiederinbetriebnahme sind auch zwei Bestandstunnel aus dem Jahr 1871 betroffen: der Hirsauer Tunnel bei Calw mit einer Länge von 550 Metern und der Forsttunnel bei Althengstett mit 700 Metern Länge. Beide wurden ursprünglich für den zweigleisigen Betrieb gebaut und sind 8 Meter breit und 6 Meter hoch. Die beiden Tunnel sind seit 1993 als bedeutsame Fledermaus-Winterquartiere bekannt und wurden im Auftrag des Vorhabenträgers bereits vor einigen Jahren untersucht (Nagel 2011). Mit der ersten Verbandsbeteiligung beim Scopingtermin am 24.07.2013 wurden massive Bedenken von Seiten der Verbände zur Verträglichkeit der Reaktivierung mit dem Artenschutz geäußert. Diese Bedenken konnten vom Vorhabenträger auch in den darauffolgenden phasenweise sehr intensiven Gesprächen bei Infoveranstaltungen, Facharbeitskreisen und sogenannten Fledermaus-Werkstätten nicht ausgeräumt werden.

Die nachfolgende Zusammenstellung hat das Ziel, das erhebliche Konfliktpotential bei einer Wiederinbetriebnahme der beiden Bestandstunnel auf die Fledermausvorkommen darzustellen. Durch eine synoptische Zusammenführung der biologischen, ökologischen und ethologischen Besonderheiten der Fledermäuse (Kapitel 1), der funktionalen Bedeutung von Winter- und Schwärmquartieren generell sowie der Vorkommen an den Bestandstunneln und im landes- und bundesweiten Vergleich (Kapitel 2), der zu erwartenden Konflikte (Kapitel 3), Konfliktlösungen (Kapitel 4) und Konsequenzen aus den Planungsvorgaben des Vorhabenträgers (Kapitel 5), soll eine fundierte Problembetrachtung sichergestellt werden. Anhand einer umfassenden Literaturrecherche werden die getroffenen Ableitungen nachvollziehbar belegt.

Dabei bestätigt sich, dass die Wiederinbetriebnahme landesweit bedeutsame Vorkommen der Fledermausarten betrifft und alle Verbotstatbestände erfüllt werden. Auf Basis des aktuell bekannten Wissensstandes ist auch keine Ausnahme möglich.



Isabel & Dr. Christian Dietz
Balinger Straße 15, 72401 Haigerloch

1. Fledermäuse in Baden-Württemberg und Deutschland

1.1 Vorkommende Arten

In Deutschland kommen 25 Fledermausarten vor (Meinig et al. 2009), dabei nicht berücksichtigt sind die mit Einzelnachweisen unsicherer Herkunft belegten Arten Europäische Bulldoggfledermaus und Riesenabendsegler. Von den deutschlandweit vorkommenden Arten sind in Baden-Württemberg 23 Arten nachgewiesen (Alpenfledermaus und Teichfledermaus fehlen in Baden-Württemberg; u.a. Braun & Dieterlen 2003).

Im Bundesland reproduzierend oder regelmäßig in größerer Anzahl vorkommend sind 20 Arten (Abendsegler, Bartfledermaus, Bechsteinfledermaus, Brandtfledermaus, Braunes Langohr, Breitflügelfledermaus, Fransenfledermaus, Graues Langohr, Kleinabendsegler, Mausohr, Mopsfledermaus, Mückenfledermaus, Nordfledermaus, Nymphenfledermaus, Rauhhautfledermaus, Wasserfledermaus, Weißrandfledermaus, Wimperfledermaus, Zweifarbfledermaus, Zwergfledermaus).

In den letzten Jahrzehnten nur noch zeitlich und räumlich begrenzt und sporadisch mit Einzeltieren kommen die Arten Große Hufeisennase, Kleine Hufeisennase und Langflügelfledermaus vor, alle drei sind faktisch ausgestorben.

Alle baden-württembergischen Fledermausarten sind nach dem Bundesnaturschutzgesetz streng geschützt und sind in der FFH-Richtlinie im Anhang IV und teilweise im Anhang II (Bechsteinfledermaus, Große Hufeisennase, Kleine Hufeisennase, Mausohr, Mopsfledermaus, Wimperfledermaus) gelistet.

1.2 Kurzabriss zur Biologie der Fledermäuse mit Bezug zum Vorhaben

Fledermäuse können für Kleinsäuger ungewöhnlich alt werden: Im Durchschnitt leben sie rund 3½mal so lang wie Landsäugetiere mit vergleichbarer Größe (Wilkinson & South 2002). So erreichen viele Arten ein sehr hohes Alter, so die Brandtfledermaus 41 Jahre (Khritankov & Ovodov 2001, Kraus 2004, Podlutsky et al. 2005), das Mausohr knapp 39 Jahre (Gaisler et al. 2010), die Große Hufeisennase 30,5 Jahre (Caubère et al. 1984), das Braune Langohr 30 Jahre (Horaček & Dulič 2004), die Fransenfledermaus fast 24 Jahre (Ohlendorf 2002, Gaisler et al. 2010), die Bartfledermaus über 23 Jahre (Tupinier & Aellen 2001), die Mops- und die Wimperfledermaus 22 Jahre (Abel 1970, Gaisler et al. 2010) und die Bechsteinfledermaus 21 Jahre (Baagøe 2001).

Mit dem hohen Lebensalter gehen eine konservative Lebensweise und eine ausgeprägte Traditionsbildung einher: sehr gut geeignete Quartiere und Lebensräume werden über Jahrzehnte genutzt und an nachfolgende Generationen weitervermittelt, so kann es zur Nutzung von Quartieren über viele Jahrhunderte kommen. Maßgeblich für das Erreichen hoher Lebensalter sind relativ geringe Mortalitätsraten (Barclay et al. 2004, Barclay & Harder 2003, Gaisler 1987, Jones & MacLarnon 2001).

Die „life-history“ der Fledermäuse wird geprägt durch eine langsame Entwicklung, niedrige Reproduktionsrate und ein langes Leben (Promislov & Harvey 1990, Stearns 1992). Dies stellt eine Anpassung an relativ konstante Lebensräume dar, hat aber zur Folge, dass eine erhöhte Mortalitätsrate nur schlecht ausgeglichen werden kann (Barclay & Harder 2003). Die Anpassung an „langsame“ Lebensgeschichten findet ihren Ausdruck auch darin, dass manche Fledermausarten, wie z.B. die Große Hufeisennase, ähnliche Mortalitäts-Gefährdungs-Indizes erreichen wie Braunbär oder Sumpfschildkröte (Bernotat & Dierschke



2015, 2016, Dierschke & Bernotat 2012). Daraus kann man ableiten, dass alle zusätzlichen bzw. neu entstehenden Risiken, die eine erhöhte Mortalität verursachen, deutliche negative Auswirkungen auf Fledermauspopulationen haben. Dies gilt insbesondere für den Verlust adulter Weibchen, da kein Ausgleich durch eine erhöhte Reproduktionsrate möglich ist. So wirkt sich der Verlust von Weibchen direkt auf die Zahl der in den Folgejahren geborenen Jungtiere aus (zusammengefasst in Dietz et al. 2007, 2016, Dietz & Kiefer 2014, Dietz et al. im Druck).

Fledermäuse orientieren sich durch eine aktive Echoortung im Ultraschallbereich, d.h. es werden Schallwellen über Mund oder Nase ausgesandt und die Echos mit den Ohren aufgefangen. Anhand der Echos erfolgt die Raumorientierung. Aus den hohen Frequenzen und der damit verbundenen atmosphärischen Abschwächung ergibt sich eine geringe Reichweite der Echoorientierung von im freien Luftraum maximal 50-70 Metern und bei Flügen in strukturreicher und vegetationsnaher Umgebung von deutlich weniger als 20 Metern (Schnitzler et al. 2003). Klein- und mittelräumig ist ein gutes Raumgedächtnis für Flugrouten wichtig, welches sich Fledermäuse über wiederkehrende Flüge einprägen (Jensen et al. 2005, Limpens & Kapteyn, 1991, Limpens et al. 1989, Moss & Surlykke 2001). Daneben spielen beim Fledermauszug die Orientierung an Landmarken, der Horizontlinie und anhand von Magnetfeldern eine Rolle (Holland et al. 2006, 2008, Lanxiang et al. 2010). Aus der Echoortung und ihren Limitierungen als Hauptsinn in der Raumorientierung ergibt sich, dass Lebensraumelemente nur durch direktes Anfliegen entdeckt und erkundet werden können (Limpens & Kapteyn, 1991, Limpens et al. 1989, Mallot 1999, Verboom et al 1999). Auch Artgenossen können nur beim nahezu direkten Aufeinandertreffen gefunden werden. Daraus folgt eine hohe Bedeutung von tradierten und traditionell aufgesuchten Orten mit zentraler Bedeutung im Leben der Fledermäuse, z. B. der Wochenstuben, der Winterquartiere, der Schwärmquartiere und der Paarungsorte (zusammengefasst in Dietz et al. 2007, 2016, Dietz & Kiefer 2014).

Alle in Baden-Württemberg und Deutschland vorkommenden Fledermausarten nutzen Gliedertiere, dabei vor allem Insekten, als Nahrung. Wirbeltiere sind nur ausnahmsweise bei den gewässerbejagenden Arten Wasserfledermaus und Teichfledermaus Bestandteil der Nahrung. Die Nahrung wird entweder durch die Echoortung lokalisiert und im Flug erbeutet oder anhand der von den Beutetieren produzierten Raschelgeräusche identifiziert und im Flug oder am Boden erbeutet (u.a. Russo et al. 2007). Daraus ergibt sich, dass nur fliegende oder aktive krabbelnde und damit Geräusche produzierende Beutetiere als Nahrung erkannt und erbeutet werden können. Aus der Phänologie der allermeisten Insektenarten mit einer Aktivitätszeit in den warmen Monaten des Jahres und weitgehender Inaktivität in der kalten Jahreszeit ergibt sich, dass Fledermäuse nur im Sommerhalbjahr ausreichend Nahrung finden (zusammengefasst in Dietz et al. 2007, 2016, Dietz & Kiefer 2014).

Um die weitestgehend nahrungsfreie Zeit zu überstehen, führen alle einheimischen Arten einen Winterschlaf durch. Zwar wandern einige Arten teilweise auch ab, zumindest die kältesten Wintermonate halten sie aber ebenfalls Winterschlaf. Beim Winterschlaf werden die Körperfunktionen durch ein Absenken der Körpertemperatur auf die Umgebungstemperatur so stark gedrosselt, dass aufgrund des stark sinkenden Energieverbrauchs die zuvor angefressenen Fettreserven für eine Überwinterung ausreichen. Nach dem Ende des Winterschlafes werden die Energiereserven wieder aufgefüllt, soweit dann ausreichend Nahrung zur Verfügung steht. Für die Besiedlung der gemäßigten Klimazonen mit kalten Wintertemperaturen und damit geringer bis fehlender



Isabel & Dr. Christian Dietz
Balinger Straße 15, 72401 Haigerloch

Nahrungsverfügbarkeit ist somit der erfolgreiche Winterschlaf die zentrale Voraussetzung. Erfolgreich kann der Winterschlaf nur in dafür geeigneten Winterquartieren durchgeführt werden. Die Ansprüche an ein geeignetes Winterquartier variieren stark von Art zu Art (zusammengefasst in Dietz et al. 2007, 2016, Dietz & Kiefer 2014).

Aufgrund ihrer speziellen Biologie sind Fledermäuse auf sichere Winterquartiere angewiesen, in denen sie die nahrungsfreie Zeit überstehen können. Diese Winterquartiere müssen spezielle Bedingungen erfüllen. Mit dem sehr hohen erreichbaren Lebensalter der Fledermäuse ist eine ausgeprägte Tradierung von Quartieren und Verhaltensweisen verbunden.

2. Schwärm- und Winterquartiere von Fledermäusen

2.1 Funktionale Bedeutung von Winterquartieren

Als Winterquartier werden die Orte bezeichnet, die für den Winterschlaf aufgesucht werden. Beim Winterschlaf werden die Körperfunktionen extrem gedrosselt und die Körpertemperatur fällt auf die Umgebungstemperatur ab. Dabei wird umso weniger Energie verbraucht, umso niedriger die Umgebungs- bzw. Körpertemperatur sind. Eine Frost- bzw. Eisbildung im Körper muss allerdings verhindert werden. Entsprechend werden frostfreie Quartiere aufgesucht oder die Körpertemperatur muss energiezehrend über dem Gefrierpunkt gehalten werden. Daraus ergibt sich für die felsüberwinternden Arten (die in Baumhöhlen überwinternden Arten wie z.B. die Abendsegler sind nicht Gegenstand des Verfahrens und werden daher auch nicht weiter berücksichtigt) die bevorzugte Nutzung von kühlen aber frostfreien Quartieren für den Winterschlaf (Mitchell-Jones et al. 2007).

Dabei werden nur von wenigen Arten stark von der Witterung beeinflusste bzw. abhängige Quartiere aufgesucht, z.B. von der Zwergfledermaus. Bei sehr kalten oder sehr warmen Lufttemperaturen verkriechen sich die Tiere tief in Felsspalten und -ritzen und nutzen so die Pufferwirkung des Gesteins, bei kühlen Lufttemperaturen sitzen sie oft sehr weit vorne in den Spalten, um eine Abkühlung auf knapp über den Gefrierpunkt zu erreichen.

Die meisten Arten suchen Quartiere auf, die weitgehend unabhängig von der jeweiligen Witterung und dem Witterungsverlauf eines Winters stabil kühl, d.h. mit Temperaturen von 1-7°C sind (Frank 1960, Nagel & Nagel 1991a, 1991b, Webb et al. 1995). Nur wenige Arten wie die Hufeisennasen und die Wimperfledermaus bevorzugen wärmere Quartiere (Gaisler 2001, Kretzschmar 2003, Ransome 1990, Zahn & Weiner 2004). Sowohl in einem warmen als auch in einem kalten Winter stabil vorhersehbare Quartiere werden von den Tieren alljährlich aufgesucht und ausgeprägt tradiert. So kommt es, dass sich der Großteil der Fledermausbestände auf verhältnismäßig wenige, dafür aber sehr gut geeignete Quartiere konzentriert (vgl. auch Patthey & Maeder 2014). Die im Umfeld solcher großen Winterquartiere befindlichen anderen Winterquartiere werden meist nur von Einzeltieren aufgesucht, häufig von Jungtieren oder adulte Männchen.

Die maßgeblichen Winterschlaftemperaturen bilden sich insbesondere in großen Karsthöhlen und großen zerklüfteten Felsmassiven aus (Nagel & Nagel 1991a, 1991b, Patthey & Maeder 2014, Ransome 1990). Natürliche Massen-Winterquartiere befinden sich entweder in vertikalen Höhlensystemen (Schachthöhlen) oder in großen Höhlen mit abfallenden Höhleneingängen (Nagel & Nagel 1991b, Patthey & Maeder 2014): beide bilden



ausgesprochene Kaltluftseen in ihrem Inneren, insbesondere wenn Kaltluftabflüsse aus hochgelegenen Tälern und Senken in sie hinein leiten oder sie sich in großer Meereshöhe befinden. Im Zusammenspiel mit einer großen Felsmasse, die einen Temperaturpuffer darstellt der der jeweiligen Jahresdurchschnittstemperatur entspricht, finden sich vorhersehbar stabil kalte Temperaturen (Ransome 1990).

Für viele Arten ist neben der Temperatur und unterschiedlich feuchten Hangplatzbereichen auch das Vorhandensein tiefer Spaltenverstecke im Fels oder in Versturzbereichen attraktiv. Solche natürlichen Winterquartiere mit idealem Temperaturspektrum beschränken sich weitestgehend auf die Kalkgebirge und damit die Karstregionen, in Baden-Württemberg v.a. die Schwäbische Alb und in geringem Umfang die Muschelkalkregion (Nagel & Nagel 1991b).

Ähnliche Bedingungen weisen jedoch auch große Eisenbahntunnel, große Stollenanlagen, große Bunkeranlagen und tiefreichende Brunnenanlagen auf (Mitchell-Jones et al. 2007, Trappmann 1997): zwei Eingänge bei Tunneln und oft viele Zugänge bei Bunkern, eine große Fels- und Erdmasse als Puffer und eine Höhendifferenz mit Kaltluftzu- und Kaltluftdurchstrom oder die Bildung von Kaltluftseen in Stollen, Bunkern und Brunnen sorgen für die geeigneten Temperaturbedingungen (Daan & Wichers 1968, Glover & Altringham 2008, Patthey & Maeder 2014, Ransome 1990). Feuchtigkeitsunterschiede ergeben sich bei großen Bauwerken durch unterschiedlichen Wasserzutritt ohnehin. Die Verfügbarkeit von tiefreichenden Spalten und Versteckmöglichkeiten in losem Geröll oder Versatz sind weitere entscheidende Faktoren für eine Besiedlung, spaltenfreie unbeschädigte Bunker bieten entsprechend kaum Hang- und Versteckplätze.

Entsprechend liegen die größten und bedeutsamsten europäischen Winterquartiere ausnahmslos in solchen natürlichen Karsthöhlen, Stollen, Bunkern, Brunnen oder Eisenbahntunneln (Mitchell-Jones et al. 2007, Patthey & Maeder 2014), in Deutschland z.B. in den sehr ausgedehnten, kalten und spaltenreichen Mühlsteinstollen der Vulkaneifel, in der Kalkhöhle von Bad-Segeberg oder den Jurakalk-Gebirgen von Schwäbischer und Fränkischer Alb.

2.2 Funktionale Bedeutung von Schwärmquartieren

Mit dem Ende der Jungenaufzucht und vor Beginn des Winterschlafes stehen bei den nicht über große Distanzen wandernden Fledermausarten drei Dinge im Vordergrund: das Auffüllen der Energiereserven nach der kräftezehrenden Säugezeit und vor dem Winterschlaf, die Partnerfindung und das Erkunden der späteren Winterquartiere. Meist werden alle drei Aufgaben gemeinsam gelöst: die großen Winterquartiere werden zeitgleich von zahlreichen Artgenossen aufgesucht, d.h. neben der Quartiererkundung kann hier auch die Partnerfindung erfolgen (Kohyt et al. 2016) – und hochproduktive Nahrungslebensräume in großen Waldgebieten oder über Gewässern finden sich häufig in der Umgebung der großen Winterquartiere (Šuba et al. 2011). Vermutlich ist das Vorhandensein produktiver Jagdlebensräume sogar eine weitere, bisher aber kaum untersuchte Vorbedingung für das Ausbilden von Massenwinterquartieren (zusammengefasst in Dietz et al. 2007, 2016, Dietz & Kiefer 2014, Hurst et al. im Druck).

So erklärt es sich, dass Fledermäuse aus einem weiten Umkreis zu den großen Winterquartieren kommen, um sich dort zu treffen (u.a. Furmankiewicz 2008, Parsons 2003b). Dieses Verhalten bezeichnet man als Schwärmen. Entdeckt wurde es in den 1960er Jahren in Nordamerika (Davis 1964, Davis & Hitchcock 1965, Fenton 1969, Hall & Brenner

1968), wenig später begannen die ersten Studien in Europa (Degn 1987, Horaček & Zima 1978, Kiefer et al. 1994, Klawitter 1980, Lesinski 1989, Roer & Egsbaek 1966). Heute ist das Schwärmen ein vielfach untersuchtes, v.a. aufgrund der komplexen Verbindung unterschiedlicher Verhaltensweisen, Artenzusammensetzungen und Untersuchungsansätze aber sicher noch nicht vollständig aufgeklärtes Verhalten (u.a. Parsons et al. 2003a, Sendor 2002). Unstrittig ist jedoch, dass sich die Schwärmaktivität auf die großen Winterquartiere konzentriert, dass eine sehr hohe Anzahl an Individuen zu den Schwärmquartieren kommt, die adulten Fledermäuse meist nur ein zentrales Winterquartier zum Schwärmen aufsuchen und in diesem Quartier später auch überwintern (Biedermann et al. 2002, Dietz & Kiefer 2014, Dietz et al. 2016, Kallasch & Lehnert 1995b, Kiefer et al. 1994, Nagel 2000, Nagel et al. 2005a, 2005b, 2005c, Parsons et al. 2003, Simon & Kugelschafter 1999, Sendor 2002, van Schaik et al. 2015).

An den Schwärmquartieren gibt es einen sehr hohen Durchsatz an Individuen, die Wiederfangraten zwischen verschiedenen Nächten einer Saison sind sehr gering, deutlich höher ist die Fangwahrscheinlichkeit in nachfolgenden Schwärmzeiträumen (Biedermann et al. 2002, Dietz unveröffentlicht, Fölling et al. 2013, Kiefer et al. 1994, Nagel et al. 2005a, Pinno 1999, Trappmann 1997). Wiederfänge an anderen selbst sehr nahe gelegenen Schwärmquartieren gibt es nur ausnahmsweise und lediglich im Promillebereich markierter Tiere (Dietz unveröffentlicht, Fölling 2013, Nagel unveröffentlicht). In allen größeren Studien wurde bestätigt, dass die adulten Tiere ihrem Schwärmquartier treu sind und dieses Jahr für Jahr aufsuchen, andere Schwärmquartiere werden nicht aufgesucht (Furmankiewicz 2008, Furmankiewicz 2016, Nagel et al. 2005a).

Zudem sind die Schwärmquartiere die zentralen Orte für den Genfluss zwischen den ansonsten geschlossenen Teilpopulationen bzw. Wochenstubenverbänden (Angell et al. 2013, Bogdanowicz et al. 2012, Furmankiewicz & Altringham 2007, Furmankiewicz et al. 2013, Kerth et al. 2003, Kerth & Morf 2004, Rivers et al. 2005, Veith et al. 2004).

Die Artenzusammensetzung der Schwärmpopulation und der Winterpopulation ist identisch (van Schaik et al. 2015), allerdings sorgt das Erkundungsverhalten der Fledermäuse dafür, dass gerade an den großen Schwärmquartieren auch Einzeltiere anderer Arten auftauchen (z.B. Schunger et al. 2004). So wird die Schwärmpopulation an den oft nur von der Zwergfledermaus besiedelten Felsspaltenwinterquartieren nahezu ausschließlich von dieser gebildet, vereinzelt treten dann Zweifarbfledermäuse oder Langohren auf (Hurst et al. im Druck, eigene Daten). An den großen artenreichen unterirdischen Winterquartieren tritt das gesamte hier vorkommende Artenspektrum zum Schwärmen auf, mit zunehmender Artenzahl lockt dies dann auch in Baumhöhlen überwinternde Arten wie die Abendsegler oder die an exponierten Gebäuden überwinternde Zweifarbfledermaus als Zufallsgäste an (eigene Daten).

An den Schwärmquartieren fällt bei den Fängen das Überwiegen von Männchen auf (Gottfried & Szkudlarek 2007, Kallasch & Lehnert 1995b, Kiefer et al. 1994, Parsons et al. 2003a, Piksa 2008, Nagel et al. 2005a, 2005b, 2005c, Vintulis & Šuba 2010), was darauf zurückzuführen ist, dass diese mehr Zeit an den späteren Winterquartieren verbringen als die Weibchen (Burns & Broders 2015a, Parsons et al. 2003a). Die Weibchen vergewissern sich oft nur kurz darüber, dass das Quartier noch vorhanden ist und verbringen den Großteil ihrer Zeit in den Jagdgebieten, um ihre Energiereserven aufzufüllen und Winterreserven aufzubauen.

Das Einzugsgebiet von Schwärmquartieren ist von der Dichte an großen Winterquartieren abhängig (Glover & Altringham 2008), in Gebieten mit einer geringen

Dichte großer Quartiere kann das Einzugsgebiet einen Radius von 100 km überschreiten (z.B. Roer & Egsbaek 1966). Für Baden-Württemberg legen die Beringungsergebnisse und Telemetriestudien schwärmender Tiere je nach Art Radien von 30-70 km nahe (Frank 1960, 1963, 1971, Helversen et al. 1987, Nagel 2003b, 2005a, 2005b, 2005c, Nagel unveröffentlicht, Steck & Brinkmann 2015), eine Größenordnung wie sie auch für intensiv untersuchte Populationen in Polen (Furmankiewicz 2008) und Großbritannien gilt (Parsons & Jones 2003).

An den Schwärmquartieren treten die Arten mit einer unterschiedlichen Phänologie auf, die ersten Arten schwärmen im Juli (Nordfledermaus, Brandtfledermaus) wohingegen Fransenfledermäuse bis in den Oktober schwärmen (Dietz et al. 2016, Parsons et al. 2003a, Piksa 2008, Vintulis & Šuba 2010).

In Baden-Württemberg findet die höchste Schwärmaktivität mit der höchsten Artenvielfalt ab der zweiten Augustdekade und bis in die erste Septemberdekade hinein statt (Nagel 2005a, 2005b, 2005c, Nagel unveröffentlicht, Dietz et al. 2016, Dietz unveröffentlicht, vgl. auch Kiefer et al. 1994, Piksa 2008).

Die höchste Schwärmaktivität tritt bei hohen Temperaturen in trockenen Nächten auf (u.a. Berkova & Zukal 2010, Parsons et al. 2003b).

Teilweise kann man an den größten Winterquartieren zwei Phasen des Schwärmens unterscheiden: das Hauptschwärmen mit einem überwiegenden Anteil adulter Tiere, v.a. von adulten Männchen, die Fledermäuse schwärmen dabei nur an ihrem späteren Winterquartier, die Tiere halten sich oft nur kurz am Quartier auf, der Wechsel an Individuen und damit der Durchsatz sind sehr hoch, d.h. es gibt kaum Wiederfänge am Schwärmquartier (Biedermann et al. 2002, Harrje 1994, Parsons et al. 2003a), und es gibt nahezu keine Wiederfänge an anderen Quartieren. Beim später liegenden Nachschwärmen (Fenton 1969), das vermutlich nur von manchen Arten wie der Wasserfledermaus und der Teichfledermaus ausgeführt wird, dominieren dann Jungtiere, v.a. Jungmännchen, diese sind weniger ortstreu und vagabundieren zwischen verschiedenen Winterquartieren hin und her und die Wiederfangwahrscheinlichkeit ist höher (Burns & Brothers 2015b, Degn et al. 1995, Harrje 1994, Pinno 1999, Trappmann 1997, Vintulis & Šuba 2010). Dieses Nachschwärmen ist in Mitteleuropa aufgrund der starken Überlappung mit der Einflugphase ins Winterquartier bisher erst wenig untersucht und verstanden.

Das Schwärmen stellt in seiner Gesamtheit einen selbstverstärkenden Mechanismus dar, der dafür sorgt, dass sich der Großteil der unterirdisch überwinternden Fledermauspopulationen in den besten Quartieren sammelt (Glover & Altringham 2008). Je höher die Zahl erfolgreich überwinternder Tiere in einem Quartier ist, umso höher wird die Schwärmaktivität und umso attraktiver das Quartier. Daraus folgt, dass sich in den guten Quartieren immer mehr Tiere konzentrieren und in Phasen des allgemeinen Populationswachstums (European Environment Agency 2013, Van der Meij et al. 2014) jährliche Zunahmen der Bestände von über 10 % erfolgen können (Datenquelle AGF und eigene Daten). Dahingegen nehmen die Bestände in relativ dazu weniger gut geeigneten Quartieren trotz intensiver Schutzbemühungen und auch in Phasen allgemeinen Populationswachstums (European Environment Agency 2013, Van der Meij et al. 2014) nur sehr langsam zu (meist mit deutlich weniger als 2 % pro Jahr) oder stagnieren (Datenquelle AGF und eigene Daten).

Die großen Schwärmquartiere sind damit die Diversitätshotspots innerhalb der Verbreitung der Fledermäuse und identisch zu den großen Winterquartieren (vgl. auch Glover & Altringham 2008) und stellen den Mittel- bzw. Fixpunkt im Gesamtlebensraum der

jeweiligen lokalen Populationen dar (Dietz et al. 2016, Furmankiewicz 2008, Randall & Broders 2014).

2.3 Verbreitung von großen Winter- und Schwärmquartieren in Baden-Württemberg

Nach den wenigen Untersuchungen zu Wintervorkommen von Fledermäusen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts (z.B. Frank 1963, Löhrl 1960) erfolgten systematische Kartierungen und Erfassungen von Winterquartieren seit den 1970er Jahren durch die AGF und zahlreicher Einzelpersonen (u.a. Braun & Dieterlen 2003, Dietz & Braun 1997, Frank 1971, Frank et al. 1980, Helversen et al. 1987, Kretzschmar & Braun 1993, Kulzer 1981, Kulzer et al. 1987, Müller 1993, Nagel 1982, 1984, Nagel et al. 1982, 1987, Nagel & Nagel 1993a). Ergänzt wird dies durch die in zunehmender Zahl durchgeführten Forschungs- und Kartierungsarbeiten im Auftrag der Regierungspräsidien, LUBW und anderen Behörden sowie Eingriffsuntersuchungen (u.a. Steck & Brinkmann 2015).

Schwärmuntersuchungen wurden seit 1986 (AGF Franken, Mayer & Ostertag 1985, Mayer mündlich, Kretzschmar 1995, 1997) durchgeführt, systematische und umfassende Schwärmuntersuchungen mit einem weiten Methodenspektrum seit 1995 vor allem auf der Schwäbischen Alb (Dietz unveröffentlicht, Nagel et al. 2005a, 2005b, 2005c, Nagel unveröffentlicht).

Nach den Daten der Arbeitsgemeinschaft Fledermausschutz Baden-Württemberg (AGF) und der Auswertung der Bestandserfassungsdaten von zahlreichen Kollegen (u.a. Hensle unveröffentlicht, Kugelschafter 2014, Kulzer et al. 1987, Müller 1993, Nagel 1982, Nagel & Nagel 1993a, Nagel et al. 1982, Nagel unveröffentlicht, Schauer-Weisshahn unveröffentlicht) und eigenen Erhebungen (Dietz & Dietz 2012, Dietz & Dietz unveröffentlicht) gibt es in Baden-Württemberg 18 große Winterquartiere mit 300 und mehr winterschlafenden Tieren (Abb. 1, Tab. 1). Dabei sind Überwinterungskolonien des Abendseglers in Bäumen nicht berücksichtigt. Als großes Winterquartier mit 300 und mehr Tieren wurden alle Quartiere gewertet, die in den letzten 20 Jahren bei zumindest einer Zählung die Gesamtzahl von 300 erreichten oder überschritten. Bei den zugrunde gelegten Zahlen handelt es sich jeweils um den gesicherten Mindestbestand. Bei den Bestandstunneln des vorliegenden Verfahrens wurde der als absolute Untergrenze anzusehende Bestand von 700 Tieren (Hirsauer Tunnel) bzw. 300 Tiere (Forsttunnel) angesetzt (Matthäus mündlich), vgl. hierzu auch 2.4.

Die 18 großen Winterquartiere sind über das Land verteilt (Abb. 1). 8 Winterquartiere erreichen einen Bestand von knapp 300 Tieren nur in manchen Jahren (Quartiere 1, 4, 8, 10, 15, 16, 17, 18). Zumindest für das Quartier 8 (Forsttunnel Althengstett) legt der Schwärmbestand aber einen (deutlich) größeren Winterbestand nahe.

Nur 10 Winterquartiere umfassen deutlich mehr als 300 Tiere (Quartiere 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13,14), darunter der Hirsauer Tunnel bei Calw (Quartier 7).

Im Hinblick auf die Artenzahl fallen 5 Quartiere auf, die nahezu ausschließlich von der Zwergfledermaus (Quartiere 3, 4, 6, 13, 15), der Zwergfledermaus und vereinzelten anderen Arten (Quartier 2), nahezu ausschließlich der Mopsfledermaus (Quartier 17) und von der Zwerg- und Mopsfledermaus (Quartier 5) besiedelt werden.

Nur 10 Winterquartiere werden von mehr als zwei Fledermausarten in größerer Anzahl aufgesucht (Quartiere 1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18), darunter die beiden Bestandstunnel in Althengstett und Calw (Quartiere 7 & 8).

Die höchsten Artenzahlen mit 8 und mehr Arten werden von nur 7 Quartieren erreicht (Quartiere 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14), darunter beide Bestandstunnel.

Die sowohl im Hinblick auf Arten- wie Individuenzahl bedeutendsten Winterquartiere Baden-Württembergs sind die Quartiere 7, 9, 11 und 12, darunter der Hirsauer Tunnel bei Calw.

Die größte Artendiversität zeigen dabei die Quartiere 7, 11 und 12 (darunter der Hirsauer Tunnel, Quartier 7) mit bis zu 13 regelmäßig nachgewiesenen Arten (Bartfledermaus, Bechsteinfledermaus, Brandtfledermaus, Braunes Langohr, Breitflügelfledermaus, Fransenfledermaus, Graues Langohr, Große Hufeisennase, Mausohr, Mopsfledermaus, Wasserfledermaus, Wimperfledermaus, Zwergfledermaus).

Die 18 großen Winterquartiere entsprechen gleichzeitig den großen Schwärmquartieren und damit den Hotspots für Schwärmaktivität und Genfluss in Baden-Württemberg.

Die Bedeutung als große Schwärmquartiere zeigt sich unter anderem daran, dass an diesen Quartieren in der Hauptschwärmzeit Mitte August bis Anfang September bei günstiger Witterung 100 und mehr Individuen pro Nacht gefangen und markiert werden können, die bisher höchste Individuenzahl in einer Schwärmnacht an einem Quartier konnte für das Quartier 11 mit 540 gefangenen und markierten sowie geschätzten insgesamt 700 anwesenden Tieren erreicht werden (Dietz et al. unveröffentlicht).

Diesen 18 Quartieren kommt die zentrale Bedeutung für die zukünftige Entwicklung der Schwärm- und Überwinterungsbestände und damit der felsüberwinternden Fledermausarten insgesamt zu: Können Stör- und Gefährdungsursachen ausgeschlossen werden, sind aufgrund des selbstverstärkenden Mechanismus von Schwärmen und erfolgreicher Überwinterung für diese 18 Winterquartiere die höchsten Zuwachs- und Konzentrationseffekte zu erwarten, die für eine nachhaltige Bestandskonsolidierung unabdingbar sind.

Fledermauswinterquartiere müssen spezielle Bedingungen erfüllen, die optimale Kombination der Voraussetzungen wird nur an wenigen Orten erfüllt. Diese seltenen Orte werden wiederkehrend aufgesucht und ausgeprägt tradiert. Sie haben ein großes Einzugsgebiet von 30-70 km. Zu dieser Tradierung trägt das Schwärmverhalten bei. Bei diesem gibt es einen sehr hohen Individuendurchsatz. Das Schwärmen sorgt für eine Selbstverstärkung und damit eine starke Konzentration der Überwinterungsbestände auf die besten Winterquartiere. Die großen Schwärmquartiere sind damit die Diversitätshotspots innerhalb der Verbreitung der Arten.
In Baden-Württemberg gibt es 18 große Fledermaus-Winterquartiere, dazu gehören beide Bestandstunnel. Der Hirsauer Tunnel gehört zu den individuen- und artenreichsten Winterquartieren des Landes.

Isabel & Dr. Christian Dietz
Balinger Straße 15, 72401 Haigerloch

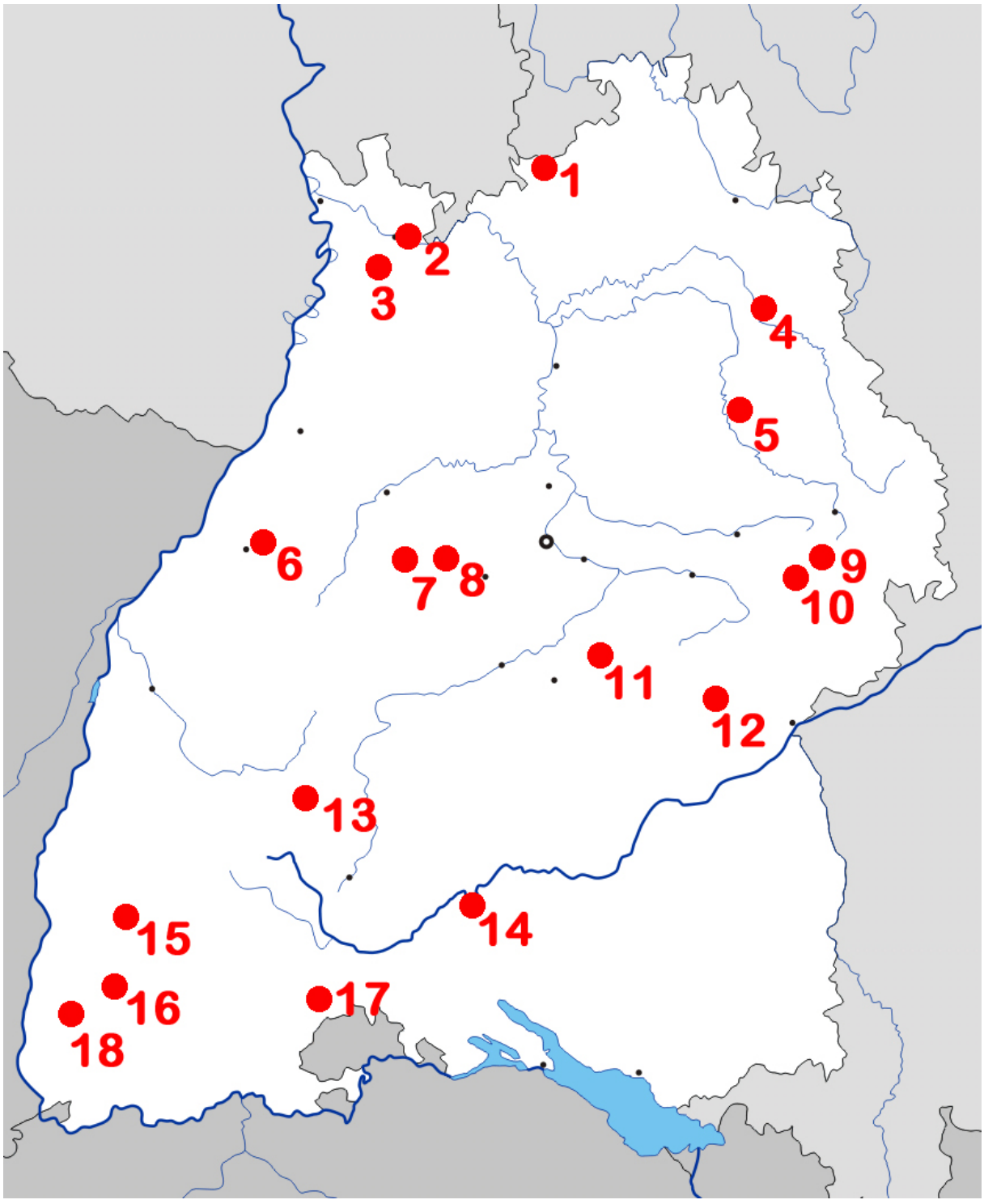


Abbildung 1: Verteilung der großen Fledermaus-Winterquartiere in Baden-Württemberg mit einem Bestand von 300 Tieren und mehr. Vgl. Hierzu Tab. 1. Die Quartiere 7 & 8 sind die beiden Bestandstunnel. Karte: C. Dietz nach Daten der AGF BW.

Tabelle 1: Große Fledermaus-Winterquartiere in Baden-Württemberg mit einem gesicherten Mindestbestand von 300 Tieren und mehr. Die Nummern verweisen auf die Karte in Abb. 1. Datenzusammenstellung C. Dietz nach Daten der AGF BW.

Nummer	Landkreis	Arten	Winterbestand
1	MOS	Mausohr, Bartfledermaus (Fransenfledermaus, Bechsteinfledermaus, Braunes Langohr)	≥ 300
2	HD	Zwergfledermaus (Breitflügelfledermaus, Zweifarbfledermaus, Langohren)	400 - 550
3	HD	Zwergfledermaus	300 - 350
4	SHA	Zwergfledermaus	300
5	SHA	Zwergfledermaus, Mopsfledermaus, Breitflügelfledermaus (Mausohr, Bartfledermaus, Fransenfledermaus, Wasserfledermaus)	≥ 750
6	BAD	Zwergfledermaus	≥ 2.000
7 *Hirsauer Tunnel*	CW	Braunes Langohr, Bartfledermaus, Fransenfledermaus, Mausohr, Zwergfledermaus, Wasserfledermaus, Breitflügelfledermaus (Bechsteinfledermaus, Mopsfledermaus, Wimperfledermaus, Große Hufeisennase)	≥ 700
8 *Forst-tunnel*	CW	Zwergfledermaus, Braunes Langohr, Fransenfledermaus, Mausohr, Bartfledermaus, Wasserfledermaus, Breitflügelfledermaus (Graues Langohr, Mopsfledermaus, Wimperfledermaus)	≥ 300
9	HDH	Mausohr, Fransenfledermaus, Wasserfledermaus, Bechsteinfledermaus (Bartfledermaus, Braunes Langohr)	650
10	HDH	Mausohr, Fransenfledermaus, Wasserfledermaus, Bartfledermaus, Braunes Langohr (Bechsteinfledermaus)	≥ 300
11	RT	Mausohr, Fransenfledermaus, Bartfledermaus, Wasserfledermaus, Bechsteinfledermaus, Braunes Langohr (Brandtfledermaus, Wimperfledermaus, Große Hufeisennase)	≥ 1.000
12	UL	Mausohr, Fransenfledermaus, Bartfledermaus, Wasserfledermaus, Bechsteinfledermaus, Braunes Langohr (Brandtfledermaus, Wimperfledermaus)	≥ 500
13	RW	Zwergfledermaus	≥ 1.000
14	SIG	Mausohr, Fransenfledermaus, Bartfledermaus, Wasserfledermaus, Bechsteinfledermaus, Braunes Langohr, Zwergfledermaus (Große Hufeisennase)	≥ 300
15	FR	Zwergfledermaus (Zweifarbfledermaus, Breitflügelfledermaus, Langohren)	≥ 300
16	FR	Wimperfledermaus, (*Myotis*-Arten, Langohren)	250 (-300)
17	WT	Mopsfledermaus (Bartfledermaus, Wasserfledermaus, Große Hufeisennase)	≥ 300
18	LÖ	Wimperfledermaus, (*Myotis*-Arten, Langohren)	300

2.4 Fledermausvorkommen an den Bestandstunneln

Zu den beiden Bestandstunneln, dem Forsttunnel Althengstett und dem Hirsauer Tunnel in Calw liegen verschiedene Untersuchungen mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen vor. Die bisher nachgewiesenen Arten sind: Abendsegler, Bartfledermaus, Bechsteinfledermaus, Braunes Langohr, Breitflügelfledermaus, Fransenfledermaus, Graues Langohr, Große Hufeisennase, Mausohr, Mopsfledermaus, Mückenfledermaus, Rauhhautfledermaus, Wasserfledermaus, Wimperfledermaus, Zwergfledermaus (AGF 2016, Dietz unveröffentlicht, Nagel 2011, Nagel 2014a, Matthäus mündlich).

Der Übersichtlichkeit halber wird zunächst zwischen Schwärm- und Winterquartiererfassungen unterschieden, obwohl zwischen beiden Ansätzen ein direkter Zusammenhang gegeben ist (Sendor 2002, van Schaik et al. 2015).

Visuelle Zählungen überwinternder Fledermäuse in den beiden Tunneln gibt es durch die Arbeitsgemeinschaft Fledermausschutz Baden-Württemberg (AGF) und Mitarbeiter der Koordinationsstelle für Fledermausschutz Nordbaden (KFN) seit 1993 (Datenbank batportal und Nagel schriftlich). Zudem wurden zwei Winterkontrollen im Rahmen der Eingriffsplanung im Auftrag des Landkreises durchgeführt (Nagel 2011). Dabei wurden bei Begehungen durch das Ausleuchten von Gewölbespalten die sichtbaren Fledermäuse gezählt und bestimmt. Nach übereinstimmender Meinung von Fledermausexperten sind zur repräsentativen Bestandserhebung mindestens zwei Zählungen in einer Kältephase im Januar oder Februar und eine Begehung im März eines jeden Jahres erforderlich (u.a. Kiefer mündlich, Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz 2011), nicht zuletzt um der unterschiedlichen Nachweisbarkeit von Arten Rechnung zu tragen (Bagrowska-Urbanczyk & Urbanczyk 1983, Weishaar 1997). Bei der Struktur und Dimensionierung der beiden Bestandstunnel müssen zudem vier erfahrene Artenkenner mit entsprechender Ausrüstung gemeinsam kontrollieren, die mit einem Zeitaufwand von 4-5 Stunden je Tunnel alle Spalten ausleuchten (u.a. Kiefer mündlich). Diese Bedingungen wurden bei keiner der bisherigen Bestandserhebungen erfüllt, die erhobene Zahlen sind damit als absolute Mindestgröße anzusehen, da nur ein Teil der theoretisch sichtbaren Tiere erfasst werden konnte und darüber hinaus der Großteil der tief in Spalten oder hinter dem Gewölbe überwinternden Tiere überhaupt nicht erfassbar war. Die höchste Zahl winterschlafender Tiere wurde am 07.03.2016 erfasst, es wurden 84 Tiere aus 7 Arten im Hirsauer Tunnel und 111 Tiere aus 6 Arten im Forsttunnel gezählt (Dietz, eigene Daten). Dabei wurden die Tiere weitgehend von einer Person gesucht, die Durchgangsgeschwindigkeit lag bei 1,5-2 Stunden je Tunnel (Dietz, eigene Daten). Damit wurde sicher ebenfalls nur ein Teil der theoretisch sichtbaren Tiere erfasst. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass bei visuelle Bestandszählungen in Winterquartieren nur ein (geringer) Teil der Tiere erfasst werden kann, die Zählungen also rein indikative Bedeutung haben.

Isabel & Dr. Christian Dietz
Balinger Straße 15, 72401 Haigerloch



Abbildung 2: Gruppe winterschlafender Zwergfledermäuse (a) und winterschlafendes Graues Langohr (b) im Forsttunnel am 07.03.2016. Fotos: C. Dietz.

Lichtschrankenzählungen wurden im Rahmen der artenschutzrechtlichen Erfassungen vom Landkreis Calw vergeben und von der Firma Chirotec durchgeführt. Hierzu liegt bisher kein Endbericht vor, nach den Daten aus einer Zwischenvorstellung vor den Verbänden (Matthäus mündlich) ist von mindestens 300 gezählten überwinternden Fledermäusen im Forsttunel und mindestens 700 Überwinterern im Hirsauer Tunnel auszugehen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die für die Lichtschrankenerfassung angebrachten Eingangsvergitterungen mit den neuen Durchflugöffnungen mehr als 10 Meter hinter den Portalen befanden (Abb. 3). Gerade die Portalbereiche sind mit tiefreichenden Spalten und einem starken Einfluss der Außentemperatur und damit kühlen Hangplätzen jedoch für einige Arten sehr wichtige Hangplatzbereiche. So konnte bei den visuellen Zählungen (u.a. Nagel 2011) der Großteil der überwinternden Tiere in diesen Bereichen gezählt werden und einige der Spalten dürften die hauptsächlichen Überwinterungsorte für Zwerg- und Bartfledermäuse darstellen. Der hier überwinternde Bestand konnte von der Lichtschranke nicht erfasst bzw. nicht bilanziert werden. Bei der visuellen Zählung am 08.03.2016 durch Dietz (eigene Daten) wurden am Hirsauer Tunnel 39 Tiere vor den Lichtschranken und 45 Tiere zwischen den Lichtschranken gefunden (vgl. Abb. 2). Der zwischen den Lichtschranken und damit von dieser Methode erfasste Winterbestand stellt damit nur einen indikatorischen Wert dar, der nur einen Teil des tatsächlich vorhandenen Bestandes abbildet. Dabei sind methodische Schwierigkeiten und Limitierungen der eingesetzten Lichtschrankenerfassung noch nicht berücksichtigt (s.u.). Eine Erfassung des Schwärmbestandes ist aufgrund des hohen Individuendurchsatzes methodisch bedingt mit der Lichtschrankenerfassung nicht möglich. Die Lichtschrankenerfassung kann damit die reale Situation nur sehr eingeschränkt abbilden.



Abbildung 3: Nordportal des Hirsauer Tunnels, Blick vom Portal in den Tunnel mit dem Eingangsverbau und der Lichtschranke. Die vor der Lichtschranke befindlichen Quartierbreiche sind mit Pfeilen markiert. Die enorm verkleinerte Durchflugöffnung (a) und der ungenügend gegen ein Durchfliegen gesicherte untere Bereich des Gitters (b) sind deutlich zu sehen. Foto: C. Dietz vom 07.03.2016.

Im Jahr 2014 erfolgte eine Erfassung des Schwärmbestandes durch Netzfänge im Auftrag des Landkreises Calw (Nagel 2014a). Dabei wurden an vier Terminen zeitgleich an allen vier Portalen Netzfänge durchgeführt und die gefangenen Tiere bestimmt. Alle Tiere wurden mit Nagellack an den Zehenkrallen markiert, die Portale waren dabei farbcodiert und auch zwischen den Fangterminen wurden unterschiedliche Farben eingesetzt (Kiefer et al. 1994, Biedermann et al. 2002). Insgesamt wurden 490 Fledermäuse aus 11 Arten gefangen. In dieser Zahl nicht enthalten sind die wenigen Wiederfänge am jeweiligen Erstfangort sowie der einzige Wiederfang zwischen den beiden Portalen eines Tunnels (Wiederfänge zwischen den beiden Tunneln gab es überhaupt nicht). Am Hirsauer Tunnel wurden 96 Bartfledermäuse, 76 Braune Langohren, 52 Zwergfledermäuse, 46 Bechsteinfledermäuse, je 41 Mausohren und Fransenfledermäuse sowie Einzeltiere aus vier weiteren Arten gefangen. Am Forsttunnel wurden 47 Zwergfledermäuse, 38 Mausohren, 26 Braune Langohren und 12 Breitflügelfledermäuse sowie Einzeltiere aus fünf weiteren Arten gefangen. Aus den Fängen ließ sich somit die Minimalzahl der in den vier Nächten zum Schwärmen anwesenden Tiere bestimmen. Der Schwärmbestand an den vier Terminen entsprach der üblichen Verteilung für das Hauptschwärmen, es wurden nahezu ausschließlich adulte Tiere mit einem typischen Überwiegen von Männchen gefangen (u.a. Kiefer et al. 1994). In einem weiteren Schritt konnten aus den Fangzahlen Hochrechnungen zum Gesamtbestand schwärmender Tiere getroffen werden. Aus anderen umfassenden Untersuchungen ist bekannt, dass es einen sehr hohen Indviduendurchsatz beim Schwärmen gibt und bei wiederholten Abfängen so gut wie keine Wiederfänge auftreten (Fölling et al. 2013, Götz 2005, Dietz unveröffentlicht, Kiefer et al. 1994, Nagel unveröffentlicht, Pinno 1999). Auch die Dauer der Schwärmphasen ist gut bekannt. Daraus lässt sich abschätzen, dass der Gesamtbestand des Schwärmens um

einen Faktor 30 bis 60 über dem Mittelwert der artbezogenen Schwärmfänge bzw. um einen Faktor 20 bis 40 über den Maximalfängen je Art liegt (Dietz & Dietz 2014). Dies deckt sich mit anderen Studien und Abschätzungen (Biedermann et al. 2002, Götz 2005, Kallasch & Lehnert 1995a, 1995b, Kiefer et al. 1994, van Schaik et al. 2015). Daraus ergeben sich Bestandschätzungen des Schwärmbestandes von 1022-2400, im Mittel 1675 Tieren für den Forsttunnel und 2777-8040, im Mittel 5021 Tieren für den Hirsauer Tunnel. Diese Zahlen sind mit einer erheblichen Spannweite versehen, da es sich um eine Schätzung handelt, die die Grundparameter aus verschiedensten wissenschaftlichen Untersuchungen zu Grunde legt und damit die Bandbreite dessen, was an Quartieren unterschiedlichster Artenzusammensetzung und Eignung auftreten kann abbildet (Dietz & Dietz 2014). Dennoch liegen diese Zahlen weit über den Ergebnissen der visuellen Kontrollen (Faktor 15-60) und der Lichtschrankenerfassung (Faktor 5,5-7,2).
Unter der Annahme, dass der Schwärmbestand dem Winterbestand entspricht (z.B. Furmankiewicz 2008, Kallasch & Lehnert 1995b, van Schaik et al. 2015), gelten die Hochrechnungszahlen auch für den zu erwartenden Winterbestand.



Abbildung 4: Netzfang am 11.08.2014 am Nordportal des Hirsauer Tunnels. Das Netz ist zwischen den Netzstangen (Pfeile) gespannt, 8 Meter weiter vorne steht eine Harfenfalle (a) und mit einer Rückspielapparatur (b) werden die Fledermäuse kleinräumig (Reichweite 4-6 Meter) angelockt. Mit dieser zeitgleich an allen vier Portalen eingesetzten Methode wurde der Schwärmbestand erfasst. Die gefangenen Tiere wurden markiert. Foto: C. Dietz.



Abbildung 5: Beim Netzfang am 29.08.2014 am Nordportal des Hirsauer Tunnels gefangenes Männchen der Wimperfledermaus. Die Zehenkrallen sind zur Wiedererkennung mit Nagellack markiert. Foto: C: Dietz.

Die Diskrepanz zu den visuellen Kontrollen überrascht nicht und wurde bei zahlreichen anderen Objekten in ähnlicher Größenordnung gefunden (Dietz & Dietz 2012, Kallasch & Lehnert 1995a, Sendor 2002, Sendor et al. 2000, Simon & Kugelschafter 1999, Zöphel et al. 2001). Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass bisher die Vorbedingungen an den Suchaufwand (Anzahl Personen, Zeitdauer der Zählung) nicht erfüllt wurden, andererseits aber vor allem darauf, dass der Großteil der Tiere nicht sichtbar in tiefen Spalten in oder hinter dem Gewölbe überwintert (Dietz et al. 2003, Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz 2011, Simon & Kugelschafter 1999). Entsprechend wurde bereits von Nagel (2011) ein Mindestbestand von 1000 Tieren geschätzt.

Die Diskrepanz zur Lichtschrankenerfassung ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen und betrifft eine mögliche Überschätzung bei der Schwärmhochrechnung (Nagel 2014a), vor allem aber eine erhebliche Limitierung bei der Lichtschrankenerfassung:

Die Hochrechnung des Gesamtbestandes (Nagel 2014a) und die Methodenvalidierung basiert vor allem auf Untersuchungen zur Zwergfledermaus (Dietz & Dietz 2014, Sendor 2002) und kann auch für die Arten Mausohr, Fransenfledermaus, Wasserfledermaus, Bartfledermaus und Braunes Langohr anhand von Vergleichsuntersuchungen plausibilisiert werden (Kiefer et al. 1994, Götz 2005). Dahingegen sind für die Bechsteinfledermaus die Grundannahmen aus anderen Untersuchungen ableitbar (Dietz & Dietz 2014), es gibt aber bisher keine artspezifische Methodenvalidierung durch unabhängige Untersuchungen. So gibt es auch einen vereinzelten Hinweis darauf, dass bei dieser Art Schwärm- und Überwinterungsort nicht identisch sein müssen (Trappmann 1997). Somit könnte bei der Bestandsschätzung (Nagel 2014a) eine Überbewertung für diese Art (Bechsteinfledermaus) stattgefunden haben, die Bestandsschätzung von über 600 Tieren für diese Art könnte somit zu hoch ausgefallen sein. Des Weiteren könnte die Berücksichtigung von Einzelfängen wie einer einzelnen Wimperfledermaus in der

Hochrechnung zu einer Überbewertung dieser Art geführt haben, da das Hochrechnungsmodell nur für ganze Winterbestände einer Art und nicht für Einzelnachweise gültig ist (Dietz & Dietz 2014). Da die Bechsteinfledermaus jedoch nur rund 10% der Fangzahlen (Nagel 2014a) und Einzelnachweise nur einen Promillebereich der Fänge und damit der Schwärmhochrechnung ausmachen, hat ein möglicher Fehler keine gravierenden Folgen für die ermittelte Gesamtzahl.

Auf der anderen Seite fallen die Erfassungen mit der Lichtschranke (Chirotec unveröffentlicht, Matthäus mündlich) methodisch bedingt zu gering aus: (1) Ein größerer Teil der Tiere überwintert vor den Lichtschranken in den Tunnelportalen und wird entsprechend durch die um jeweils über 10 Meter zurückgesetzt angebrachten Lichtschranken nicht erfasst (Abb. 3). (2) Ein weiterer Teil der Tiere konnte im unteren Bereich des Tunnelquerschnittes durch die Gitterkonstruktion in den Tunnel gelangen, nachdem von der Firma Chirotec im November 2015 das zuvor angebrachte sehr feinmaschige und die Bewetterung behindernde Schutznetz entfernt und nicht durch ein gröberes Netz ersetzt wurde (Abb. 3). Somit wurden nicht alle Tiere durch die Lichtschrankenöffnung geleitet und konnten entsprechend auch nicht erfasst werden. (3) Um als Ereignis erkannt und gewertet werden zu können, sind die Lichtschranken und die Speichersoftware auf eine logische Unterbrechungsabfolge der Strahlenvorhänge angewiesen, entsprechend ist das System methodisch nicht in der Lage zeitgleiche Durchflüge in eine Richtung oder bei entgegen gerichteten Flügen zu erkennen. Je größer die Einflugöffnung wird und je mehr Fledermäuse gleichzeitig unterwegs sind, desto häufiger wird dieser Fehler verursacht. Um dies zu berücksichtigen sind umfangreiche Fehlererhebungen erforderlich, die für die jeweilige Verhaltenssituation (Einflugphase, Ausflugphase, Schwärmen) getrennt durchgeführt werden müssen. (4) Methodisch unabhängige Ermittlungen der Fehlerquote der Lichtschrankenerfassung (z.B. durch Infrarot-Videoaufzeichnung) während der Ermittlung der maßgeblichen Bezugsgröße zur Ausflugphase aus dem Winterquartier wurden nicht durchgeführt (Kugelschafter mündlich). Dies ist umso schwerwiegender, als solche Untersuchungen auch nicht aus anderen wissenschaftlich begleiteten und wissenschaftlich publizierten Daten (d.h. in peer-reviewed journals) vorliegen. (5) Als weitere Fehlerquelle kommt in Betracht, dass die Lichtschranke nach jedem Fotoereignis gesperrt war, um ein erneutes Auslösen durch den Blitz zu verhindern. Die Lichtschranke war somit direkt nach einem Durchflug „blind“ und konnte damit Umkehrreaktionen nicht erfassen (Abb. 6). Dieses blinde Zeitfenster war dabei für die Fotokameras durch lange Lade- und Speicherzeiträume von bis zu 1,5 Sekunden (Kugelschafter mündlich) noch länger als für die Lichtschranke selbst. (6) Die Lichtschrankentechnik mit angeschlossenen Fotofallen ist durch das Auslösen der Blitze eine invasive Methode, da manche Fledermausarten auf die Blitze mit einem Abdrehen reagieren. Gemeinsam mit den nicht erfassten, aber zu erwartenden Mikroklimaveränderungen und einer negativen Reaktion auf die erhebliche Verengung des Durchflugs auf einen Bruchteil der ursprünglichen Fläche (Abb. 3) ist per se eine Reduktion der Gesamtpopulation durch den Eingriff in das Verhalten der Fledermäuse anzunehmen. (7) Zusammengenommen lassen sich erhebliche Fehlerquoten ableiten, die additiv zueinander und zum Gesamtergebnis zu werten sind und sich insbesondere auf die Gesamtaktivität erfasster Durchflüge und nicht nur auf die bereits bilanzierten Ereignisse beziehen: Die Durchflugaktivität je Art an den Lichtschranken liegt um ein Vielfaches (ca. Faktor 20) über dem jeweils bilanzierten Bestand. Der bilanzierte Bestand wird aus den Unterschieden zwischen Ein- und Ausflügen und damit aus der Gesamtaktivität berechnet. Fehler in der

Erfassung der Gesamtaktivität wirken sich damit direkt auf die Bilanzierung aus und müssen daher bei der jeweiligen Gesamtaktivität berücksichtigt werden.
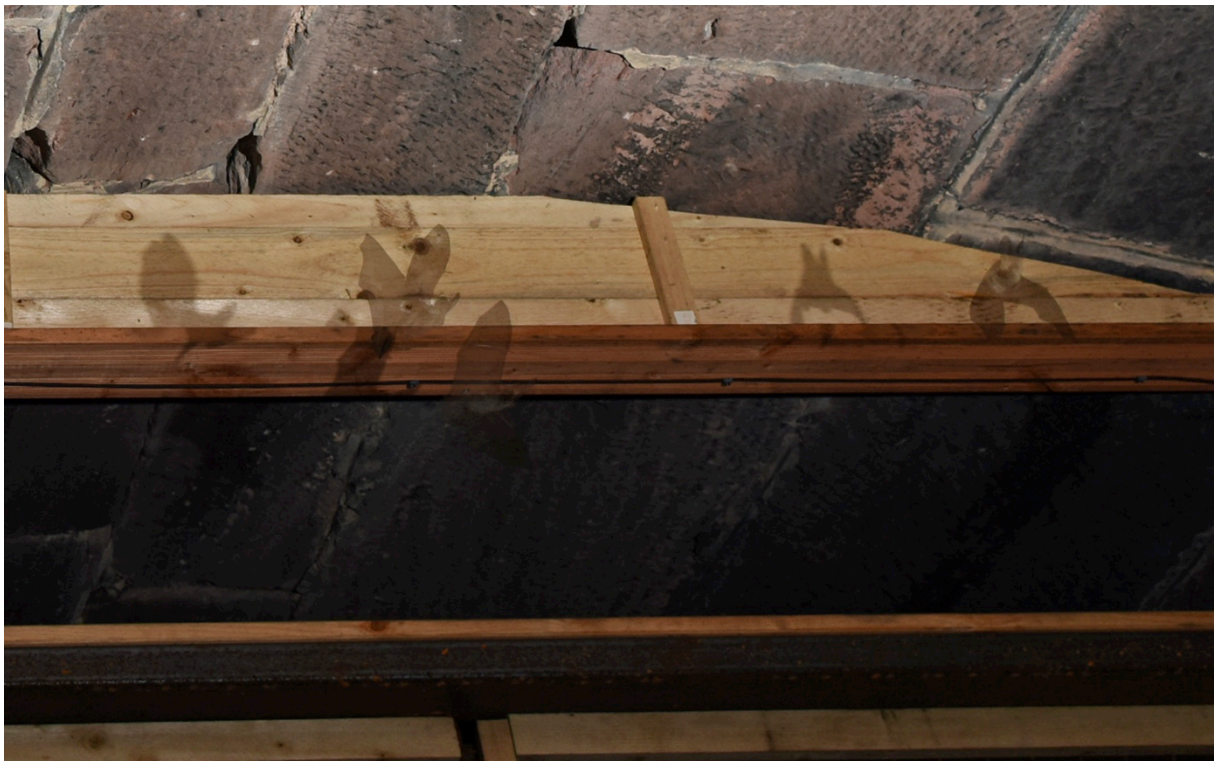


Abbildung 6: Foto vom Nordportal des Hirsauer Tunnels mit Blick auf die Lichtschranke von außen. Dabei ist der Kameraverschluss in Langzeitbelichtung geöffnet (10 Sekunden), die Belichtung erfolgt durch die Blitze des Lichtschrankensystems der Firma Chirotec. Eine Langohrfledermaus kreist im Bereich der Lichtschranke und wird dreimal von außen (d.h. beim Ausflug) geblitzt. Bei den jeweils in Sekundenbruchteilen später erfolgenden Umkehrreaktionen des Tieres mit Einflügen in den Tunnel wird es aber nicht von innen geblitzt, da das System blockiert ist. Durch die Aufsummierung solcher Einzelfehler wie diesem kann methodisch bedingt keine exakte Zahl angegeben werden. Foto: C. Dietz vom 01.09.2016.

Details hierzu können erst mit dem Vorliegen des Abschlussberichtes und der Rohdaten der laufenden Untersuchungen durch die Firma Chirotec ausgearbeitet werden. Die bisher angestellten Fehlerbetrachtungen in der Lichtschrankenmethodik durch die Gutachter des Vorhabenträgers (Matthäus mündlich, Kugelschafter mündlich) können nur als mangelhaft bewertet werden, die Genauigkeit der vorgestellten Zahlen ist somit anzuzweifeln (vgl. z.B. auch Zöphel et al. 2001). Dies gilt umso mehr, als dass bisher auch die zur Fehlerabschätzung so wichtige Gegenüberstellung der Ein- und Ausflugphase ins Winterquartier nicht geliefert wurde (vgl. Zöphel et al. 2001). Unter der (nicht zutreffenden) Annahme, dass die Lichtschrankenerfassung ein unverzerrtes Abbild des Gesamtbestandes liefert, müssten sich die Ergebnisse der Einflugphase im Herbst und der Ausflugphase im Frühjahr entsprechen, da die Wintermortalität der Fledermäuse sehr gering ist (u.a. Dietz et al. 2016). Der Beginn der Lichtschrankenerfassungen im September 2015 würde es erlauben, die Einflugphase abzudecken, in der zweiten Septemberhälfte beginnen nur wenige Arten (Wasserfledermaus) und in geringer Individuenzahl bereits den Winterschlaf, so dass die Einflugphase nahezu vollständig erfasst wurde (Vgl. Harrje 1994, Kallasch & Lehnert 1995, Lesinski 1989, 1990, Molitor et al. 2015a). Die bisherige Begründung (Matthäus mündlich,

Kugelschafter mündlich), dass die Einflugphase wegen des zu späten Beginns der Erfassung nicht verwendet werden kann, erscheint somit fragwürdig.

Darüber hinaus deuten die von der Arbeitsgemeinschaft Fledermausschutz Baden-Württemberg zur Schwärmzeit im Sommer 2016 durchgeführten Untersuchungen darauf hin, dass durch den massiven Eingangsverbau und die drastische Verkleinerung der Durchflugsöffnung an den Tunnelportalen (jeweils von einer zuvor nutzbaren Durchflugöffnung von ca. 40 Quadratmetern auf die Lichtschrankenöffnung von einem Quadratmeter) eine deutliche Verlagerung des Schwärmens aus den Tunneln heraus zu den Portalbereichen ausgelöst wurde. Es wäre somit durchaus denkbar, dass auch eine Verlagerung des Winterbestandes aus dem Tunnelinneren in die Portalbereiche stattgefunden hat und somit der ursprüngliche Bestand nicht korrekt erfasst werden konnte.

Zusammenfassend ist für beide Bestandstunnel von einem deutlich höheren Überwinterungsbestand als bei den visuellen Kontrollen und der Lichtschrankenerfassung auszugehen. Der Überwinterungsbestand dürfte im Bereich des geschätzten Schwärmbestandes (Nagel 2014a) von minimal 2700 Tieren am Hirsauer und minimal 1000 Tieren am Forsttunnel liegen.

2.5 Bedeutung der Bestandstunnel für die landesweiten Fledermausbestände

Die Bedeutung der beiden Tunnel für die landesweiten Fledermausbestände ist nicht hoch genug anzusetzen (vgl. auch Glover & Altringham 2008, Parsons et al. 2003a, van Schaik et al. 2015): beide gehören selbst unter Zugrundelegung der unkorrigierten Lichtschrankendaten (700 Tiere Hirsauer Tunnel, 300 Tiere Forsttunnel; Matthäus mündlich) zu den 18 bedeutendsten Fledermauswinterquartieren Baden-Württembergs, der Hirsauer Tunnel zu den vier artenreichsten und individuenstärksten Winterquartieren des Bundeslandes. Mit Hinblick auf die Artenzahl gehören beide Tunnel zu den besten Quartieren des Bundeslandes (Vgl. Tab. 1).

Damit überwintert ein signifikanter Anteil der Landespopulation zumindest der Arten Bartfledermaus, Braunes Langohr und Fransenfledermaus in beiden Tunneln. Nicht zuletzt hierdurch sind beide Tunnel als landesweit bedeutsam einzustufen.

Beide Winterquartiere erfüllen die Kriterien an national bedeutsame Winterquartiere mit funktional herausragender Bedeutung (mindestens 19 Individuen, mindestens 4 Arten, Mindestzahl seltener Arten, hohe Schwärmaktivität sowie große reichhaltig strukturierte und zusammenhängende Quartiersysteme; Mitchell-Jones et al. 2000). Entsprechend gehören beide Tunnel zu den bedeutendsten unterirdischen Winterquartieren Deutschlands („underground habitats“).

Nach der standardisierten Bewertung für Fledermauslebensräume und Fledermauspopulationen nach Reck (1990) führt das Vorkommen von vom Aussterben bedrohten Fledermausarten (hier Große Hufeisennase) oder die überdurchschnittlichen Individuenzahl stark gefährdeter Fledermausarten (hier Bechsteinfledermaus, Graues Langohr, Mopsfledermaus, Wimperfledermaus) oder eine stark überdurchschnittlicher Individuenzahlen gefährdeter Fledermausarten (hier Braunes Langohr, Mausohr, Bartfledermaus) zu der klaren Einstufung als bundesweit bis international bedeutsames Winterquartier für den Hirsauer Tunnel (Wertstufe 9 von 9). Der Forsttunnel ist zumindest als überregional bedeutsam einzustufen (Wertstufe 8).

Aus den unteren Schätzbereichen der Schwärmhochrechnung ergibt sich ein signifikanter Anteil an der Landespopulation durch schwärmende Tiere auch für die Arten

Bartfledermaus, Bechsteinfledermaus, Braunes Langohr, Fransenfledermaus und Mausohr. Damit stellen die beiden Schwärmquartiere als zentrale Orte des Informationsaustausches und vor allem des Genflusses zwischen Teilpopulationen extrem wichtige und unersetzbare Quartiere dar. Gerade bei den wenig mobilen und im Sommer in weitestgehend geschlossenen Weibchenverbänden lebenden Arten Braunes Langohr und Bechsteinfledermaus stellen das Schwärmen und der damit verbundene Genfluss (Furmankiewicz 2008, Furmankiewicz & Altringham 2007, Furmankiewicz et al. 2013, Kerth et al. 2003, Kerth & Morf 2004, Rivers et al. 2005, Veith et al. 2004) eine zentrale Voraussetzung dafür dar, dass die Sommerbestände eine hohe Fitness aufweisen und den Herausforderungen anthropogen überprägter Landschaften und Lebensräume gewachsen sind.

Im Hinblick auf die Bechsteinfledermaus, die sich landesweit in einem ungünstig-unzureichenden Erhaltungszustand befindet (LUBW 2013) wird die Bedeutung der Bestandstunnel besonders deutlich. Trotz (methodisch bedingt fragwürdiger) geringer Winterbestände (Matthäus mündlich) tritt die Art in großer Zahl während des Schwärmens auf: bei den Untersuchungen von Nagel (2014a) wurden 47 Bechsteinfledermäuse gefangen und farbmarkiert (46 am Hirsauer Tunnel, 1 am Forsttunnel), davon in einer Nacht (08.09.2014) bereits 24 Individuen. Aufgrund des hohen Individuendurchsatzes beim Schwärmen ist mit einer insgesamt wesentlich höheren Zahl Bechsteinfledermäuse über den gesamten Schwärmzeitraum zu rechnen. Insbesondere der Hirsauer Tunnel stellt somit eines der zentralen Schwärmquartiere mit höchster Bedeutung für den Genfluss innerhalb der Population dar und ist damit zumindest von landesweiter Bedeutung.

Die hohe Bedeutung der Quartiere lässt sich auch aus den Vorkommen der zahlenmäßig nur in geringer Anzahl nachgewiesenen Arten Graues Langohr, Große Hufeisennase, Mopsfledermaus und Wimperfledermaus ableiten: alle vier Arten werden in der Roten Liste Baden-Württembergs (Braun 2003) als extrem selten in der Kategorie 1 (vom Aussterben bedroht) oder wie die Wimperfledermaus in der Kategorie R (extrem seltene Art mit geographischer Restriktion) geführt. Alle vier Arten sind landesweit in einem ungünstig-unzureichenden bzw. ungünstig-schlechten Erhaltungszustand (LUBW 2014).

Das Graue Langohr ist landesweit im Rückzug begriffen, in einem ungünstig-unzureichenden Erhaltungszustand und Winternachweise sind sehr selten. Somit kommt dem Erhalt der Bestände und insbesondere der wenigen bekannten Winterquartiere eine hohe Bedeutung zu.

Nachweise von Großer Hufeisennase, Mopsfledermaus und Wimperfledermaus stellen die ersten Vorboten einer möglichen Besiedlung dar. Die beiden Tunnel liegen für diese drei Arten außerhalb der derzeitigen Verbreitung (Große Hufeisennase real ausgestorben, Mopsfledermaus nach dem faktischen Aussterben wieder im Norden und äußersten Süden Baden-Württembergs etabliert, Wimperfledermaus auf das Rheintal und Unterläufe der Nebenflüsse beschränkt, vgl. Steck & Brinkmann 2015), aber angrenzend an potentielle bzw. ehemalige Lebensräume. Alle drei Arten sind in einer sehr vorsichtigen Ausbreitung begriffen, die eine sehr vorsichtige Hoffnung begründet, dass sich die Arten mittelfristig und mit Hilfe umfassender Schutzprogramme aus den derzeitigen ungünstigen Erhaltungszuständen (LUBW 2014) verbessern könnten. Das Aufsuchen der großen Schwärm- und Winterquartiere kann als Versuch interpretiert werden, Artengenossen aufzuspüren und geeignete Winterquartiere zu finden. Damit stellen beide Tunnel extrem wichtige und unersetzbare Anknüpfungspunkte für eine Wiederbesiedlung dar.

Für die Mopsfledermaus ist klar belegt, welche enorme Bedeutung dem Vorhandensein und dem Schutz der zentralen Winterquartiere für die Bestandsentwicklung zukommt (Steck & Brinkmann 2015). Ausgehend von dem Winterquartier der Art in der Sauschwänzlebahn in Südbaden hat sich im Süden Baden-Württembergs ein Bestand aufgebaut, der mittlerweile bis in die Baar ausstrahlt. Den beiden Bestandstunneln am Rand des Nordschwarzwaldes dürfte die zentrale Rolle in der Etablierung neuer zentraler Winterquartiere für die Wiederbesiedlung von Nordschwarzwald und Heckengäu zukommen.

Die großen Schwärmquartiere bedürfen dringend eines umfassenden Schutzes, da sie von zentraler Bedeutung für den Artenschutz und damit auch die Erfüllung europäischer Artenschutzverpflichtungen sind (u.a. BfN (www.bfn.de/0302_eurobats.html), Glover & Altringham 2008, Mitchell-Jones et al. 2000, Parsons 2003a).

Die Größe der Fledermausvorkommen an den Bestandstunneln lässt sich nur aus einer Methodenkombination von visuellen Zählungen, Lichtschrankenerfassungen und Schwärmfängen mit Bestandshochrechnungen realistisch abschätzen. Aus der zusammenfassenden Betrachtung ergeben sich Bestände von mehreren Tausend Tieren für beide Tunnel, die Bestände am Hirsauer Tunnel liegen dabei knapp Dreifach über denen des Forsttunnels. Insgesamt kommen mindestens 12 Arten in den Tunneln regelmäßig vor. Die Ergebnisse der Lichtschrankenerfassung fallen methodisch bedingt deutlich zu gering aus und haben nur indikatorischen Wert. Die Erfassung der Schwärmbestände ist mit dieser Methode nicht möglich.

3. Konflikte zwischen der Planung zur Reaktivierung und dem Artenschutz

Die beiden Bestandstunnel gehören (selbst) mit Mindestbeständen im Winter von 300 und 700 Tieren und Mindestbeständen zur Schwärmzeit von 1000 und 2700 Tieren und insgesamt mit bis zu 15 nachgewiesenen Arten zu den größten Winter- und Schwärmquartieren Baden-Württembergs. Aus der hohen Individuen- und Artenzahl, dem Vorkommen von vom Aussterben bedrohten Arten und nicht zuletzt aus nationalen und europäischen Gesetzen, Richtlinien und Abkommen (Bundesnaturschutzgesetz, Natura2000, EUROBATS) ergeben sich eine sehr hohe Schutzbedürftigkeit und ein maximaler Schutzstatus.

Die Umsetzung der Reaktivierung der Bahnlinie Weil der Stadt – Calw würde erheblichste Beeinträchtigungen mit sich bringen. Dabei soll die seit Jahrzehnten stillgelegte Bahnlinie wieder in Betrieb genommen werden, d.h. es sollen regelmäßig wieder Züge verkehren. Damit sind bauliche Veränderungen unumgänglich. Die Planungen des Landkreises Calw sehen Durchfahrtgeschwindigkeiten von 90-100 Stundenkilometer durch die beiden Bestandstunnel vor. Damit folgen aus der Planung erhebliche bau- und betriebsbedingte Auswirkungen, die artenschutzrechtliche Verbotstatbestände auslösen und bis hin zur Auslöschung der Gesamtpopulation führen können. Die Gefährdungsursachen werden im Folgenden dargestellt.

Isabel & Dr. Christian Dietz
Balinger Straße 15, 72401 Haigerloch

3.1. Direkte Tötung

Anprallverluste von Fledermäusen im Verkehr sind seit langem bekannt, dabei aber vor allem im Straßenverkehr dokumentiert und ursächlich erforscht (Altringham & Kerth 2016, Bafaluy 2000, Brinkmann et al. 2003, 2012, Dietz & Kiefer 2014, Fensome & Mathews 2016, Forman et al. 2003, Fuellhaas et al 1989, Gaisler et al. 2009, Haensel & Rackow 1996, Kiefer & Sander 1993, Lesinski 2007, 2008, Lesinski et al. 2011, Medinas et al. 2013, Presetnik et al. 2014, Prüter et al. 1995, Rackow & Schlegel 1994, Richarz 2000, Russel et al. 2009). Die Tötung von Tieren auf der freien Strecke erfolgt v.a. beim Queren von Trassen oder Jagdflügen im Trassenbereich durch direkten Anprall oder Verwirbelungen (Brinkmann et al. 2003, 2012, Russel et al. 2009).

Auch im Bereich der Bahn sind Verkehrsopfer aus vielen Wirbeltiergruppen und bei Säugetieren bekannt (Van der Grift 1999). Unter den Fledermäusen fallen neben Störeffekten für manche Arten (Vandevelde et al. 2014) insbesondere die Verluste in als Schwärm- und Winterquartier genutzten Eisenbahntunneln ins Gewicht (z.B. Höppner et al. 2013, Siemers et al. 2006, Vollmer & Rackow 2002). So sind auch aus im Betrieb befindlichen Eisenbahntunneln im Nordschwarzwald Totfunde bekannt, so aus dem Zelgenbergtunnel (Nagel 2014b), dem Rudersbergtunnel (Nagel in Wingert 2010) und dem Hochdorfer Tunnel (Nagel unveröffentlicht, Nagel & Dietz unveröffentlicht). Letzterer ist hierbei besonders interessant, da es in diesem kaum Nachtfahrten gibt und dennoch das Spektrum durch Anprall oder Verwirbelung getöteter Tiere groß ist (Bartfledermaus, Braunes Langohr, Breitflügelfledermaus, Mausohr, Mopsfledermaus, Zwergfledermaus) und eine erhebliche Individuenzahl betroffen ist.

Die Planungen des Landkreises Calw sehen Durchfahrtgeschwindigkeiten von 90-100 Stundenkilometer durch die beiden Bestandstunnel vor. Damit sind die im Tunnel fliegenden Fledermäuse einem sehr hohen Tötungsrisiko durch Anprall oder Verwirbelung ausgesetzt: Fledermäuse sind aufgrund der begrenzten Reichweite der Echoortung in der Lage, auf herannahende Gefahrenquellen von bis zu 8-10 m/s zu reagieren (Dietz & Kiefer 2014, Schnitzler et al. 2003, Koselj schriftlich, Schnitzler mündlich), die Fahrtgeschwindigkeit der Züge läge jedoch bei mindestens 25 m/s (=90 km/h) und somit weit über der Detektions- und Reaktionsfähigkeit der Fledermäuse. Insbesondere zur Schwärmzeit würde die Durchfahrt der Züge regelrechte Massaker auslösen. Solche extrem erhöhten Kollisionsraten wurden bei der Reaktivierung eines Tunnels im Taunus dokumentiert (Nagel 2003).

Ein signifikant erhöhte Tötungsrisiko lässt sich auch aus der Tatsache ableiten, dass es aufgrund der des Schwärmens und des Aufsuchens großer Winterquartiere zu erheblichen Konzentrationseffekten auf kleinem Raum kommt. Durch das Schwärmen kommt es zu einem Verhalten mit erheblich erhöhten Aufenthaltswahrscheinlichkeiten im Gefahrenbereich. Daraus lässt sich ein sehr hoher und signifikanter Anstieg des Kollisionsrisikos ableiten.



Abbildung 7: Tote Fledermäuse im Hochdorfer Tunnel: Fundsituation einer Zwergfledermaus (a), das äußerlich unverletzte aber durch Verwirbelung innerlich verblutete Tier hat sich im Gleisschotter versteckt, Detailausschnitt vor der Bergung (b). Frei liegende Breitflügelfledermaus mit multiplen Knochenfrakturen nach Anprall (c). Fotos: C. Dietz.

3.2. Störung

Die Wiederinbetriebnahme hätte auf die lokale Population in zweifacher Hinsicht Auswirkungen: Unmittelbar sind bau- und betriebsbedingt erhebliche Störungen zu erwarten, mittelbar kommt die Auslöschung der lokalen Population zum Tragen.

Unmittelbar wirksam sind Lärm, Lichtwirkungen, Wirkungen durch den Fahrtwind, Luftdruckunterschiede, Erschütterungen, Abgase und die Hitzewirkung der Abgase. Damit erfolgt eine deutliche Veränderung zur derzeitigen Situation. Fledermäuse sind dafür bekannt, sehr empfindlich auf Veränderungen zu reagieren (Schaub et al. 2008), dies betrifft v.a. den Winterschlaf (Speakman et al. 1991, Thomas 1995).

Der emittierte Lärm, Fahrtwind, Luftdruckunterschiede und Erschütterungen stellen Funktionen der Geschwindigkeit dar und nehmen bei hohen Fahrtgeschwindigkeiten überproportional zu (vgl. Schaub et al. 2008). Zusammengefasst stellt damit insbesondere die geplante hohe Fahrtgeschwindigkeit eine mögliche unmittelbare Störquelle dar. Die Problematik von Abgasen und der beim Abgasausstoß emittierten Hitze bei einem Dieselbetrieb ist schwer abschätzbar: Einerseits sind die Tunnel stark bewettert und es kommt zu einem schnellen Luftaustausch, andererseits kann der Luftaustausch in den Hohlraumsystemen wesentlich verzögert sein, da die Höhendifferenz zwischen den jeweiligen Portalen gering ist. Derzeit ist nicht untersucht, ob es bei besonderen Wetterlagen (z.B. Inversionslage) dazu kommt, dass die Luft in den Tunneln weitgehend steht. Wäre dies der Fall könnten durch die Abgase durchaus Intoxinationen ausgelöst werden.

Mittelbar stellt auch die Auslöschung der Lokalpopulation durch direkte Tötung eine Störung dar. Dabei stellt die Schwärm- und Winterpopulation klar eine lokale Population dar (LANA 2010, Runge et al. 2010). Für die im Betrieb befindlichen Bahntunnel der Umgebung sind regelmäßige Erkundungs- und Durchflüge von Fledermäusen belegt (s.o. und Nagel 2014b, Nagel in Wingert 2010, Nagel unveröffentlicht, Nagel & Dietz unveröffentlicht). Vermutlich werden diese erkundet, um die Eignung als Winterquartier zu prüfen und eine mögliche Schwärmaktivität aufzufinden. Die Totfunde legen nahe, dass es sich bei den im Betrieb befindlichen Bahntunneln um Populationssenken handelt, d.h. dass hier die Wahrscheinlichkeit umzukommen weit über dem normalen Lebensrisiko liegt. Das Tötungsrisiko für eine Fledermaus ist im Bereich eines befahrenen Bahntunnels signifikant erhöht. Solche durch das Erkundungs- und Neugierdeverhalten ausgelösten Populationssenken sind eine der maßgeblichen Gefährdungsursachen für Fledermäuse (u.a. Altringham & Kerth 2016, Dietz & Kiefer 2014, Dietz et al. 2016). Die durch den wieder aufgenommenen Bahnverkehr in zuvor stillgelegten Bahntunneln ausgelöste Mortalität kann aufgrund der hohen Individuenverluste bis hin zum Erlöschen der Population führen, diese Entwicklung wurde für einen Tunnel zwischen Grävenwiesbach und Hasselborn dokumentiert (Nagel 2003a). Mit der Tötung von Fledermäusen würde die Gesamtmortalität für die betroffenen Populationen dramatisch ansteigen, mit unübersehbaren Folgen bis hin zur Populationsauslöschung (Altringham & Kerth 2016, Forman et al. 2003, Loehle & Li 1996). Diese Populationssenke könnte über die lokale Population hinaus wirksam sein.

3.3. Zerstörung von Lebensstätten

Fledermäuse können herausragende Quartiere nicht einfach wechseln, da diese eine sehr seltene Ressource darstellen und über ganz besondere Bedingungen verfügen müssen. Die Reaktivierung der Bahnlinie würde erhebliche unmittelbare und mittelbare Zerstörungseffekte mit sich bringen.

Mit der Reaktivierung der Bestandstunnel ginge eine erhebliche Sanierung der Bauwerke einher, dabei wäre unmittelbar mit dem Verlust von Quartierspalten zu rechnen, zumal ein vollständiges Verfugen des Gewölbes vorgeschlagen wurde (vgl. Spang 2007). Hinzu kommen unmittelbare Folgen von Abgasen, die mögliche Hitzewirkung und Lärmeffekte, die eine unmittelbare Zerstörung zur Folge haben können.

Mittelbar ist jedoch auch eine Zerstörung der Lebensstätten durch die Tötung der Tiere gegeben: Aufgrund des extrem erhöhten Kollisionsrisikos und der Tötung der Tiere wird die Lebensstätte zerstört.

Die geplante Reaktivierung bringt im Hinblick auf Fledermäuse erhebliche artenschutzrechtliche Probleme mit sich. So werden alle drei Verbotstatbestände ausgelöst, dabei kommen nicht nur die unmittelbaren Wirkungen, sondern auch mittelbare Wirkungen zum Tragen. Bau- und betriebsbedingt sind Auswirkungen bis zur Auslöschung der landesweit bedeutsamen Populationen und damit Auswirkungen über die lokalen Populationen hinaus zu erwarten.



Isabel & Dr. Christian Dietz
Balinger Straße 15, 72401 Haigerloch

4. Mögliche Konfliktlösung

Bei Lebensstätten streng geschützter Arten und insbesondere bei (mindestens) landesweit bedeutenden Vorkommen sehr seltener und hochgradig gefährdeter Arten sind Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen oberstes Gebot (Vgl. Vermeidungsgebot des § 15 Abs. 1 S. 1 BNatSchG). Eine weitgehende Entwertung und Zerstörung von zwei der größten und artenreichsten Fledermaus-Schwärm- und Winterquartiere würde den Artenschutz im Land um Jahrzehnte zurückwerfen, die in Kauf genommene Massentötung von Fledermäusen zur Schwärmzeit und die damit verbundenen Populationseinbußen wären in keinster Weise zu rechtfertigen. Die einzige Konfliktlösung kann somit darin bestehen, die Vorkommen im bestmöglichen Erhaltungszustand zu bewahren sowie Vermeidungs- und Minimierungslösungen konsequent umzusetzen.

4.1 Erhalt der Quartierspalten

Der Erhalt eines Großteils der Quartierspalten ist unabdingbare Voraussetzung zum Erhalt der Winterquartiere und der Funktion der Bestandstunnel als Schwärmquartiere. Die vollflächigen Sanierung der Mauerwerksfugen, d.h. das Verfüllen der Spalten mit Mörtel, wäre damit nicht möglich. Durch eine umfassende ökologische Baubegleitung wäre der Quartiererhalt sicherzustellen.

4.2 (Temporärer) Verzicht auf eine Nutzung

Die sicherlich beste Lösung für die Fledermäuse wäre der Verzicht auf ein Durchfahren der Tunnel. Dies wäre z.B. durch den Neubau von Umfahrungstunneln oder den Verzicht auf die Streckenreaktivierung möglich. Bei der Umsetzung von Schutzmaßnahmen für die Tunnel durch eine fledermausgerechte Vergitterung wäre mit einer weiteren Zunahme der Bestände und dem Etablieren weiterer sehr seltener Arten zu rechnen (Mitchell-Jones et al. 2010). So wäre der Aufbau eines neuen Populationszentrums der Mopsfledermaus zu erwarten (vgl. Steck & Brinkmann 2015). Dem Hirsauer Tunnel käme hierbei aufgrund seiner Lage und dem bisherigen Bestand die größere Bedeutung zu.

Als höchstproblematisch ist die geplante hohe Durchfahrtsgeschwindigkeit nebst damit verbundenen Anprallverlusten anzusehen. Dies gilt in höchstem Maße während der Schwärmzeit, aber auch zu allen anderen Zeiten des Jahres mit Flugaktivität im Tunnel. In der Aktivitätszeit der Fledermäuse und zu Beginn des Winterschlafes finden die Flüge nur nachts statt, zum Ende des Winterschlafes durch die Verschiebung der zirkadianen Rhythmik aber auch tagsüber. Eine Möglichkeit, die Anprallverluste bzw. die Tötung der Tiere deutlich zu reduzieren, wäre ein Verzicht von Nachtfahrten durch die Tunnel. Dieser Verzicht kann z.B. durch einen Ersatzverkehr mit Bussen oder vergleichbare Lösungen ermöglicht werden.

Bei einer Beschränkung des Durchfahrtsverbotes auf die reine Schwärmzeit könnte das Tötungsrisiko durch Kollisionen zwar drastisch gesenkt werden, es würden aber noch erhebliche Tötungsrisiken in der Einflug- und Ausflugphase sowie bei Ortswechseln im Tunnel verbleiben.

Zudem verbleiben mit einem temporären Verzicht auf Durchfahrten die mögliche Störung durch Dieselabgase und damit verbundene Hitzewirkungen zu anderen Zeiten des



Jahres, insbesondere während des Winterschlafes. Die damit verbundenen Auswirkungen können derzeit nicht abschließend beurteilt werden.

Damit wäre ein temporärer Verzicht auf eine Nutzung z.B. durch einen Ersatzverkehr zur Schwärmzeit sicher wirksam, aber möglicherweise nicht ausreichend. Zusätzlich wäre unter Umständen ein kompletter Verzicht auf Nachtfahrten sowie eine weitere Beschränkung des Betriebes zum Ende des Winterschlafes erforderlich. Auch dann verblieben in den verbleibenden Zeiten Lärmauswirkungen und Abgaswirkungen, deren Konsequenzen während der Dauer des Winterschlafes derzeit nicht verlässlich abgeschätzt werden können.

Zusammenfassend erscheint nur der komplette Verzicht auf eine Nutzung der Bestandstunnel sinnvoll zu sein, Teilbeschränkungen ziehen deutliche verbleibende Beeinträchtigungen und hohe Risiken nach sich.

4.3 Reduktion der Fahrtgeschwindigkeit

Seit Beginn des Verfahrens wird als wirksamste Minimierungsmaßnahme die Reduzierung der Fahrtgeschwindigkeit diskutiert (Nagel 2011). Diese vom Vorhabenträger als unzumutbar und nicht durchführbar dargestellte Lösung hätte den großen Vorteil, dass die Kollisionsrisiken erheblich gemindert und zudem Auswirkungen von Lärm und Erschütterungen sowie von Luftdruckunterschieden bei geringer Geschwindigkeit deutlich reduziert würden. Dabei wäre die Geschwindigkeit so abzusenken, dass sie den Fledermäusen eine Ausweichreaktion auf die herannahenden Züge ermöglicht. Dies wäre bei Fahrtgeschwindigkeiten von unter 8-10 m/s, also unter 28,8-36 km/h gegeben. Daraus leitet sich der von den Verbänden vorgeschlagene Wert von 30 km/h ab. Die theoretische Überprüfung des Wertes anhand von Echoortungsparametern und Reaktionszeiten bestätigt diesen Wert (Koselj schriftlich). Dieser Wert erscheint auch im Vergleich zu den Angaben an Straßen (Bafaluy 2000) und im Vergleich zu Vögeln (Devault et al. 2015) plausibel. Die von Nagel (2011) vorgeschlagenen 40 km/h werden dahingehend als zu hoch angesehen, zumal bei einer Studie in Großbritannien hohe Anprallopferzahlen bereits bei 50 km/h belegt sind (Rush & Billington 2011, Billington schriftlich).

Die deutlichsten Minimierungseffekte würden bei einer dauerhaften Reduktion der Fahrtgeschwindigkeit auftreten, da dabei viele Störwirkungen reduziert, Sogeffekte auch auf ungeschützt überwinternde Tiere reduziert, der Anprall beim Schwärmen und in der der Einflug- und Ausflugphase sowie bei Tagflügen zum Ende des Winterschlafes wirksam vermieden würde und Verwirbelungen nahezu ausgeschlossen wären (Vgl. auch DeVault et al. 2015). Die verbleibenden Beeinträchtigungen der o.g. Störfaktoren werden als ausgleichbar eingestuft.

Als verbleibende Risiken bestehen neben der verbleibenden Kollisionskisiken die möglichen Abgas- und Hitzewirkungen. Hierzu wären Untersuchungen notwendig, die eine Ausbreitung der Abgase innerhalb des Tunnels und der Spalträume sowie den Luftaustausch und die möglichen Hitzewirkungen berücksichtigen. Sollte sich dabei herausstellen, dass die Abgaswirkungen problematisch sein könnten, wäre von vornherein die erst für die Zukunft geplante Elektrifizierung anzustreben.

Zusammenfassend stellt die durchgehende Beschränkung der Fahrtgeschwindigkeit für alle Tunneldurchfahrten auf 30 Stundenkilometer ggf. in Kombination mit einer Elektrifizierung der Strecke eine weitestgehend artenschutzverträgliche Lösung mit überschaubaren verbleibenden Auswirkungen dar. Dies

setzt allerdings voraus, dass eine artenschutzverträgliche Sanierung der Bestandstunnel überhaupt möglich ist (vgl. dazu oben 3.3)

4.4 Technische Lösungen

Technische Lösungen umfassen Einhausungen, Tunnel-in-Tunnel-Lösungen sowie Warnsysteme für den Bahnverkehr (Messung der akustischen Aktivität und Weitergabe an eine Leitstelle) oder Warnsysteme für die Fledermäuse (Informationsweitergabe über einen herannahenden Zug). Zur Einhausung bzw. Tunnel-in-Tunnel-Lösungen gibt es eine Machbarkeitsstudie im Auftrag des Landkreises (Spang 2014), die weder baulich noch in der zeitlichen Perspektive einen Erhalt der Fledermausquartiere erwarten lässt. Ein Warnsystem für den Bahnverkehr mit ggf. spontan umgesetzter Reduktion der Fahrtgeschwindigkeit ist kaum mit einem verlässlichen Fahrplanangebot vereinbar und damit unrealistisch. Ein Warnsystem für die Fledermäuse existiert bisher nicht und hätte einen experimentellen Charakter mit geringer Prognosesicherheit sowie mit einer sehr geringen Aussicht auf die wirksame Vermeidung von Verbotstatbeständen.

4.5 Umsiedlung

Die Umsiedlung von Fledermäusen ist ein oft diskutiertes aber selten wirksames Verfahren (Dietz & Kiefer 2014). Am ehesten gelingt die Umsiedlung im Sommerhalbjahr bei den Arten mit ohnehin sehr ausgeprägtem Quartierwechselverhalten: Viele der Baumfledermäuse nutzen im Jahresverlauf 50-100 Baumhöhlen (u.a. Meschede & Heller 2002) und erkunden ständig neue Quartiere, so werden von manchen Arten Ersatzquartiere in Fledermauskästen sehr schnell in das Quartiernetzwerk aufgenommen und können den Wegfall von natürlichen Baumquartieren teilweise kompensieren (u.a. Nagel & Nagel 1993b). Um wirksam zu sein ist eine deutliche Überkompensation mit Ersatzquartieren erforderlich.

Der direkte Ausgleich von seltenen Ressourcen und bei den sehr traditionsgebundenen Arten mit normalerweise stabilen Quartieren ist dahingegen kaum möglich (Berthinussen et al. 2014). Selbst der Ausgleich von Sommerquartieren z.B. beim Mausohr gelingt nur manchmal und nur mit enormem Aufwand und hohem zeitlichen Vorlauf (Dietz & Kiefer 2016, Kugelschafter 2015). Insgesamt wird die Umsiedlung von Fledermäusen als kaum erfolgversprechend angesehen (Berthinussen et al. 2014, Conover 2002, Constantine 2003, Racey 2000, Ruffel et al. 2009, Weinberger et al. 2009) und ist mit hohen Risiken verbunden (Silvis et al. 2016). Gegen eine direkte Umsiedlung durch Fang und Umsetzen sprechen das ausgeprägte Heimfindevermögen der Fledermäuse (Davis 1966, Mueller 1965, Roer 1981) und die enge Traditionsbindung, letzteres verhindert auch schnelle Erfolge durch das Anbieten parallel existierender Ausgleichquartiere. So scheiterten auch zunächst als erfolgreich angesehene Umsiedlungen (Richarz 1989) innerhalb weniger Jahre, da die Tiere aus den (vom Menschen) als optimal angesehenen Ersatzquartieren wieder auszogen und suboptimale Ausweichquartiere aufsuchten oder weil der Reproduktionserfolg ausblieb (Richarz & Limbrunner 1992).

Erfolgreiche Umsiedlungen von Winterkolonien in größerer Anzahl sind bisher nicht bekannt (Berthinussen et al. 2014, EUROBATS-Expertengruppe, Europäische Literaturdatenbank Dietz & Dietz, GENEVA-Batlib, Mitchell-Jones et al. 2010, Racey 2000). Einzelne Fallbeispiele (z.B. Mitchell-Jones et al. 2010, Rainho et al. 2006) wurden schon vor

über zwei Jahrzehnten umgesetzt, die ursprünglichen Quartiere wurden zerstört und die neugeschaffenen Quartiere einem kontinuierlichen Monitoring unterzogen. Eine erfolgreiche Wiederbesiedlung die auch nur annähernd an die ursprünglichen Funktionen und Bestände heranreicht, ist bis heute nicht gegeben (EUROBATS-Expertengruppe, Rainho mündlich, Rodriguez schriftlich).

Die Neuschaffung von Winterquartieren ist zwar ein gängiges Instrument des Artenschutzes und vielfach durchgeführt (Albers 1994, Berg & Maetz 2013, Blohm et al. 1998, Buchen 1992, Engelhardt 1993, Gulickx et al. 2007, Haensel & Arnold 1994, Hübner & Papadopoulos 1997, Maternowski 1994, Schelbert 1993, Schöler 1996, Schulz 1995, Schulz & Schulz 2011). Die Erfolgsaussichten sind jedoch aufgrund komplexer Ansprüche (Daan & Wichers 1968, de Boer et al. 2013, Furey & Racey 2016, Glover & Altringham 2008, Johnson et al. 2016, Parsons et al. 2003a, Randall & Broders 2014, Simon & Kugelschafter 1999, Mitchell-Jones et al. 2010) sehr heterogen, meist jedoch enttäuschend (Berthinussen et al. 2014, Furey & Racey 2016). Die besten Erfahrungen hiermit wurden nördlich der Mittelgebirgsschwelle im Norddeutschen Tiefland gemacht (Schulz & Schulz 2011). Hier sind natürliche Quartiere extrem selten, die Dichte an Winterquartieren ist sehr gering und die Einzugsgebiete der bestehenden Winterquartiere sind sehr groß (Roer & Egsbaek 1966, Mitchell-Jones et al. 2010), so dass lokale Populationen der standorttreuen Arten neue Winterquartiere verhältnismäßig schnell annehmen um die Risiken weiter Überflüge zu vermeiden. Selbst unter diesen günstigen naturräumlichen Voraussetzungen benötigt der Aufbau größerer Winterpopulationen jedoch zumindest ein bis zwei Jahrzehnte (Schulz & Schulz 2011).

Südlich der Mittelgebirgsschwelle sind natürliche Winterquartiere deutlich häufiger und die Einzugsgebiete der großen Winterquartiere mit 30-70 km deutlich geringer (Furmankiewicz 2008, Helversen et al. 1987, Löhrl 1969, Nagel 2003b, 2005a, 2005b, 2005c, Nagel unveröffentlicht, Parsons & Jones 2003). Damit ist auch der Besiedlungserfolg neu geschaffener Winterquartiere sehr gering. Aus diesen Gründen hat sich der Fledermausschutz in Süddeutschland vor allem auf die Sicherung bereits bestehender Winterquartiere konzentriert (u.a. Fricke 1985, Nagel 1984, vgl. auch Furey & Racey 2016). Die seit nunmehr vier Jahrzehnten umfassend praktizierten Schutzbemühungen durch Verbände (NABU, BUND, AGF, lokale Naturschutzgruppen) und den behördlichen Naturschutz können große Erfolge vorweisen. Dabei fällt jedoch auf, dass sich die hohen Zuwachsraten in Überwinterungsbeständen parallel zu der Bestandserholung seit dem Populationscrash in den 1970er Jahren (Dietz et al. 2016) auf wenige Quartiere konzentrieren: nämlich vor allem auf die 18 größten Winterquartiere des Landes (Abb. 1, Tab. 1) mit Wachstumsraten von mehreren Prozent je Jahr. Und diese großen Winterquartiere stellen nur zum Teil gesicherte Objekte dar, eine ganze Reihe davon ist weitestgehend ungeschützt, so auch lange Zeit die beiden Bestandstunnel.

Allen großen und national bedeutsamen Winterquartieren ist gemeinsam, dass sie ganz besondere Bedingungen aufweisen (vgl. Furey & Racey 2016, Patthey & Maeder 2014, Randall & Broders 2014, Ransome 1990). Diese Bedingungen sind schon seit langem bekannt (u.a. Daan & Wichers 1968, Nagel & Nagel 1991b) und stellen eine der wichtigsten Entscheidungsgrundlagen bei der Suche nach neuen Quartieren und der Planung von Schutzmaßnahmen dar. Da solche Bedingungen höchstens mit einem vielfachen Millionenaufwand künstlich hergestellt werden könnten (z.B. als bergmännische Herstellung eines Stollensystems mit vertikalen Strukturen, Neubau eines Naturstein-Gewölbetunnels mit Höhenunterschied oder eines großen Bunkersystems mit vielen Öffnungen) und für die

Annahme als Quartiere sowie ein Einsetzen des selbstverstärkenden Schwärmverhaltens zumindest ein bis zwei Jahrzehnte und Standzeiten von über 100 Jahren einzuplanen sind (Furey & Racey 2016, Mitchell-Jones et al. 2010, vgl. auch Racey 2000), stellt die Winterquartierneuschaffung keine realistische Option dar.

Die Schaffung von Ersatzquartieren, wie sie derzeit vom Landkreis Calw vorangetrieben wird, ist daher von vornherein zum Scheitern verurteilt. Die geplanten Objekte weisen durchweg nicht die strukturellen Eigenschaften zur Eignung als große Winterquartiere auf. Alle Vorschläge entsprechen vergleichbaren Objekten, wie sie z.B. von der AGF schon vor Jahrzehnten gesichert wurden und sind allenfalls für geringe Individuenzahlen und vor allem für ein stark eingeschränktes Artenspektrum tauglich. Damit ist weder die Ausbildung eines ausgeprägten Schwärmverhaltens als Voraussetzung für ein Populationswachstum und den Genfluss zu erwarten, noch eine nennenswerte Besiedlung im Winter. Der angedachte Neubau eines Winterquartieres im Bereich des Tälesbach bei Calw-Hirsau ist zumindest von der räumlichen Lage geeignet. Die Schaffung eines wirklich geeigneten Bauwerkes mit den jeweils artspezifischen Versteckmöglichkeiten und damit einhergehenden klimatischen Milieus, das die Anforderungen an die vorkommenden Arten, die erfolgreiche Überwinterung unabhängig vom Witterungsverlauf des jeweiligen Winters und die Ausbildung eines Schwärmbestandes zum Genfluss erfüllt, wird spätestens an den hohen damit verbundenen Kosten (Schätzungen der AGF belaufen sich hierfür auf rund 10 Millionen Euro) scheitern.

Das Hauptproblem einer angedachten Umsiedlung ist hierbei jedoch noch überhaupt nicht berücksichtigt: Ohne eine Vertreibung bzw. Vergrämung der derzeit in den Tunneln anwesenden Fledermäuse ist weder eine Besiedlung der neugeschaffenen Quartiere zu erwarten (die Tiere würden einfach weiter die Tunnel nutzen) noch eine Vermeidung oder zumindest Reduktion der Massentötung erreichbar (vgl. Silvis et al. 2016).

Die Vergrämung mit Licht wurde in diesem Zusammenhang an den Tunneln bereits getestet (Nagel 2014c) und erwies sich bereits in der ersten Nacht als unwirksam, die zu erwartenden Gewöhnungseffekte bei längerer Zeitdauer konnten so überhaupt nicht getestet werden. Auch die Studie von Stephan et al. (2015) kommt zu dem Schluss, dass die Beleuchtung zwar zu Verhaltensänderung führt, aber Fledermausaktivität nicht vollständig unterbindet. Gewöhnungseffekte wurden hierbei nicht berücksichtigt. Bei weiteren Lichtversuchen wurde festgestellt, dass LED-Beleuchtung keine Aufwachreaktionen bei winterschlafenden Wasserfledermäusen auslöst (Troxell et al. zitiert in Molitor et al. 2015b) und bei Tieren die das Winterquartier verlassen zwar Verhaltensreaktionen auslösen kann, die Ausflüge aber nicht signifikant verhindert (Molitor et al. 2015b).

Bei Lichtversuchen in einem britischen Tunnel (Billington mündlich, Rush & Billington 2011) konnten teilweise schnelle Gewöhnungseffekte der Tiere auf die Beleuchtung und v.a. nur kurzzeitiges Ausweichverhalten für transferfliegende Tiere dokumentieren, eine Wirksamkeit in Schwärmsituationen und bei hohen Individuenzahlen wird als nicht gegeben angesehen (Billington mündlich).

Akustische Vergrämungen wurden in den letzten Jahren im Zusammenhang mit der Windkraft ausführlich getestet und führen zu sehr heterogenen Ergebnissen, im besten Fall zu geringen Aktivitätsreduktionen, langfristige Gewöhnungseffekte konnten nicht ausgeschlossen werden und teilweise sogar Anlockwirkungen gefunden werden (Arnett et al. 2011, 2013, Berthinussen et al. 2014, Horn et al. 2008, Johnson et al. 2012, Spanjer 2006). Die akustischen Geräte sind zudem sehr anfällig, der Einsatz ist kostenintensiv und der Wirkbereich sehr begrenzt (Arnett et al. 2011). Ähnliches gilt für den Einsatz

elektromagnetischer Geräte wie z.B. von Radargeräten, die im Vergleich zur Kontrolle die Fledermauskativität zwar um bis zu 35% reduzieren, aber weder eine ausreichende Abschreckwirkung entfalten noch in Betrieb und Wartung eine Alternative darstellen (Nicholls & Racey 2009).

Die einzige wirksame Vergrämungsmethode wäre der Quartierverschluss, z.B. durch Rolltore. Um wirksam zu sein und die enge und bei den langlebigen Fledermäusen über Jahrzehnte andauernde Quartierbindung zu unterbrechen, wären hierfür aber zumindest 10 Jahre anzusetzen. Da der Verschluss der Quartiere sicherlich nicht mit einem Bahnbetrieb kompatibel ist, wäre für zumindest ein Jahrzehnt während der Schwärmzeit und während der Einflugphase, d.h. zumindest von Anfang Juli bis Ende Dezember eines jeden Jahres keine Bahnnutzung möglich. Selbst bei diesem radikalen Vorgehen wäre nicht sichergestellt, dass die Ausgleichquartiere wirksam angenommen würden.

Zusammenfassend kann damit die Schaffung von Ersatzquartieren als unrealistisch (Berthinussen et al. 2014) und die Vergrämung als unwirksam oder undurchführbar (Berthinussen et al. 2014) konstatiert werden. Damit stellen sie weder geeignete Instrumente dar einen Ausgleich herbeizuführen, der artenschutzrechtlichen Anforderungen des nationalen oder europäischen Rechts Genüge tut, noch um den ehrenamtlichen Naturschutz zu überzeugen.

Das Auslösen aller drei Verbotstatbestände kann nur durch eine umfassende Minimierung verhindert werden: eine fledemausverträgliche Sanierung mit dem Belassen der Quartierfugen, eine weitestgehende Minimierung von unmittelbare Störwirkungen durch Geschwindigkeitsbegrenzungen und zeitweise Sperrungen. Alternativ dazu wären das Umfahren der Tunnel und deren konsequenter Schutz sicher die verträglichste Lösung.

5. Konsequenzen aus den Planungsvorgaben des Vorhabenträgers

Die Planungsvorgaben des Vorhabenträgers wurden bei zahlreichen Sitzungen seit 2013 weitestgehend unverändert präsentiert: keine Geschwindigkeitsreduktion in den Tunneln, kein (temporärer) Verzicht auf eine Nutzung der Tunnel z.B. durch den Ersatzverkehr und keine Eingriffsminimierung. Stattdessen setzt der Landkreis Calw auf einen unspezifischen Ausgleich des Eingriffes. Damit nimmt er in Kauf, dass Tausende Fledermäuse zur Schwärmzeit getötet, zwei der besten Fledermaus-Winterquartiere zerstört werden und neben dem Bruch nationalen und europäischen Rechtes und internationaler Abkommen (EUROBATS) der Artenschutz um Jahrzehnte zurückgeworfen wird. Die Folgen daraus sind:

5.1 Verstoß gegen das Verbot der Tötung und Verletzung

In § 44 Abs. 1 Nr. 1 des BNatSchG sind Tötung, Verletzung, Entnahme oder Fang geregelt, Bezugsgröße ist das Individuum. Das Durchfahren der Tunnel mit hoher Geschwindigkeit bei Nacht, insbesondere zur Schwärmzeit erfüllt klar den Verbotstatbestand, da dies ein extrem erhöhtes Tötungsrisiko und damit ein Vielfaches des allgemeinen Lebensrisikos des jeweiligen Individuums zur Folge hätte. Das Tötungsrisiko würde extrem ansteigen, da es in den Tunneln zu Konzentrationseffekten kommt und das Schwärmen eine Verhaltensweise mit stark erhöhten Aufenthaltswahrscheinlichkeiten im Gefahrenbereich darstellt.

5.2 Verstoß gegen das Verbot der Zerstörung von Fortpflanzungs- oder Ruhestätten

In § 44 Abs. 1 Nr. 3 des BNatSchG sind die Entnahme, Beschädigung oder Zerstörung von Fortpflanzungs- oder Ruhestätten geregelt. Die beiden Bestandstunnel erfüllen eindeutig die Funktion als Winterquartier und damit als regelmäßig wiederkehrend genutzte Ruhestätte. Bei ihrer Zerstörung würde zudem die ökologische Funktion für die Individuen (§ 44 Abs. 5 Satz 2 BNatSchG) nicht weiterhin erfüllt, da den Tieren keine adäquaten Winter- und v.a. Schwärmquartiere mehr zur Verfügung stünden. Andererseits würde die Ruhestätte auch bei der Tötung der Tiere zerstört, da dann die besiedelnde Population ausgelöscht wäre. Ein Ausgleich durch CEF-Maßnahmen ist im erforderlichen Umfang mit vertretbarem finanziellem und zeitlichem Aufwand nicht erreichbar. Damit ist der Verbotstatbestand erfüllt.

5.3 Verstoß gegen das Verbot der erheblichen Störung und der Verschlechterung des Erhaltungszustandes

Im § 44 Abs. 1 Nr. 2 des BNatSchG sind erhebliche Störungen und die Verschlechterung des Erhaltungszustandes der lokalen Population geregelt. Damit sind insbesondere Störungen gemeint, die sich auf die Überlebenschance oder den Reproduktionserfolg auswirken. Solange gemäß den Planungszielen des Vorhabenträgers massive Verstöße gegen das Tötungsverbot und gegen das Verbot der Zerstörung von Lebensstätten offenkundig sind, ist eine nähere Prüfung des Störungsverbots durch unmittelbare und mittelbare Störungen an sich entbehrlich. Aber selbst wenn es gelänge, durch Geschwindigkeitsbeschränkungen und durch eine artenverträgliche Sanierung der Tunnelbauwerke das Ausmaß der Verstöße gegen diese beiden Verbotstatbestände zu reduzieren, verblieben doch immer noch Störungen, die populationsrelevant und damit erheblich sein könnten.

5.4 Verstoß gegen die Vorbedingungen zum vorgezogenen Funktionsausgleich

Ein vorgezogener Funktionsausgleich (CEF-Maßnahmen) zur Überwindung der Verbote des § 44 (1) des BNatSchG ist nur dann möglich, wenn die getroffenen Maßnahmen mit großer Sicherheit ausreichen, um Schäden zu vermeiden. Dabei müssen die Erfolgsaussichten objektiv unter Berücksichtigung lokaler Besonderheiten und der spezifischen Umweltbedingungen bestehen. Die Erfolgsaussichten für einen vorgezogenen Funktionsausgleich sind praktisch nicht gegeben und es ist nicht zu erwarten, dass die dem Landkreis Calw zur Verfügung stehenden Optionen an zu sichernden Objekten oder der Neubau eines Quartieres geeignet sind um auch nur näherungsweise das Artenspektrum und die Individuenzahl sowie die Vielfalt an Funktionen, insbesondere für das Schwärmen und den Genfluss, zu erreichen. Selbst für eine teilweise Annahme der Quartiere wäre ein Zeitbedarf von ein bis zwei Jahrzehnten einzuplanen. Ein vorgezogener Funktionsausgleich ist demnach nicht möglich.

5.5 Verstoß gegen die Ausnahmevoraussetzungen zum Artenschutz

Aufgrund der klaren Erfüllung der Verbotstatbestände und der Unmöglichkeit eines vorgezogenen Funktionsausgleiches wäre die Ausnahme nach § 45 Abs. 7 BNatSchG von den Verboten des § 44 BNatSchG zu prüfen. Dabei muss jedoch der Nachweis erbracht

werden, dass es zum Vorhaben keine nach technischen und standörtlichen Möglichkeiten gegebene Alternative gibt, zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses vorliegen und die Arten des Anhanges IV der FFH-Richtlinie in einem günstigen Erhaltungszustand bleiben.

Ungeachtet der erforderlichen Prüfung in Bezug auf das überwiegende öffentliche Interesse und das Vorliegen zumutbarer Alternativen (EU-Kommission 2007, Simon et al. 2015), ist jedenfalls die zentrale Ausnahmevoraussetzung der Bewahrung eines günstigen Erhaltungszustands (oder zumindest der fehlenden Verschlechterung des bisherigen Erhaltungszustands) nicht gegeben (EU-Kommission 2007).

Dabei wird der günstige Erhaltungszustand Artikel 1 (i) der FFH-Richtlinie definiert und setzt voraus, dass *„aufgrund der Daten über die Populationsdynamik der Art anzu- nehmen ist, daß diese Art ein lebensfähiges Element des natürlichen Lebensraumes, dem sie angehört, bildet und langfristig weiterhin bilden wird, und das natürliche Verbreitungsgebiet dieser Art weder abnimmt noch in absehbarer Zeit vermutlich abnehmen wird und ein genügend großer Lebensraum vorhanden ist und wahrscheinlich weiterhin vorhanden sein wird, um langfristig ein Überleben der Populationen dieser Art zu sichern.“*

Keines der hier aufgeführten Prüfkriterien ist im vorliegenden Fall erfüllbar, da die betroffenen Bestände sehr groß und von landesweiter bzw. nationaler Bedeutung sind. Die Auswirkungen durch die Zerstörung der Lebensstätten und die Tötung der Tiere gingen weit über die lokale Population hinaus und beeinträchtigten damit den Erhaltungszustand der Arten in der gesamten biogeographischen Region.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass eine angemessene Bewertung der Auswirkungen einer möglichen Ausnahme für die biogeografische Region nur schwer möglich ist und damit auf niedrigerer Ebene, bis hin zur (lokalen) Population erfolgen muss (EU-Kommission 2007, vgl. dazu auch VGH München, Urteil v. 29.03.2016 – 22 B 14.1875, 22 B 14.1876). Die nachfolgenden Ausführungen haben das Ziel,ChristianDietzHorb die weitreichenden Folgen der geplanten Eingriffe auf die jeweiligen Artvorkommen der biogeographischen Region darzustellen, verweisen dabei aber auch durchaus auf die Situation der lokalen Population, da hierbei die Auswirkungen deutlicher bewertbar sind.

Als höchstproblematisch ist die Tatsache einzustufen, dass zahlreiche Arten des Anhanges IV der FFH-Richtlinie mit erheblichen Individuenzahlen massiv betroffen wären. Durch eine Realisierung des Vorhabens ohne Beschränkung der Durchfahrtsgeschwindigkeit auf 30 km/h (während der relevanten Jahres- und Tageszeiten) sowie ohne artenverträgliche Sanierung der Tunnelbauwerke (die bisher nicht erkennbar ist) würde die Auslöschung der gesamten Winter- und Schwärmpopulation von 13 Arten des Anhanges IV ausgelöst. Dies hätte Auswirkungen auf den Erhaltungszustand der betroffenen Arten, die weit über die nähere Umgebung der beiden Bestandstunnel hinausgingen, da die Schwärmorte das jeweilige Zentrum eines erheblichen Teils der jeweiligen landesweiten Bestände darstellen: über den Genfluss an den Schwärmquartieren sind die in radialen Entfernungen von 70 km liegenden Wochenstuben miteinander verbunden und stehen in einem engen Austausch. Dabei sind die an den Bestandstunneln auftretenden Populationen von anderen Populationen und deren Populationszentren (d.h. deren Schwärmquartieren) abgegrenzt. Da derartige Winter- und Schwärmquartiere funktional nicht – oder nur über sehr lange Zeiträume – ersetzbar sind, was sich an der geringeren Anzahl derartiger Quartiere im landes- und bundesweiten Vergleich zeigt, und da in den beiden Bestandstunneln eine große Zahl von Arten und Individuen betroffen wäre, hätte der Verlust dieser beiden landesweit bedeutsamen Winterquartieren eine massive Verschlechterung des Erhaltungszustandes der

Populationen der Arten insgesamt, d.h. auch mit Bezug auf die Bestände der Arten im betroffenen Naturraum, in ganz Baden-Württemberg oder sogar im gesamten Bundesgebiet zur Folge. Am deutlichsten wird dies bei Betrachtung der Arten, die sich nach LUBW (2014) ohnehin schon in einem ungünstigen Erhaltungszustand befinden und für die deshalb jegliche Verschlechterung auszuschließen bzw. jegliche Möglichkeit einer Verbesserung des Erhaltungszustands zu bewahren ist.

Die Bechsteinfledermaus kommt mit Individuenzahlen an den Tunneln vor, wie sie nur für wenige Schwärm- und Winterquartiere des Landes nachgewiesen sind: in einer einzigen Nacht konnten bereits 24 Individuen gefangen werden, bei vier Fängen wurden zusammen rund 50 Individuen in der Schwärmzeit nachgewiesen (Nagel 2014a). Aufgrund des hohen Individuendurchsatzes beim Schwärmen ist über den gesamten Schwärmzeitraum mit einem Vielfachen an Individuen zu rechnen (vgl. Nagel 2014a). Damit ist an den Tunneln ein erheblicher Anteil der Landespopulation betroffen und eine weitere Verschlechterung des derzeitigen ungünstigen-unzureichenden Erhaltungszustandes (LUBW 2014) zu befürchten. Dies kann im großen Umfeld umso gravierendere Auswirkungen haben, als die Art aufgrund der waldbaulichen Situation im Nordschwarzwald mit vorherrschender Nadelholzbewirtschaftung und dem schlechten Zustand von Streuobstwiesen im Heckengäu erheblichen Vorbelastungen unterworfen ist. Durch die kumulative Wirkung der Vorbelastungen mit einem Verlust von Winterquartieren, dem Verlust der zentralen Orte des Genflusses und einem erheblich erhöhten Kollisionsrisiko zur Schwärmzeit sind dramatische Auswirkungen zu erwarten. In deren Folge würde sich der Erhaltungszustand der Art landesweit weiter verschlechtern und eine Verbesserung des Erhaltungszustandes im Sinne des Wolfsurteiles des EuGH (EuGH, Urteil v. 14.6.2007 – Rs. C-342/05 – [Finnischer Wolf]) auf absehbare Zeit vereitelt. Letzteres ergibt sich aus der Tatsache, dass zur Neuetablierung von Winterquartieren und zur Ausbildung neuer zentraler Schwärmorte für den überlebenswichtigen Genfluss keine realistischen Perspektiven vorhanden sind: Ersatzquartiere mit den erforderlichen Bedingungen sind weder baulich noch finanziell realisierbar und bis zur Annahme würden selbst bei optimistischer Schätzung Jahrzehnte vergehen.

Die Mopsfledermaus wird landesweit mit einem Erhaltungszustand ungünstig-schlecht eingestuft. An den Tunneln ist eine unbestimmte Zahl an Individuen betroffen, die das Quartier aber regelmäßig aufsuchen, vereinzelt dort auch überwintern. Während der gesamte Nordschwarzwald und die angrenzenden Gäulandschaften Teil der historischen Verbreitung der Art sind (Kulzer et al. 1987, Müller et al 1993, Nagel 2003c), ist die Art hier momentan bis auf erste Vorboten einer Wiederbesiedlung faktisch ausgestorben. Für eine Wiederbesiedlung und damit eine Verbesserung des Erhaltungszustandes sind bei der in der Wahl der Sommerhabitate relativ flexiblen Art neben der spezifischen Nahrungsgrundlage vor allem die zentralen Winterquartiere ausschlaggebend. Die Art benötigt stabil kalte Winterquartiere in Karsthöhlen und Eisenbahntunneln für die Überwinterung (u.a. Steck & Brinkmann 2015). Ausgehend von diesen Winterquartieren kann sich eine Schwärmpopulation aufbauen, ausgehend von dieser kann eine Wiederbesiedlung erfolgen. Die Zerstörung der sich langsam entwickelnden Winter- und Schwärmpopulation an den Bestandstunneln und eine damit einhergehende Steigerung des Lebensrisikos durch Kollisionen in den Tunneln würde die Wiederbesiedlung im Keim ersticken und auch eine spätere Verbesserung des Erhaltungszustandes im Sinne des Wolfsurteiles des EuGH verhindern (EuGH, Urteil v. 14.6.2007 – Rs. C-342/05 – [Finnischer Wolf]).

Die Wimperfledermaus befindet sich landesweit in einem ungünstig-unzureichenden Erhaltungszustand (LUBW 2014). Die Wochenstubenvorkommen konzentrieren sich bislang auf das Oberrheingebiet und die Unterläufe der Zuflüsse (Kretzschmar 2003), die Wintervorkommen liegen im Süd-, Mittleren und Nordschwarzwald entlang der Oberläufe der im Sommer besiedelten Gebiete. Die Ausweitung der Verbreitung wird bei der Art, wie bei den anderen Fledermausarten auch, vermutlich durch die Männchen ausgelöst (Dietz & Kiefer 2014). Umherschweifende Männchen erkunden insbesondere zur Schwärmzeit neue Quartiere und können diese an Artgenossen weitervermitteln. Das vereinzelte aber regelmäßige Auftreten der Wimperfledermaus im Enz- und Nagoldbereich kann als solch ein Erkundungsverhalten und damit als ein Vorbote einer Besiedlung in den Unterläufen dieser Gewässerzüge gedeutet werden. Die erheblichen Anstrengungen die zum Auffinden der Wochenstuben und zum Schutz der Art in den Wochenstubenkolonien betrieben werden (u.a. Steck & Brinkmann 2015), müssen ohne einen effektiven Schutz der Winter- und Schwärmquartiere wirkungslos bleiben. Eine erhöhte Mortalität an den Bestandstunneln v.a. zur Schwärmzeit kann bei der Wimperfledermaus eine Neubesiedlung der gesamten Region erheblich erschweren bzw. verhindern.

Das Graue Langohr ist landesweit in einem ungünstig-unzureichenden Erhaltungszustand, die Landespopulation ist sehr klein und Winterquartiere sind kaum bekannt. Beide Tunnel werden trotz der geringen Nachweiswahrscheinlichkeit in dem reichstrukturierten Bauwerk nachweislich als Winterquartier genutzt (25.02.2006 Hirsauer Tunnel: Nagel schriftlich & 07.03.2016 Forsttunnel, Dietz, eigene Daten). Die Art ist multiplen Vorbelastungen durch die Intensivierung der Landwirtschaft, Verlust von Offenland- und Halboffenland-Lebensräumen als Jagdhabitate, sinkenden Abundanzen von Beuteinsekten (v.a. Eulenfalter) und dem Verlust von Quartieren ausgesetzt (u.a. Dietz & Dietz 2016). Ohne den Erhalt der Winterquartiere, den Erhalt des Genflusses (bei dieser Art sind weder das Reproduktionssystem, noch die Rolle des Schwärmens bekannt) und die Vermeidung eines erhöhten Lebensrisikos für die erheblich vorbelasteten Populationen wird sich der Erhaltungszustand weiter verschlechtern und insbesondere eine Verbesserung desselben unmöglich gemacht: Das Graue Langohr ist aufgrund seines sehr traditionellen Verhaltens nicht in der Lage verlorene Verbreitungsgebiete wieder zu besiedeln und Verluste auszugleichen. Die enorme Bedeutung des Schutzes der noch vorhandenen Bestände kommt auch darin zum Ausdruck, dass Maßnahmen für die Art als zentral zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt angesehen werden (Boye 2011).

Die Große Hufeisennase ist derzeit in Baden-Württemberg faktisch ausgestorben (Kulzer 2003) und befindet sich in einem ungünstigen-schlechten Erhaltungszustand (LUBW 2014). An den größten Schwärm- und Winterquartieren des Landes sind seit zwei Jahrzehnten mit leicht zunehmender Tendenz Einzeltiere zu beobachten. Dies dürfte auf die Fernansiedlung von Tieren aus den letzten verbliebenen Wochenstubengebieten im Umkreis von 200 km zurückzuführen sein. Dank enormer Schutzanstrengungen entwickeln sich die Reproduktionskolonien in Bayern, der Schweiz, Frankreich und Luxemburg positiv (Beck, Biollaz, Drescher, Kiefer, Leitl, Lutz, Mühletaler, Pir schriftlich, vgl. Dietz & Kiefer 2014). Vereinzelt abwandernde Tiere aus diesen Kolonien schweifen weit umher und suchen Artgenossen, um neue Populationen zu gründen. Hierbei werden v.a. die zentralen Orte der anderen Fledermausarten aufgesucht, da hier die Antreffwahrscheinlichkeit für Artgenossen am höchsten ist. Dieses Verhalten ist auch aus Rheinland-Pfalz dokumentiert, hier häufen sich Einzelfunde in der Vulkaneifel an den bundesweit größten Fledermauswinterquartieren

(Kiefer mündlich, Kiefer & Dietz, eigene Daten). Die wiederkehrenden Nachweise aus dem Sommer 2016 durch den Gutachter des Vorhabenträgers (Kugelschafter mündlich) und bei Kontrolluntersuchungen durch die AGF (AGF unveröffentlicht, Dietz eigene Daten) belegen deutlich, dass die Große Hufeisennase den Hirsauer Tunnel und sein Umfeld nutzt. Im Falle einer Reaktivierung der Bestandstunnel besteht für die Art ein erheblich erhöhtes Kollisionsrisiko (vgl. auch Dubourg-Savage 2011) mit weitreichenden Folgen für die als extrem klein einzustufende Landespopulation (vgl. auch Klar et al. 2006). Eine Wiederbesiedlung des historischen Verbreitungsgebietes wird damit nicht zu Letzt durch die große Entfernung zu den Wochenstuben und die geringe Wahrscheinlichkeit einer Fernansiedlung extrem erschwert. Eine Verbesserung des derzeit ungünstig-schlechten Erhaltungszustandes wäre damit auf absehbare Zeit nicht mehr möglich. Solche Fernansiedlungen der Großen Hufeisennase sollen aber gerade im Rahmen der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt vorbereitet werden, um eine natürliche Wiederbesiedlung zu ermöglichen (Boye 2011, Maßnahme A1: Große Hufeisennase: Sicherung der verbliebenen Populationen & Vorbereitung einer natürlichen Wiederbesiedlung.). Damit wäre im nationalen Interesse ein konsequenter Schutz des Quartieres und seiner Umgebung geboten um eine der zentralen Artenhilfsmaßnahmen nach Boye (2011) umzusetzen.

Grundsätzlich ist bei dem Gesamtvorhaben auch die Tatsache zu berücksichtigen, dass *„je niedriger der Mortalitäts-Gefährdungs-Index ist, desto höher ist die Beeinträchtigungs- bzw. Konfliktschwere im Rahmen von Ausnahme- bzw. Abweichungsprüfungen*“ (aus Bernotat & Diersche 2016). Im Weiteren heißt es da: *„Im Rahmen einer gebietsschutzrechtlichen Abweichungsprüfung nach § 34 Abs. 3-5 BNatSchG und/oder einer artenschutzrechtlichen Ausnahmeprüfung nach § 45 Abs. 7 BNatSchG spielt der Schweregrad der Beeinträchtigungen z. B. beim Vergleich von Alternativen oder bei der Frage des etwaigen „Überwiegens“ der mit dem Vorhaben verbundenen zwingenden Gründe öffentlichen Interesses gegenüber den betroffenen Naturschutzbelangen eine bedeutende Rolle. Mortalitätsbedingte Individuenverluste bei Arten der niedrigen MGI-Klassen* [d.h. Mortalitäts-Gefährdungs-Index-Klassen, Anm. Dietz] *sind hier als schwerwiegender und bedeutsamer zu bewerten als qualitativ und quantitativ vergleichbare Individuenverluste bei Arten der hohen MGI-Klassen.*“ Dies hat insbesondere bei den sehr niedrig klassifizierten Arten Große Hufeisennase (Klasse I.2, vergleichbar zum Braunbär), Bechsteinfledermaus, Mopsfledermaus, Wimperfledermaus, Graues Langohr (Klasse II.4, vergleichbar zu Kegelrobbe und Steinbock) gravierende Auswirkungen, aber auch für Breitflügelfledermaus (Klasse II.5, vergleichbar Wildkatze), Bartfledermaus, Großes Mausohr, Braunes Langohr, Fransenfledermaus (Klasse III.6, vergleich Rothirsch und Gämse), Wasserfledermaus (Klasse III.7, vergleichbar Schneehase und Biber) und Zwergfledermaus (Klasse IV.8, vergleichbar Zauneidechse). Die Einstufung erfolgt jeweils in VI bzw. 13 Klassen (Bernotat & Dierschke 2016). Entsprechend hat dies zur Folge, dass die Ausnahmevoraussetzungen insgesamt aufgrund der hohen Artenzahl und deren Seltenheit und Betroffenheit sehr streng ausgelegt werden müssen.

Nicht zu Letzt aus der hier dargestellten drohenden Verschlechterung der Landespopulation von zumindest fünf Arten, der drohenden Verhinderung einer Verbesserung des bereits ungünstigen Erhaltungszustandes und der Einstufungen der Mortalitäts-Gefährdungs-Indices betroffener Arten ist eine Ausnahme nicht möglich.

5.6 Verstoß gegen die Erhaltungsziele von Natura 2000-Gebieten

Die beiden Bestandstunnel sind nicht Bestandteil der FFH-Gebietskulisse. Da sie jedoch faktisch die Ansprüche an ein FFH-Gebiet erfüllen und den Kriterien an national bedeutsame Winterquartiere mit funktional herausragender Bedeutung entsprechen (Mitchell-Jones et al. 2000), gehören sie zu den bedeutendsten unterirdischen Winterquartieren Deutschlands („underground habitats“) und sind damit nach dem EUROBATS-Abkommen auch als FFH-Gebiete auszuweisen.

Darüber hinaus sind die beiden Bestandstunnel als Winterquartiere mit landesweiter Bedeutung, hoher Individuenzahl und hoher Artenzahl mit 13 Arten des Anhanges IV und 5 Arten des Anhanges II der FFH-Richtline (Bechsteinfledermaus, Große Hufeisennase, Mausohr, Mopsfledermaus, Wimperfledermaus) von zentraler Bedeutung für den Gebietsschutz der in einem 30-70 km-Radius liegenden FFH-Gebiete. Die im derzeitigen Umfang geplante Reaktivierung der Bahnstrecke und der beiden Tunnel hätte erhebliche Beeinträchtigungen dieser Gebiete und deren Erhaltungsziele für maßgebliche Bestandteile (hier die gemeldeten Fledermausarten) zur Folge. Die für eine Ausnahmezulassung erforderliche Prüfung nach §34 Abs. 3-5 des BNatSchG umfasst das überwiegende öffentliche Interesse, das Fehlen einer zumutbare Alternative und die Umsetzung in funktionaler, zeitlicher und räumlicher Hinsicht fachlich erforderlicher Maßnahmen zur Sicherung des Zusammenhaltes des Natura2000 Netzes in qualitativ und quantitativ hinreichender Form.

Während im Einzugsgebiet der Schwärm- und Winterquartiere zahlreiche FFH-Gebiete betroffen sind, wirken sich die geplanten Maßnahmen sicher besonders und direkt auf die angrenzenden FFH-Gebiete und die dort vorkommenden Wochenstubenkolonien aus, so z.B. auf die Wochenstuben des Mausohrs in Calw (FFH-Gebiet 7317-341 Kleinenztal und Schwarzwaldrandplatten) oder Weil der Stadt (FFH-Gebiet 7319-341 Gäulandschaft an der Würm) und die Wochenstuben der Bechsteinfledermaus bei Haiterbach (FFH-Gebiet 7418-341 Nagolder Heckengäu). Die Tiere dieser Wochenstuben dürften größtenteils die beiden Bestandstunnel zum Schwärmen aufsuchen und hier überwintern, da dies die nächstgelegenen großen und zentralen Winterquartiere sind.

Neben der bisher unzureichenden Alternativenprüfung durch den Vorhabensträger ist insbesondere das Fehlen geeigneter Maßnahmen zur Gebietssicherung in erforderlicher Quantität, Qualität und räumlicher Ausdehnung ein absolutes K.O.-Kriterium. Kohärenzmaßnahmen für die Vielzahl betroffener Arten und zur Erfüllung der komplexen Ansprüche an Schwärm- und Winterquartiere und damit zur Sicherstellung des Genflusses in bereits erheblich vorbelasteten Populationen sind in der erforderlichen Größenordnung schlichtweg unmöglich.

Damit sind die Ausnahmevoraussetzungen nicht erfüllt und ist das Vorhaben nicht zulässig.

5.7 Verstoß gegen die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt 2007 oder des Aktionsplanes Biologische Vielfalt des Landes

Die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt soll ab 2007 (BMU 2007) für mindestens vier Legislaturperioden gültig sein und dem Schutz, der nachhaltigen Nutzung und sozialen Aspekten der Erhaltung der biologischen Vielfalt dienen (vgl. biologischevielfalt.bfn.de). Hierzu gehört unter anderem auch das Programm "Naturschutz-Offensive 2020", mit dem bis zum Jahr 2020 verstärkte Anstrengungen zur Erhaltung der

biologischen Vielfalt unternommen werden sollen. Detaillierter ausgeführt wurden Möglichkeiten diese zu erreichen durch Boye (2011) und nennt dabei als zwei von zwölf Einzelmaßnahmen Artenhilfsprogramme zur Großen Hufeisennase (A1: Sicherung der verbliebenen Populationen und Vorbereitungen einer natürlichen Wiederbesiedlung) und zum Grauen Langohr (A4: Sicherung).

Ähnliche Ziele verfolgen der Aktionsplan Biologische Vielfalt des Landes Baden-Württemberg oder die am 2. Juli 2013 verabschiedete Naturschutzstrategie Baden-Württemberg.

Die mit der Zerstörung der beiden großen Schwärm- und Winterquartiere verbundenen weitreichenden Auswirkungen und die in Kauf genommene Massentötung von Fledermäusen widersprechen sicherlich den gesetzten Zielen und würden den Artenschutz für die Gruppe der Fledermäuse um Jahrzehnte zurückwerfen.

5.8 Verstoß gegen das Abkommen zur Erhaltung der europäischen Fledermausvorkommen

Mit dem Abkommen zur Erhaltung der europäischen Fledermauspopulationen (EUROBATS) ist die Bundesrepublik verpflichtet den Schutz aller Fledermausarten sicherzustellen. Dies umfasst in der Vereinbarung der Vertragsstaaten die Identifikation und den Erhalt auch der unterirdischen Lebensstätten für Fledermäuse. Die beiden Bestandstunnel gehören zu den größten Winterquartieren des Landes und haben im Hinblick auf Individuenzahl und Artenzahl landesweite und nationale Bedeutung. Die Zerstörung der Quartiere wäre somit ein direkter Verstoß gegen das EUROBATS-Abkommen.

Zusammenfassend kann deutlich gesagt werden, dass gegen alle drei Verbotstatbestände des Bundesnaturschutzgesetzes verstoßen wird und die Ausnahmevoraussetzungen nicht gegeben sind. So ist keines der drei Prüfkriterien zur Ausnahme erfüllt und die Auswirkungen des Vorhabens sind aufgrund der hohen betroffenen Individuen- und Artenzahl der Fledermäuse so groß, dass sich der Erhaltungszustand in der biogeographischen Region verschlechtern würde bzw. das Wiedererreichen eine günstiger Erhaltungszustandes verhindert wird.
Damit ist keine Genehmigungsvoraussetzung für das Projekt gegeben.



Isabel & Dr. Christian Dietz
Balinger Straße 15, 72401 Haigerloch

6. Zusammenfassung

Die beiden Bestandstunnel gehören zu den größten Winterquartieren und Schwärmquartieren für Fledermäuse in Baden-Württemberg, zusammen beherbergen sie im Winter mindestens 1000 Tiere, realistischer sind mehrere Tausend Tiere umfassende Winterbestände. Mit Sicherheit werden beide Tunnel zur Schwärmzeit von tausenden Fledermäusen aus 13 Arten aufgesucht, darunter extrem seltene Arten wie die Große Hufeisennase. Der Hirsauer Tunnel gehört zu den vier größten und artenreichsten Winterquartieren in Baden-Württemberg.

Die Planungen zur Reaktivierung der Bahnstrecke als Herman-Hesse-Bahn durch den Landkreis Calw bergen erhebliche Risiken für die Fledermausvorkommen. Durch die strikten und starren Planungsvorgaben des Vorhabenträgers wird das Auslöschen der Bestände in Kauf genommen. Durch einen quantitativ und qualitativ minderwertigen Ausgleich, der rechtlichen Ansprüchen nicht einmal ansatzweise genüge tut, soll versucht werden die ursprünglichen Planungen ohne Anpassungen durchzusetzen.

Die Umsetzung hätte gravierende und weitreichende Folgen für den Artenschutz, widerspricht nationalem und europäischen Recht sowie international bindenden Abkommen und konterkariert die politischen Ziele des Bundeslandes und der Bundesrepublik.

Artenschutzverträglich und rechtssicher sind unter Berücksichtigung zahlreicher weiterer flankierender Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen nur der Verzicht auf eine Reaktivierung der Tunnel oder ein langsames Durchfahren mit maximal 30 km/h zur Vermeidung von Anprallverlusten und zum Erhalt der Quartiere.

Dem Landkreis Calw ist entsprechend dringend anzuraten, eine dauerhafte Geschwindigkeitsreduktion für die beiden Bestandstunnel einzuplanen und umzusetzen, da andernfalls aufgrund der artenschutzrechtlichen Gegebenheiten das Gesamtprojekt scheitern wird.

7. Dank

Ein besonderer Dank gilt der Arbeitsgemeinschaft Fledermausschutz Baden-Württemberg (AGF) für die Möglichkeit, die Datenbank batportal im Hinblick auf die Schwärm- und Wintervorkommen von Fledermäusen auswerten zu dürfen. Andres Beck, François Biollaz, Isabel Dietz, Markus Dietz, Christian Drescher, Oliver Gebhardt, René Güttinger, René Janssen, Andreas Kiefer, Klemen Koselj, Rudi Leitl, Miriam Lutz, Erich Mühletaler, Elena Papadatou, Kristof Piksa, Jaques Pir, Primož Presetnik, Ana Rainho, Guido Reiter, Luisa Rodriguez, Konrad Sachanowicz, Hans-Ulrich Schnitzler und Maja Zagmajster möchte ich für die intensiven Diskussionen zum Schwärmen und Winterquartieren, zu Reaktionszeiten und Ausweichreaktionen der Fledermäuse, Literaturstellen und ergänzende Hinweise danken. Der EUROBATS-Expert-group, der World Bat Library und der Coordination ouest chauves-souris sei für die schnelle Hilfe bei der Beschaffung schwer zugänglicher Literatur vielmals gedankt.



8. Literatur

Abel, G. (1970): Zum Höchstalter der Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*). – Myotis 8: 38.

Albers, S. (1994): Bau von fünf Fledermausquartieren im Raum Bispingen, Landkreis Soltau-Fallingbostel (nordöstliches Niedersachsen). – Nyctalus (N.F.) 5: 191-195.

Altringham, J. & G. Kerth (2016): Bats and roads. – In: C.C. Voigt & T. Kingston (eds.): Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing world: 35-62; Springer.

Angell, R.L. , R.K. Butlin & J.D. Altringham (2013): Sexual segregation and flexible mating patterns in temperate bats. – PLOS One 8: e54194.

Arnett E.B., C.D. Hein, M.R. Schirmacher, M. Baker, M.M.P. Huso & J.M. Szewczak (2011): Evaluating the effectiveness of an ultrasonic acoustic deterrent for reducing bat fatalities at wind turbines. – Bat Conservation International report. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative.

Arnett E.B., C.D. Hein, M.R. Schirmacher, M. Baker, M.M.P. Huso & J.M. Szewczak (2013): Evaluating der effectiveness of an ultrasonic acoustic deterrent for reducing bat fatalities at wind turbines. PLOS One 8: e65794.

Baagøe, H.J. (2001): *Myotis bechsteinii*, Bechsteinfledermaus. – In: F. Krapp (Hrsg.): Handbuch der Säugetiere Europas 4-I: 443-471; Aula Verlag.

Bafaluy, J. (2000): Mortandad de murciélagos por atropello en carreteras del sur de la provincia de Huesca. – Galemys 12:15–23

Bagrowska-Urbanczyk, E. & Z. Urbanczyk (1983): Structure and dynamics of a winter colony of bats. – Acta Theriologica 28: 183-196.

Barclay, R.M.R., J. Ulmer, C.J.A. MacKenzie, M.S. Thompson, L. Olson & J. McCool (2004): Variation in the reproductive rate of bats. – Canadian Journal of Zoology 82: 688-693.

Barclay, R.M.R. & L.D. Harder (2003): Life histories of bats: life in the slow lane. – In T. H. Kunz & M. B. Fenton (eds.): Bat ecology. University of Chicago Press, pp. 209-253.

Berg, J. & G. Maetz (2013): Erfolgreiche Ausstattung von Fledermaus-Winterquartieren mit Blähton-Hohlblocksteinen. – Nyctalus (N.F.) 18: 3-9.

Berkova, H. & J. Zukal (2010): Cave visitation by temperate zone bats: effects of climatic factors. – Journal of Zoology London 280: 387-395.

Bernotat, D. & V. Dierschke (2015): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen – 2. Fassung – Stand 25.11.2015, 463 S. www. gavia-ecoresearch.de/ref/pdf/Bernotat_Dierschke_2015_MGI.pdf

Bernotat, D. & V. Dierschke (2016): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen – 3. Fassung – Stand 20.09.2016, 460 S. http://www.gavia-ecoresearch.de/ref/pdf/Bernotat_Dierschke_2016.pdf

Berthinussen, A. & J. Altringham (2011): The effect of a major road on bat activity and diversity. – Journal of Applied Ecology, doi:10.1111/j.1365-2664.2011.02068.x

Berthinussen, A., O.C. Richardson & J. D. Altringham (2014): Bat Conservation: Global evidence for the effects of interventions. Exeter: Pleagic Publishing.

Biedermann, M., I. Meyer & W. Schorcht (2002): Erfassung und Bewertung der Fledermausvorkommen im geplanten Gipsabbaugebiet „Rüdigsdorf/Winkelberg“

und im angrenzenden FFH-Meldegebiet „Rüdigsdorfer Schweiz – Harzfelder Holz“. – Unveröffentlichtes Gutachten, 68 Seiten.

Blohm, T., H. Hauf & G. Heise (1998): Erfahrungen bei der Einrichtung von Fledermauswinterquartieren in einem Waldgebiet bei Prenzlau/Uckermark. – Nyctalus (N.F.) 6: 523-530.

BMU (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, Berlin, 180 S.

Bogdanowicz W., K. Piksa & A. Tereba (2012): Genetic structure in three species of whiskered bats (genus *Myotis*) during swarming. – Journal of Mammalogy 93: 799–807.

Boye, P. (2011): Prioritäten des Schutzes heimischer Säugetierarten im Rahmen der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. – Natur und Landschaft 86: 7-14.

Braun, M. (2003): Rote Liste der gefährdeten Säugetiere in Baden-Württemberg. – In: M. Braun & F. Dieterlen (Hrsg.): Die Säugetiere Baden-Württembergs. Band 1. Allgemeiner Teil, Fledermäuse: 263-272. Ulmer Verlag, Stuttgart.

Braun, M. & F. Dieterlen (2003): Die Säugetiere Baden-Württembergs. Band 1. Allgemeiner Teil, Fledermäuse. 687 S.; Ulmer Verlag, Stuttgart.

Brinkmann, R., L. Bach, M. Biedermann, M. Dietz, C. Dense, W. Fiedler, M. Fuhrmann, A. Kiefer, H. Limpens, I. Niermann, W. Schorcht, U. Rahmel, G. Reiter, M. Simon, C. Steck & A. Zahn (2003): Querungshilfen für Fledermäuse , Schadensbegrenzung bei der Lebensraumzerschneidung durch Verkehrsprojekte. Kenntnisstand, Untersuchungsbedarf im Einzelfall, fachliche Standards zur Ausführung. Stand April 2003.

Brinkmann, R., M. Biedermann, F. Bontadina, M. Dietz, G. Hintemann, I. Karst, C. Schmidt, & W. Schorcht (2012): Planung und Gestaltung von Querungshilfen für Fledermäuse. – Eine Arbeitshilfe für Straßenbauvorhaben im Freistaat Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, 116 Seiten.

Buchen, C. (1992): Bau eines künstlichen Stollens als Fledermaus-Winterquartier. – Nyctalus (N.F.) 4: 269-273.

Burns, L.E. & H.G. Broders (2015a): Maximising mating opportunities: higher autumn swarming activity in male versus female *Myotis* bats. – Journal of Mammalogy 96: 1326-1336.

Burns, L.E. & H.G. Broders (2015b): Who swarms with whom? Group dynamics of *Myotis* bats during autumn swarming. – Behavioural Ecology 26: 866-876.

Caubère, B., P. Gaucher & J.F. Julien (1984): Un record mondial de longévité in natura pour un chiroptère insectivore? – Rev. Ecol. (Terre Vie) 39: 351-353.

Conover, M.R. (2002) : Wildlife translocation. – Resolving human-wildlife conflicts : the science of wildlife damage management : 211-228. Lewis Publishers.

Daan, S. & H.J. Wichers (1968) : Habitat selection by bats hibernating in a limestone cave. – Zeitschrift für Säugetierkunde 33 : 262-287.

Davis, R . (1966) : Homing performance and homing ability in bats. – Ecol. Monogr. 36 : 201-237.

Davis, W.H. (1964) : Fall swarming of bats at Kentucky caves. – Bull. Nat. Speleol. Soc. 26: 82-83.

Davis, W.H. & H.B. Hitchcock (1965) : Biology and migration of the bat *Myotis lucifugus* in New England. – Journal of Mammalogy 46 : 296-313.

De Boer, W.F., S. van de Koppel, H.J. de Knegt & J.J.A. Dekker (2013) : Hibernation site requirements of bats in man-made hibernacula in a spatial context. – Ecological Applications 23 : 502-514.

Degn, H.J. (1987) : Bat counts in Mønsted Limestone cave during the year. – Myotis 25: 85-90.

Degn, H.J., B.B. Andersen & H. Baagøe (1995): Automatic registration of bat activity through the year at Mønsted Limestone Mine, Denmark. – Zeitschrift für Säugetierkunde 60: 129-135.

DeVault, T.L., B.F. Blackwell, T.W. Seamans, S.L. Lima & E. Fernández-Juricic (2015): Speed kills: ineffective avian escape responses to oncoming vehicles. – Proceedings of the Royal Society B 282: 20142188

Dierschke, V. & D. Bernotat (2012): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen – unter besonderer Berücksichtigung der deutschen Brutvogelarten. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/eingriffsregelung/Skripte/Dierschke_Bernotat_MGI_2012.pdf

Dietz, C. (2005): Fledermäuse schützen. Berücksichtigung des Fledermausschutzes bei der Sanierung von Natursteinbrücken und Wasserdurchlässen. – Erfahrungsbericht aus der Straßenbauverwaltung, 39 S.; Innenministerium Baden-Württemberg.

Dietz, C. & M. Braun (1997): Zur Fledermausfauna im Landkreis Freudenstadt (Regierungsbezirk Karlsruhe). - Carolinea 55: 65-80; Karlsruhe.

Dietz I. & Dietz, C. (2012): Abschlussbericht zu den Untersuchungen der Fledermäuse im Neuen Schloss Baden-Baden, Teil 2: Schwärm- und Winterquartiernutzung in den Kellern des Kavaliersbaus und des Hauptgebäudes. – unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag von Archis GmbH, 30 S.

Dietz, C. & I. Dietz (2014): Abschätzung des Winterbestandes aus Schwärmfängen an Winterquartieren von Fledermäusen. Unveröffentlichte Zusammenstellung für den gutachterlichen Gebrauch, 5 Seiten.

Dietz, C. & I. Dietz (2016): Das Graue Langohr (*Plecotus austriacus*) in Nordbaden. Datenbankauswertung und Vorschläge für ein Wochenstuben-Monitoring. – Unveröffentlichtes Gutachten, 35 Seiten.

Dietz, C., I. Dietz, S. Hartmann, J. Hurst, A. Kohnen, C. Steck & R. Brinkmann (im Druck): Identifizierung von Schlüsselparametern zur Beurteilung der Eingriffswirkung bei Fledermauspopulationen. – Teilbericht im Rahmen des F+E-Vorhaben "Untersuchung zur Minderung der Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse, insbesondere im Wald". Auftraggeber: Bundesamt für Naturschutz.

Dietz, C., O. von Helversen & D. Nill (2007): Die Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Biologie, Kennzeichen, Gefährdung. 399 Seiten; Kosmos Verlag, Stuttgart.

Dietz, C. & A. Kiefer (2014): Die Fledermäuse Europas. Kosmos Naturführer. 394 Seiten; Kosmos Verlag, Stuttgart.

Dietz, C., D. Nill & O. von Helversen (2016): Handbuch der Fledermäuse. Europa und Nordwestafrika. 416 Seiten; Kosmos Verlag Stuttgart.

Dietz, M., M. König, U. Balzer & S. Schweizer (2003): Die Bedeutung des Milsebergtunnels in der Rhön als Fledermausquartier. – Fachgutachten im Rahmen der Planungen zu dem „Bahnradweg Petersburg-Hilders". – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Unteren Naturschutzbehörde des Landkreises Fulda, 15 Seiten.

Dubourg-Savage, M.-J. (2011): High toll paid by horseshoe bats to French motorways. – Vortrag anlässslich der Internationalen Tagung "Erfahrungen beim Schutz von Hufeisennasen im Zuge von Straßenplanungen und Gebäudeabrissen" am 26./27.3.2011, Neudietendorf (Thüringen).

European Environment Agency (2013): European bat population trends. A prototype biodiversity indicator. – EEA Technical report 19/2013: 61 pp. doi:10.2800/10311.

Engelhardt, H. (1993): Untersuchungen zum Mikroklima in künstlichen Fledermaus-Winterquartieren im Raum Lüneburg. – Nyctalus (N.F.) 4: 479-489.

EU-Kommission (2007): Leitfaden zum strengen Schutzsystem für Tierarten von gemeinschaftlichem Interesse im Rahmen der FFH -Richtlinie 92/43/EWG. Endgültige Fassung, Februar 2007: 96 Seiten.

Fensome, A.G. & F. Mathews (2016): Roads and bats: a meta-analysis and review of the evidence on vehicle collisions and barrier effects. – Mammal Review 46: 311-323.

Fenton, M.B. (1969): Summer activity of *Myotis lucifugus* at hibernacula in Ontario and Quebec. – Canadian Journal of Zoology 47: 597-602.

Fölling, A. R. Reifenrath, A. Becker & M. Füller (2013): Zur Bedeutung der Höhlen im lippischen Eggevorland als Schwärmquartiere für Fledermäuse. – Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins für Bielefeld und Umgegend 51: 142-155.

Forman, R.T.T., D. Sperling & J.A: Bissonette (2003): Road ecology: science and solutions. Island Press, Washington.

Frank, H. (1960): Beobachtungen an Fledermäusen in Höhlen der Schwäbischen Alb unter besonderer Berücksichtigung der Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*). – Bonn. Zool. Beitr., Sonderheft 11/1960: 143-149.

Frank, H. (1963): Ergebnisse der Fledermausberingung im Gebiet der mittleren Schwäbischen Alb. – Jh. Karst- u. Höhlenkunde 4: 303-315.

Frank, H. (1971): Fledermausbeobachtungen in Höhlen der Schwäbischen Alb in den Wintern 1965-1970. – Decheniana-Beihefte 18: 95-97.

Frank, H., A. Nagel & H. Weigold (1980): Bestandsentwicklung der in Höhlen überwinternden Fledermäuse auf der Schwäbischen Alb. – Die Höhle (Zeitschrift für Karst- und Höhlenkunde) 31: 111-116.

Fricke, U. (1985): Praktischer Höhlenschutz durch Verschlüsse sowie begleitende Maßnahmen. – Mitt. Verb. Dt. Höhlen- und Karstforsch. 31: 50-64.

Fuellhaas, U., C. Klemp, A. Kordes, H. Ottenberg, M. Pirmann, A. Thiessen, C. Tschoetschel, & H. Zucchi (1989): Untersuchungen zum Straßentod von Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien. – Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens 42: 129-147.

Furey, N.M. & P.A: Racey (2016): Conservation ecology of cave bats. – In: C.C. Voigt & T. Kingston (eds.): Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing world: 463-500; Springer

Furmankiewicz, J. (2008): Population size, catchment area, and sex influenced differences in autumn and spring swarming of the brown long-eared bat (*Plecotus auritus*). – Canadian Journal of Zoology 86: 207–216.

Furmankiewicz, J. (2016): The social organization and behavior of the brown long-eared bat *Plecotus auritus*. – In: J. Ortega (Ed.): Sociality in Bats: 11-46; Springer International Publishing Switzerland.

Furmankiewicz, J. & J. D. Altringham (2007): Genetic structure in a swarming brown long-eared bat (*Plecotus auritus*) population: evidence for mating at swarming sites. – Conservation Genetics 8: 913–923.

Furmankiewicz, J., K. Duma, K. Manias & M. Borowiec (2013): Reproductive status and vocalisation in swarming bats indicate a mating function of swarming and an extended mating period in *Plecotus auritus*. – Acta Chiropterologica 15: 371–385.

Gaisler, J. (1987): The r – K selection model and life-history strategies in bats. – In: V. Hanak, I. Horáček & J. Gaisler (eds.): European Bat Research 1987: 117-124; Charles University Press, Praha.

Gaisler, J. (2001): *Rhinolophus ferrumequinum*, Große Hufeisennase. – In: F. Krapp (Hrsg.): Handbuch der Säugetiere Europas Band 4-I: 15-37; Aula Verlag.

Gaisler, J., V. Hanak & V. Hanzal (2010): Results of bat banding in the Czech and Slovak Republics, 1948-2000. – In: I. Horáček & M. Uhrin (Eds.): A tribute to bats; Lesnicka Prace: 77-87.

Gaisler, J., Z. Rehak & T. Bartonicka (2009): Bat casualties by road traffic (Brno-Vienna). – Acta Theriologica 54: 147-155.

Glover, A. M. & J. D. Altringham (2008): Cave selection and use by swarming bat species. – Biological Conservation 141: 1493–1504.

Gottfried, I. & R. Szkudlarek (2007): Off-winter activity of *Barbastella barbastellus* at a hibernation site. – Nietoperze 8: 13-23.

Götz, M. (2005): Untersuchungen zu Artenspektrum, Phänologie und Besatzzahlen von Fledermäusen (Chiroptera) am Brunnen Twickel, einem Winterquartier in der Westfälischen Bucht. – Diplomarbeit an der Westfälische Wilhelms - Universität Münster, 120 S.

Gulickx, M.M.C., R.C. Beecroft & A.C. Green (2007): Creating a bat hibernaculum at Kingfishers Bridge, Cambridgeshire, England. – Conservation Evidence 4: 41-42.

Haensel, J. & A. Arnold (1994): Zum Fledermaus-Winterbestand zahlreicher in der Stadt Baruth vorhandener, teilweise verfallsgefährdeter Erdkeller. Vorarbeit für ein Schutzprogramm. – Nyctalus (N.F.) 5: 249-273.

Haensel, J. & W. Rackow (1996): Fledermäuse als Verkehrsopfer – ein neuer Report. – Nyctalus (N.F.) 6: 29-47.

Hall, J.S. & F.J. Brenner (1968): Summer netting of bats at a cave in Pennsylvania. – Journal of Mammalogy 49: 779–781.

Harrje, C (1994): Etho-ökologische Untersuchungen der ganzjährigen Aktivität von Wasserfledermäusen (*Myotis daubentonii*) am Winterquartier. – Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen 39: 15-52.

Helversen, O. v., M. Esche, F. Kretzschmar & M. Boschert (1987): Die Fledermäuse Südbadens. – Mitteilungen des badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz N.F. 14: 409-475.

Holland, R.A., K. Thorup, M.J. Vonhof, W.W. Cochran & M. Wikelski (2006): Navigation: bat orientation using Earth's magnetic field. – Nature 444: 702.

Holland, R.A., J.L Kirschvink, T.G Doak, & M. Wikelski (2008): Bats use magnetite to detect the earth's magnetic field. – PLoS ONE 3(2): e1676. doi:10.1371/journal.pone.0001676

Höppner, S., H. Meinig, S. Pfeiffer, M. Pfeiffer & W. Rackow (2013): Neue Nachweise von Fledermäusen als Verkehrsopfer an einer Strecke der Deutschen Bahn im Südharz/ Niedersachsen. – Nyctalus (N.F.) 18: 331-333.

Horáček, I. & B. Đulić (2004): *Plecotus auritus* – Braunes Langohr. – In: F. Krapp (Hrsg.): Handbuch der Säugetiere Europas 4-II: 953-999; Aula Verlag.

Horáček, I. & J. Zima (1978): Net-revealed cave visitation and cave dwelling in European bats. – Folia Zoologica 27: 135-148.

Horn J.W., E.B. Arnett, M. Jensen & T.H. Kunz (2008): Testing the effectiveness of an experimental bat deterrent at the Maple Ridge Wind farm. – Bat Conservation International report. A report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative.

Hübner, G. & D. Papadopoulos (1997): Optimierung von Fledermaus-Winterquartieren. – Naturschutz und Landschaftsplanung 29: 17-20.

Hurst, J., C. Dietz & R. Brinkmann (im Druck): Aktivität und Flugverhalten der Zwergfledermaus zur Schwärmzeit an einem Massenwinterquartier. – Teilbericht im Rahmen des F+E-Vorhaben "Untersuchung zur Minderung der Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse, insbesondere im Wald". Auftraggeber: Bundesamt für Naturschutz.

Johnson J.B., M.W. Ford, J.L. Rodrigue & J.W. Edwards (2012): Effects of acoustic deterrents on foraging bats. – US Department of Agriculture report. Research Note NRS-129.

Johnson, J.B., P.B. Wood & J.W. Edwards (2016): Are external mine entrance characteristics related to bat use? – Wildlife Society Bulletin 34: 1368-1375.

Jones, K.E. & A. MacLarnon (2001): Bat life histories: Testing models of mammalian life-history evolution. – Evolutionary Ecology Research 3: 465-476.

Kallasch, C. & M. Lehnert (1995a): Ermittlung des Bestandes eines großen Fledermauswinterquartieres. Vergleich zweier Erfassungsmethoden. – Methoden feldökologischer Säugetierforschung 1: 389-396.

Kallasch, C. & M. Lehnert (1995b): Zur Populationsökologie von Wasser- und Fransenfledermäusen (*Myotis daubentonii* und *M. nattereri*) in der Spandauer Zitadelle (Berlin). – Sber. Ges. Naturf. Freunde Berlin (NF) 34: 69-91.

Khritankov, A.M. & N.D. Ovodov (2001): Longevity of Brandt's bats (*Myotis brandtii*) in Central Sibiria. – Plecotus et al. 4: 20-24.

Kerth, G., A. Kiefer, C. Trappmann & M. Weishaar (2003): High gene diversity at swarming sites suggests hot spots for gene flow in the endangered Bechstein's bat. – Conservation Genetics 4: 491–499.

Kerth, G. & M. Melber (2009): Species-specific barrier effects of a motorway on the habitat use of two threatened forest-living bat species. – Biological Conservation, 142: 270-279.

Kerth, G. & L. Morf (2004): Behavioural and genetic data suggest that Bechstein's bats predominantly mate outside the breeding habitat. – Ethology 110: 987–999.

Kiefer, A., C. Schreiber & M. Veith (1994): Netzfänge in einem unterirdischen Fledermausquartier in der Eifel (BRD, Rheinland-Pfalz). Phänologie, Populationsschätzungen, Verhalten. – Nyctalus 5: 302-318.

Kiefer, A., H. Merz, W. Rackow, H. Roer & D. Schlegel (1994/1995): Bats as traffic casualties in Germany. – Myotis 32/33: 215–220.

Kiefer, A. & U. Sander (1993): Auswirkungen von Straßenbau und Verkehr auf Fledermäuse. – Naturschutz und Landschaftsplanung 25: 211-216.

Klar, N., M. Herrmann & S: Kramer-Schadt (2006): Effects of roads on a founder population of lynx in the biospere reserve „Pfälzerwald – Vosges du Nord": a model as planning tool. – Naturschutz und Landschaftsplanung 38: 330-337.

Klawitter, J. (1980): Spätsommerliche Einflüge und Überwinterungsbeginn der Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) in der Spandauer Zitadelle. – Nyctalus (N.F.) 1: 227-234.

Kohyt, J., A. Rozik, K. Kozakiewicz, A. Pereswiet-Soltan & W.J. Gubala (2016): Activity pattern and fat accumulation strategy of the Natterer's bat swarming population indicate the exact time of male mating effort. – Mammal Research doi 10.1007/s13364-016-0285-x.

Korsten, E., E.A. Jansen, M. Boonman, M.J. Schillemans & H.J.G.A. Limpens (2016): Swarm and switch: on the trail of the hibernating common pipistrelle. – Bat News 110 (Summer 2016): 8-10. Bat Conservation Trust. London.

Kraus, M. (2004): Große Bartfledermaus, *Myotis brandtii*. – In: A. Meschede & B.-U. Rudolph (eds.): Fledermäuse in Bayern: 144-154; Ulmer Verlag.

Kretzschmar, F. (1995): Zum Schwärmverhalten von Fledermäusen vor Höhlen und Stollen in Südbaden. – Maus, Mitteilungen unserer Säugetierwelt 5: 7-11.

Kretzschmar, F. (1997): Zum Schwärmverhalten von Fledermäusen vor Höhlen im Regierungsbezirk Freiburg. – Mitteilungen des badischen Landesverbandes für Naturkunde und Naturschutz N.F. 16: 631-643.

Kretzschmar, F. (2003): Wimperfledermaus *Myotis emarginatus*. – In: M. Braun & F. Dieterlen (Hrsg.): Die Säugetiere Baden-Württembergs. Band 1. Allgemeiner Teil, Fledermäuse: 396-405; Ulmer Verlag, Stuttgart.

Kretzschmar, F. & M. Braun (1993): Der Steinbruch Leimen: eines der bedeutendsten Fledermausquartiere Baden-Württembergs. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 75: 133-142; Karlsruhe.

Kretzschmar, F. & B. Heinz (1995): Social behaviour and hibernation of a large population of *Pipistrellus pipistrellus* and some other bat species in the mining-system of a limestone quarry near Heidelberg (South West Germany). – Myotis 32-33: 221-229.

Kugelschafter, K. (2014): Fledermausmonitoring im Hessenloch. – Der Flattermann, Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Fledermausschutz Baden-Württemberg 26: 11-18.

Kugelschafter, K. (2015): Ist die Umsiedlung von Fledermausgesellschaften eine realistische Perspektive? – Abstracts der 12. Fachtagung der BAG Fledermausschutz und-forschung im NABU, BAG 2015 Erfurt, Thüringen: 30.

Kulzer, E. (1981): Winterschlaf. – Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde C 14: 1-46.

Kulzer, E. (2003): Große Hufeisennase Rhinolophus ferrumequinum. – In: M. Braun & F. Dieterlen (Hrsg.): Die Säugetiere Baden-Württembergs. Band 1. Allgemeiner Teil, Fledermäuse: 340-347; Ulmer Verlag, Stuttgart.

Kulzer, E., H.V. Bastian & M. Fiedler (1987): Fledermäuse in Baden-Württemberg. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 50: 152 Seiten; Karlsruhe.

LANA (Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz – Ständiger Ausschuss „Arten- und Biotopschutz") (2010): Hinweise zu zentralen unbestimmten Rechtsbegriffen des Bundesnaturschutzgesetzes, 25 S. www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/eingriffsregelung/lana_unbestimmte%20Rechtsbegriffe.pdf.

Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (2011): Fledermaus-Handbuch LBM - Entwicklung methodischer Standards zur Erfassung von Fledermäusen im Rahmen von Straßenprojekten in Rheinland-Pfalz. 160 Seiten. Koblenz.

Lanxiang, T., L. Wei, S. Zhang & Y. Pan (2010): Bat head contains soft magnetic particles: evidence from magnetism. – Bioelectromagnetics 31: 499-503.

Lesinski, G. (1989): Summer and autumn dynamics of *Myotis daubentonii* in underground shelters in central Poland. – European Bat Research 1987: 519-521; Charles University Press, Praha.

Lesinski, G. (1990): Changes in numbers of *Myotis daubentonii* in autumn shelters and the effects of disturbance. – Acta Theriologica 35: 364-368.

Lesinsk, G. (2007): Bat road casualties and factors determining their number. – Mammalia 71 (3): 138-142.

Lesinsk, G. (2008): Linear landscape elements and bat casualties on roads, an example. – Annales Zoologici Fennici 45 (4): 277-280.

Lesinski, G., A. Sikora & A. Olszewskil (2011): Bat casualties on a road crossing a mosaic landscape. - European Journal of Wildlife Research 57: 217-223.

Limpens, H.J.G.A. & K. Kapteyn (1991): Bats, their behaviour and linear landscape elements. – Myotis 29: 63-71.

Limpens, H.J.G.A., W. Helmer, A. van Winden & K. Mostert (1989): Bats (Chiroptera) and linear landscape elements. – Lutra 32: 1-20.

Loehle, C. & B.L. Li (1996): Habitat destruction and the extinction debt revisited. – Ecol. Inter. 6: 784-789.

Löhrl, H. (1969): Die Höhlen als Überwinterungsorte für Fledermäuse. – Jahreshefte für Karst- und Höhlenkunde 21: 125-128.

LUBW (2014): FFH-Arten in Baden-Württemberg. Erhaltungszustand 2013 der Arten in Baden-Württemberg. – www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Mallot, H.A. (1999): Spatial cognition: behavioral competences, neuronal mechanisms and evolutionary scaling. – Kognitionswissenschaft 8: 40-48.

Maternowski, H.-W. (1994): Optimierung eines Fledermausquartieres durch bautechnische Veränderungen. – Nyctalus (N.F.) 5: 321-327.

Mayer, F. & W. Ostertag (1985): Die Fledermäuse der Landkreise Heilbronn und Hohenlohe. – Z. Zabergäuver 1: 13-19.

Medinas, D., J.T. Marques & A. Mira (2013): Assessing road effects on bats: the role of landscape, road features, and bat activity on road-kills. – Ecological Research 28: 227- 237.

Meinig, H. et al. (2009): Rote Liste und Gesamtartenliste der Säugetiere (Mammalia) Deutschlands. – In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2009): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band: Wirbeltiere. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (1) Bonn-Bad Godesberg: 115-153.

Meschede, A. & K.-G. Heller (2002): Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern. – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 66: 374 S.; Bonn-Bad Godesberg.

Mitchell-Jones, A. J., Z. Bihari, M. Masing, & L. Rodrigues (2007): Schutz und Management unterirdischer Lebensstätten für Fledermäuse. – EUROBATS Publication Series No. 2 (deutsche Fassung). UNEP/EUROBATS Sekretariat, Bonn, Deutschland, 40 Seiten.

Mitchell-Jones, A. J., Z. Bihari, L. Rodrigues & M. Massing (2000): Guidelines for the implementation of Resolution No. 4 adopted by the 2nd Session of the Meeting of Parties. Transboundary programme - habitats: Data Compilation. – EUROBATS.AC5.Report.Annex3.

Molitor, F., R. Heuser, J. Lüttmann, Y. Hau, M. Götz & K. Kugelschafter (2015a): Monitoring der Fledermausfauna der Nordbahntrasse Wuppertal. Tunnel Schee, Tunnel Tesche

und Ersatzquartiere 2013-2015. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Stadt Wuppertal, 92 Seiten.

Molitor, F., J. Lüttmann, H. Denkhaus, R. Schares & K. Kugelschafter (2015b): Fledermausmonitopring Nordbahntrasse. Systematisches Ausflugmonitoring im Tunnel Dorp. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Stadt Wuppertal, 25 Seiten.

Moss, C.F. & A. Surlykke (2001): Auditory scene analysis by echolocation in bats. – Journal of the Acoustic Society of America 110: 2207-2226.

Müller, E. (1993): Fledermäuse in Baden-Württemberg II. Ergebnisse der zweiten Kartierung 1986-1992 der Arbeitsgemeinschaft Fledermausschutz Baden-Württemberg. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 75: 160 Seiten; Karlsruhe.

Mueller, H.C. (1965): Homing and distance orientation in bats. – Zeitschrift für Tierpsychologie 23: 403-421.

Nagel, A. (1982): Kartierung von winterschlafenden Fledermäusen im Winter 1979/1980 in der Umgebung von Tübingen und Reutlingen (Württemberg). – Myotis 20: 35-37.

Nagel, A. (1984): Vorläufige Ergebnisse zum winterlichen Abschluß von Fledermaushöhlen auf der Schwäbischen Alb. – Mitteilungen des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher 30: 59-60.

Nagel, A. (2000): Untersuchung von Fledermauswinterquartieren im Sommer. Schwärmende Fledermäuse in Höhlen der Schwäbischen Alb. – Unveröffentlichtes Gutachten, 56 Seiten.

Nagel, A. (2003a): Begleituntersuchung zu den Folgen der Reaktivierung des stillgelegten Eisenbahntunnels zwischen Grävenwiesbach und Hasselborn, der einstmals das größte bekannte Winterquartier für Fledermäuse im Hochtaunuskreis enthielt. – Unveröffentlichtes Gutachten, 30 Seiten.

Nagel, A. (2003b): Telemetrie schwärmender Fledermäuse. Ein Vergleich von zwei verschiedenen Winterquartieren auf der Ostalb. – Unveröffentlichtes Gutachten, 35 Seiten.

Nagel, A. (2003c): Mopsfledermaus *Barbastella barbastellus*. – In: M. Braun & F. Dieterlen (Hrsg.): Die Säugetiere Baden-Württembergs. Band 1. Allgemeiner Teil, Fledermäuse: 484-497; Ulmer Verlag, Stuttgart.

Nagel, A. (2011): Abschlussbericht Fledermäuse im Hirsauer Tunnel und im Forsttunnel. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Landratsamtes Calw, 11 Seiten.

Nagel, A. (2014a): Netzfänge in den Bestandstunneln zur Populationseinschätzung. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Landratsamtes Calw.

Nagel, A. (2014b): Nutzung der beiden Tunnel der Bahnlinie Calw-Weil der Stadt durch Fledermäuse im Vergleich zum aktuell befahrenen Zelgenbergtunnel bei Pforzheim-Dillweissenstein der Nagoldtalbahn. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Landratsamtes Calw.

Nagel, A. (2014c): Vergrämungsversuch der Fledermäuse durch Licht im Nordeingang des Hirsauer Tunnels am 01.10.2014. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Landratsamtes Calw.

Nagel, A., H. Frank, R. Nagel & M. Baumeister (1987): Schutzmaßnahmen winterschlafender Fledermäuse und ihr Einfluss auf die Bestandsentwicklung. – Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 63: 281-292.

Nagel, A., H. Frank & H. Weigold (1982): Verbreitung winterschlafender Fledermäuse in Württemberg. – Bund Naturschutz Alb-Neckar 8: 9-17.

Nagel, A. & R. Nagel (1991a): Remarks on the problem of optimal ambient temperatures in hibernating bats. – Myotis 29: 109-114.

Nagel, A. & R. Nagel (1991b): How do bats choose optimal temperatures for hibernation? – Comp. Biochem. Physiol. 99A: 323-326.

Nagel, A. & R. Nagel (1993a): Bestandsentwicklung winterschlafender Fledermäuse auf der Schwäbischen Alb. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 75: 97-112; Karlsruhe.

Nagel, A. & R. Nagel (1993b): Ansiedlung von Fledermäusen mit Fledermauskästen. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 75: 97-112.

Nagel, A., R. Nagel, E. Wunsch, M. Schmid & W. Schmid (2005a): Swarming behaviour in *Myotis daubentonii* - phenology and relation between different types of roosts in the Swabian Alb (SW Germany). – Bat Research News, 46: 112.

Nagel, A., R. Nagel, E. Wunsch, M. Schmid & W. Schmid (2005b): Swarming behaviour of bats in hibernacula in the Swabian Alb (SW Germany). – Bat Research News, 46: 112-113.

Nagel, A., R. Nagel, E. Wunsch, M. Schmid & W. Schmid (2005c): Swarming behaviour in *Myotis myotis* - phenology and relation between different types of roosts in the Swabian Alb (SW Germany). – Bat Research News, 46: 113-114.

Nicholls, B. & P.A. Racey (2009): The aversive effect of electromagnetic radiation on foraging bats–a possible means of discouraging bats from approaching wind turbines. – PLoS ONE 4(7): e6246 doi:10.1371/journal.pone.0006246.

Ohlendorf, B. (2002): Höchstalter einer Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*) im Harz (Sachsen-Anhalt). – Nyctalus (N.F.) 8: 395-396.

Parsons, K. N. & G. Jones (2003): Dispersion and habitat use by *Myotis daubentonii* and *Myotis nattereri* during the swarming season: implications for conservation. – Animal Conservation 6: 283-290.

Parsons, K.N., G. Jones, I. Davidson-Watts & F. Greenaway (2003a): Swarming of bats at underground sites in Britain. Implictions for conservation. – Biological Conservation 111: 63-70.

Parsons, K. N., G. Jones & F. Greenaway (2003b): Swarming activity of temperate zone microchiropteran bats: effects of season, time of night and weather conditions. – Journal of Zoology (London) 261: 257–264.

Patthey, P. & A. Maeder (2014): Identification des cavités souterraines d'importance patrimoniale majeure pour les chauves-souris dans le Jura vaudois. – Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat 94: 3-24.

Piksa, K. (2008): Swarming of *Myotis mystacinus* and other bat species at high elevation in the Tatra Mountains, southern Poland. – Acta Chiropterologica 10: 69–79.

Pinno, S. (1999): Untersuchung von Fledermaus-Winterquartieren in der Westfälischen Bucht. – Diplomarabeit an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 84 Seiten.

Podlutsky, A.J., A.M. Khritankov, N.D. Ovodov & S.N. Austad (2005): A new field record for bat longevity. – J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci. 60: 1366-1368.

Presetnik, P., J. Matthews & B. Karapandza (2014): Bat Casualties, an EUROBATS Perspective. – Conference-Abstract at the XIIIth European Bat Research Symposium at Šibenik, Croatia, 1-5 September 2014: 135.

Promislov, D.E.L. & P.H. Harvey (1990): Living fast and dying young: a comparative analysis of life-history variation among mammals. – Journal of Zoology (Lond.) 220: 417-437.

Prüter, J., G. Vauk & C. viße (1995): Wirbeltierverluste durch Straßenverkehr im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. – Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens 48: 187-197.

Racey, P.A. (2000): Conservation approaches for mammalian species and diversity. – In: A. Entwistle & N. Dunstone (Eds.): Priorities for the Conservation of Mammalian Diversity – Conservation Biology 3: 159-171.

Rackow, W. & Schlegel, D. (1994): Fledermäuse (Chiroptera) als Verkehrsopfer in Niedersachsen. – Nyctalus (N.F.) 5: 11-18.

Rainho, A., S. Lourenco, H. Rebelo & A. Freitas (2006): Bats and Dams. Conservation actions in the region of the reservoirs of Alqueva and Pedrogao. – Instituto da Conservacao da Natureza; Lisboa.

Randall , J. & H. G. Broders (2014): Identification and characterization of swarming sites used by bats in Nova Scotia, Canada. – Acta Chiropterologica 16: 109–116.

Ransome, R.D. (1990): The natural history of hibernating bats, 235 S.; Christopher Helm, London.

Reck, H. (1990): Zur Auswahl von Tiergruppen als Biodeskriptoren für den tierökologischen Fachbeitrag zur Eingriffsplanung. – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 32: 99-119.

Richarz, K. (1989): Report of the successful transplantation of a nursery colony of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*) and remarks about the actual status of the species in Bavaria. – European Bat Research 1987: 659-670.

Richarz K. (2000): Auswirkungen von Verkehrsstraßen auf Fledermäuse. – Bayerische Akademie Naturschutz und Landschaftspflege, Laufener Seminarbeiträge 2/00: 71-84.

Richarz, K. & A. Limbrunner (1992): Fledermäuse: fliegende Kobolde der Nacht. – Franckh-Kosmos-Verlag, 192 Seiten.

Rivers, N. M., R. K. Butlin & J. D. Altringham (2005): Genetic population structure of Natterer's bats explained by mating at swarming sites and philopatry. – Molecular Ecology 14: 4299–4312.

Rivers, N. M., R. K. Butlin & J. D. Altringham (2006): Autumn swarming behaviour of Natterer's bats in the UK: population size, catchment area and dispersal. – Biological Conservation 127: 215–226.

Roer, H. (1981): Zur Heimkehrfähigkeit der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*). – Bonner Zoologische Beiträge 32: 13-30.

Roer, H. & W. Egsbaek (1966): Zur Biologie einer skandinavischen Population der Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*). – Zeitschrift für Säugetierkunde 31: 440-453.

Ruffel, J., J. Guilbert & S. Parsons (2009): Translocation of bats as a conservation strategy: previous attempts and potential problems. – Endangered Species Research 8: 25-31.

Runge, H., Simon, M. & Widdig, T. (2010): Rahmenbedingungen für die Wirksamkeit von Maßnahmen des Artenschutzes bei Infrastrukturvorhaben. – FuE-Vorhaben im

Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz - FKZ 3507 82 080; Hannover, Marburg.

Rush, T. & G. Billington (2011): Chiltern Railways Wolvercot Tunnel Lighting Trial Report. – Unveröffentlichtes Gutachten, Greena Ecological Consultancy, 38 Seiten.

Russel, A.L., C.M. Butchkoski, L. Said et al. (2009): Roadkilled bats, highway design, and the commuting ecology of bats. – Endangered Species Research 8: 49-60.

Russo, D., G. Jones & R. Arlettaz (2007): Echolocation and passive listening by foraging mouse-eared bats *Myotis myotis* and *M. blythii*. – The Journal of Experimental Biology 210: 166-176.

Schaub, A., J. Ostwald & B.M. Siemers (2008): Foraging bats avoid noise. – Journal of Experimental Biology 211: 3174-3180.

Schelbert, B. (1993): Ökologisierung im Strassenbau: künstliche Winterquartiere für Fledermäuse. – Vermessung, Photogrammetrie , Kulturtechnik 1/93: 18-21.

Schnitzler, H.-U., C.F. Moss & A. Denzinger (2003): From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. – TRENDS in Ecology and Evolution 18: 386-394.

Schöler, A. (1996): Zur Erhaltung und Einrichtung eines Winterquartieres für Fledermäuse. – AFZ/Der Wald 5: 266-267.

Schulz, W. (1995): Erfahrungen bei Neueinrichtungen und Ausbauten von Fledermaus-Winterquartieren. – Nyctalus (N.F.) 5: 441-450.

Schulz, G. & W. Schulz (2011): Erfahrungen bei Neueinrichtungen und Ausbauten von Fledermaus-Winterquartieren. Dahlenburg, 40 S.

Schunger, I., C. Dietz, D. Merdschanova, S. Merdschanov, K. Christov, I. Borissov, S. Staneva & B.P. Petrov (2004): Swarming of bats at cave Vodnite Dupki (Central Balkan National Park, Bulgaria). – Acta Zoologica Bulgarica 56: 323-330.

Sendor, T. (2002): Population ecology of the pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*): the significance of the year-round use of hibernacula for life histories. – Dissertation an der Philipps-Universität Marburg, 148 Seiten.

Sendor, T., K. Kugelschafter & M. Simon (2000): Seasonal variation in activity patterns at a pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*) hibernaculum. – Myotis 38: 91-109.

Siemers, B., G. Kerth, T. Hellenbroich, J. Lüttmann & M. Fuhrmann (2006): Quantifizierung und Bewältigung verkehrsbedingter Trennwirkungen auf Arten des Anhanges der FFH-Richtlinie, hier Fledermauspopulationen. – 1. Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben 02.0256/2004/LR im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, 137 Seiten.

Siemers, B.M. & A. Schaub (2011): Hunting at the highway: traffic noise reduces foraging efficiency in acoustic predators. – Proc. R. Soc. B 278: 1646-1652.

Silvis, A., N. Abaid, W.M. Ford & E.R. Britzke (2016): Responses of bat social groups to roost loss: More questions than answers. – In: J. Ortega (ed.): Sociality in Bats: 261-280; Springer. DOI 10.1008/978-3-319-38953-0_13.

Simon, M. & K. Kugelschafter (1999): Die Ansprüche der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) an ihr Winterquartier. – Nyctalus (N.F.) 7: 102-111.

Simon, M., H. Runge, S. Schade & D. Bernotat (2015): Bewertung von Alternativen im Rahmen der Ausnahmeprüfung nach europäischem Gebiets- und Artenschutzrecht. – FuE-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplans des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Auftrag des BfN – FKZ 3511 82 1000. BfN-Skripten 420, 221 S.

Spang, C. (2007): Bahnstrecke Calw-Weil der Stadt, Tunnel Forst km 36373 bis km 37,068, Tunnel Hirsau km 43,766 bis km 44,320. Kurzbericht zu Mauerwerks- und Drainageuntersuchungen mit Sanierungsvorschlägen einschließlich Kostenberechnung. – Unveröffentlichtes Gutachten, 91 Seiten.

Spang, C. (2014): Einhausungen innerhalb der Bestandstunnel Forst und Hirsau zum Fledermausschutz. – Gutachten im Auftrag des Landkreises Calw, 7 Seiten.

Spanjer, G.R. (2006): Responses of the big brown bat, *Eptesicus fuscus*, to a proposed acoustic deterrent in a lab setting. – Bat Conservation International report. A report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative and the Maryland Department of Natural resources.

Speakman, J.R., P.I. Webb & P.A. Racey (1991): Effects of disturbance on the energy expenditure of hibernating bats. – Journal of Applied Ecology 28: 1087-1104.

Stearns, S.C. (1992): The evolution of life histories. 262 pp.; Oxford University Press.

Steck, C. & R. Brinkmann (2015): Wimperfledermaus, Bechsteinfledermaus und Mopsfledermaus. Einblicke in die Lebensweise gefährdeter Arten in Baden-Württemberg. 200 Seiten. Haupt-Verlag, Bern.

Stephan, S., K. Kugelschafter & M. Herrmann (2015): Einfluss von LED-Beleuchtung auf Fledermäuse in einem Winterquartier, ein Lichtexperiment. – Abstracts der 12. Fachtagung der BAG Fledermausschutz und-forschung im NABU, BAG 2015 Erfurt, Thüringen: 35-36.

Šuba, J., V. Vintulis & G. Petersons (2011): Body weight provides insight into the feeding strategy of swarming bats. – Hystrix Italian Journal of Mammalogy 22: 179-187.

Szewczak J.M. & E. Arnett (2006): Preliminary field test results of an acoustic deterrent with the potential to reduce bat mortality from wind turbines. – An investigative report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative.

Szewczak J.M. & E. Arnett (2008): Field test results of a potential acoustic deterrent to reduce bat mortality from wind turbines. – An investigative report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative.

Trappmann, C. (1997): Aktivitätsmuster einheimischer Fledermäuse an einem bedeutenden Winterquartier in den Baumbergen. – Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde 59: 51-62.

Thomas, D.W. (1995): Hibernating bats are sensitive to nontactile human disturbance. – Journal of Mammalogy 76: 940-946.

Tupinier, Y. & V. Aellen (2001): *Myotis mystacinus*, Kleine Bartfledermaus (Bartfledermaus). – In: F. Krapp (Hrsg.): Handbuch der Säugetiere Europas 4-I: 321-344; Aula Verlag.

Van der Grift, E.A. (1999): Mammals and railroads: impacts and management implications. – Lutra 42: 77-98.

Van der Meij, T., A.J. Van Strien, K.A. Haysom, J. Dekker, J. Russ, K. Biala, Z. Bihari, E. Jansen, S. Langton, A. Kurali, H. Limpens, A. Meschede, G. Petersons, P. Presetnik, J. Prüger, G. Reiter, L. Rodrigues, W. Schorcht, M. Uhrin & V. Vintulis (2014): Return of the bats? A prototype indicator of trends in European bat populations in underground hibernacula. – Mammalian Biology doi: 10.1016/j.mambio.2014.09.004

Vandevelde, J.C., A. Bouhours, J.F. Julien, C. Couvet & C. Kerbiriou (2014): Activity of European common bats along railway verges. – Ecol. Eng. 64: 49-56.

van Schaik, J., R. Janssen, T. Bosch, A.-J. Haarsma, J.A. Dekker & B. Kranstauber (2015): Bats swarm where they hibernate: compositional similarity between autumn swarming

and winter hibernation assemblages at five underground sites. – PLOS One 10 (7): 1, 13 pp.

Veith, M., N. Beer, A. Kiefer, J. Johannesen & A. Seitz (2004): The role of swarming sites for maintaining gene flow in the brown longeared bat (*Plecotus auritus*). – Heredity 93: 342–349.

Verboom, B., A.M. Boonman & H.J.G.A. Limpens (1999): Acoustic perception of landscape elements by the pond bat (*Myotis dasycneme*). – Journal of Zoology London 248: 59-66.

Vintulis, V. & J. Šuba (2010): Atumn swarming of the pond bat *Myotis dasycneme* at hibernation sites in Latvia. – Estonian Journal of Ecology 59: 70-80.

Vollmer, A. & W. Rackow (2002): Nordfledermaus, *Eptesicus nilssonii*, als Eisenbahn-Verkehrsopfer im Südharz. – Nyctalus (N.F.) 8: 306.

Webb, P.I., J.R. Speakman & P.A. Racey (1995): How hot is a hibernaculum? A review of the temperatures at which bats hibernate. – Can. J. Zool. 74: 761-765.

Weishaar, M. (1997): Bemerkungen zur zeitlichen Nachweisbarkeit einiger Fledermausarten in Winterquartieren. – Dendrocops 24: 180-186.

Wilkinson, G.S. & J.M. South (2002): Life history, ecology and longevity in bats. – Aging Cell 1: 124-131.

Wingert, E. (2010): Besprechungsprotokoll zur Begehung des Rudersbergtunnel. – Protokoll der DB Netz, 2 Seiten.

Zahn, A. & P. Weiner (2004): Kleine Hufeisennase *Rhinolophus hipposideros*. – In: A. Meschede & B.-U. Rudolph (eds.): Fledermäuse in Bayern: 111-126; Ulmer Verlag.

Zöphel, U., M. Wilhelm & K. Kugelschafter (2001): Vergleich unterschiedlicher Erfassungsmethoden in einem großen Fledermaus-Winterquartier im Osterzgebirge (Sachsen). – Nyctalus (N.F.) 7: 523-531.