

Version, 2024-05-13

Ornithologiebüro Weggler, CH-8815 Horgenberg

Gutachten im Auftrag der Naturwaldstiftung

# **Fledermäuse und Windturbinen in Wäldern**

## **mit besonderer Berücksichtigung der Situation in den Kantonen Schaffhausen, Thurgau und Zürich**



(Windpark Verenafohren D, weniger als 400 m von der Kantonsgrenze SH entfernt)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Informationen zum Gutachten</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Anlass für die Begutachtung</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Untersuchungen und Abklärungen</b>	<b>6</b>
4.1	Daten- und Informationsquellen	6
4.2	Interessenskonflikte	6
4.3	Berichtsaufbau	7
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>7</b>
<b>5.1</b>	<b>Fragen zum Auftreten und Flugverhalten der Fledermäuse</b>	<b>7</b>
5.1.1	Vorkommende Fledermausarten, ihr räumlich und zeitliches Auftreten, Gefährdung und Konfliktrisiko	7
5.1.2	Migrierende Fledermausarten, Muster ihres Auftretens und Gefährdung	17
5.1.3	Fledermausaktivität oberhalb der Kronenschicht von Wäldern im Vergleich zum Offenland	24
5.1.4	Feststellungsmöglichkeiten von Bestandsveränderungen	25
5.1.5	Flughöhe von migrierenden und ansässigen Fledermäusen	26
5.1.6	Übertragbarkeit von höhenabhängiger Aktivitätsdichte zwischen Standorten	27
<b>5.2</b>	<b>Fragen zur Erhebung der Fledermäuse</b>	<b>29</b>
5.2.1	Erhebung vor Bau einer Windkraftanlage im Wald	32
5.2.2	Monitoring nach Bau einer Windkraftanlage im Wald	34
5.2.3	Welche Fledermausarten sind (im Wald) besonders betroffen? Welche sind migrierend, welche vor Ort lebende?	35
5.2.4	Ist die Fledermausaktivität an Waldstandorten vergleichbar mit Freiland-Standorten?	36
<b>5.3</b>	<b>Massnahmen zur Minderung des Tötungsrisikos</b>	<b>37</b>
5.3.1	Dimensionierung der Anlagen und Tötungsrisiko	37
5.3.2	Ist das Tötungsrisiko relativ zur Durchflugszahl eine belastbare Grösse?	38
5.3.3	Plausibilität von Hochrechnungen aus einem «Basisrotor-Durchmesser»?	39
<b>5.4</b>	<b>Populationsgefährdung</b>	<b>41</b>
5.4.1	Welche Mortalitätsraten sind populationsrelevant?	41
5.4.2	Sind die für Abschaltalgorithmen unterlegten kritischen Mortalitätserhöhungen beweisfest?	44
5.4.3	Langfristig gepufferte Mortalitätserhöhungen gefährdeten Arten	47
5.4.4	Wie wirksam ist der derzeitige Standard-Abschaltalgorithmus?	48
5.4.5	Ist Herabsetzung der Mortalität um 90–95% genügend?	49
5.4.6	Lässt sich die Schlagopferzahl im Wald überhaupt bestimmen?	50
5.4.7	Wäre ein Erhöhung des Abstands zwischen Baumwipfel und unterer Rotorspitze genügend?	50
5.4.8	Was ist zur Abhängigkeit der Fledermausaktivität von der Windgeschwindigkeit aus der Schweiz bekannt?	51
5.4.9	Gibt es Unterschiede zwischen lokal vorkommenden Arten und Migrationstieren?	52
<b>5.5</b>	<b>Weitere Einflüsse auf Fledermäuse</b>	<b>53</b>
5.5.1	Vermeidungseffekte von WEAs	53
5.5.2	Effekte durch Veränderungen im Bereich von Zufahrt und Installation	54
5.5.3	Welche Arten sind betroffen?	55
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>58</b>

# 1 Informationen zum Gutachten

Auftraggeber	Naturwaldstiftung Zweck: Schutz der Biodiversität im Wald 8000 Zürich
Auftragnehmer/Studienautor	Ornithologiebüro Weggler / Dr. Martin Weggler, Biologe (Universität Zürich), CH-8815 Horgenberg
Dank	Wir danken Markus Melber, Chiropterologie.de, für seine Kommentare zu einer früheren Version dieses Gutachtens.
Erstellungsdatum	Mai 2023 (Beginn) 13.05.2024 (letzte Bearbeitung)

## 2 Zusammenfassung

Im Gutachten werden über 20 Fragen im Problemkreis von Windkraftanlagen (im Folgenden auch «WEA») und Fledermäusen, speziell in Bezug auf die Situation in der Nordostschweiz (Kantone SH, TG und ZH) und für Anlagen im Wald untersucht und soweit möglich beantwortet. Für eine Vielzahl von Grundlagen, die für eine genauere Beurteilung der Gefährdung nötig wären, bestehen nur marginale wissenschaftliche Untersuchungen und Erhebungen in der Natur, so etwa zu Vorkommen, Bestandsgrössen, jahreszeitlichen Aktivitäten und (Flug)Verhalten. In den Kantonen SH, TG und ZH kommen 21 Fledermausarten vor. Davon stehen 10 auf der Roten Liste (mindestens gefährdet) und 6 sind potenziell gefährdet. Nur 4 Arten sind ungefährdet.

Im Luftraum über Wäldern kommen hochfliegende Fledermäuse vor (10 der 21 Arten), die von den Rotoren getötet werden können (Erschlagen oder Barotrauma). Im Wald selbst (Boden bis Kronendach) leben zudem Waldfledermäuse (10 Arten). Diese fliegen zwar nicht in die Höhe zu den Rotoren, meiden WEAs aber bis auf 800 m Abstand zu den Masten (je näher desto stärker). Die Ursachen für diese Effektdistanzen (Lärm?, Infraschall?, Turbulenzen?, Habitatveränderungen?, anderes?) sind derzeit noch ungeklärt. Diese Schadwirkungen von WEA im Wald auf Fledermäuse sind wissenschaftlich klar belegt.

Es bleibt offen, ob und welche Verminderungsmassnahmen bei WEA im Wald (Bsp. Betriebssteuerungen bzw. Abschaltalgorithmen) die Gefährdung der Fledermauspopulationen verhindern können. Eine ungeprüfte Übernahme von «Standards» (etwa Abschaltung von Turbinen bei Wind < 5.4 m/sek) ist abzulehnen, weil die «Standards» nicht art- und ortsspezifisch ausgestaltet sind. Die Beurteilung von WEA im Wald wird zudem erschwert, weil eine Erfolgskontrolle nach der Inbetriebnahme (Monitoring; Suche nach Schlagopfern) im Wald unmöglich ist. Solche Verminderungsmassnahmen ändern zudem nichts am Vertreibungseffekt auf Waldfledermäusen durch WEA.

Der Gutachter kommt aufgrund von Analogieschlüssen und Literaturangaben zum Schluss, dass eine haltbare Gefährdungsbeurteilung von Windkraftanlagen im Wald für Fledermäuse in der NE-Schweiz nach aktuellem Kenntnisstand unmöglich ist ohne an jedem Standort Detailabklärungen zum Vorkommen ortsansässiger Fledermauspopulationen und Abklärungen zur dreidimensionalen Nutzung des Standorts als Aktivitäts- und Durchzugsraum für Fledermäuse zu treffen.

Aufgrund des unmöglichen Monitorings und der vielfach lückenhaften Erkenntnisse kommt bei WEA im Wald dem Vorsorgeprinzip («Im Sinne der Vorsorge sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen.» Art. 1 Abs. 2 Umweltschutzgesetz) grösste Bedeutung zu.

Zusammengefasst kommt der Gutachter zum Schluss: Mit Bezug auf die Gefährdung von Fledermäusen stellen WEA im Wald eine weit stärkere Gefährdung dar als WEA im Offenland. Zudem sind die Unsicherheiten bei der Beurteilung vor und der Erfolgskontrolle (unmögliches Monitoring) nach der Erstellung der WEA um Dimensionen grösser.

### 3 Anlass für die Begutachtung

Windkraftanlagen (WEA) sollen in Zukunft auch in der Schweiz einen Teil erneuerbarer Energie liefern. Für die Kantone Schaffhausen, Thurgau und Zürich sind entsprechende «Potenzialgebiete» bezeichnet worden. Obwohl das Potential für WEA im Offenland sehr gross ist (14,8 TWh/a, entspricht 2'000 bis 3'000 WEA)<sup>1</sup>, wird die Standortsuche im Offenland durch Abstände zu Gebäuden und einem faktischen Ausschluss von Fruchtfolgeflächen (FFF) erschwert. Da an Waldstandorten weniger Widerstand vermutet wird und das Gelände teils erhöht ist (mehr Wind), konzentrieren sich die Eignungsgebiete in den Kantonen Thurgau und Schaffhausen und die Potenzialgebiete im Kanton Zürich auf den Wald.

WEAs stellen für Vögel und Fledermäuse potenziell eine grosse Gefahr dar (Hötter 2004, Rodrigues, et al. 2014). In der Schweiz sind diese Gefahren bisher nicht untersucht. Es bestehen inzwischen Zusammenstellungen aufgrund internationaler Erkenntnisse (Ellerbrok et al. 2022, Scholz et al. 2022, Tolvannen et al. 2023, McKay et al. 2024), während frühere Untersuchungen dazu schwerpunktmässig bei Anlagen im Offenland und für Vögel erhoben wurden (Müller et al. 2015). Bezüglich Fledermäuse wurde einzig der Standort Peuchapatte (JU) detaillierter untersucht, wobei die festgestellten Gefährdungen trotz tiefer Flugaktivität in Peuchapatte (JU) hoch sind (SWILD 2018).

Die Naturwaldstiftung erteilte Martin Weggler den Auftrag, aufgrund der bestehenden Kenntnislage einen Katalog von Fragen zu beantworten als Grundlage für die naturschutzfachliche Beurteilung von Standortevaluationen und -entscheiden. Die Fragen sprechen insbesondere Probleme an, die sich im Kontext des Fledermaus-schutzes und für Anlagen im Wald in der NE-Schweiz stellen. Dabei sollte insbesondere die Übertragbarkeit der umfangreichen Studienergebnisse von WEAs im Offenland auf die Situation von Waldstandorten in der NE-Schweiz geprüft werden, insbesondere hinsichtlich der in der Schweiz typischen Artenzusammensetzung (Deplazes et al. 2016).

---

<sup>1</sup> BFE, Windpotential Schweiz 2022 des BFE, August 2022, S. 11, siehe: <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/72771.pdf>

## 4 Untersuchungen und Abklärungen

### 4.1 Daten- und Informationsquellen

Das Gutachten stützt sich auf publizierte Studien und zugängliche Berichte (vgl. Literaturverzeichnis). Alle zitierten Quellen sind dem Auftraggeber als PDF beigelegt worden. Bei der Sichtung der Quellen sind dem Gutachter vier erwähnenswerte Umstände aufgefallen.

- (1) Die Zahl der publizierten Studienergebnisse zum Thema Windkraftanlagen und Fledermäuse ist in den letzten 15 Jahren explodiert. Eine Suche bei Google Scholar mit dem Suchbegriff *bats «wind turbines»* ergibt für das Erscheinungsjahr 2008 «nur» 476 Artikel, für 2022 aber bereits deren 2'210 und für den Zeitraum 2008–2023 ca. 16'900 Artikel (Stand 27.9.2023). Soweit ersichtlich wurde davon aber – mit Ausnahme der Untersuchungen in Peuchapatte (JU) und bei Aigle (VS)– keine einzige Studie an Anlagen in der Schweiz durchgeführt.
- (2) Die Halbwertszeit vieler Studien ist kurz, einerseits wegen den rasch ändernden Spezifikationen der Windkraftanlagen und andererseits wegen der raschen Entwicklung bei den Nachweismethoden der Fledermäuse (Echoortung, Wärmebildkameras, KI-Signalanalysen, Kleinradars, usf.)
- (3) Wichtige Studien sind wohl auch in «grauer» Literatur, Auftragsarbeiten oder Konferenzbeiträgen vorhanden und nicht zugänglich. Ich erhielt Hinweise auf möglicherweise bestehende, aber unzugängliche Berichte z.B. für die Windkraftanlagen auf dem Gotthard-Pass (TI), am Nufenen-Pass (VS) und andere.
- (4) In der europaweit geführten Kollisionsdatenbank am IFU Brandenburg sind aus der Schweiz 15 Schlagopfer von zwei Standorten (Mont Crosin, Peuchapatte) verzeichnet (Stand 09. August 2023), bei UNIP/Eurobats ist die Schweiz seit 2013 dabei, es fehlt allerdings bisher ein Jahresrapport (Stand 03. Mai 2024). Die wenigen Schlagopfermeldungen weisen darauf hin, dass in der Schweiz praktisch kein Monitoring stattfindet.

### 4.2 Interessenskonflikte

Es bestehen keinerlei direkte oder indirekte Interessenskonflikte des Gutachters aufgrund seiner aktuellen oder früheren Tätigkeiten im Umfeld Windenergie und/oder Fledermäuse. Der Gutachter versucht, die Fragen rein faktenbasiert zu beantworten und weist auf offene Beurteilungen aufgrund der nicht seltenen Kenntnislücken in diesem Fachthema hin.

In der «Checkliste UVP für Windenergieanlagen» (KVU 2023) erschien in einer frühen Fassung der Name des Gutachters auf der Autorenliste. Dies ist falsch. Der Bericht

entstand nach seinem Austritt aus der Orniplan AG (Zürich) am 31.12.2020. Der Gutachter steuerte dazu nichts bei. Die Berichtverantwortlichen der Ingenieursunternehmung EBP Schweiz AG haben das Dokument per 3.10.2023 korrigiert.

### 4.3 Berichtsaufbau

Die individuellen Gutachterfragen werden jeweils am Schluss jedes Kapitels aufgeführt und beantwortet. Zur Erhaltung eines leichteren Leseflusses werden wichtige Nebenthemen und Hinweise in grau hinterlegten **Boxen** abgehandelt.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Fragen zum Auftreten und Flugverhalten der Fledermäuse

#### 5.1.1 Vorkommende Fledermausarten, ihr räumlich und zeitliches Auftreten, Gefährdung und Konfliktrisiko

##### a) Vorkommende Fledermausarten und ihre Verbreitung

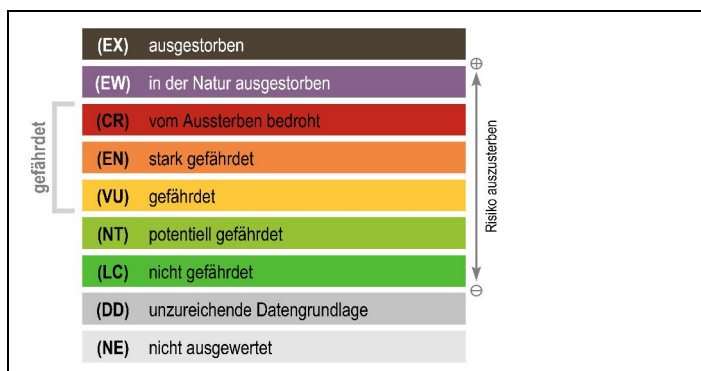
30 Fledermausarten sind aktuell in der Schweiz nachgewiesen, davon 21 in den NE-Schweizer Kantonen SH, TG und ZH (Tab. 1, Graf et al. 2021, CSCF 2023). Alle Fledermausarten der NE-Schweiz gehören zur Gruppe der Glattnasen (Vespertilionidae); Nachweise von Hufeisennasen, Bulldog- und Langflügelfledermäusen fehlen. Von 17 Arten gibt es mindestens einen jüngeren Fund eines Wochenstubenquartiers, d.h. sichere Fortpflanzungsnachweise. Nach derzeitigem Kenntnisstand treten der Kleine und der Grosse Abendsegler nur als «Zug- bzw. Überwinterungsgast» auf.

Die Verbreitung der 21 Fledermausarten in den drei Kantonen ist unvollständig bekannt. Aus Verbreitungslücken (Graf et al. 2021) können keine tatsächlichen Absenzen abgeleitet werden. Sogar die Zwergfledermaus, in den Niederungen der Schweiz als «Allerwelt-Fledermaus» wohl flächendeckend verbreitet, ist in den drei Kantonen nur aus 219 von 884 möglichen Gitterfeldern à 2x2km nachgewiesen (Graf et al. 2021).

Tab. 1: Liste der 21 Fledermausarten, nachgewiesen in den Kantonen SH, TG und ZH; Einstufung gemäss Roter Liste der Schweiz (Bohnenstengel et al. 2014). Einfärbungen nach Gefährdungsgrad (siehe unten); nach unten abgetrennt sind 9 Arten der Schweiz, von denen es in den Kantonen SH, TG und ZH keine Nachweise gibt (Graf et al. 2021, CSCF 2023).

Nr	Art	Art wissenschaftlich	Kategorie Rote Liste CH
1	Bartfledermaus	<i>Myotis mystacinus</i>	LC
2	Brandtfledermaus	<i>Myotis brandtii</i>	VU
3	Fransenfledermaus	<i>Myotis nattereri</i>	NT
4	Kryptische Fledermaus	<i>Myotis crypticus</i>	-
5	Bechsteinfledermaus	<i>Myotis bechsteinii</i>	VU
6	Grosses Mausohr	<i>Myotis</i>	VU
7	Kleines Mausohr	<i>Myotis blythii</i>	CR
8	Wasserfledermaus	<i>Myotis daubentonii</i>	NT
9	Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus</i>	LC
10	Rauhautfledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>	LC
11	Weissrandfledermaus	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC
12	Mückenfledermaus	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	NT
13	Alpenfledermaus	<i>Hypsugo savii</i>	NT
14	Kleiner Abendsegler	<i>Nyctalus leisleri</i>	NT
15	Grosser Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	NT
16	Nordfledermaus	<i>Eptesicus nilssonii</i>	VU
17	Breitflügel fledermaus	<i>Eptesicus serotinus</i>	VU
18	Zweifarb fledermaus	<i>Vespertilio murinus</i>	VU
19	Mopsfledermaus	<i>Barbastella barbastellus</i>	EN
20	Braunes Langohr	<i>Plecotus auritus</i>	VU
21	Graues Langohr	<i>Plecotus austriacus</i>	CR
	In den Kantonen SH, TG und ZH bisher nicht nachgewiesen		
	Grosse Hufeisennase	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	CR
	Kleine Hufeisennase	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	EN
	Wimperfledermaus	<i>Myotis emarginatus</i>	EN
	Langfussfledermaus	<i>Myotis capaccinii</i>	DD
	Nymphenfledermaus	<i>Myotis alcathoe</i>	DD
	Riesenabendsegler	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	DD
	Alpenlangohr	<i>Plecotus macrobullaris</i>	EN
	Langflügel fledermaus	<i>Miniopterus schreibersii</i>	EN
	Bulldoggfledermaus	<i>Tadarida teniotis</i>	NT





### Box 1: Lückenhafte Kenntnisse der Ökologie der Fledermäuse – Gründe dafür und Umgang damit

Grundlegende Kenntnisse über die Lebensweise der heimischen Fledermäuse sind weiterhin lückenhaft, etwa ihre (Höhen)Verbreitung, monatlichen Aufenthaltsorte, Jagdgebiete, Zugverhalten und -strategien, Paarungsverhalten, Lebenserwartung, Populationsgrößen usw. Dies hat u.a. damit zu tun, dass die Fledermausforschung bis in die 2000er Jahre auf die Erhebung und die Beobachtung von Fledermäusen in (Gebäude)Quartieren fokussiert blieb. Die vordringlichen Schutzbemühungen und die verfügbaren Methoden waren Grund für diese «enge» Fokussierung auf Quartierstandorte. Erst seit Mitte der 2010er Jahre werden nicht nur Quartierstandorte erhoben, sondern auch auf Jagdflügen verortete Fledermäuse in der nationalen Datenbank erfasst.

Neue Nachweismethoden durch automatisierte Aufzeichnung der Ultraschallrufe sind erst ab ca. 2007 durch käufliche Geräte und Software feldtauglich und erschwinglich geworden. Diese Methoden haben die Kenntnisse deutlich erweitert und bisherige relativiert. Die Genauigkeit der Methoden bleibt trotz riesigen Fortschritten limitiert. Oft sind nur Aussagen für Artengruppen möglich (z.B. Myotis-Arten). Methodische Minimalstandards schliessen den Einbezug von Laien («citizen science») quasi aus (Bader et al. 2017) bzw. verlangen eine sorgfältige fachliche Einordnung der Ergebnisse.

Es bleibt auch oft unklar, ob «neue» Erkenntnisse bisherige Kenntnislücken schliessen oder tatsächlich neue Sachverhalte betreffen, etwa Reaktionen gewisser Fledermausarten auf mildere Wintertemperaturen oder veränderte Waldbilder. Es erstaunt deshalb nicht, dass im jüngsten Säugetieratlas relativierende Adjektive wie «hauptsächlich», «wahrscheinlich», etc. bei den Fledermaustexten häufig auftauchen.

Beispielhaft einige neue Erkenntnisse, welche auch im Zusammenhang mit der Windkraft-Fledermaus-Problematik relevant sind:

- Der Grosse und der Kleine Abendsegler wurden bisher als Zugfledermäuse in der Schweiz behandelt. Inzwischen summieren sich Fundmeldungen auch im Sommer und Nachweise von Jungenaufzuchten liegen vor (Beck 1999, Beck et al. 2018). Bei der Planung von WEAs sind die Standorte solcher Aufzuchtsquartiere zu berücksichtigen.

- Aufenthalte in Höhenlagen (hier besonders relevant, weil viele Windturbinenstandorte im Wald auf Kuppen geplant werden) scheinen bei gewissen Fledermausarten nach neuesten Erkenntnissen eher die Regel als eine Ausnahme zu sein (Bontadina et al. 2014), insbesondere auch für Nahrungsflüge (Bader in Graf et al. (2021) und auf dem Zug, O'Mara et al. 2021). Zudem halten sich auch bodenjagende Arten gelegentlich über den Baumkronen auf. Dies ist relevant im Zusammenhang mit den immer grösseren Rotor-durchmessern, welche nur noch geringe Abstände zu Baumkronen aufweisen.

Dem Gutachter fiel zudem auf, dass Erkenntnisse, die auf Zirkelschlüssen beruhen, nicht selten sind. So wird z.B. angeregt, die Artbestimmung von akustischen Aufzeichnungen in der Schweiz anhand der kantonalen Verbreitung der Arten zu «validieren» (Bader et al. 2017). Grundlage solcher Verbreitungskarten sind wiederum zum Teil solche «validierten» akustischen Nachweise (CSCF 2023), was einem logischer Fehlschluss gleichkommt.

Aufgrund dieses lückenhaften Kenntnisstandes kommt der Einhaltung des Vorsorgeprinzips (Art. 1 Abs. 2 Bundesgesetz über den Umweltschutz: «Im Sinne der Vorsorge sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen.») und der Beseitigung der Wissenslücken für den Schutz der Fledermäuse grösste Bedeutung zu.

### **Gutachterfrage:**

Mit welchen Fledermausarten kann in den Kantonen Schaffhausen, Zürich und Thurgau gerechnet werden? Wann treten diese Arten auf? Wie stark gefährdet sind diese Arten? Wie ist der Trend der Gefährdungsentwicklung?

### **Antwort:**

In den drei Kantonen SH, ZH und TG treten nach aktuellem Kenntnisstand 21 der schweizweit 30 bekannten Arten auf. Für 17 Arten liegen Fortpflanzungsnachweise vor. 10 der 21 nachgewiesener Fledermausarten stehen auf der Roten Liste der Schweiz. Der Kenntnisstand über das (jahres)zeitliche und räumliche Auftreten der Arten, insbesondere die Jagdgebiete und Flugverhalten, bleibt lückenhaft, v.a. auch im Bereich der Wälder. Es werden ständige «neue» Ergebnisse bekannt, die v.a. belegen, dass der aktuelle Kenntnisstand sehr lückenhaft bleibt. Daten zur Beurteilung der Gefährdungsentwicklung werden seit Mitte der 1990er Jahre für 7 der 30 Arten in der Schweiz gesammelt (vgl. S. 15) und zeigen nach anfänglichen Tiefstständen eine leichte Trendumkehr (vgl. S. 16). Hauptgrund für die fehlenden Bestandsreihen sind bis in die 2000er Jahre fehlende methodische Möglichkeiten zur Registrierung und Artbestimmung und bis vor kurzem unvollständige Datenspeicherung (nur Quartierstandorte). Analogieschlüsse aus Quervergleichen mit anderen Standorten in der Schweiz (Jura, Alpen, Offenland) sind nicht möglich, weil Untersuchungen zu WEAs in Wäldern ausnahmslos im Ausland durchgeführt wurden und somit Gebiete betreffen mit anderer Artenzusammensetzung und Phänologie.

### b) Jahreszeitliche Aktivität

Fledermäuse sind im Luftraum aktiv zwischen Ende Februar bis Ende November (Abb. 1). Während den übrigen «Wintermonaten» sind sie im Aussenraum inaktiv. Sie überdauern diese Monate im Winterschlaf zumeist an kühlen, aber frostfreien Plätzen. Die genauen Winteraufenthaltsplätze sind bis heute nur unvollständig geklärt. Aus Einzelfunden und durch Analogieschluss wird angenommen, dass die Tiere den Winter in nicht einsehbare Ritzen und Spalten in Felsen, Höhlen, Tunnels, unter Brücken, etc. verbringen, einige Arten aber auch in Baumhöhlen und hinter abgerissener Baumrinde (Tab. 2). Im Winterhalbjahr beobachtet man Fledermäuse selten. Neuere Beobachtungen zeigen allerdings, dass Fledermäuse wohl auch im Winter regelmässig «aufwachen» und kurz aktiv sind, evtl. auch vermehrt aufgrund milder Wintertemperaturen. In Mittelmeerlandern sind Fledermäuse ganzjährig aktiv.

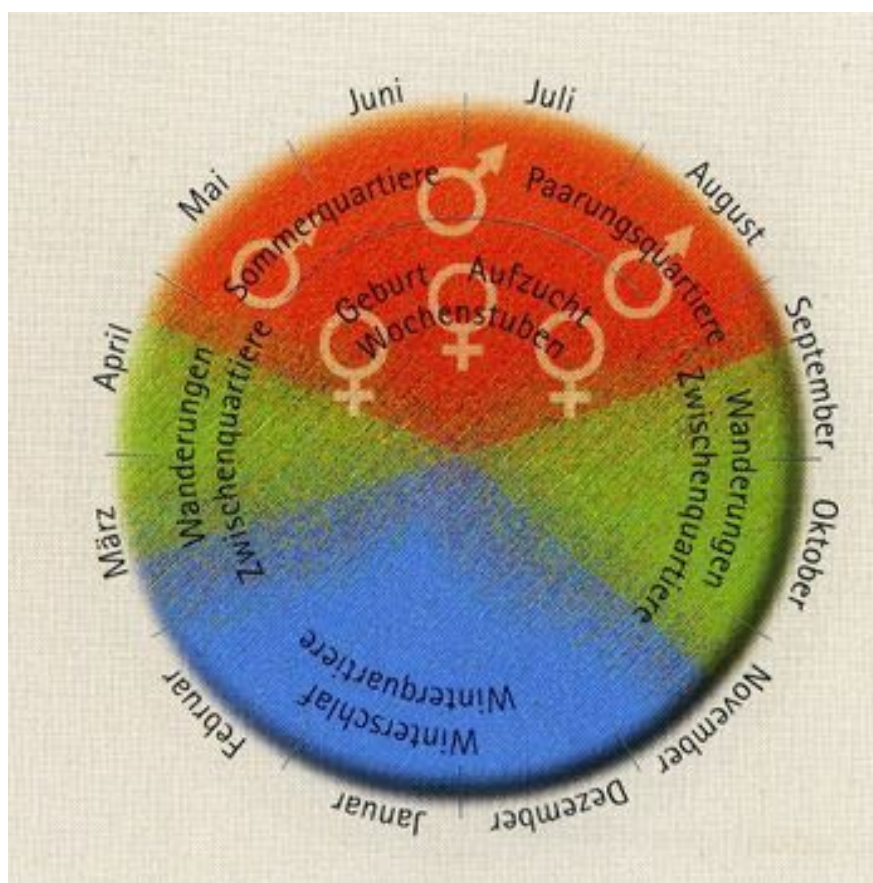


Abb. 1: Das Fledermausjahr, dargestellt für die Situation in Bayern (© <https://www.fledermaus-bayern.de/im-jahresverlauf.html>). Je nach Witterungsverlauf und für andere Regionen in Mitteleuropa (z.B. Tessin, Wallis) ergeben sich Abweichungen.

Erhöhte Bewegungszahlen beginnen im Juni/Juli mit dem «Ausfliegen» der Jungtiere. Es folgt eine zweite Spitze im Spätsommer, in der Phase, in der die meisten Arten von

ihren Wochenstubenquartieren zu Schwärm- bzw. Paarungsplätzen wechseln. In den meisten Fällen beträgt die Transferstrecke von den Wochenstuben bzw. Einzelverstecken der Männchen hin zu den Paarungs- und Balzquartieren wenige Kilometer. Im Detail ist diese Zwischenmigration aber nicht erforscht. Im Verlaufe des Oktobers kommt es zu einer weiteren Verschiebung von den Paarungs- und Balzquartieren zu den Winterquartieren.

Von August–Oktober treffen bei uns ferner Grosse Abendsegler, Kleine Abendsegler und Rauhautfledermäuse ein, die aus einigen hundert bis tausend Kilometer nördlich liegenden Gebieten stammen (Lehnert 2014, Meschede et al. 2016). Solche Zugaktivitäten über grössere Strecken – analog dem Kurzstreckenzug vieler Vogelarten – werden aufgrund indirekter Hinweise für weitere Fledermausarten vermutet, etwa der Mücken- oder Zweifarbfledermaus (Graf et al. 2019). So tauchen diese Arten in der Schweiz im Herbst überraschend in einer Häufigkeit an Quartieren auf, die grossräumigere Verschiebungen (Fledermauszug) auch bei diesen Arten nahelegen.

Von den übrigen Arten ist kein Zugverhalten bekannt.

### **Gutachterfrage:**

Mit welchen migrierenden Fledermausarten kann in den Kantonen Schaffhausen, Zürich und Thurgau gerechnet werden? Wann treten diese Arten hier auf? Wie stark gefährdet sind diese Arten? Wie ist der Trend der Gefährdungsentwicklung?

### **Antwort:**

Vier der 21 in den Kantonen SH, TG und ZH nachgewiesenen Fledermausarten sind typische Langstreckenzieher, nämlich Zweifarbfledermaus, Rauhautfledermaus, Kleiner und Grosser Abendsegler. Die Zweifarbfledermaus steht auf der Roten Liste der Schweiz («gefährdet»), beide Abendsegler-Arten sind eingestuft als «potenziell gefährdet». Migration im engeren Sinn findet bei diesen «Zugfledermäusen» statt zwischen Mitte April und Anfang Juni («Heimzug») sowie Juli–November («Wegzug»). Aus den nördlichen Herkunftsgebieten werden Bestandsrückgänge der beiden Abendsegler-Arten und der Rauhautfledermaus aus Deutschland vermeldet (vgl. Kap. 5.1.2). Dies stützt eine Höherstufung ihres Gefährdungsgrads.

### *c) Häufigkeit*

Vergleichend betrachtet kann man die Arten im Untersuchungsgebiet – vorbehaltlich der Erfassungslücken – in drei Häufigkeitsklassen einteilen (Tab. 2):

- 5 verbreitete Arten,
- 7 wenig verbreitete Arten und
- 7 spärlich verbreitete Arten.

Tab. 2: Überblick zu den 21 Fledermausarten in den Kantonen SH, TG und Zürich, ihre Verbreitung nach (Graf et al. 2021) und deren Abhängigkeit vom Wald (übernommen aus Hurst, et al., 2016). Nutzung von Baumquartieren durch Wochenstuben (WoStu), Paarungsgruppen und als Überwinterungsgebiet, sowie Nutzung als Jagdhabitat (+++fast ausschließlich, ++regelmäßig, +gelegentlich, – unbedeutend, ? unbekannt/Forschungsbedarf) und Jagdverhalten (Wi Waldesinnere, vn vegetationsnah, Wk Waldkanten (innere und äussere), üW über Wald, Bj Bodenjagd) und daraus abgeleitete Gefährdungsprognosen bezüglich Lebensraumverlusten und Kollisionen beim Bau von WEA im Wald (+++sehr hoch, ++hoch, +mäßig, – unwahrscheinlich). Detailliertere Infos können den Artsteckbriefen auf der Website [www.frinat.de](http://www.frinat.de) entnommen werden. \*

	Fledermausart (Verbreitung in SH, TG, ZH) <b>fett:</b> RL-Art CH. In Klammern Gefährdungsgrad	Nutzung von Baumquartieren			Nutzung von Wald als Jagdhabitat		Gefährdung durch Bau von WEA im Wald	
		WoSt u	Paar ung †	Wint er†		Jagdverhalt en	Lebens- raum	Kolli- sion
	verbreitete Arten (>75 Gitterfelder)  ziemlich verbreitet (25–74)  spärlich verbreitet (<25)							
1	Bartfledermaus (LC)	+	+	–	++	Wi, Wk	+	–*
2	<b>Brandtfledermaus</b> (VU)	++	+	–	++	Wi, Wk	++	–*
3	Fransenfledermaus (NT)	++	+	+	++	Wi, vn	++	–*
4	Kryptische Fledermaus (-)	–	–	–	–	–	–	–
5	<b>Bechsteinfledermaus</b> (VU)	+++	?	?	+++	Wi, vn, Bj	+++	–*
6	<b>Grosses Mausohr</b> (VU)	–	+	+	+++	Wi, Bj	+	–*
7	<b>Kleines Mausohr</b> (CR)	–	–	–	–	–	–	–
8	Wasserfledermaus (NT)	+++	+	+	+	Wi	++	–*
9	Zwergfledermaus (LC)	+	++	+	++	Wi, Wk, üW	+	+++
10	Rauhautfledermaus (LC)	++	+++	+++	+	Wk, Wi, üW	++	+++
11	Weißbrandfledermaus (LC)	–	–	–	+	üW, Wk	–	++
12	Mückenfledermaus (NT)	++	++	++	++	Wi, Wk	++	++
13	Alpenfledermaus (NT)	–	–	–	–	üW	–	++
14	Kleiner Abendsegler (NT)	+++	+++	+++	+	üW, Wk	+++	+++
15	Grosser Abendsegler (NT)	+++	+++	+++	+	üW	+++	+++
16	<b>Nordfledermaus</b> (VU)	+	?	?	++	Wk, üW	–	+++
17	<b>Breitflügel</b> fledermaus (VU)	–	?	–	+	Wk, Wi	–	++
18	<b>Zweifarb</b> fledermaus (VU)	–	?	–	–	üW	–	++
19	<b>Mops</b> fledermaus (EN)	+++	++	+	+++	Wi, Wk	+++	–*
20	<b>Braunes Langohr</b> (VU)	++	+	+	++	Wi, vn	+++	–*
21	<b>Graues Langohr</b> (CR)	–	–	–	+	Wi, vn	–	–*

- Die Einteilung des Kollisionsrisikos bezieht sich auf die üblichen Anlagen mit Abstand von mehr als 50 m von der Waldoberkante. Bei Anlagen, deren Rotor näher an die Waldoberkante heranreicht, sind Kollisionen auch für die sonst ungefährdeten Arten möglich. Insbesondere ist dann auch das Barotrauma zu berücksichtigen, bei dem die Tiere nicht durch die Kollision erschlagen werden. Der Druckabfall beim Durchgang der Rotoren zerreisst ihnen die Innereien, sie sterben an Blutungen.

† Angaben in dieser Spalte beziehen sich auf Untersuchungen aus Deutschland bzw. deutschen Wäldern. Ihre Gültigkeit für die Situation in der Schweiz bleibt zu prüfen.

Angaben zur Populationsdichte von Fledermäusen im Wald gibt es nach meinem Recherchestand aus der Schweiz keine. Aufgrund der wiederholten Standortwechsel müsste zudem die Jahreszeit berücksichtigt werden. Eine Übertragbarkeit der Verhältnisse aus offener oder halboffener Landschaft ist unmöglich, zumal auch aus diesen Landschaften Populationsdichten, wie sie z.B. für Brutvögel bekannt sind, für Fledermäuse fehlen.

#### *d) Räumlich bevorzugte Landschaftsteile als Quartier- bzw. Jagdgebiete*

Flug-Leitlinien unserer Fledermäuse sind im Allgemeinen an Strukturen gebunden (Wasserläufe, Waldränder, Gehölze, etc., Meschede et al. 2016) Die Fledermausbestände konzentrieren sich während der Aktivitätsphase März–November in Wäldern, Baumgruppen, Parks, Obstgärten, extensiven reich strukturierten Landwirtschaftsgebieten oder bestockten bzw. natürlichen Gewässerrändern (Walsh et al. 1996). Die Unterschiede in der Fledermausaktivität variierten um den Faktor 4 und mehr zwischen den Landschaftstypen. Einige Arten bewohnen auch Quartiere im Siedlungsraum. Offene, strukturfreie Landschaften werden meist gemieden. Grund für die Bevorzugung baumbestandener Gebiete dürfte die beschränkte Reichweite der Echoortung von je nach Art und atmosphärischen Bedingungen weniger als 10 m sein sowie das Vorkommen von Beutetieren (Insekten) (Stilz et al. 2012). Obwohl ziehende Fledermäuse Geländestrukturen wie z.B. Talhänge, Flussläufe, Küstenlinien zur Zugzeit nutzen, konnte eine Bevorzugung von gewissen Reliefstrukturen bisher nicht nachgewiesen werden (Meschede et al. 2016).

Es gibt bodennah jagende Arten, Arten, die hauptsächlich entlang von Strukturen jagen und einige wenige Arten, die den offenen Luftraum bevorzugen. Nahrungsanalysen haben gezeigt, dass die einheimischen Fledermäuse sich zur Hauptsache von Nachtfaltern, Käfern und Mücken ernähren, die vor allem in Baum- oder Wassernähe in hinreichend hoher Dichte vorkommen. Um diese erfolgreich zu bejagen, fliegen einige Fledermausarten wie etwa die Bechsteinfledermaus wenige Zentimeter bis ganz an Blätter heran.

Die Kombination zwischen hoher Nahrungsverfügbarkeit und Sommerquartieren in Wäldern und am Waldrand sind Grund dafür, dass dort i.d.R. mehr Fledermäuse leben als im Offenland. Für verschiedene Aktivitäten im Jahresablauf (Quartiere zur Jungenaufzucht, Paarungsquartiere sog. Schwärmquartiere, Tagesquartiere auf dem Zug, etc.) besteht aber auch eine Abhängigkeit von Strukturen im Wald, woraus sich ein hohe Ortsgebundenheit ergibt (vgl. Tab. 2).

Auf Transferflügen von Quartieren zu Jagdgebieten können Fledermäuse offene Landschaftsteile oder Gewässer überfliegen, bei den Migrationsflügen im Spätsommer sogar die Alpen.

**Gutachterfrage:**

Ist die Fledermausaktivität (Anzahl Durchflüge pro Luftquerschnitt) in oder über Wäldern grösser als über der offenen Landschaft? Wie gross ist der Unterschied? (Hinweis: Dazu gibt es wohl keine Untersuchungen.)

**Antwort:**

Generell ja, insbesondere entlang von Waldrändern, inneren Waldrändern und namentlich in halboffenen oder lichten Wäldern. Grund dafür ist die hohe Nahrungsverfügbarkeit in solchen Waldtypen und eine Ortsgebundenheit aufgrund benötigter Strukturen im Wald (Höhlen, Rindenspalten, etc.). Quantifizierte Vergleiche über verschiedene Landschaftstypen gibt es nur aus England (Walsh et al. 1996); sie zeigten Unterschiede um den Faktor 4 der Fledermausaktivität zwischen baumbestanden und offenen Landschaften.

*e) Erhaltungszustand und Gefährdung*

Den Erhaltungszustand von lokalen Fledermausbeständen einzustufen ist aus verschiedenen Gründen schwierig, namentlich auch in der Schweiz:

- (1) Die Kenntnisse über die Ausgangsbestände sind für die meisten Arten unbekannt, insbesondere bei baumbewohnenden Arten. Nationale Monitorings durch die Koordinationsstelle für Fledermausschutz KOF laufen derzeit nur für
  - die drei Langohr-Arten (Koordinationsstelle für Fledermausschutz KOF 2019a)
  - für Grosses und Kleines Mausohr (Koordinationsstelle für Fledermausschutz KOF 2019b)
  - für die Grosse und Kleine Hufeisennase (Koordinationsstelle für Fledermausschutz 2019c).
- (2) Die Populationsdynamik (Nachwuchsleistung, Altersaufbau, etc.) ist bei verschiedenen Arten kaum erforscht. Aufgrund der Nachwuchsleistung von nur 1, selten 2 Jungen pro Weibchen und Jahr, haben alle heimischen Fledermausarten eine k-strategische Reproduktionsweise, d.h. sie haben eine hohe Lebenserwartung bei geringer jährlicher Nachwuchsleistung. Populationen mit einem solchen, langsamen Generationenwechsel sind grundsätzlich verletzlich. Eine gering höhere Sterblichkeit und/oder leicht reduzierte Nachwuchsleistung kann zum Erlöschen von Populationen führen.
- (3) Die Wissenslücken bezüglich Populationsgrössen, Aufenthaltsorten, Migration, Artzugehörigkeit im Feld usw. machen es schwierig, belastbare Aussagen zur relativen Bedeutung wichtiger Lebensgrundlagen generell für «Fledermäuse» zu machen. Es scheint allerdings klar, dass die Populationsgrössen selbst bei häufig auftretenden kleinen Arten wie der Zwergfledermaus gering sind. Kleinsäuger oder

Vögel mit vergleichbarer Körpergrösse erreichen deutlich höhere Dichten, leben aber oftmals hauptsächlich von Vegetabilien und nicht ausschliesslich von Insekten wie die Fledermäuse.

- (4) Über die Resilienz der Populationen, d.h. ihre «Fähigkeit» Bestandsrückschläge wieder wettzumachen, ist nichts bekannt. Das Verschwinden der Mopsfledermaus, der Grossen und Kleinen Hufeisennase und des Grossen Mausohrs aus weiten Teilen ihres Verbreitungsgebiets im Laufe der Sechziger und Siebzigerjahre wird oftmals in Zusammenhang gestellt mit der Verwendung von gefährlichen Insektiziden. Seit etwa dem Jahr 2000 ist eine langsame Erholung der Bestände zu beobachten (Graf et al. 2021). Diese Erholung dauert demnach Jahrzehnte und scheint noch langsamer zu verlaufen als bei Vögeln, die aus dem gleichen Grund einen Bestandseinbruch zeigten, etwa beim Wanderfalken (Kéry et al. 2018).
- (5) Eine häufig angewendete Faustregel, wonach grosse Tiere in der Regel stärker gefährdet sind als kleine, trifft innerhalb der Fledermäuse Europas nicht zu (Safi 2004). Der Kenntnisstand zu den verschiedenen Arten ist allerdings unterschiedlich, was insbesondere an artspezifischen Nachweisunterschieden liegt.

Die aktuelle Rote Liste der Schweiz (Bohnenstengel et al. 2014) widerspiegelt eine Einschätzung des Erhaltungszustands unserer Fledermäuse. 10 der 21 in der NE-Schweiz vorkommenden Arten sind gelistet (Tab. 1), nämlich

- Kleines Mausohr und Graues Langohr, in der höchsten Gefährdungsstufe («critically endangered»)
- Mopsfledermaus, als «endangered»
- Sieben weitere Arten als «verletzlich», nämlich Brandt- und Bechsteinfledermaus, Grosses Mausohr, Nord- und Breitflügel fledermaus, Zweifarbfledermaus und Braunes Langohr.

Als Nicht-Rote-Liste Arten sind 6 als «potenziell gefährdet, Kat. NT» bzw. sind nur 4 als «nicht gefährdet, Kat. LC» aufgeführt, eine Art wurde noch nicht beurteilt (Kryptische Fledermaus).

- NT: Fransen-, Wasser-, Mücken- und Alpenfledermaus, sowie Grosser und Kleiner Abendsegler
- LC: Bart-, Zwerg-, Rauhaut- und Weissrandfledermaus

Auf der Liste der national prioritären Arten stehen 19 der 30 Fledermausarten der Schweiz, bzw. 13 der 21 in den Kantonen SH, TG und ZH lebenden Arten (Tab. 3).



Tab. 3: Liste der Fledermausarten mit Nationaler Prioritätskategorie (BAFU 2019). Nummern gemäss Tab. 1, nicht nummerierte Arten kommen in den Kantonen SH, TG und ZH derzeit nicht vor.

Nr	Art	Art wissenschaftlich	Nationale Prioritätskategorie	Rote Liste CH	Internationale Verantw. Schweiz
2	Brandtfledermaus	Myotis brandtii	1 sehr hoch	VU	1 geringe Verantw.
3	Fransenfledermaus	Myotis nattereri	1 sehr hoch	NT	1 geringe Verantw.
5	Bechsteinfledermaus	Myotis bechsteinii	4 mässig	VU	1 geringe Verantw.
6	Grosses Mausohr	Myotis myotis	1 sehr hoch	VU	1 geringe Verantw.
7	Kleines Mausohr	Myotis blythii	1 sehr hoch	CR	1 geringe Verantw.
14	Kleiner Abendsegler	Nyctalus leisleri	4 mässig	NT	2 mittlere Verantw.
15	Grosser Abendsegler	Nyctalus noctula	4 mässig	NT	2 mittlere Verantw.
16	Nordfledermaus	Eptesicus nilssonii	1 sehr hoch	VU	2 mittlere Verantw.
17	Breitflügelfledermaus	Eptesicus serotinus	1 sehr hoch	VU	1 geringe Verantw.
18	Zweifarbflödermaus	Vespertilio murinus	1 sehr hoch	VU	2 mittlere Verantw.
19	Mopsfledermaus	Barbastella barbastellus	3 mittel	EN	1 geringe Verantw.
20	Braunes Langohr	Plecotus auritus	1 sehr hoch	VU	1 geringe Verantw.
21	Graues Langohr	Plecotus austriacus	1 sehr hoch	CR	1 geringe Verantw.
	Grosse Hufeisennase	Rhinolophus ferrumequinum	1 sehr hoch	CR	1 geringe Verantw.
	Kleine Hufeisennase	Rhinolophus hipposideros	1 sehr hoch	EN	1 geringe Verantw.
	Langflügelfledermaus	Miniopterus schreibersii	3 mittel	EN	1 geringe Verantw.
	Wimperfledermaus	Myotis emarginatus	1 sehr hoch	EN	1 geringe Verantw.
	Alpenlangohr	Plecotus macrobullaris	1 sehr hoch	EN	2 mittlere Verantw.
	Nymphenfledermaus	Myotis alcathoe	4 mässig	VU(e)	1 geringe Verantw.

### Gutachterfrage:

Können Aussagen zur Entwicklung von Populationen gemacht werden, wenn die Ausgangspopulationen nicht bekannt sind?

### Antwort:

Nein. In den Kantonen SH, TG, ZH werden die Ausgangsbestände der 21 vorkommenden Fledermausarten nur für 4 Arten (Gr. und Kl. Mausohr, Braunes und Graues Langohr) im Rahmen des nationalen Monitorings Fledermäuse erhoben. Dieses Programm läuft seit Mitte der 1990er Jahre.

#### 5.1.2 Migrierende Fledermausarten, Muster ihres Auftretens und Gefährdung

Von den 21 in der NE-Schweiz nachgewiesenen Fledermausarten sind 4 Langstreckenzieher, 9 Regionalzieher, 5 als ganzjährig Ortstreue und drei nicht einzuordnen. Diese Zuordnung nach Zugstrategien geht aus einer Analyse aller gesammelten Ringfunde in Europa hervor (Hutterer 2005). Eine andere Klassierung der Ringfundzentrale

Dresden erkennt nur für die Zweifarb- und die Mopsfledermaus einen anderen Zugverhaltens-Typ (Steffen 2007) (Tab. 4).

Tab. 4: Wanderverhalten der 21 Fledermäuse der NE-Schweiz entsprechend den Klassierungen von (Hutterer 2005 bzw. Steffen 2007). Die Definitionen beider Autorenteams sind vergleichbar, hier jene aus (Hutterer 2005): **fett**: Rote Liste CH-Art

- Langstreckenzieher: saisonaler Hin- und Rückflug zwischen Sommer- und Winterquartier, meistens über mehr als 1'000 km pro Wegstrecke.
- Regionalzieher («vagrant species»): saisonaler Hin- und Rückflug zwischen Sommer- und Winterquartier, pro Wegstrecke kürzer als wenige 100 km.
- Standfledermäuse: Verschiebungen zwischen Wechselquartieren innerhalb und zwischen den Saisons, in der Regel über weniger als 10 km Strecke.

	Art	Hutterer (2005)	Steffen (2007)
1	Bartfledermaus	Regionalzieher	Regionalzieher
2	<b>Brandtfledermaus</b>	Regionalzieher	Regionalzieher
3	Fransenfledermaus	Standfledermaus	Nicht klassiert
4	Kryptische Fledermaus	Nicht klassiert	Nicht klassiert
5	<b>Bechsteinfledermaus</b>	Standfledermaus	Standfledermaus
6	<b>Grosses Mausohr</b>	Regionalzieher	Regionalzieher
7	<b>Kleines Mausohr</b>	Regionalzieher	Nicht klassiert
8	Wasserfledermaus	Regionalzieher	Regionalzieher
9	Zwergfledermaus	Regionalzieher	Regionalzieher
10	Rauhautfledermaus	Langstreckenzieher	Langstreckenzieher
11	Weißbrandfledermaus	Standfledermaus	Nicht klassierte
12	Mückenfledermaus	Nicht klassifiziert	Nicht klassiert
13	Alpenfledermaus	Nicht klassifiziert	Nicht klassiert
14	Kleiner Abendsegler	Langstreckenzieher	Langstreckenzieher
15	Grosser Abendsegler	Langstreckenzieher	Langstreckenzieher
16	<b>Nordfledermaus</b>	Regionalzieher	Regionalzieher
17	<b>Breitflügel fledermaus</b>	Regionalzieher	Regionalzieher
18	<b>Zweifarb fledermaus</b>	Langstreckenzieher	Regionalzieher
19	<b>Mopsfledermaus</b>	Regionalzieher	Standfledermaus
20	<b>Braunes Langohr</b>	Standfledermaus	Standfledermaus
21	<b>Graues Langohr</b>	Standfledermaus	Standfledermaus

Neuere Studien anhand von Geodaten-Loggern haben den Status des Grossen Abendseglers als Zugfledermaus in der Schweiz bestätigt (Meschede et al. 2016). Die telemetrierten Tiere legten zu Beginn des Heimzugs im Frühling mit Fluggeschwindigkeiten von bis zu 50 km/h innert 3 Stunden 50 km Luftdistanz zurück. Die Flugwege sind somit nicht geradlinig oder durchsetzt mit Flugpausen.

Haupt-Zugszeiten sind die Monate September–Oktober (Wegzug) und April (Heimzug) (vgl. unten). Insbesondere zwischen August und Oktober kann es zur «Durchmischung» von verschiedenen Individuen kommen, z.B. Zugtiere aus dem Norden mit ortsfesten Tieren.

Diese groben Klassierungen müssen in Zusammenhang mit diversen anderen Bewegungen gesehen werden, die für vorbeifliegende Tiere während der Zugzeit ebenso zutreffen könnten:

- (1) Fledermaus auf Migrationsflug, d.h. auf saisonaler Zweiweg-Wanderung über grosse Distanzen zur Vermeidung ungünstiger Lebensbedingungen (Dingle 2007)
- (2) Dispersion oder Dismigration, d.h. Verschiebung zum ersten oder einem neuen Fortpflanzungsort
- (3) Transferflug von einem Sommerquartier zu einem Winter-Höhlenquartier über Distanzen von bis zu über 100 km
- (4) Einstandswechsel, d.h. Flug zu (fast) täglich wechselnden Tagesquartieren (z.B. Bechsteinfledermaus (Fuhrmann 2002)
- (5) Flüge zu Schwärmquartieren (Paarungsplätze).
- (6) Flüge zu Jagdgebieten (teilweise bis zu 20km)

Zusätzlich zu den verschiedenen Ortswechseln ist es der Zug über längere Strecken (1), der bei Planungen von WEA-Standorten ergänzende Abklärungen erfordert, weil es die 4 Langstreckenzieher-Arten betreffen kann. Insbesondere kumulierte Wirkungen, z.B. in Alpentälern, müssen unbedingt berücksichtigt werden, um die Gefährdung beurteilen zu können.

Die Zweifarbfledermaus steht auf der Roten Liste CH, die anderen drei Langstreckenzieher (Rauhautfledermaus, Kleiner und Grosser Abendsegler) nicht. Europa-weit nimmt der Grosse Abendsegler derzeit im Bestand ab ([fledermausschutz.de](http://fledermausschutz.de)). Es gibt aus Deutschland Hinweise, dass auch die Rauhautfledermaus im Bestand zurück geht (König et al. 2016).

Das zeitliche Fenster des «Fledermauszugs» kann auf die Spätsommer- und Herbstmonate zwischen Juli und November eingegrenzt werden. Über den «Heimzug» im Frühling ist wenig bekannt. Besondere Abendsegler im Unteren Aaretal verliessen ihre Quartiere für den «Heimzug» zwischen dem 24.4. und 9.6. (Meschede et al. 2016). In Thüringen lagen die Tage mit besonders hoher Zugaktivität bei Rauhautfledermäusen in der 1. Dekade, beim Grossen Abendsegler in der 2. Dekade des Monats April. Aus der einjährigen Untersuchungsdauer phänologische Gesetzmässigkeiten abzuleiten, halte ich für unzulässig. Es bleibt offen, ob es sich bei den ziehenden Fledermäusen um Individuen gewisser Geschlechts- oder Altersklassen, etwa Jungtiere, handelt.

**Box 2: Fledermauszug und Zugstrategien von Fledermäusen**

Zum zeitlichen und räumlichen Ablauf und der Ökologie des Fledermauszugs gibt es eine ältere Übersichtsauswertung von Langstreckenflügen aus Mittel- und Westeuropa sowie jüngere Studien über die Zugwege der Fledermäuse aus Finnland und dem Baltikum (Alcade et al. 2020, Gaultier et al. 2020). Erstere Übersichtsauswertung basiert auf 7366 Fundmeldungen bei insgesamt 1 Mio. beringter Fledermäuse aller Arten über eine Zeitspanne von 73 Jahren (Hutterer 2005). Im Vergleich zu Vögeln, ist das ein Bruchteil an auswertbaren Daten. Kleinräumigere Studien des Fledermauszuges zu ein paar ausgewählten Arten aktualisieren und präzisieren diese Befunde (Meschede et al. 2016). Diese Studien kommen zum vorläufigen Schluss, dass

- (1) Fernwanderungen von Fledermäusen wohl häufiger sind als bisher angenommen. Sie betreffen möglicherweise auch weitere Arten als die aus Beringungsergebnissen nachgewiesenen Arten (Tab. 4). Fernfunde von Fledermäusen liessen sich bis heute nur für jene Arten nachweisen bzw. praktisch ausschliessen, von denen Hunderte Exemplare in kopfstarken Kolonien mit Aluklammern am Flügel markiert werden konnten, wie das beim Grossen Mausohr oder Grossen Abendsegler möglich ist. V.a. solche Massenmarkierungen erbrachten schliesslich einige Rückmeldungen aus mehreren hundert Kilometer entfernten Orten (Haensel et al. 2004). Inzwischen publizierte weitere Studien belegen weitere Arten mit Langstreckenflügen.
- (2) der Langstreckenzug nach vorläufigen Erkenntnissen als «Breitfrontenzug» durch Europa stattfindet. «flyways» analog den Zugkorridoren bei gewissen Zugvogelarten sind nach derzeitigem Kenntnisstand bei Fledermäusen nicht bekannt (Hutterer 2005), allerdings scheinen z.B. Grosse Abendsegler auf dem Heimzug entlang von Flussläufen zu fliegen (Meschede et al. 2016). Die Ausnutzung von topografie-abhängigen Winden und grossen Flughöhen wurde inzwischen für die Bulldogfledermaus nachgewiesen (O'Mara et al. 2021).
- (3) Die Hauptzugrichtung von Langstreckenzug geht im Herbst von NE nach SW. Der Regionalzug kennt keine Hauptrichtung, stattdessen führt er sternförmig zu Winterquartieren hin und von diesen weg.
- (4) Über Ablenkungen, Bündelungen oder Umgehungsobjekte der Zugbewegungen durch topografische Hindernisse (Bergketten, Wasserflächen), Leitlinien (Flüsse, Küstenlinien, etc.), Hindernisse (grosse Wasserflächen, Städte, o.ä.) oder lokale Windverhältnisse lässt sich bisher keine Gesetzmässigkeit ableiten. Eine Untersuchung in Thüringen legt nahe, dass der Grosse Abendsegler Flusstälern entlang fliegt (Meschede et al. 2016).
- (5) Sowohl im Frühling und im Herbst scheint sich der «Fledermauszug» auf bestimmte «Spitzenzugstage» zu konzentrieren (Meschede et al. 2016).

Aus den umfangreichen Studien des Vogelzugs mit Zielverfolgungsradar lässt sich nichts zu Fledermäusen ableiten, weil Flugobjekte näher als 40 m vom Radar nicht erfasst wurden und Signale von höher fliegenden Fledermäusen aufgrund ihrer abweichenden Schlagmuster eliminiert wurden (Bruderer briefl). Es zeichnen sich inzwischen neue, kleinere und viel günstigere technische Möglichkeiten ab (Kleinradars 2023).

**Box 3: Beringung von Fledermäusen birgt Probleme**

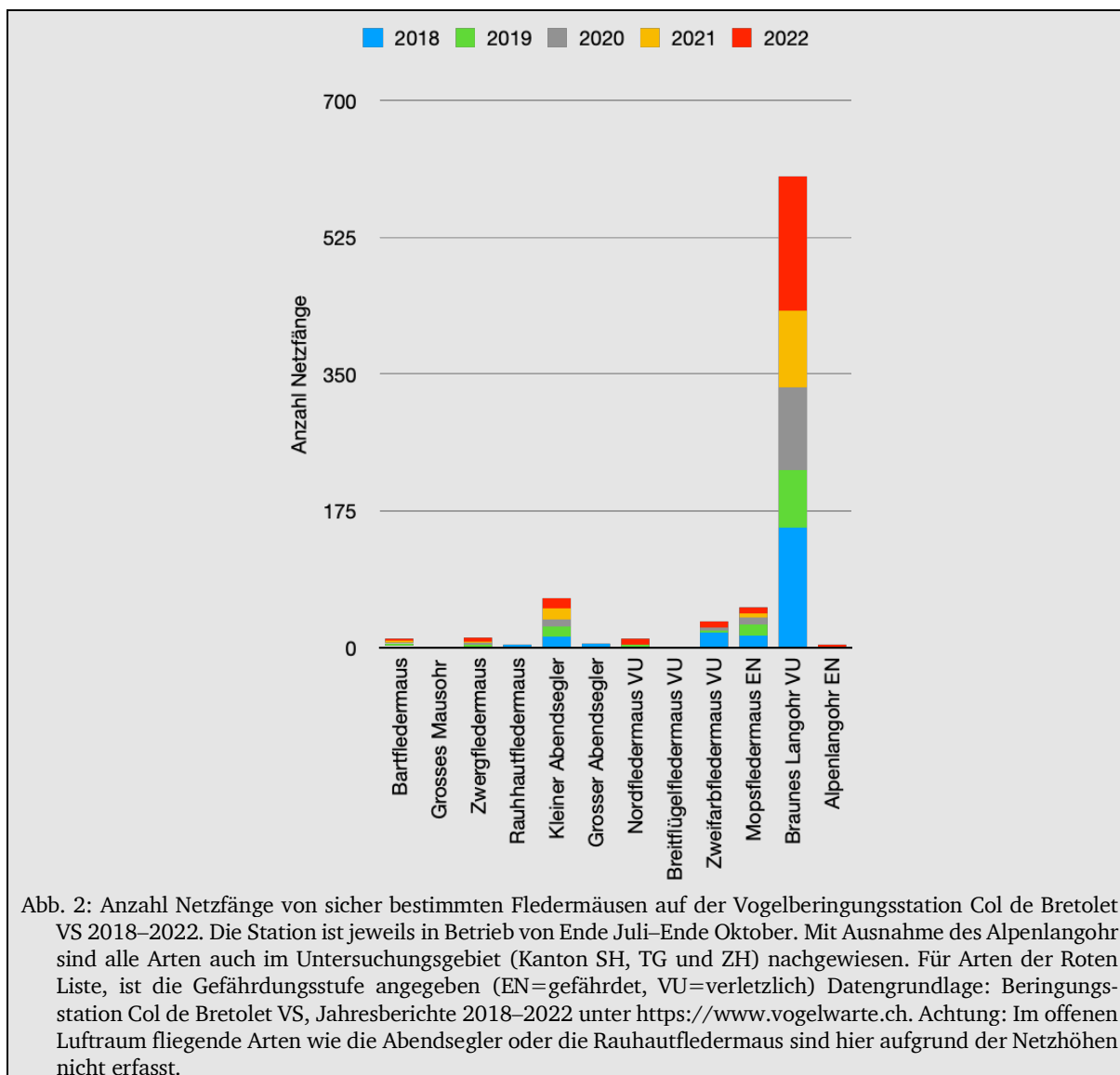
Die Beringung von Fledermäusen ist eine althergebrachte Praxis (Steffen 2007). Im Unterschied zu den Vögeln werden die Alu-Ringe nicht an den Füßen, sondern am Arm angebracht. Für eine lebenslange Verfolgung und den damit verbundenen Kenntniserwerb (Standorttreue, Reproduktion, Phänologie, etc.) stellt sie weiterhin die bestmögliche Methode dar. Allerdings ist bekannt, dass die Markierung zu gravierenden Verletzungen der Flughaut führen kann. Gewisse Naturschutzorganisation lehnen die Beringung von Fledermäusen deshalb ab.

Verschiedene alternative Methoden (Transponder, Telemetrie, Geo-Locatoren u.a.) kommen heute als Alternativen zum Einsatz sind aber oft nicht darauf ausgerichtet, einzelne Individuen über längere Zeit verfolgen zu können.

**Box 4: Fledermausfänge auf Zugvogelstationen: Fledermauszug oder Nahrungssuchende?**

Eine andere Nachweismethode von Fledermauszug sind Fänge auf Zugvogel-Beringungsstationen wie dem Col de Bretolet (VS), wo Fledermäuse regelmässig in die Fangnetze gehen. In der Fangstatistik 2018–2022 des Col de Bretolet findet man 11 der 21 im Untersuchungsgebiet (SH, TG, ZH) vorkommenden Arten. Die Hälfte der in der Fangstatistik ausgewiesenen «Zugfledermäuse» steht auf der Roten Liste, namentlich auch das zahlenmässig stark hervortretende Braune Langohr (Abb. 2). Inwieweit es sich bei den Netzfängen um «Zugfledermäuse» handeln, müsste untersucht werden. Nach jüngerer Aufzeichnung der Echoortungslauten in der Schweiz werden höhere Lagen auch zur Nahrungssuche bzw. ausserhalb der Zugzeit beflogen (Bader in Graf et al. 2021). Die Dominanz von Fänglingen der Art Braunes Langohr lässt vermuten, dass es sich bei diesen Fängen mehrheitlich um Tiere auf Nahrungsflügen handelt.

Die Fangstatistiken bilden nur Aktivitäten in Bodennähe bis maximal 8,5 m Höhe ab (Oberkannte der verwendeten Hochnetze (Hohl 2018)). Es kann angenommen werden, dass Fledermäuse während Migrationsflügen i.d.R. auch höher fliegen. Zudem beissen sich Fledermäuse in den meisten Fällen aus den Netzen frei, bevor sie behändigt werden können, was die zahlreichen «Frasslöcher» in stündlich kontrollierten Netzen belegen (Furler briefl.). Der Einfluss der Fangwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von Windverhältnissen und verwendeten Netzen legt nahe, dass die Fangstatistiken den tatsächlichen Fledermauszug deutlich unter- als überschätzen (Ferreira et al. 2021).



### f) Populationsgrössen

Eine breit abgestützte, landesweite Studie in England zeigt klar, dass Wälder im Vergleich zu anderen Landschaftstypen die höchsten Dichten von Glattnasen-Fledermäusen (Hinweis: alle in den Kantonen SH, ZH und TG vorkommenden Arten gehören zu den Glattnasen) aufweisen (Walsh et al. 1996). Im benachbarten Deutschland kommen Waldstandorten, insbesondere solchen mit grossen Höhlenangebot, das höchste Lebensraumpotenzial zu (Dietz et al. 2024). Laubwälder der Niederungen mit einem hinreichenden Angebot an Spechthöhlen, Astabbrüchen, Ausfaltungen, etc. hatten bei einer vergleichenden Untersuchung verschiedener Waldstandorte im Kanton Zug die höchsten Aktivitätsdichten (Deplazes et al. 2016). Die einzigen mir bekannten Populationsschätzungen im Wald betrifft eine Arbeit über Rauhaut-

fledermäuse in Mecklenburg-Vorpommern, diese schätzt aufgrund von Nistkasten- und Naturhöhlenbelegungen 7,7 Individuen/ha.

Belastbare Bestandszahlen für Fledermäuse im Wald existieren nicht. Solche beschränken sich auf Arten, die geklumpt in grossen Kolonien ihre Jungen hochziehen oder gemeinschaftlich in Höhlen überwintern. Dies trifft auch auf die Arten zu, die national überwacht werden, nämlich Langohren, Hufeisennasen und Mausohren. «Waldfledermäuse» leben verteilt in Einzel- oder Gruppenquartieren und wechseln ihre Quartiere ständig, auch Weibchen zur Zeit der Wochenstuben. Eine kombinierte Anwendung von Netzfängen mit anschliessender Radiotelemetrie und Quartiersuche (allenfalls mit neueren Nachweismethoden wie Wärmebildkameras (Hurst et al. 2015) oder Artenspürhunde (VAS, 2023)) wären nötig, um Bestandsdichten zu schätzen.

Relative Bestandsdichten würden genügen, um *Änderungen* der Populationsdichte zu erkennen. Dazu sind vorab Hangplatzzählungen oder Ausflugszählungen an (Massen)Quartieren eingesetzt worden. Indirekte Nachweise (z.B. Kothaufen in Tagesquartieren, Knochenreste in Speiballen von Eulen u.ä.) ergeben im besten Fall grobe Schätzungen. Auch langfristige Fang-Markierung-Wiederfang an Fledermauskästen oder Höhlenquartieren könnten Bestandsänderungen von Fledermäusen im Wald abbilden (Law et al. 2021).

«Faute de mieux» kann zu den Populationsgrössen aus Analogieschlüssen abgeleitet werden, dass diese in Schweizer Wäldern der Niederungen generell vergleichsweise hoch ist. Dies belegen u.a. die Aktivitätsmessungen in verschiedenen Wäldern im Kanton Zug.

### **Gutachterfrage:**

Was weiss man über die Populationsdichte pro Hektare? Ist diese grösser in Wäldern als in den halboffenen Landschaften?

### **Antwort:**

Über die Populationsdichten von Fledermäusen in Schweizer Wäldern ist nichts bekannt. Es liegen einzig vergleichende Angaben relativer «Bestandsdichten» in Form von Durchflugszahlen vor (Deplazes et al. 2016). Eine Studie aus Deutschland hat bei einer ausgewählten Art, der Rauhautfledermaus, 7,7 Individuen/ha ermittelt. Die «Aktivitätsdichte» der Fledermäuse hängt gesamthaft v.a. von dem Angebot an Quartieren (Baumhöhlen, Ausfaltungen, etc.) und dem Aufbau des Waldes ab. Wälder dürften aufgrund einer Einzelstudie in England eine deutlich grössere Populationsdichte aufweisen als halboffene Landschaften.

### **5.1.3 Fledermausaktivität oberhalb der Kronenschicht von Wäldern im Vergleich zum Offenland**

Die Fledermausaktivität *oberhalb* der Kronenoberfläche von Wäldern war bei verschiedenen Untersuchungen in Mitteleuropa gesamthaft ähnlich hoch wie im Luftraum über Offenland. Zu diesem Ergebnis kommen zwei Übersichtsarbeiten akustischer Gondelmonitorings (Reichenbach et al. 2015, Rees et al. in Voigt 2020) und Aktivitätsmessungen (Meschede et al. 2016). Dies betrifft sowohl die Gesamtaktivität von Fledermäusen als auch Aktivitäten von sicher bestimmten Arten(-gruppen), nämlich Zwerg- und Rauhaufledermaus, sowie die bioakustisch bestimmte Gruppe der «Nyctaloiden» (Gattungen *Nyctalus*, *Eptesicus* und *Vespertilio*). **Die Messunterschiede an verschiedenen Standorten waren jedoch auf kleinstem Raum sehr gross, ebenso die Schwankungen zwischen verschiedenen Jahren an derselben Stelle, weshalb es für die Gefährdungsbeurteilung auf den Einzelfall und die genügend lange Dauer der Erhebungen ankommt. Die Autoren empfehlen deshalb, dass eine**

- Beurteilung der **Fledermausaktivität für jede einzelne Windturbine an ihrem Standort** und
- **eine Erfassung über mindestens 2, besser 3 Jahre vorzunehmen ist** (Reichenbach et al., 2015, Voigt 2020).

Bei den auf bewaldeten Hügeln und Kuppen geplanten WEA stellt sich die Frage, ob die Fledermausaktivität nicht generell (vielleicht auch unabhängig von der Bewaldung) erhöht ist. Dazu bestehen bislang keine systematischen Untersuchungen. Beim geplanten Windpark Grenchenberg etwa (auf der hügeligen Hochebene des Grenchenbergs) wurde eine sehr hohe Fledermausaktivität gemessen SWILD (2015), S. 2: 33'200 Durchflüge im Rotorbereich bei (den damals geplanten) 6 WEA. Dies ergibt 5'600 Durchflüge pro WEA und Jahr. Eine hohe Zahl.

Demgegenüber in Peuchapatte (JU): nur 3 – 4 Durchflüge pro WEA und Nacht; hochgerechnet auf das ganze Jahr wohl max. 1'000 pro WEA. Also nur 18 % von der Aktivität auf dem Grenchenberg (SWILD 2018). Auch dieser Vergleich zeigt: Nur mit einer Einzelfalluntersuchung kann die Gefahr eingeschätzt werden.

Bei diesen Untersuchungen bleibt überdies unberücksichtigt, dass indirekte Effekte von WEAs den multifunktionalen, artenreichen Lebensraum Wald für Fledermäuse grossräumig entwerten (vgl. S. 29ff und 53ff), was in strukturarmen Kulturlandflächen weniger der Fall sein dürfte.

#### **Gutachterfrage:**

Ist die Fledermausaktivität (Anzahl Durchflüge pro Luftquerschnitt) in oder über Wäldern grösser als über der offenen Landschaft? Wie gross ist der Unterschied?



**Antwort:**

Diese Frage ist nach heutigem Kenntnisstand nicht zu beantworten. Strukturgebundene Arten wie z.B. die Bechsteinfledermaus halten sich überwiegend innerhalb des Waldes und unterhalb des oberen Kronendachs auf. Es gibt hier riesige Unterschiede zwischen Standorten in wenigen Dutzend Meter Abstand, die nicht verstanden sind. Bei Arten des offenen Luftraums, wie etwa dem Grossen Abendsegler, gibt riesige Unterschiede der Fledermausaktivität unter vergleichbaren Bedingungen (Topografie, Habitat, Witterung, Jahreszeit, etc.).

**5.1.4 Feststellungsmöglichkeiten von Bestandsveränderungen**

Bestandsveränderungen einer Tierart zu bemessen, setzt voraus, dass ein späterer Bestand mit dem Bestand vorher verglichen werden kann. Minimal zwei Messungen sind zwingend. Da Tierbestände von Jahr-zu-Jahr grossen Schwankungen unterworfen sind, müssen ausreichende wiederholte Messungen (Replikate) erhoben werden, also z.B. die Bestandsgrösse während drei Jahren vor dem Eingriff und drei Jahren nachher. Falls Messungen der (Fledermaus)Aktivität stellvertretend für den Tierbestand hinzugezogen werden, muss die Gültigkeit des Bezugs belegt werden.

Unter besonderen Umständen lässt sich der Ausgangsbestand im Nachhinein abschätzen, etwa durch aufwändige Analysen des Altersaufbaus einer Population. Voraussetzung dafür ist eine exakte Altersbestimmung einer grossen Anzahl von Tieren. Beispiele dafür sind die Jahrringe an Steinbock-Hörnern, Zuwachsringe an Schuppen von Fischen oder Verkürzung der Teleomeren (Chromosomen-Enden). Eine solche Methode der Altersbestimmung existiert für Fledermäuse derzeit nicht. Falls sie dereinst verfügbar werden sollte, wäre sie mit einem riesigen Aufwand verbunden.

Aussagen zur Grundfitness eines Bestands könnten theoretisch aus der genetischen Varianz innerhalb der Individuen einer Population abgeleitet werden, falls taugliche Referenzzustände vitaler Populationen bekannt sind.

Bei der Frage, ob ein Eingriff – z.B. der Bau oder die Inbetriebnahme einer Windenergieanlage – für die Änderung eines Tierbestandes verantwortlich ist, sind zusätzlich Kontrollzählungen nötig, etwa vom identischen Standort *ohne/mit* Eingriff (Hofer 2016).

**Gutachterfrage:**

Können Aussagen zur Entwicklung von Populationen gemacht werden, wenn die Ausgangspopulationen nicht bekannt sind?

**Antwort:**

Nein.

### **5.1.5 Flughöhe von migrierenden und ansässigen Fledermäusen**

In einer Spezialuntersuchung verglichen Hurst et al. (2016) die Flugaktivität in 5, 50 und 100 m Höhe an 6 Windmessmasten in Waldlichtungen in Südwest-Deutschland. Im freien Luftraum über dem Kronendach wurde vor allem zwischen Juli und September in der ersten Nachthälfte hohe Aktivität von folgenden Arten(-gruppen) festgestellt: Nyctaloiden (Abendsegler) sowie Zwerg- und Rauhautfledermaus. Demgegenüber wurden «Waldfledermäuse» aus der Gattung der Langohren (*Plecotus*) und Mausohren (*Myotis*) nur in Ausnahmefällen *über* dem Kronendach festgestellt, wobei die akustische Nachweisschärfe nicht für alle Arten gleich hoch war.

Die Autoren weisen darauf hin, dass die Unterscheidung von migrierenden und lokal lebenden Fledermäusen aufgrund der Flughöhe oder Jahreszeit allein nicht möglich ist (vgl. unten Box 5). Die Zwergfledermaus flog zum Beispiel sowohl in Bodennähe als auch in Höhen bis 100 m in allen Monaten zwischen Juli und September. Kommen im Umfeld der Messungen Wochenstuben oder Paarungsquartiere vor, kann hohe Aktivität auch im Frühling und Frühsommer festgestellt werden.

Die Flughöhenverteilung ermittelt bei zwei Windparks 2011 in Ardon bzw. Fully (VS) im landwirtschaftlich genutzten Talgrund im Wallis ergab vergleichbare Resultate für die Zwergfledermaus im Frühling und Herbst, wobei das oberste Erfassungsgerät nicht höher als auf 65 m montiert war. Die vor Ort naturschützerisch besonders relevante Bulldoggfledermaus flog deutlich höher und ganzjährig (Wellig et al. 2018).

#### **Gutachterfrage:**

Bis auf welche Höhe (und mit welcher Häufigkeit) fliegen die in der Schweiz vorkommenden Fledermausarten:

- a. lokal lebende Fledermäuse?
- b. migrierende Fledermäuse?

#### **Antwort:**

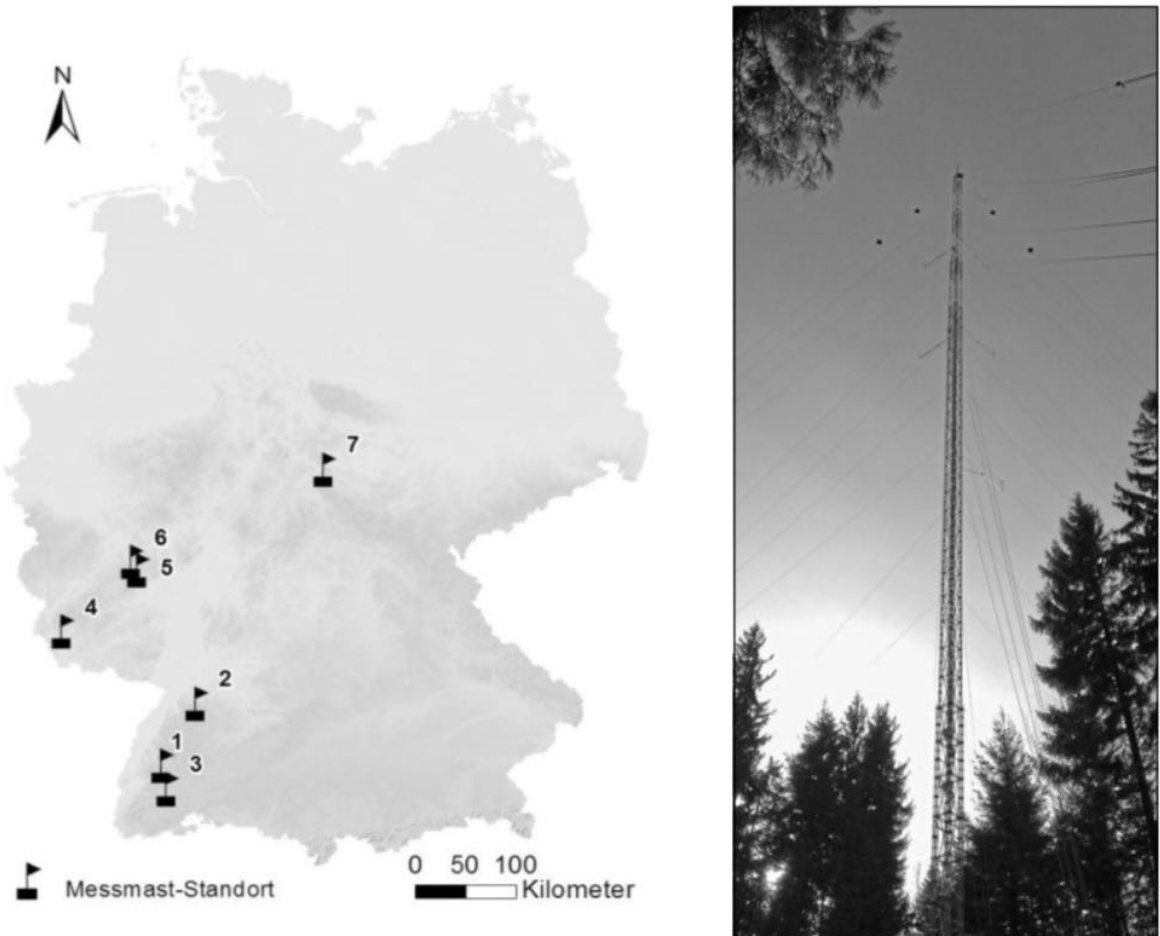
Es gibt keine Angaben zu diesen Fragen aus der Schweiz. Synchroner Messungen in verschiedenen Höhen in Waldlichtungen in Deutschland stellten fest, dass über dem Kronendach (Höhe 50 und 100 m über Boden) sowohl zur Zeit des Fledermauszugs im Spätsommer/Herbst als auch im Frühjahr (lokal lebende Arten) hohe Fledermausaktivität herrscht.

### **5.1.6 Übertragbarkeit von höhenabhängiger Aktivitätsdichte zwischen Standorten**

Mit Mini-Sendern ausgerüstete Grosse Abendsegler stiegen bei einer Studie in der Nähe von Prenzlau (Brandenburg) im Offenland bis in Höhen von 250 m hoch, 75% der Registrierungen lagen bei weiblichen Tieren unter 80 m, bei männlichen unter 50 m. Den riesigen Unterschied zwischen den Geschlechtern erklären die Autoren so, dass Weibchen die Windturbinen als «abgestorbene» Bäume interpretieren, welche sie bei ihren Transferflügen von den Wochenstuben zu den Paarungsplätzen anpeilen. Die Zahl der überwachten Tiere lag bei 3 Weibchen und 5 Männchen (Roeleke et al. 2016).

Für die Situation in der Schweiz ist diese Telemetriestudie kaum repräsentativ. Zunächst handelt es sich um eine spezifische Art, den Grossen Abendsegler, innerhalb seines sommerlichen Verbreitungsgebiets. Daraus eine allgemeine Aktivitätsdichte in verschiedenen Höhen über Boden von Fledermäusen abzuleiten, erscheint mir aufgrund der grossen ökologischen Unterschiede zwischen den Arten nicht statthaft. In der Schweiz tritt der Grosse Abendsegler zudem überwiegend im Herbst als «Zugfledermaus» auf; Jungenaufzucht ist bisher nur von einem Nistkasten in der Stadt Baden AG (Beck 1999, Beck et al. 2018) und einer Brücke im Tessin (Mattei mdl) bekannt geworden.

Eine bessere Übertragbarkeit erkenne ich aus der Studie von Hurst et al. (Hurst et al. 2016) und zwar aufgrund der nachbarschaftlichen Lage des Untersuchungsgebiets zu den Kantonen SH, TG und ZH sowie ihrer Erhebungsmethode im Wald an Windmess-Masten (Abb. 3). Diese Studie hält fest, dass die Fledermausaktivität im Bereich zwischen 50–100 m Höhe über Boden im Wald vor allem in den Monaten Juli–September – bei Zwergfledermäusen auch bis Oktober – beträchtlich ist und gewisse Arten wohl auch deutlich über 100 m Höhe noch fliegen, weil auch auf 100 m über Boden nur geringfügig geringere Aktivität festgestellt wurde als auf 50 m.



Standorte der Messmasten in Süd- und Westdeutschland, die Nummerierung entspricht den Ziffern in Tabelle 4.1. Der grau schattierte Hintergrund zeigt die Topographie Deutschlands (Quelle: DGM50, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2012). Foto rechts: In der Studie genutzter Messmast (Foto: FrInaT).

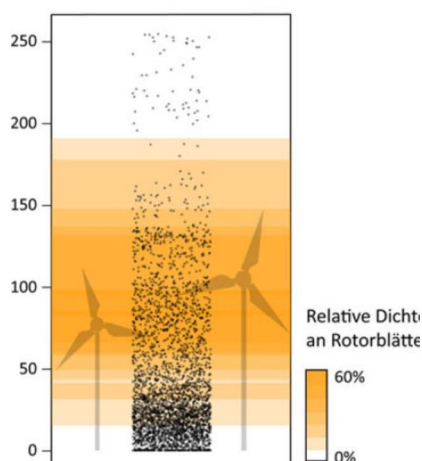
Abb. 3: Standorte und Versuchsanlage der Untersuchung der Fledermausaktivität in verschiedenen Höhen über dem Wald (aus Hurst et al. 2016).

### **Gutachterfrage:**

Ist die folgende Darstellung auch für das Verhalten der Fledermäuse in den Kantonen SH, ZH und TG repräsentativ (z.B. weil es um ähnliche Arten geht)?

Untersuchung aus Deutschland: 95 Prozent der Flüge von Fledermäusen fanden zwischen **0 und 144 Meter über dem Boden statt.**

Quelle:  
<https://mecklenburg-vorpommern.nabu.de/tiere-und-pflanzen/aktionen-und-projekte/fledermauszug/21333.html>



### Antwort:

Jein. Die Studie beruht auf Höhenmessungen fliegender Grosser Abendsegler über dem Offenland. Andere Arten zeigen andere Flugverhalten. Die Dichteverteilung korrespondiert allerdings mit einer zweiten Studie der Fledermausaktivität an Windmasten im Wald, welche alle Arten erfasste (Hurst et al. 2016).

## 5.2 Fragen zur Erhebung der Fledermäuse

Fledermäuse können durch Windkraftanlagen getötet und/oder durch Lebensraumverlust verdrängt werden (Rodrigues et al. 2014, Hurst et al. 2016, Ellerbrok et al. 2022). Beide Einflüsse müssen vor dem Bau einer Anlage abgeklärt werden.

Die Effektdistanzen von Windenergieanlagen (WEA) reichen weit über die eigentliche Anlage hinaus. Im Falle von «Zugfledermäusen» kann es Tiere betreffen, die aus mehreren hundert Kilometern Distanz stammen; an Waldstandorten lebende Fledermäuse haben Streifgebiete von mehreren hundert Metern Durchmesser (Hurst et al. 2016). Die Todesgefahr besteht nicht nur durch direkten Rotorschlag, sondern auch durch Barotraumas beim Durchflug oder Vorbeiflug der starken Unterdruckzone im rückwärtigen Bereich der Rotorblätter (Voigt 2015).

### Barotrauma:

Das Barotrauma bezeichnet eine Gewebeschädigung, die entsteht, wenn sich durch eine Veränderung des Umgebungsdrucks das in verschiedenen Körperhöhlen enthaltene Gas verdichtet oder ausdehnt. Übersetzt bedeutet Barotrauma „Druckverletzung“ (griech. Baros = Druck, Trauma = Verletzung)<sup>2</sup>. Beim Barotrauma platzen die Lungen und inneren Organe der Fledermäuse, was je nach Ausmass zum raschen oder verzögerten Tod führt.

<sup>2</sup> <https://www.usz.ch/krankheit/barotrauma/>

Ungeklärt ist bislang, weshalb Fledermäuse viel eher ein Barotrauma erleiden als Vögel (Baerwald 2008) (vgl. Box 6).

Rodrigues et al. (2014), Hurst et al. (2015) und Dietz et al. (2015) geben Übersichten, welche Methodiken und Untersuchungskonzepte der Fledermauserfassung vor bzw. nach dem Bau einer Windanlage im Wald geeignet sind, um Risiken bezüglich Kollision, Verlust von Quartieren und Jagdhabitaten für Fledermäuse zu bemessen (Abb. 4). Neuentwicklungen der Erfassung und Auswertung erweitern die Möglichkeiten ständig. Trotzdem sind die Einschränkungen bezüglich Arterkennung, Erfassungreichweite, überlagernde Echos, Reflexionen u.a. weiterhin gross. Um falsch-negative Befunde auf ein plausibles Niveau zu beschränken, sind Methodenkombinationen und Erfassungen über mehrere Saisons unumgänglich (Runkel 2018).

Ferner ist zu beachten, dass praktisch jährlich neue Modelle von Windkraftanlagen eingeführt werden, so dass Nabenhöhe, Rotordurchmesser, Abstand Rotorspitz-Kronendach, Drehzahlen u.a. jederzeit ändern können. Entsprechend sind die Fledermauserhebungen anzupassen.

**Erfassungsstandards für Fledermäuse bei Windkraftprojekten**

**Tab. 3: Eignung verschiedener Erfassungsmethoden vor und nach Errichtung von Windenergieanlagen (WEA) zur Untersuchung möglicher Gefährdungsbereiche für Fledermäuse in Wäldern (+++ = sehr hoch; ++ = hoch; + = mittel; – = gering) sowie Rahmenbedingungen für deren zielführenden Einsatz. *Fett gedruckt* sind die Erfassungsmethoden, die aus Sicht der Autoren als Standardmethoden zu empfehlen sind. Die übrigen Methoden sind unter bestimmten Bedingungen ergänzend durchzuführen.**

Table 3: Suitability of different survey methods before and after turbine construction to assess risk factors (+++ = very high; ++ = high; + = medium; – = low) and conditions for applying them effectively. Survey methods in **bold letters** are recommended as standard methods. All other methods can be applied additionally under certain conditions.

Methodik	Gefährdungsbereich			Hinweise zu Rahmenbedingungen
	Kollisionsrisiko	Verlust von Quartieren	Verlust von Jagdhabitaten	
<b>Untersuchungen vor Errichtung der WEA</b>				
Datenrecherche	+	+	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Befragung von Fledermausexperten der Region</li> <li>Anfragen bei Landesämtern und Naturschutzbehörden</li> <li>Recherche in Datenbanken von Koordinationsstellen, Länderatlanten, grauer Literatur</li> </ul>
<b>Automatische akustische Erfassungen am Boden</b>	<b>++</b>	+	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Während der gesamten Aktivitätsphase der Fledermäuse, mindestens vom 1.4. – 31.10., ggf. länger in Regionen mit frühen bzw. späten Zugereignissen</li> <li>Von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang, zur Zugzeit auch tagsüber</li> <li>Einsatz mehrerer akustischer Erfassungsgeräte, idealerweise ein Gerät pro geplanter WEA und wenigstens ein Gerät in der Höhe; am Boden Installation an Standorten ohne dichten Kronenschluss (z. B. Lichtungen, Waldränder), um auch hoch fliegende Arten zu detektieren (vgl. Abb. 3b, S. 161)</li> <li>Angabe der Kalibrierungsmethode und der Empfindlichkeitseinstellungen</li> </ul>
<b>Automatische akustische Erfassungen in der Höhe</b>	<b>+++</b>	–	–	
Detektorerfassungen in regelmäßigen Abständen	+	+	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wenigstens 20 Termine vom Frühjahr bis zum Spätherbst</li> <li>Einsatz empfindlicher Erfassungsgeräte mit Aufzeichnungsfunktion</li> <li>Nur bei sehr hoher Stichprobe als Ersatz für Dauererfassungen geeignet</li> </ul>
Detektorerfassungen in der Höhe mit Hilfe von Ballons oder Drachen	+	–	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei hoher Stichprobe, z. B. ergänzend zu den Dauererfassungen oder Detektorbeobachtungen bedingt empfehlenswert</li> </ul>
<b>Baumquartierkartierung</b>	–	<b>++</b>	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vor Beginn der Felderfassungen zur Festlegung des Untersuchungsumfangs</li> <li>Begehung der geplanten Standorte und des Umfelds</li> <li>Kartierung potenzieller Quartierbäume mit Angaben zu Standort, Baumart, Quartierart, Eignung im geplanten Rodungsbereich, im Umkreis Überblickskartierung (Einschätzung des allgemeinen Quartierpotenzials)</li> </ul>
Netzfänge mit Kurzzeit-telemetrie	+	<b>+++</b>	+	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ergänzend</b>, wenn potenzielle Baumquartiere an den Standorten und/oder im Umfeld vorhanden sind</li> <li>Zur Wochenstubenzeit zwischen Mitte Mai und Mitte August</li> <li>Netzfänge im Bereich der Standorte sowie im Umfeld von bis zu 1 km, mindestens 4 Netzfänge pro Standort mit hohem Quartierpotenzial</li> <li>Telemetrie säugender Weibchen, falls erforderlich auch von Jungtieren der baumbewohnenden Arten bis zur Ermittlung der Quartiere</li> <li>Ausflugszählungen sowie Ermittlung weiterer Quartiere an wenigstens zwei Folgetagen</li> </ul>
Raumnutzungstelemetrie	–	–	<b>++</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ergänzend</b>, wenn Wochenstuben kleinräumig jagender Arten im Umkreis bis 500 m festgestellt wurden und viel Waldfläche verloren geht</li> <li>Zur Wochenstubenzeit zwischen Mitte Mai und Mitte August</li> <li>Telemetrie von wenigstens fünf Tieren einer Wochenstube, pro Tier zwei volle Nächte, wenigstens 60 Kreuzpeilungspunkte oder 3 Telemetrienächte mit Homing-In</li> </ul>
Balzkontrollen	<b>++</b>	<b>+++</b>	–	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ergänzend</b>, wenn potenzielle Baumquartiere an den Standorten und/oder im Umfeld vorhanden sind</li> <li>Nach Ende der Wochenstubenzeit zwischen Mitte August und Ende Oktober</li> <li>Detektorkontrollen im Bereich der Standorte und im Umkreis von bis zu 1 km</li> </ul>
Schwärmkontrollen an Gebäuden und bekannten Schwärm-/Winterquartieren	+	–	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>In den frühen Morgenstunden an potenziellen Wochenstubenquartieren</li> <li>Zwischen 23 und 2 Uhr an Schwärmquartieren</li> <li>An potenziellen oder bekannten Quartieren im Umkreis von bis zu 1 km</li> </ul>
<b>Untersuchungen nach Errichtung der WEA</b>				
<b>Akustische Erfassungen in Gondelhöhe</b>	<b>+++</b>	–	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>Während der gesamten Aktivitätsphase der Fledermäuse, mindestens vom 1.4. bis zum 31.10., ggf. länger in Regionen mit frühen bzw. späten Zugereignissen</li> <li>Von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang, zur Zugzeit auch tagsüber</li> <li>Über zwei vollständige Aktivitätsphasen hinweg zur Erfassung jahresbedingter Schwankungen</li> <li>Nach standardisierter Methodik (Kalibrierung und Empfindlichkeitseinstellung der Geräte, Ausrichtung der Mikrofone, vgl. <small>BEH</small> et al. 2011)</li> <li>Auswertung der Ergebnisse und Berechnung der Abschaltalgorithmen mit Hilfe des ProBat-Tools. Das ProBat-Tool ermöglicht eine einfache Anwendung der in <small>BEH</small> et al. (2011) entwickelten Verfahren zur Berechnung von Abschaltalgorithmen. Zusätzlich wurde das Verfahren weiterentwickelt um z. B. auch größere Rotorradien zu berücksichtigen oder auch akustische Daten zu verwenden, die mit anderen Empfindlichkeitseinstellungen der Detektoren aufgenommen wurden. Das Tool sowie erläuternde Begleitdokumente können im Internet unter <a href="http://www.windbat.techfak.fau.de">http://www.windbat.techfak.fau.de</a> kostenfrei heruntergeladen werden.</li> </ul>
Akustische Erfassungen am WEA-Mast im Bereich der unteren Rotorspitze	<b>++</b>	–	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ergänzend zu den Erfassungen in Gondelhöhe unter den gleichen Rahmenbedingungen</li> <li>Die technische Umsetzbarkeit muss noch in der Praxis überprüft werden. Weiterhin ist noch zu testen, ob sich für die Bewertung des Kollisionsrisikos tatsächlich neue Erkenntnisse ergeben.</li> </ul>
Schlagopfersuche	<b>++</b>	–	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>In Perioden, in denen in Voruntersuchungen oder Gondelerfassungen ein besonders hohes Kollisionsrisiko auftrat</li> <li>In regelmäßigen Abständen (möglichst täglich, bei geringer Abtragräte ggf. größere Intervalle)</li> <li>Erfassung der Werte der Korrekturfaktoren wie absuchbare Fläche, Abtragräte, Sucheffizienz (eine genaue Anleitung für Schlagopfersuchen sowie ein Tool zur Hochrechnung der Schlagopferzahlen wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens RENE<sup>BAT</sup> II entwickelt und können unter <a href="http://www.kollisionsopfersuche.uni-hannover.de">www.kollisionsopfersuche.uni-hannover.de</a> abgerufen werden)</li> <li>Möglichst an mehreren Anlagen eines Windparks</li> </ul>
<b>Monitoring der Funktion von Ausgleichsmaßnahmen für Lebensstättenverlust</b>	–	+	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>In einem festgelegten Turnus, mindestens in den Jahren 1, 2, 5 und 10 nach Errichtung der Anlagen</li> <li>Methodik je nach Maßnahme, z. B. Kastenkontrollen (jährlich), Habitatkartierungen, Messung der Fledermausaktivität, Netzfänge</li> </ul>
Populationsmonitoring	+	+	+	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ergänzend</b> an Standorten mit besonders hoher Risikoprognose, z. B. in Wochenstubegebieten besonders schlaggefährdeter Arten</li> <li>Populationsüberwachung durch jährliche Untersuchungen: Ausflugszählungen, ggf. Telemetrie und Besenderung bei baumhöhlenbewohnenden Arten</li> </ul>

Abb. 4: Checklist der Prüfungsmethoden zur Standortfrage von WEAs in Bezug auf Schutz vor Kollisionsoffern Fledermäuse (Abklärungen vor dem Bau), sowie Wirkungskontrolle von betrieblichen Massnahmen an den WEAs und Ausgleichsmassnahmen (aus Hurst et al. 2015).

### 5.2.1 Erhebung vor Bau einer Windkraftanlage im Wald

Für eine generelle Evaluation der Effekte von WEAs im Wald in der NE-Schweiz auf Fledermäuse fehlen diverse Grundlagen, was eine auf die konkret geplanten Turbinen und Standorte bezogene Untersuchungen im Vorfeld der Planung und Realisierung (Stufe Richtplanung / UVP) unumgänglich macht. Dazu gehören etwa systematische Quartiersuchen, Studien über Flug(höhen)tracks ziehender Fledermäuse, Flugrouten in Bezug auf Topografie, regionale und lokale Windverhältnisse, etc.

Für den Windpark Verenafohren (Hegau, D), nur wenige hundert Meter von der SH-Kantonsgrenze entfernt, fehlen offensichtlich solche Abklärungen (es liegt ein Kurzbericht zur «Biodiversitätsentwicklung» der Flora, Tagfalter- und Ameisenfauna entlang den Zufahrtsstrassen vor aufgrund dreier Begehungen, Bund 2018). Teilweise lassen sich Ergebnisse aus einer umfangreichen Studie mit Feldarbeit in Thüringen heranziehen, wobei die Mittelgebirgssituation («Gebirge = Hügel von 900 m Höhe, Umland ca. 400 m ü.M.) zu berücksichtigen bleibt. Dieses kleine «Gebirge» könnte die grossräumige Hauptzugrichtung aber deutlich weniger lenkend und konzentrierend beeinflussen als der mächtigere Alpenbogen, ähnlich wie es bei Vögeln geschieht (Bruderer 2017). Somit ist es notwendig, den Einfluss von WEAs in der NE-Schweiz für jeden Standort vorgängig zu prüfen. Es liessen sich möglicherweise generelle Muster ableiten, sobald von genügend vergleichbaren Standorten im Voralpenraum entsprechende Angaben vorliegen. Derzeit fehlen solche Angaben aber vollständig.

Hurst et al. (2015) haben zusammengestellt, welche Messmethoden bezüglich des Kollisionsrisikos sowohl für «Zugfledermäuse» wie für ansässige Fledermäuse geeignet sind (Abb. 4). **Automatische Aktivitätsmessungen, im gesamten (Höhen)Bereich der Rotor«scheibe» sind erforderlich, d.h. bis etwa 30 m unterhalb der Gesamthöhe.**

Für den Kanton Zürich heisst dies, dass aufgrund der geplanten Anlagenhöhen von 220 m (ALMI. Basler & Hofmann AG. 2022) etwa **bis auf 190 m Höhe Aktivitätsmessungen** nötig sind. Solche Windmessmasten (in Leichtbauweise zur vorübergehenden Installation) sind auf dem Markt verfügbar (Wikipedia-Autoren 2023). Da zusammen mit den Fledermausaktivitäten die effektiven Windverhältnisse und erzielbaren Stromerträge ermittelt werden können, kommt solchen Messmasten eine grosse Bedeutung zu.

Neben der Abschätzung des Kollisionsrisikos gilt es zudem, allfällige Verluste von Quartieren und Jagdlebensräumen abzuklären. Hurst et al. (2015) schlagen dazu ein Monitoring der Effekte nach Inbetriebnahme vor (Abb. 4). Zu berücksichtigen sind dabei auch die Untersuchungen, welche aufzeigen, dass gewisse Arten das Gebiet um



WEA bis zu 800 m Abstand seltener befliegen und nutzen (Ellerbrok et al. 2022). Der Lebensraumverlust ist somit beträchtlich.

Die **Checkliste UVP** der Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter KVV (KVV 2023) macht bezüglich Abklärungen Fledermäuse vor Inbetriebnahme einen lückenhaften Vorschlag, der aus Sicht des Gutachters dem Vorsorgeprinzip nicht gerecht wird. **Die Empfehlung, Zitat «...Für Vögel und Fledermäuse sollen die Untersuchungen auf bestehenden Abklärungen sowie auf den Angaben von Kennern des Gebiets beruhen...», ist aufgrund des minimalen Kenntnisstands bei den meisten der 21 Fledermausarten in der NE-Schweiz bezüglich Vorkommen, Phänologie, Populationsdichte, Zugverhalten, etc. unbedacht. Dies gilt insbesondere für Standorte im Wald.** Um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen, sind sorgfältige, belastbare Zusatzabklärung für Standortentscheide unerlässlich.

### **Gutachterfrage:**

Wie muss eine sichere Erhebung der Fledermauspopulationen im Rahmen von Windenergiegesuchen (UVP) ausgestaltet sein (Art der Erhebung, Ort der Erhebung, z.B. auch auf Höhe Rotorachse oder sogar auf Höhe obere Spitze der Rotoren, da FM entlang von Kuppen und Hängen höher fliegen → Besonderheit für Standorte in SH, ZH und TG; Dauer der Erhebungen, z.B. mehrere Jahre wegen Populations- und Klima- bzw. Aktivitätsschwankungen)?

### **Antwort:**

Es kann auf die vorstehende Tabelle und die folgenden Ausführungen verwiesen werden. Nötig sind (u.a.) eine Datenrecherche (vorkommende Arten, Auftreten, etc.), eine vor dem Bau auszuführende automatische, akustische Erfassung der Fledermäuse am Boden und in der Höhe (Rotorbereich) während mindestens 3 Jahren sowie eine Baumquartiersuche inkl. Potenzialbäumen. Allfällige Ausgleichsmassnahmen müssen ihre Wirkung entfalten, bevor ein Eingriff stattfindet. Nach Inbetriebnahme sind eine akustische Erfassung auf Gondelhöhe und im Bereich der unteren Rotorspitze sowie ein Monitoring zur Wirkung der Ausgleichsmassnahmen unerlässlich. Allfällige standortspezifischen Kenntnislücken erfordern zusätzliche Abklärungen (Netzfänge, Schlagopfersuche, usw. vgl. Abb. 4).

**Box 5: Methodische Ansätze zur Aktivitätsmessung von Fledermäusen**

Grundsätzlich stehen zur Beantwortung der Prüfungsfrage nach räumlicher und zeitlicher Fledermaus-Aktivität derzeit fünf Methoden zur Auswahl

- (1) Aktives akustisches Monitoring
- (2) Passives akustisches Monitoring
- (3) Quartiersuchen und -kontrollen
- (4) Netzfänge
- (5) Telemetrie/GPS

Das akustische Monitoring (Methode 1, 2) muss aufgrund technischer, meteorologischer und biologischer Gegebenheiten folgende Anforderungen erfüllen, damit es belastbare Ergebnisse liefert (Runkel 2018, Voigt 2020):

- (1) Räumlich gilt es, jeden einzelnen Standort mit Replikaten (wiederholte Messungen) an verschiedenen Lokalitäten zu beproben, da die für Fledermäuse im Wald wichtigen Strukturen meist kleinräumig sehr verschieden sein können.
- (2) Aufzeichnungsgeräte sind auch oberhalb des Kronendachs so zu platzieren, dass der freie Luftraum abgedeckt wird.
- (3) Die Aktivitätserfassung ist grundsätzlich über mindestens 2, besser 3 Jahre zu erheben, da besondere Witterung, Phänologie, etc. leicht zu falsch-negativen Ergebnissen bei nur 1-jährigen Untersuchungen führen können.
- (4) Aktivitätsmessungen sind durchgehend zwischen April und Oktober vorzunehmen, damit die Wahrscheinlichkeit der Arterfassung über 95% liegt.
- (5) Die Messung, Aktivitätsanalyse und Artbestimmung erfolgt durch Profis, welche die diversen Tücken der Aufzeichnungstechnik (Erfassungsreichweite und -volumen, Detektionsschwellen, Echos, Artbestimmung, etc.) mitberücksichtigen. Ein genauer Beschrieb der Anlage ist notwendig.
- (6) Analog ausgeführte Vergleichsmessungen an Nicht-Eingriffsstandorten erlauben, die Ergebnisse im Kontext zu beurteilen.

**5.2.2 Monitoring nach Bau einer Windkraftanlage im Wald**

Das Monitoring der Fledermausaktivität nach dem Bau bezweckt allfällige betriebliche Justierung (minimale Windgeschwindigkeit, Abschaltautomatik, u.ä.) vorzunehmen und eine Erfolgskontrolle durchzuführen. Im Verbund mit solchen Untersuchungen an anderen Standorten können Standards verbessert und justiert werden. Zusammen mit einer Schlagopfersuche (im Wald praktisch ausgeschlossen vgl. Kap. 5.4.6.) können aus den Gondelmonitoring-Daten Abschaltzeiten definiert und unter Umständen der Rückbau einer Anlage verfügt werden.

Für das Monitoring der Fledermausaktivität im Rotorbereich einer gebauten WEA war das Gondelmonitoring bis vor einigen Jahren die einzig verfügbare Methode. Sie weist diverse, schwerwiegende Einschränkungen auf (Runkel 2018). Diese sind technisch-

physikalischer Natur, z.B. treten falsch-negative und falsch-positive Fledermauserkennungen aufgrund imperfekter Trigger, Echos etc. auf, die Reichweite der Fledermausdetektoren (30–50m) genügt je nach Länge des Rotorblatts nicht, den ganzen Rotorblatt-Fegebereich abzudecken. Letzteres kann zu fatalen Fehlschlüssen führen, insbesondere weil die Rotorspitzen als besondere Gefahrenzone für Fledermäuse identifiziert wurden (Arnett et al. 2008). Eine zweite Messung an der unteren Rotorspitze ist daher zwingend (siehe auch Bundesgerichtsurteil, Bundesgericht 2021).

Als «bestmögliches Verfahren» sind heute auf dem Markt verschiedene bioakustische Apparaturen mit den entsprechenden Kalibrierungssystemen verfügbar, z.B. das RENEBAT-Verfahren. Sie sollen die Ableitung belastbarer Betriebsreglemente erlauben, etwa die Abschaltung bei geringer Windgeschwindigkeit. Diese sind aufgrund der «Vor-Inbetriebnahme» Messungen festzulegen und allenfalls anhand der Ergebnisse von Gondelmessungen zu kalibrieren.

#### **Gutachterfrage:**

Darf während des Betriebs auf ein Gondelmonitoring verzichtet werden?

#### **Antwort:**

Nein. Zudem muss ein Monitoring im Bereich der unteren Rotorspitzen erfolgen. Die Monitoring-Resultate bilden die Grundlage für die Prüfung und allenfalls Anpassung festgelegter Bewilligungsaufgaben.

#### **5.2.3 Welche Fledermausarten sind (im Wald) besonders betroffen? Welche sind migrierend, welche vor Ort lebende?**

Vom Konfliktpotenzial mit WEAs im Wald betroffen sind alle 21 in der NE-Schweiz nachgewiesenen Fledermausarten (Tab. 2). Das Risiko einer Tötung im Rotorbereich betrifft 10 Arten, die sich hauptsächlich im und über dem Wald bewegen (Tab. 2). Für 13 Arten besteht die Gefahr, Lebensraum zu verlieren, also Baumquartiere und/oder Jagdgebiete im Waldbereich. Da sich ihr Jagdraum in der Kronenschicht konzentriert, ist die Kollisionsgefahr bei diesen Arten geringer.

Die umfangreiche zentrale Datenbank der Tötungsnachweise (Dürr 2007, Dürr 2023) weist per 09.08.2023 zusätzlich die Zwergfledermaus als häufiges Schlagopfer aus. Diese Art tritt in allen Lebensräumen auf und dürfte auch über Wäldern durch Windturbinen zu Tode kommen.

#### **Gutachterfrage:**

Welche Arten sind einem besonderen Tötungsrisiko durch Windturbinen ausgesetzt, insbesondere im Wald?

**Antwort:**

Ein hohes Tötungsrisiko bei WEA in Wäldern der NE-Schweiz besteht für die Flughautfledermaus, den Grossen und Kleinen Abendsegler, die Zwergfledermaus und Nordfledermaus, (Tab. 2). Ein beträchtliches Tötungsrisiko besteht für die Weißbrandfledermaus (LC), Mückenfledermaus (NT), Breitflügel-Fledermaus (VU) und Zweifarbfledermaus (VU) (vorne Tab. 2).

**5.2.4 Ist die Fledermausaktivität an Waldstandorten vergleichbar mit Freiland-  
Standorten?**

Generell ist die Fledermausaktivität im Waldesinneren höher als im Offenland (vgl. Kap 6.1.1.d). Die Situation im Gebirge müsste überprüft werden.

Im Luftraum *über* dem Kronendach ist die Fledermausaktivität nach derzeitigem Kenntnisstand ähnlich jener im Offenland, dies sowohl jahres- und tageszeitlich (Reichenbach et al. 2015, Meschede et al. 2016, Rees et al. in Voigt 2020). Die Stratifizierung der Aktivität in der Höhe ist zwischen Offenland- und Waldstandorten nach Telemetrieuntersuchungen auch sehr ähnlich (Hurst et al. 2016, Meschede et al. 2016). Allerdings bleibt u.a. der Vorbehalt, dass je nach Waldbild, insbesondere Wuchshöhe der Bäume und Länge der inneren Waldränder, deutliche Unterschiede zu erwarten sind.

**Gutachterfrage:**

Finden im Waldgebiet mehr Fledermäuse-Durchflüge pro Nacht statt als in der offenen Landschaft (Annahme gleiche Turbine und Rotorhöhe in gleicher Region, z.B. Zürcher Weinland)? Falls ja: Werden bei Windturbinen im Wald mehr Fledermäuse getötet als bei Windturbinen in der offenen Landschaft?

Welche davon sind lokal lebende und welche migrierenden Fledermäuse?

**Antwort:**

Die Zahl der Fledermaus-Durchflüge in der Luftschicht über dem Wald sind nach den bestehenden, lückenhaften Kenntnissen mit jenen im Offenland vergleichbar. Belastbare Aussagen zum Tötungsrisiko an Rotoren über dem Wald vs. im Offenland können daraus nicht abgeleitet werden.

Lokal lebende Zwergfledermäuse könnten häufige Schlagopfer von WEAs in Waldflächen sein, sowie die «Zugfledermäuse» Flughautfledermaus, Grosser und Kleiner Abendsegler.

### 5.3 Massnahmen zur Minderung des Tötungsrisikos

#### 5.3.1 Dimensionierung der Anlagen und Tötungsrisiko

Für eine Anlage mit 41 m Rotorradius in Le Peuchapatte (JU) wurde sowohl die Anzahl Schlagopfer geschätzt und die Zahl der Fledermaus-Durchflüge bestimmt (SWILD 2018). Die Bestimmung beider Masszahlen aus den Totfunden bzw. Echoortungssignalen war eine komplexe statistische Ableitung, da einerseits die Auffindwahrscheinlichkeit von Kadavern am Boden geschätzt und kalibriert werden musste (Korner-Nievergelt 2015), andererseits aus den Ultraschallsignalen die Durchflugszahl geschätzt werden musste. Fazit: Bei ermittelten, durchschnittlich 3–4 Fledermauspassagen durch den Rotor-Fegebereich pro Nacht wurde eine Schlagopferzahl pro Jahr von 10–36 Fledermäuse ermittelt.

Pi mal Daumen lässt sich daraus ableiten, dass bei 100 Durchflügen pro Nacht und gleicher Rotordimension zwischen 333 und 900 Fledermäuse/Jahr erschlagen worden wären. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge sind solche rechnerischen «Hochrechnungen» aber mit Unwägbarkeiten belastet. Zudem bleibt zu berücksichtigen, dass Barotrauma-Opfer zunächst weiterfliegen können und erst in grösserer Distanz zur WEA schliesslich verenden (Grotsky et al. 2011).

Zudem würde die Zahl der Opfer mit der Zeit rasch abnehmen, weil die lokalen Populationen ausgedünnt werden. Die geringe Anzahl Durchflüge bei den Anlagen in Peuchapatte könnte darauf hinweisen, dass dies bereits geschehen ist. Abklärungen dazu gibt es nicht.

#### **Gutachterfrage:**

In der vom Bundesamt für Energie (BFE) veranlassten Studie bei den drei Windturbinen in der jurassischen Gemeinde Le Peuchapatte (JU) wurden trotz einer sehr geringen Anzahl von nur **3 - 4 Fledermaus-Durchflügen pro Nacht und einem relativ kleinen Rotor (Radius 41 m) 10 - 36 getötete Fledermäuse pro Windturbine und Jahr** ermittelt?

Mit wie vielen getöteten Fledermäusen pro Windturbine muss gerechnet werden, wenn pro Nacht 100 Durchflüge stattfinden?

#### **Antwort:**

Rechnerisch ergeben sich 333–900 Schlagopfern pro Jahr.

**Box 6: Fragen zu Kollisionsereignissen von Fledermäusen an Windkraftanlagen**

Im Vergleich zu der Vielzahl an Studien und Empfehlungen zur Minderung des Tötungsrisikos scheinen dem Gutachter einige «nebensächlich» erscheinende Fragen dringendst zu beantworten. Zum Teil hatten schon Grodsky et al. (2011) darauf hingewiesen:

- (1) Sind erschlagene Fledermäuse überproportional häufig von der «Luvseite», d.h. aus Windrichtung, angeflogen oder von der «Leeseite» der Anlage? Wäre ersteres der Fall, wären zur herbstlichen Zugzeit wohl N- bis E-Wetterlagen gefährlicher als W-Windlagen, da Fledermäuse unter diesen Bedingungen wohl auch noch bei höheren Windgeschwindigkeiten unterwegs sind (Analogie zum Vogelzug richtig?). Oder «kreisen» die Fledermäuse vor dem Schlag um die WEA?
- (2) Welche Dimension hat die für Barotraumas relevante «Todeszone»? Der Luftraum, in dem Windturbinen Barotrauma verursachende Druckunterschiede bewirken, beschränkt sich nicht auf den Raum unmittelbar hinter und vor der Rotorfläche. Vielmehr wurden auf der Anströmseite bis in mehrere Hundert Meter Entfernung von Rotoren Wirbel festgestellt. Welches Luftvolumen solche Todeszonen tatsächlich umfassen, ist bislang, wie so vieles, nicht erforscht (Voigt et al. 2018).
- (3) Vermögen Winglets die für Barotrauma verantwortlichen Todeszonen zu verkleinern oder zu gleichem Zweck eingesetzte Tunings an Rotorblättern? Ursache der tödenden Unterdruckzonen sind generell Verwirbelungen am Flügelprofil der Rotoren. Winglets, an den Flügelspitzen angebrachte «Winkel», können Windturbinen effizienter, leiser und kleiner machen (<https://weatherguardwind.com/winglets-on-wind-turbine-blades/>). Ich fand keine Untersuchung, welche den Zusammenhang zwischen solchen Tunings an Rotorblättern und dem Barotrauma-Risiko für Fledermäuse thematisiert.
- (4) Tritt bei Barotraumatata der Tod sofort ein oder erst nach einer Verzögerung? Dies könnte die Zahl unentdeckbarer Opfer massgeblich beeinflussen.

**5.3.2 Ist das Tötungsrisiko relativ zur Durchflugszahl eine belastbare Grösse?**

Die «Durchflugszahl» von Fledermäusen ist nach meiner Einschätzung zwar ein wichtiges Indiz, aber kein sicherer Wert für die Gefährdungsabschätzung; trotz grossen technischen Fortschritten der verwendeten Detektoren und Auswertungsalgorithmen. Dies gilt namentlich bei Rotordimensionen, die weit über die Erfassungsreichweite der Detektoren (maximal 30–50 m) hinausreicht. Viele weitere Faktoren (Luftfeuchtigkeit, Echos, etc.) belasten zusätzlich die Messergebnisse solcher Detektoren. Es bliebe zu berücksichtigen, wie viele «Vorbeiflüge» tatsächlich den Rotor-Fegebereich durchqueren oder ob Tiere den Rotor nicht (wiederholt) «umkreisen», wie schnell die Tiere unterwegs sind, u.v.m.

Erstaunlicherweise keine Angaben konnte ich dazu finden, ob die Schlagopfer an einer WEA diese beim Anflug gegen oder in Richtung des Windes angefliegen haben, bzw. «von vorne» oder «von hinten». Daraus liessen sich einige wichtige Rückschlüsse ziehen, da der z.B. der Fledermauszug gewisse bevorzugte Richtungen zeigt (vgl. Box 6).

**Gutachterfrage:**

Ist es eine geeignete Methode, für die Abschätzung des Gefährdungsrisikos, die Anzahl der voraussichtlich getöteten Fledermäuse anhand der Durchflüge durch die Rotorfläche in der geplanten Höhe der Rotorspitzen (über Boden) zu berechnen?

**Antwort:**

Die Anzahl Durchflüge ist zwar ein wichtiges Indiz zur Abschätzung des Gefährdungsrisikos, aber wegen verschiedener weiterer Einflüsse und technischer Unzulänglichkeiten keine sichere Grundlage.

**5.3.3 Plausibilität von Hochrechnungen aus einem «Basisrotor-Durchmesser»?**

Eine direkte Hochrechnung der Zahlen, wie sie in Le Peuchapatte (JU) für einen Rotorradius von 41 m bestimmt wurden, auf längere Rotorblätter ist ohne belastbare «Umrechnungsformeln» unmöglich. Problem ist, dass zwar der Rotor-Fegebereich mit dem Quadrat des Radius des Rotors grösser wird, doch (1) grössere Anlagen haben eine geringere Drehzahl dafür bewegen sich die äusseren Rotorbereiche u.U. schneller, (2) die Anlaufgeschwindigkeit hängt vom Anlagentyp ab (sie kann kleiner sein [Starkwindanlage] oder grösser [Schwachwindanlage] und (3) der Rotor-Fegebereich ist nicht nur grösser sondern deckt einen anderen Höhenbereich ab. Deshalb erzeugen direkte «Hochrechnungen» keine vertrauenswürdigen Zahlen. Wie gross der Gefahrenbereich in Abhängigkeit der Spezifikation der Anlage ist, lässt sich nicht ableiten. Welche Druckunterschiede tödlich wirken, bleibt unbekannt.

**Gutachterfrage:**

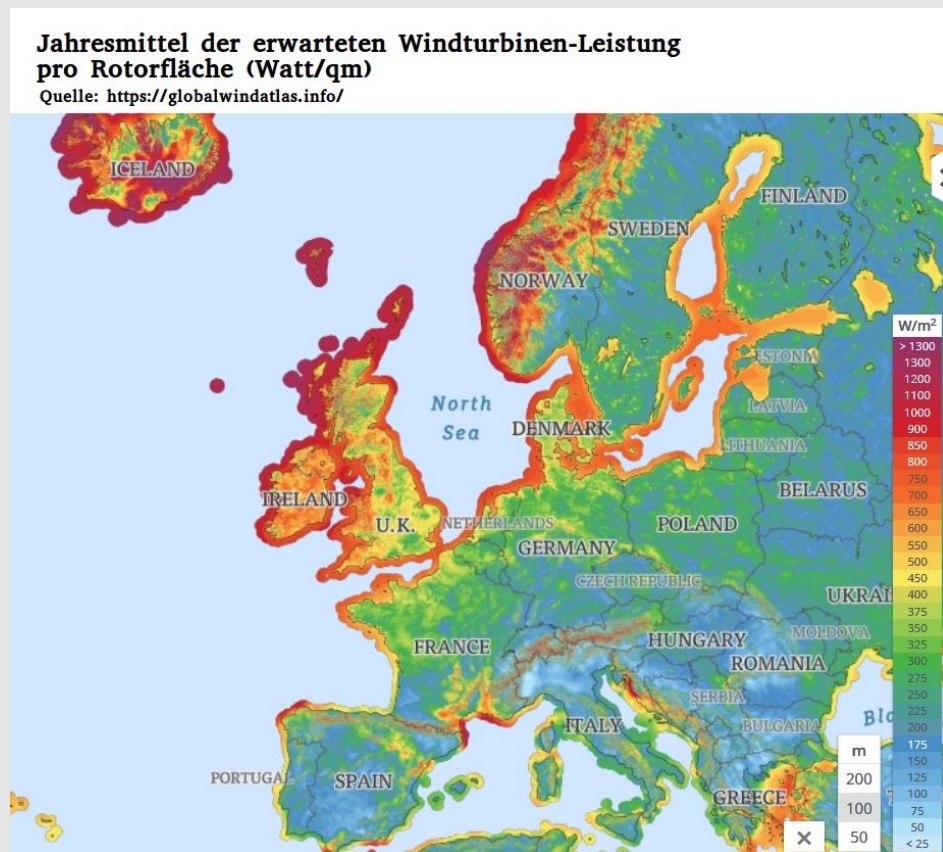
Ist es plausibel, dass die Anzahl getötete Fledermäuse pro Jahr (bei gleich vielen Durchflügen pro Flächeneinheit) bei einer Turbine mit 65 m Radius im Vergleich zu einer Turbine mit 41 m Radius (Le Peuchapatte (JU)) 2.5 Mal grösser ist (entsprechend dem Flächenverhältnis der Rotorflächen →  $65^2/41^2 = 2.5$ )?]

**Antwort:**

Generell dürfte zwar gelten: Je grösser der Rotor-Fegebereich, desto grösser die Zahl der Schlagopfer. Eine lineare quantitative «Umrechnung» ist aber nicht statthaft, da viele bestimmende Grössen nicht bemessen werden können.

### Box 7: Opferzahlen bei kleinen vs. grossen WEA oder Opferzahlen pro Megawatt Leistung?

- (1) Die Frage, ob in Bezug auf den Fledermausschutz viele kleine Anlagen ungefährlicher sind als wenige grosse, lässt sich pauschal nicht beantworten. An einer kleinen Windkraftanlagen kommen nicht unbedingt weniger Fledermäuse zu Tode als an grossen und umgekehrt (Arnett et al. 2008). Der Typ der Anlage (Höhe Nabe, Rotorlänge, Bemalung, Beleuchtung, u.v.m.) spielt eine entscheidende Rolle. Zwar ist bekannt, dass offenbar v.a. die äusseren Rotorspitzen sehr viele Schlagopfer verursachen, doch wie Schlagopfer wirklich genau zu Tode kommen, bleibt erstaunlich wenig erforscht (Arnett et al. 2008). Am wichtigsten scheint das Barotrauma zu sein, auf welches bis zu 90% der Todesfälle zurückzuführen sind (Baerwald et al, 2008).
- (2) Das Fokussieren auf Abwägungen pro Anlage erscheint fragwürdig. Eine Betrachtung der (negativen) Effekte im Verhältnis zur erzielter (Netto)Leistung einer Anlage wäre sinnvoller (Rodrigues et al. 2014). Damit würde eine besser gewichtete Abwägung möglich.
- (3) Die zu erwartende Windturbinen-Leistung pro Rotorfläche in Europa macht deutlich, dass küstenferne Standorte in Mitteleuropa etwa 8x geringeren Stromertrag liefern als solche an der Nordseeküsten (CH-Mittelland 5 - 5.5 m/s, Nordseeküsten 10 m/s → Faktor 8x mehr Strom, Betzsches Gesetz)





## 5.4 Populationsgefährdung

### 5.4.1 Welche Mortalitätsraten sind populationsrelevant?

Zunächst ist festzuhalten, dass die Abgrenzung von Populationen aus verschiedensten Gründen schwierig ist, insbesondere bei Fledermäusen. Aus praktischen Gründen wird meistens eine räumliche Abgrenzung von «lokalen Populationen» vorgenommen, wobei auch diese Grösse bei Fledermäusen im Jahresverlauf ständig im Fluss ist, da Quartierwechsel, Nachwuchs und Migration zu einem andauernden Individuenaustausch zwischen und innerhalb lokaler Populationen führen (Dietz et al. 2024).

Grundsätzlich sind alle Verluste populationsrelevant. Tierpopulation sind nur so lange überlebensfähig, wie sie dauerhaft einen (leichten) Überschuss produzieren. Ob eine zusätzliche Mortalitätserhöhung zu einem erhöhtem Aussterberisiko führt, hängt von zwei – leider fast immer unbekannt – Merkmalen der Population ab:

- a) Ihrem **Quelle-Senke-Status** («source-sink-status»). Lokale Populationen im Senke-Status sind in ihrem natürlichen Zustand auf dauerhafte Einwanderung angewiesen. Zusätzliche Sterblichkeit führt – ohne verstärkte Einwanderung – über kurz oder lang zum Verschwinden. Lokale Populationen im Quelle-Status nehmen dann im Bestand ab, wenn die zusätzliche Sterblichkeit ihre Wachstumsrate (=Anzahl produzierter Fortpflanzungstiere/Anzahl absorbierter Fortpflanzungstiere) unter den kritischen Wert von 1 drückt. Dann kippt die Population in einen Senke-Status.
- b) ihrer **Resilienz** (Widerstandskraft). Sinkende Bestandsdichte führt zu veränderten Lebensbedingungen, die innerartliche Konkurrenz nimmt ab, die Nahrungsverfügbarkeit verbessert sich, der Zugang zu geeigneten Fortpflanzungs- und Überwinterungsquartieren ist erleichtert, Krankheiten breiten sich schwieriger aus, usw. Dies kann dazu führen, dass sich in einer «angeschlagenen» Population die Überlebensrate und/oder die Nachwuchsleistung erhöht. In der Folge wächst die Population wieder an und strebt einem Gleichgewichtszustand zu. In solchen «Erholungsphasen» kann eine Population unter Umständen sogar zusätzliche Sterblichkeit, z.B. durch Windturbinen, «absorbieren» (Zahn et al. 2014).

Populationskritische Mortalitätsraten sind schwierig festzulegen, weil empirische Daten zum Quelle-Senke-Status und zur Resilienz von Wirbeltier-Populationen notorisch schwierig zu bestimmen sind. Der Zugriff auf Simulationen auf Basis  $\pm$ plausibler demografischer Grössen ist notwendig. Die so ermittelten Szenarien sind Abschätzungen zum Aussterberisiko einer Population bei veränderter Sterblichkeit, unter Ausschluss der (zu) komplexen Resilienz-Effekte. Folgende Autoren haben für Fledermäuse in Europa entsprechende Szenarien ermittelt:

- a) Abendsegler, Zwerg-, Rauhaut- und Breitflügel-Fledermaus (Hötker 2004): Eine Simulationsrechnung ausgehend von einer Abendsegler-Population von 10'000 Individuen, einer jährlichen Sterblichkeit der Adulttiere von 44% (Jungtiere 46%), einer jährlichen Geburtenrate von 1,65 Jungen und einem Höchstalter von 12 Jahren ergab, **dass der Bestand auf knapp 88% des Ausgangszustandes innerhalb von 20 Jahren schrumpfen würde, wenn die jährliche Mortalitätsrate um 0,5%-Punkte erhöht würde (zu den Prozentwerten siehe Box 8)**. Analoge Simulationen mit leicht angepassten demografischen Messwerten, wie sie typische sind für Zwerg-, Rauhaut- und Breitflügel-Fledermäusen, ergaben sehr ähnliche Aussterberisiken für diese Arten.
- b) Abendsegler (Blohm et al. 2009): Ein lokaler Abendseglerbestand von 250 weiblichen Tieren würde bei einer Erhöhung der natürlich gemessenen, jährlichen Sterblichkeit **von 43% auf 53%** (+10%-Punkte) innerhalb von 15 Jahren praktisch sicher erlöschen. Die «Grundsterblichkeit» wurde aufgrund einer über 10-jährigen Beringungsstudie ermittelt (Heise et al. 2003). Die Studie wurde durchgeführt in Wäldern der Uckermark bei Prenzlau/Brandenburg D.
- c) Zwergfledermäuse (Kiefer und Wöhl in Zahn et al. 2014): Eine theoretische Ausgangspopulation von ermittelten 5'000 Tieren und einer jährlichen Wachstumsrate (ohne Windkraftwerke) von 5%, würde durch eine an Windkraftanlagen vor Ort ermittelte Zusatzmortalität (jährlich 2 zusätzliche Todesopfer pro WEA bei 200 WEAs im Landkries) innerhalb von 8 Jahren halbiert. Diese Studie bezieht sich auf Untersuchungen der Mortalität an Windkraftwerken in sechs Landkreisen in Rheinland-Pfalz D.

Fazit:

**Populationssimulationen ergeben bereits bei geringster Zusatzmortalität eine hohes Aussterberisiko für mehrere Fledermausarten.** Alle Beispiele (a-c) beziehen sich auf Fledermausarten, die oft an WEAs zu Tode kommen.

Weitere, die Szenarien stützende Ergebnisse, liefern Studien aus den U.S.A. (Erickson 2014) simulierten das Aussterberisiko der Art Indiana Mausohr (*Myotis sodalis*) aufgrund umfangreicher demografischer Messwerte dieser Populationen. Ihre Ableitungsmethode wurde später auf alle *Myotis*-, *Pipistrellus*- und *Lasiurus*-Arten der U.S.A erweitert (Wiens 2022). Erickson et al. (2014) leiteten aus ihren Berechnungen folgende Schlüsse ab:

- (1) Bereits geringe Verluste von 2 Tieren einer Muttertierkolonie von 80 Weibchen (2,5%) im Frühling, bringt eine Mutterkolonie innert 30 Jahren mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Erlöschen.

- (2) Treten zusätzlich additive Sterblichkeit auf, z.B. durch Erkrankungen, ist die Aussterbe-Wahrscheinlichkeit der Population nochmals deutlich erhöht
- (3) Massnahmen zur Reduktion von Schlagopfern an Windkraftanlagen scheinen zum Schutze von Muttertierkolonien unumgänglich
- (4) Bei Verlusten von 4 Tieren pro Herbst und Jahr aus einer Winterquartier-Population von 200 Tieren konnten sie keine erkennbar höhere Aussterbe-Wahrscheinlichkeit dieser Winterquartier-Population ermitteln. Offenbar wirkt hier eine starke Einwanderung stabilisierend.

Erickson et al. (2014) hebt die Bedeutung nicht **vorhersagbarer stochastischer Ereignisse** bei Fledermäusen hervor, wie eine Serie harter Winter oder Erkrankungen wie dem an der Ostküste Nordamerikas grassierenden «white-nose syndrome». Solche Ereignisse bleiben in den Simulationen unberücksichtigt. Das «white-nose syndrome» wurde in zwischen auch in der Schweiz bei Fledermäusen nachgewiesen, hat bislang aber nirgends in Europa zu einer Massensterblichkeit geführt (Puechmaile et al. 2011).

#### **Gutachterfrage:**

Nach der Literatur kann schon eine Mortalitätserhöhung um nur 0,5 % selbst für häufige Arten wie die Zwergfledermaus populationsrelevant sein. Mit Schwellenwerten von zwei toten Tieren pro Anlage und Jahr, wie sie häufig in (deutschen) Genehmigungsbescheiden festgesetzt werden, können diese Werte aber insbesondere in grossen Windparks schnell überschritten werden. Wie ist das einzuschätzen?

#### **Antwort:**

Ja, die Gefahr besteht: Selbst geringe Zusatzmortalitäten können Fledermaus-Populationen in einen «Sink»-Status versetzen und zum Verschwinden bringen.

**Box 8: Prozent von Prozent oder Prozentpunkte?**

Die Verwendung von Prozentzahlen birgt Fallgruben; es ist nach dem Basiswert zu fragen. Ist dieser selbst eine Prozentzahl, sind irreführende Ableitungen häufig (Krämer 2015).

Die (jährliche) Sterblichkeit oder Mortalität ist eine Prozentzahl, z.B. 200 Todesfälle von anfänglich 1'000 Individuen, d.h. eine (jährliche) Sterblichkeit von 20%.

Erhöht sich die Sterblichkeit nun um 0,5%, fragt sich, zu welcher Basis, konkret  
a) +0,5 *Prozentpunkte* und somit 201 statt 200 Todesfälle

oder

b) +0,5% Prozent = 20,5% Sterblichkeit und somit 205 statt 200 Todesfälle

Eine kritische Sterblichkeitserhöhung von «+0,5 Prozent» kann in absoluten Zahlen also je nach Basiswert +1 oder +5 getötete Individuen pro 1000 Tiere bedeuten! Bei der Ableitung von maximal tolerierbaren Schlagopfern ist dies sehr relevant.

Es bleibt klar auszuweisen, ob eine prozentuale Erhöhung *Prozentpunkte* meint (Fall 2a) oder *Prozente von Prozenten* (Fall 2b). Leider bleiben selbst die Autoren der zitierten Arbeiten in dieser Sache widersprüchlich. Sowohl (Hötker 2004 wie Blohm et al. 2009 beziehen sich sprachlich auf den Fall 2b) leiten ihre Aussage gemäss ausgewiesenen Berechnungsmethoden allerdings nach 2a) ab.

#### **5.4.2 Sind die für Abschaltalgorithmen unterlegten kritischen Mortalitätserhöhungen beweisfest?**

Die Schwellenwerte, operationalisiert durch eine maximale, absolute Anzahl getöteter Tiere pro Jahr und Anlage, entspringen einer Multiplikation der «zusätzlich» verkraftbaren, jährlichen Mortalitätsrate multipliziert mit der Populationsgrösse. Erster Wert (jährliche Mortalitätsrate) entspricht einer unsicheren Abschätzung (vgl. 5.4.1), zweiter Wert (Populationsgrösse) ist völlig unbekannt, da der Radius der betroffenen «Populationen» nicht bestimmbar ist (Zahn et al. 2014, Dietz et al. 2024). Zudem ist zu betonen, dass alle Fledermausarten eine für ihre Art und für den Ort typische Lebensgeschichte haben, d.h. die Grundmortalität variiert je nach Art und Lebensraum.

Es ist die Grundüberlegung der derzeit diskutierten Schutzmassnahmen von WEAs, aus kritischen Mortalitätserhöhungen maximal «tolerierbare», absolute Verlustzahlen abzuleiten, und diese technisch dann durch «fledermausfreundliche» Betriebsmodi (Abschaltalgorithmen) einzuhalten (Hurst et al. 2016). Bei WEAs in Deutschland hat sich dazu die ProBAT-Software, mittlerweile in der Version 7 (Behr 2018; David 2024), als Quasi-Standard durchgesetzt, mit dem ein gewisser «Tötungs-Schwellenwert» eingehalten werden soll. Dabei wird der Betriebsmodus jeder gebauten WEA-Anlage oder jedes gebauten WEA-Parks nach einer Probetriebsphase standortspezifisch

festgelegt, so dass ein maximal «tolerierbares» Tötungsrisiko – integriert über ein Gesamtjahr – aufgrund von komplexen Messungen unterschritten wird. Während einer Probephase werden Faktoren wie Monat, Nachtzeit, Windgeschwindigkeit, Temperatur, gegebenenfalls Niederschlag und andere Parameter mit der an der Gondel oder an Windmessmasten gemessenen Fledermausaktivität (oder einer Schlagopfersuche) in Bezug gesetzt, und nach einer reproduzierbaren Formel zu einem Betriebsalgorithmus geformt. Dieser bestimmt, zu welcher Jahres- und Tageszeit bzw. bei welchen meteorologischen Bedingungen die Anlage abgeschaltet oder gedrosselt wird, um die Schlagopferzahl zu mindern. Es sind beide Richtungen möglich, d.h. ein Probebetrieb ohne anfängliche Einschränkungen, der anhand der Messungen verschärft wird, oder ein initial stark eingeschränkter Probebetrieb, der aufgrund der Messdaten gelockert werden kann.

Die so ermittelten Betriebsmodi können weiter kurzfristig verschärft oder reduziert werden, z.B. durch Einbezug von Messwerten zur aktuellen Fledermausaktivität mit einem automatischen Gondelmonitoring.

Zur Ableitung einer Populationsgefährdung müssten weitere mitbestimmende Parameter bekannt sein. Hierzu besteht ein grosses Wissensdefizit:

- 1) War das getötete Tier ein Weibchen oder Männchen? Fledermaus-Weibchen limitieren den Bestand, Männchen kaum [Es ist eine biologische Gesetzmässigkeit, dass Männchen bei nicht-monogamen Tierarten den Bestand unbedeutend beeinflussen. Die meisten Fledermausarten Europas sind nicht monogam, leks (Weibchen besuchen zur Paarung «Arenen» bzw. bei den Fledermäusen «Schwärmplätze», wo sich Männchen versammeln) und übergrosse Hoden zur Fortpflanzungszeit sind deutliche Indizien für ausgeprägte, nicht-monogame Paarungssysteme bei den meisten Fledermausarten Europas (Dietz 2012)]
- 2) War das getötete Tier ein Alt- oder Jungtier? War das getötete Tier vital oder krank? [traversieren gewisse Kategorien WEAs häufiger, z.B. aufgrund anderer Phänologie, geschlechtsspezifischer Flughöhen oder Zugrouten, etc., ist der Effekt auf die Population unterschiedlich (Lehnert 2014)]
- 3) Erfolgte der Todesfall im Frühling oder Herbst? [Frühlings-Opfer wirken sich deutlich stärker auf die Population aus als Herbstopfer, weil es häufiger Fortpflanzungstiere nach überstandener Überwinterung trifft (Erickson et al. 2014)]
- 4) usw.

Alle diese unerforschten Aspekte könnten ignoriert werden, falls die Fledermausarten in Europa seit Jahren deutlich positive Bestandsentwicklungen zeigten. Dies wäre ein glaubhafter – wenn auch nicht zwingender – Hinweis für deutliche, positive Wachstumsraten der Populationen. **Diese Voraussetzung trifft aber nicht zu**, weder

über ganz Europa (Browning 2021) noch für die Schweiz (Graf et al. 2021). Verschiedene Fledermausarten, insbesondere der Grosse Abendsegler nehmen europaweit im Bestand ab (Bundesverband für Fledermauskunde 2023), ebenfalls die Breitflügel-Fledermaus (fledermausschutz.de 2023). Das Grosse Mausohr – durch Windturbinen im Wald weniger betroffen – nimmt in der Schweiz im Bestand hingegen leicht zu; sein Gefährdungsgrad konnte deshalb von ER auf VU rückgestuft werden (Bohnenstengel et al. 2014).

Eine vorgeschlagene Umgehungslösung an Stelle kritischer Schlagopferzahlen sind Kompensationsverfahren. Dazu wären Kompensationsmassnahmen in Distanz zur WEAs umzusetzen, welche die Demografie der betroffenen Fledermauspopulationen günstig beeinflusst, so dass der Effekt der Zusatzverluste pauschal ausgeglichen wird. Eine Wirkungsprüfung solcher Vorschläge steht aus.

**Fazit:**

Taugliche Abschaltalgorithmen reduzieren nach aktuellem Kenntnisstand die Schlagopferzahl. Sie sind in jedem Fall sorgfältig zu implementieren. Die Abschaltalgorithmen «ersetzen» aber in keinem Fall grundsätzliche Abklärungen zur Gefährdung von Fledermäusen an geplanten Standorten. Und es ist keinesfalls gesagt, dass sie Populationsrückgänge verhindern können.

**Gutachterfrage:**

Sind diese Literaturangaben nachvollziehbar (bitte Herleitung des Autors einfach verständlich erklären) und beweisfest? Z.B. Lindemann et al.]

**Antwort:**

Nein, diese Ableitungen setzen voraus, dass die Individuenzahl (Grösse) der betroffenen Populationen für jede Art bekannt ist und die Zusatzmortalität durch WEAs zuverlässig bestimmt werden kann. Beides ist nicht gegeben.

**Box 9: Umstrittenes RENEBAT-Verfahren (Grundlage f. Software ProBAT)**

Lehnert (2014) durchleuchten das RENEBAT-Verfahren (darauf abgestützt die aktuelle Software ProBAT7, David 2024) und kommen zum Schluss, dass das Verfahren naturschutzfachlich aus verschiedenen Gründen nicht haltbar ist. Neben einer Vielzahl technischer Unzulänglichkeiten bei der Eichungsmessung der «Fledermausaktivität» bringen sie auch juristische Einwände vor (in Bezug auf deutsches Artenschutzrecht). Um nur einige benannte Mängel aufzuzählen: Fehlerhafte Fledermausaktivitäts-Messung durch ungenügende Reichweite der Erfassungsgeräte, insbesondere bei grösseren Anlagen, abweichende Messungen je nach verwendeten Detektoren, Mikrofonen, etc., Aufschlüsselung der Prüfgrösse «Fledermausaktivität» nach effektiven Durchflügen vs. um die Anlage kreisender Individuen, fehlende Artdifferenzierung, fehlende Daten zur Grösse der im Einflussbereich lebenden Fledermauspopulation(en), fehlende Angaben zu deren Demografie u.v.m.

Ein fundamentaler Konstruktionsfehler des RENEBAT-Verfahrens liegt in der fehlenden oder unpräzisen Differenzierung der Arten. Deshalb ist es unmöglich, die Tötungsrate pro Art zu ermitteln. Damit missachtet das RENEBAT-Verfahren das Konspezifitäts-Prinzip. Dieses besagt, dass Arten sich dadurch unterscheiden, dass gewisse Merkmale typisch für diese Art sind. Dies gilt auch für die Demografie, aus der die Schwellenwerte für maximale Todesfälle abgeleitet werden müssten (vgl. oben). Pauschalisierte Schwellenwerte für «Fledermäuse», auf die sich das RENEBAT-System abstützt, sind unvereinbar mit den gesetzlichen Rahmenbedingungen. (NABU 2012).

**5.4.3 Langfristig gepufferte Mortalitätserhöhungen gefährdeter Arten**

Grundsätzlich gelten für die gefährdeten Arten (Tab. 2) die gleichen Gesetzmässigkeiten wie oben beschrieben. Die Resilienz dürfte bei diesen Arten aber geringer sein, entweder weil die Populationen bereits aufgrund anderer Umstände nahe an einem «Senke-Zustand» verharren und/oder weil aufgrund ihrer kleinen Bestandsgrösse negative Populationsausschläge nicht gepuffert sind. Konkret ergibt sich für die NE-Schweiz und Waldstandorte für folgende gefährdete Arten eine besonders ausgeprägte Gefährdungssituation: Bechsteinfledermaus, Braunes Langohr, Mopsfledermaus, Grosser und Kleiner Abendsegler.

**Gutachterfrage:**

Wie gross darf die Mortalitätserhöhung aufgrund von Windturbinen bei gefährdeten oder vom Aussterben bedrohten Arten sein, damit die Populationen langfristig überleben können?

**Antwort:**

Für gefährdete Arten bedeutet jede Zusatzmortalität eine unmittelbare Zusatzgefährdung, weil die Populationen dieser Arten auch ohne WEAs offensichtlich bedroht sind. Beweisfeste Zahlen lassen sich nicht angeben (vgl. 5.4.2)

**5.4.4 Wie wirksam ist der derzeitige Standard-Abschaltalgorithmus?**

Verschiedenste anlagenspezifische und «äussere» Einflussgrössen bestimmen die Zahl der Tötungsereignisse an WEAs. Folgende Grössen, die für einen Abschaltalgorithmus mitbestimmend sein können, sind nach (Zahn et al. 2014) hervorzuheben, in absteigender Reihenfolge ihre Deutlichkeit:

## a) Jahreszeit

Werden Weibchen im Juni/Juli getötet, sterben auch ihre noch unselbständigen Jungen. Zwischen Ende Juli bis Anfang September ist die Schlagopferzahl besonders hoch, zwischen Mitte November und Mitte März praktisch inexistent. Das Ansteigen der Schlagopferzahl ab Ende Juli ist darauf zurückzuführen, dass in der Spätsommerzeit zu den Fortpflanzungstieren noch die diesjährigen Jungtiere hinzukommen.

## b) Witterung und Wind

Bei mittleren Nachttemperaturen unter 8° C kommt im Flachland die Fledermausaktivität praktisch zum Erliegen. 95% der Aktivität findet bei Windgeschwindigkeiten unter 7–8 m/sec statt, bei einzelnen Arten wie Abendsegler oder Rauhautfledermaus unter 9 m/sec. Es genügt nicht, nur abzuschalten bis 7 – 8 m/s, da 5% Aktivität immer noch zu einem beträchtlichen Mortalitätsrisiko führen. Zudem wurden beim Standort Grenchenberg (SO) Fledermausaktivitäten bis zu einer Windgeschwindigkeit von 12 m/s gemessen (Bundesgericht 2021).

## c) Tageszeit

In den ersten Abendstunden ist die Schlagopferzahl besonders hoch.

## d) Raumfaktoren

Im ausgeräumten, offenen Gelände ist die Aktivität gering, in strukturiertem Raum und über Wäldern hoch.

## e) Artzugehörigkeit

Besonders betroffen sind in Mitteleuropa Grosser Abendsegler, Rauhaut-, Zwerg- und Breitflügelfledermaus (Tab. 2). Andere Arten treten als Schlagopfer zurück, entweder aufgrund geringer Populationsgrösse oder aufgrund ihrer «Exposition» zu WEAs (Dürr 2023).

Die derzeitigen Standard-Abschaltalgorithmen RENEBAAT berücksichtigt die Faktoren a)–c). Der Faktor d) wäre während der Planung zu berücksichtigen, der Faktor e) durch



einen Abschaltalgorithmus, der die Signale einer automatischen, dauerhaften Fledermausmessung an der Anlage miteinbezieht.

Dem Gutachter ist aufgefallen, dass der Durchzug von Wetterfronten nicht als Massgrösse einbezogen wird, obschon breit abgestützte Untersuchungen in den U.S.A./Kanada zeigten, dass die meisten Fledermaus-Schlagopfer unmittelbar vor und nach Durchzug einer Front zu verzeichnen waren (Arnett et al. 2008). Ziehende Kleinvögel zeigen bei diesen Wetterereignissen ebenfalls eine deutliche Aktivitätsspitze (Gatter 2010).

**Gutachterfrage:**

Ist die Forderung begründet und für die langfristige Populationserhaltung der Fledermäuse zwingend, dass die Turbinen während der gesamten Aktivitätsphase der Fledermäuse im Gebiet der zu beurteilenden Windturbinen (März bis Mitte November in der Nacht, 3 Std. vor Sonnenuntergang bis 1 Std. nach Sonnenaufgang) abgeschaltet werden? (Vor Sonnenuntergang gefährdet ist insb. der Grosse Abendsegler, weil er noch vor der Dämmerung fliegt.)

**Antwort**

Ja, diese Abschaltzeiten sind biologisch begründbar und entsprechen dem Vorsorgeprinzip.

**5.4.5 Ist Herabsetzung der Mortalität um 90–95% genügend?**

Dies hängt von der Höhe des Grundwertes ab, d.h. der Schlagopferzahl *ohne* Herabsetzung. Bei tiefen Grundwerten reicht die Wachstumsrate bei einer intakten Population in der Regel wohl aus, um 90–95% verminderte Schlagopferverluste zu «verkräften». Erhöht sich aber der Grundwert, z.B. aufgrund Anlagen anderer Bauart (Schwachwindanlage), mehrerer Windturbinen im gleichen Gebiet, Dimension oder Lage im Gelände, ist dies fraglich. Zudem stellt sich die Frage nach dem Grundwert dieser prozentualen Reduktion (Box 8).

**Gutachterfrage:**

Genügt es, die Anlage während der Fledermausaktivitätszeit nur teilweise abzuschalten, wenn dabei die Mortalität bei einer Windturbine im Vergleich zum Betrieb ohne Schutzmassnahmen um 90 oder 95 % herabgesetzt wird (typische Anordnung eines Abschaltalgorithmus in der CH)?

**Antwort**

Hinreichend erscheint eine Herabsetzung um 90–95% nur, wenn die Schlagopferzahl auch ohne Herabsetzung bereits klein ist.

#### **5.4.6 Lässt sich die Schlagopferzahl im Wald überhaupt bestimmen?**

Nach meinen Recherchen ist **eine Schlagopfersuche bei Windanlagen im geschlossenen Wald noch niemandem gelungen**. Schlagopfersuchen bei Anlagen «im Wald» sind Ableitungen von Schlagopferfunden aus dem wenig bewachsenen Teil um den Mastfuss, umgerechnet auf den ganzen «Suchradius». (Brinkmann et al. 2006) begründet diese Beschränkung der Suche auf die wenig bewachsenen Flächen mit, Zitat «...da eine Nachsuche im Wald oder in dichtem Brombeer-/Ginstergebüsch als nicht sinnvoll angesehen wurde ...» (Voigt et al. 2022) (mit weiteren Referenzen darin) zeigten alle, dass die Auffindbarkeit von Kadavern vom Bewuchs, der Abräumrate (meist durch Füchse) und der Sucheffizienz abhängen. Opfersuchen mit Artenspürhunden (Schmallwood et al. 2020) oder Wärmebildüberwachung des Rotorbereichs (Fawcett Williams 2021) können die Schätzung der Schlagopferzahl verfeinern. Es gibt nach meinem Kenntnisstand derzeit keine Technik, die Schlagopferzahl durch Sensoren zu bestimmen, die an den (drehenden) Rotorblättern angebracht sind.

#### **Gutachterfrage:**

Kann beim Verzicht auf eine durchgehende Abschaltung von Windturbinen in Wäldern bei Fledermausaktivität überhaupt kontrolliert werden, wie viele Tiere getötet werden (im Wald ist keine Schlagopfersuche möglich)?

#### **Antwort:**

Nein, denn die Auffindbarkeits-Wahrscheinlichkeit von Fledermaus-Schlagopfern im Wald strebt auch bei grossen Such-Effort gegen Null.

#### **5.4.7 Wäre ein Erhöhung des Abstands zwischen Baumwipfel und unterer Rotorspitze genügend?**

Nach heutigem Kenntnisstand nimmt die Fledermausaktivität ab Höhen von 150 m über Boden bzw. über Baumwipfel stark ab (Hurst et al. 2016) (wobei diese Untersuchung in Gebieten ohne die südlich verbreitete Bulldoggfledermaus angestellt wurde). Eine Anlage, deren unterer Rotordurchlauf oberhalb 150 m über den Baumwipfeln liegt, erscheint derzeit unrealistisch, würde aber – mindestens bezüglich Fledermäuse – wohl eine Entschärfung darstellen. Andere betroffene Artengruppen – z.B. Zugvögel, Tag- und Nachtgreifvögel (Herzog 2019) – könnten dabei aber zusätzlich gefährdet werden. Unklar bleibt ferner die Flughöhe bei migrierenden Fledermäusen.

Die Frage nach einem optimalen unteren Abstand zwischen Rotorspitze und Wipfeldach hat noch niemand beantwortet und dürfte eine äusserst schwierige Optimierung darstellen zwischen verschiedenen betroffenen Arten(gruppen) und ihrer naturschützerischen Bewertung. Hurst empfiehlt im Minimum 50 m Abstand der unteren Rotorspitze zu der Baumhöhe (Hurst et al. 2016), d.h. die Nabe müsste dann bei grossen Windrädern auf mindestens 150 m über dem gewachsenen Boden sein (70 m Rotorradius + 30 m Wald + 50 m Abstand = 150 m).

**Gutachterfrage:**

Würde es (ohne weitere Schutzmassnahmen) genügen, die Windturbinen so hoch zu bauen, dass die Rotorspitzen 150 m über dem Boden liegen (bei 70 m Radius läge die Nabe dann auf 220 m)?

**Antwort:**

Nein. Damit wird zwar die (nicht nachvollziehbare) Empfehlung von Hurst eingehalten. Im Einzelnen hängt die Gefährdung aber auch hier von vielen Faktoren ab. Unklar bleibt etwa die Flughöhe gewisser Fledermausarten während des Zuges.

**5.4.8 Was ist zur Abhängigkeit der Fledermausaktivität von der Windgeschwindigkeit aus der Schweiz bekannt?**

Mir ist eine Studie bekannt von einer Anlage in Le Peuchapatte (JU) (SWILD 2018). Die an der Gondel gemessene Fledermausaktivität fand zu 75% unter Windgeschwindigkeit 3–4 m/sec statt und zu 90% unterhalb von Windgeschwindigkeiten von 6 m/sec. Diese Werte sind pauschalisiert über alle Fledermausarten und Witterungsverhältnisse. Daraus lässt sich nicht schliessen, dass spezifische Arten, wie z.B. die Grossen Abendsegler, Rauhaut- und Zwergfledermaus auch bei stärkeren Winden aktiv sind (vgl. Bach et al. 2009) bzw. dass die Verhältnisse standortabhängig sind. In Analogie zu den umfangreichen Erkenntnissen des windabhängigen Vogelzugs (Bruderer 2017) muss zudem erwartet werden, dass Fledermäuse bei Rückenwind und trockenem Wetter deutlich windtoleranter sein dürften als bei Gegenwind und/oder nasser Witterung. Dies legt auch die Gesetzmässigkeit der Aerodynamik nahe. Die Windverhältnisse in der Schweiz sind zudem stark von der lokalen Topografie geprägt. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse der Einzelstudie Peuchapatte (JU) auf andere Standorte ist nicht gegeben.

**Gutachterfrage:**

In gewissen (deutschen) Genehmigungsbescheiden wird eine solche Abschaltung nur bis zu einer Windgeschwindigkeit von sechs bis 7 m/s verlangt. Tatsächlich wurde beim Windparkprojekt Grenchenberg (SO) aber festgestellt, dass die Fledermäuse bis

zu einer Windgeschwindigkeit von über 11 m/s fliegen. Was ist über die Aktivität der Fledermäuse in der Schweiz bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten bekannt?

**Antwort:**

Über alle Arten pauschalisierte Aktivitätsmessungen liegen einzig von einer Station, Le Peuchapatte (JU) vor. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse ist aufgrund der stark von der Topografie abhängigen Windverhältnisse in der Schweiz nicht gegeben. Einzelne Arten (Grosser Abendsegler, Rauhaut- und Zwergfledermaus) fliegen zudem in beträchtlichen Massen auch bei Windgeschwindigkeiten über 7 m/s, wie nach Arten differenzierte Studien in Deutschland zeigen (Bach et al. 2009).

**5.4.9 Gibt es Unterschiede zwischen lokal vorkommenden Arten und Migrationstieren?**

Bach et al. (2009) erkennen eine «Faustregel», dass grössere und/oder migrierende Arten windtoleranter sind als kleine und/oder residente Arten. Sie zeigten in einer vergleichenden Studie von vier Arten, dass die Reihenfolge der 95%-kumulierten-Aktivität folgende Abfolge zeigte: Zwergfledermaus (95%-Aktivität unter Windstärke 6,5 m/sec), Breitflügel-Fledermaus (unter 7 m/sec), Rauhautfledermaus (unter 8 m/sec) und Abendsegler (unter 9 m/sec). Vor- und Nachuntersuchungen am jeweiligen Standort sind allerdings nötig, um allfällige Abweichungen von diesem Muster zu erkennen.

Bei den diversen Untersuchungen zu den Windabhängigkeiten der Flugaktivität von Fledermäusen (Voigt 2020) fällt mir auf, dass bei den Untersuchungen die Flugrichtung relativ zur Windrichtung unberücksichtigt bleibt (Box 6). Zugvögel modulieren ihr Zugaktivität, Flughöhe, Eigengeschwindigkeit etc. nach dem Winkel zwischen Zugrichtung und Windrichtung. Bei Rückenwind sind sie windtolerant, bei Gegenwind erlischt der Vogelzug (Bruderer et al. 1990, Gatter 2010). Fledermausaktivität bei Windgeschwindigkeiten von bis zu 15 m/sec (Bach et al. 2009) könnten ein Hinweis sein, dass die Windrichtung relativ zur Zugrichtung auch bei Fledermäusen auf dem Zug wichtig ist, d.h. bei solch starken Winden möglicherweise «Rückenwindverhältnisse» geherrscht haben. Treffen diese Überlegungen zu, dürften «Zugfledermäuse» von Abschaltautomatiken mit Trigger 7 m/s möglicherweise weniger profitieren.

Dank dem Einsatz von neuen 3-D-GPS-Sender konnte obiges Muster einer von Topografie und Windverhältnissen gesteuerten Flugweise inzwischen zweifelsfrei für die Bulldogfledermaus in Portugal bestätigt werden (O'Mara et al. 2021). Es wurde dabei auch bekannt, dass die Bulldogfledermaus Aufwinde an Hügeln ausnutzt, um in Höhen, wie sie bisher nicht bekannt waren, aufzusteigen, um Gegenwinden

auszuweichen. Inwieweit diese neuen Erkenntnisse auf andere Fledermausarten und unsere derzeitigen Vorstellungen des «Fledermauszugs» in Mitteleuropa übertragen werden können, bleibt offen.

### **Gutachterfrage:**

Gibt es Unterschiede beim Flugverhalten im Wind zwischen lokal lebenden und migrierenden Fledermäusen?

### **Antwort:**

Die einzige Studie aus der Schweiz (Le Peuchapatte, JU) differenziert bei den windabhängigen Aktivitätsmessungen nicht nach lokalen lebenden und migrierenden Fledermäusen. Es gibt aber Hinweise aus dem Ausland, wonach «Zugfledermäuse» windtoleranter sind als lokal lebende Fledermäuse.

## **5.5 Weitere Einflüsse auf Fledermäuse**

### **5.5.1 Vermeidungseffekte von WEAs**

Zerstörung von Quartieren und Verlust von Fledermauslebensräume inkl. eines Vermeidungseffekts durch WEAs im Wald sind wenig untersuchte Aspekte (Hurst et al. in (Voigt 2020). Ellerbrok et al. (2022) untersuchten in 24 Wäldern mit Windkraftanlagen in Hessen (D) die Fledermausaktivität in Abhängigkeit zur Distanz zu den Masten für drei Fledermaus-Gilden: Freier-Luftraum-Arten, Randlinien-Arten und Nahdistanz-Arten. Letztere sind Waldspezialisten wie die Bechsteinfledermaus oder Arten der Gattung *Pipistrellus*, die aufgrund ihres Flugverhaltens unterhalb der Baumwipfel selten direkte Schlagopfer sind. Die Zahl der festgestellten «Aktivitätsminuten» nahm bei diesen Waldspezialisten mit zunehmender Annäherung zu den Masten signifikant ab. Bei der am nächsten zum Mast positionierten Messstation (80 m von den Masten) war die Aktivität noch halb so gross wie im Abstand von 450 m. Die Autoren folgern daraus, dass WEAs im Wald, insbesondere solche mit langen Rotorblättern, den Lebensraum für die spezialisierten Waldfledermäuse auch ohne direkte Tötung **weiträumig entwerten**. Eine ihrer Erklärungshypothesen geht dahin, dass (Ultraschall)Geräusche der drehenden Rotorblätter die Echoortung der Fledermäuse in einem beträchtlichen Radius um die Anlage verunmöglichen bzw. beeinträchtigen. Andere Ursachen oder eine Kombination von Ursachen sind aber nicht auszuschliessen.

In Finnland konnten (Gaultier 2023) für boreale Wälder nachweisen, dass Nordfledermäuse Waldbereiche im Radius von 600 m um WEAs kaum mehr nutzen, *Myotis*-Arten sogar im Radius von 800 m. Bemerkenswert an dieser Studie ist insbesondere, dass *Myotis*-Arten stark beeinträchtigt wurden. Diese Artengruppe wurde basierend auf den geringen Schlagopferzahlen bei Anlagen im Wald bisher als

wenig stark betroffen eingestuft (vgl. Tab. 2). Diese Befunde bestätigten die obigen Resultate aus Hessen (D).

### **Gutachterfrage:**

Welcher Radius (bzw. welche Fläche) um eine Windturbine **im Wald** wird von Fledermäusen gemieden oder nicht mehr besiedelt?

### **Antwort:**

Der funktionale Lebensraumverlust durch WEAs im Wald liegt nach neuen Untersuchungen bei Radien von 600–800 m um die Anlage. Es sind insbesondere auch «Waldfledermäuse» in der Myotis-Gruppe betroffen.

### **5.5.2 Effekte durch Veränderungen im Bereich von Zufahrt und Installation**

Durch den (Aus)Bau von Zufahrtsstrassen, Installationsplätzen usw. kann sich das Angebot an Quartierbäumen für Fledermäuse verringern. Weil Waldfledermäuse bekanntermassen auf ein ganzes Netz von Wechselquartieren angewiesen sind (Hurst et al. 2016) und Höhlenbäume v.a. im bewirtschafteten Wald in unnatürlich geringer Zahl vorhanden sind, kann dies die Lebensraumqualität verringern.

Andererseits können durch zusätzliche Schneisen und Schlagflächen «innere Waldränder» entstehen, welche «Randlinien-Arten», wie der Mopsfledermaus, neue Jagdmöglichkeiten erschliessen (Hurst et al. in Voigt 2020). Da diese Randlinien aber im Umfeld der Anlagen liegen oder auf sie zuführen, ist eher mit einer stärkeren Gefährdung durch Kollisionen zu rechnen. Durch die Rodungen geschaffene, scheinbar wertvolle Rand- und Lichtlebensräume (z.B. Bund 2018) könnten tatsächlich «ökologische Fallen» darstellen, weil sie die Fledermäuse (z.B. Grosse Abendsegler, Reusch et al. 2023) einem erhöhten Tötungsrisiko aussetzen.

Vergleichend mit WEA-Standorten im Offenland ist die Flächenbeanspruchung und somit Lebensraumentwertungen im Wald für Fledermäuse erheblich grösser (Box 10). Eine Studie in den U.S.A veranschlagt den direkten Flächenbedarf von Windkraftanlagen pro MW-Leistung (nicht pro Windrad). Der Flächenbedarf variierte über 93 Windkraftanlagen stark um den **Mittelwert von  $1 \pm 0,7$  ha/MW** erzeugte Leistung (Denholm et al. 2009).

**Gutachterfrage:**

Was bedeutet die Zerschneidung des Waldes mit Windanlagen und Strassenöffnungen für die Lebensräume der Waldfledermäuse?

**Antwort:**

Die Habitatveränderungen von WEAs im Wald sind beträchtlich, sie beinhalten den Verlust der Lebensstätten (Baumhöhlen, Astausfallungen, etc.) durch Rodungen und die grossräumige Beeinträchtigung von (Jagd)Lebensräumen mutmasslich durch (Ultra-)Schallgeräusche.

**Box 10: Vergleich der permanenten Flächenbeanspruchung WEAs im Wald vs. im Offenland**

	Im Wald in m <sup>2</sup>	Im Offenland in m <sup>2</sup>
Sockel (22x22 m)	484	484
Betriebsfläche/Rodungsbereich	10'000	0
Zufahrten Grossfahrzeuge ab bestehendem Wegnetz bzw. Flurstrasse (12 m breit im Wald, 5 m im Offenland)	6'000	2'500
Unterwerke	50	50
Total	16'534	3'034
<b>Gerundet (ha)</b>	<b>1,65 ha</b>	<b>0,30 ha</b>

**5.5.3 Welche Arten sind betroffen?**

Besonders wichtig ist die Erkenntnis der Studien von Ellerbrok et al. (2022) und Gaultier (2023), dass die Vermeidungseffekte spezifisch für die Gruppe der «Waldfledermausarten» gelten, während die bislang im Fokus stehenden direkten Tötungsrisiken überwiegend auf die Fledermausarten zutreffen, die im freien Luftraum oder entlang von Randlinien jagen. Bei Ellerbrok et al. (2022) waren dies Arten der Myotis-Gruppe sowie Grosser und Kleiner Abendsegler, bei (Gaultier 2023) Arten der Gruppe «Myotis» sowie die Nordfledermaus (CH-Rote Liste VU).

**Gutachterfrage:**

Gilt dies für alle Arten, insbesondere auch für solche, die nicht bis zu den Rotorspitzen hinauffliegen?

**Antwort:**

Ja, dies gilt sogar spezifisch für solche «inner forest» Fledermäuse, z.B. jene aus der Myotis-Gruppe.

## 6 Schlussfolgerungen

Aus dem vorliegenden Gutachten lassen sich folgende Schlüsse in Bezug auf die Problematik Windkraftwerke in Waldstandorten auf Fledermäuse in der NE-Schweiz ableiten:

- Verschiedene Ausgangstatsachen bzw. qualifizierte Abschätzungen zur Exposition und Gefährdung von Fledermäusen durch Windkraftanlagen sind für die (NE-)Schweiz unbekannt, etwa die Artenzusammensetzung, Populationsgrössen und -herkunft, horizontale und vertikale Nutzung des Luftraums über dem Kronendach, Aktivität in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit, Kollisionsrate/Risiko für Barotrauma usw. Die Übertragung von Untersuchungsergebnissen aus dem angrenzenden Ausland (namentlich Deutschland) ist aufgrund unterschiedlicher Reliefs, Waldbilder, Artenzusammensetzung, usw. aus wissenschaftlicher Sicht derzeit unstatthaft.
- Grundsätzlich scheinen Standorte im Wald problematischer als im strukturarmen Freiland, weil es mehr Arten betrifft (nebst den Arten, die bis zu den Rotoren fliegen, auch Waldfledermäuse, deren Lebensräume durch die Geräusche oder andere Effekte der Turbinen weiträumig entwertet werden), obschon die gemessene Fledermausaktivität bei Studien in Deutschland über dem Kronendach vergleichbar mit jener im strukturarmen Offenland war. Zudem sind an Waldstandorten andere, aber insbesondere mehr verschiedene und meist stärker gefährdete Arten betroffen.
- Wälder sollten deshalb als Standort für WEAs grundsätzlich gemieden werden. Falls Waldstandorte zwingend genutzt werden müssen, sind im Ausgangszustand verarmte Waldstandorte zu bevorzugen, ökologische Vorabklärungen und Baubegleitungen unumgänglich und auch kumulative Effekte von mehreren Windkraftanlagen (Windparks) zu berücksichtigen.
- Die Wirksamkeit technischer Vorkehren zur Minderung der Schlagopferzahl wie angepasstes Betriebsreglement, Abschaltalgorithmus usw. sind bei Anlagen ausserhalb des Waldes belegt, deren tatsächliche Effektivität und Schutzwirkung bleibt aber umstritten. Ihre Tauglichkeit an Waldstandorten bzw. für Anlagen im Binnenland (Schwachwindanlagen) bleibt Spekulation. Verschiedene entscheidende Parameter wie die Flughöhe über dem Kronendach, die Flughöhe von ortsansässigen Tieren etc. müssten zuerst genauer untersucht sein, um die Tauglichkeit solcher Vorkehren beurteilen zu können. Einmal erstellt und in Betrieb, sind Betriebssteuerungen bei Windturbinen obligatorisch, ob sie jedoch einen Populationsrückgang verhindern können, ist zweifelhaft.



- 
- Aus den grossen Abweichungen der Fledermaus-Aktivitätsmessungen benachbarter Standorte und aufeinanderfolgender Jahre kann abgeleitet werden, dass auch zur Festlegung geplante Standorte von WEA im Abstand von wenigen hundert Metern individuell zu prüfen sind und dies über eine Dauer von mindestens 3 Jahren (Box 5).
  - Eine besondere Problematik bei Windturbinen im Wald besteht darin, dass ein Monitoring (Suchen von toten Fledermäusen während des Betriebs der Turbinen) praktisch unmöglich ist. Dies im Gegensatz zu Anlagen im Offenland. Wegen der Unmöglichkeit einer nachträglichen Kontrolle und Justierung während des Betriebs muss bei Windturbinen im Wald, soweit solche überhaupt bewilligungsfähig sind, eine Gefährdung der Fledermäuse aufgrund vorangehender eingehender Untersuchungen und sicheren Schutzmassnahmen ausgeschlossen werden können.
  - Aufgrund des unmöglichen Monitorings (vorstehend) und der vielfach lückenhaften Erkenntnisse (oben) kommt bei Windkraftwerken im Wald dem Vorsorgeprinzip («Im Sinne der Vorsorge sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen.» Art. 1 Abs. 2 Umweltschutzgesetz) grösste Bedeutung zu.

## 7 Literaturverzeichnis

**Alcade, J, et al. 2020.** Transcontinental 2200 km migration of a Nathusius' pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*) across Europe. *Mammalia*. 2020, Bde. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2020-0069>.

**ALMI. Basler & Hofmann AG. 2022.** *Windenergie Kanton Zürich. Planerische Grundlagen zur Richtplananpassung – Grundlagenbericht*. Zürich : s.n., 2022.

**Arnett, E, et al. 2008.** Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *J. Wildl. Manag.* 2008, S. 61-78.

**Bach, L und Bach, P. 2009.** Einfluss der Windgeschwindigkeit auf die Aktivität von Fledermäusen. *Nyctalus*. 2009, S. 3–13.

**Bader, E, et al. 2017.** *Richtlinien für Aufnahme, Auswertung und Validierung von Fledermaus-Rufen in der Schweiz*. Bericht der Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG. 2017. S. 20 Seiten.

**Baerwald, E, D'Amours, G, Klug, B, Barclay, R. 2008.** Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology*. 2008, Bd. 18, S. R695–R696.

**BAFU. 2019.** *Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume*. 2019. Umwelt-Vollzug Nr. 1709.

**Beck, A. 1999.** Nachweis einer Fortpflanzung des Grossen Abendseglers im Kanton Aargau. *Mitteilungen Natf. Ges. Aargau*. 1999, S. 129–131.

**Beck, A und Schelbert, B. 2018.** *30 Jahre Fledermausschutz im Aargau*. 2018. Sondernummer 50, Umwelt Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt.

**Behr, O, Brinkmann, R, Hochradel, K, Korner-Nievergelt, F, Reinhard, H, Simon, R, Stiller, F, Weber, N, Nagy, M. 2018.** Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis - Endbericht des Forschungsvorhabens gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Förderkennzeichen 0327638E). 2018.

**Blohm, T und Heise, G. 2009.** Windkraftnutzung und Bestandsentwicklung des Abendseglers, *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774), in der Uckermark. *Nyctalus*. 2009, S. 14–46.

**Bohnenstengel, T, et al. 2014.** Rote Liste Fledermäuse. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2011. 2014.

**Bontadina, F, et al. 2014.** Massive Bat Migration across the Alps: Implications for Wind Energy Development. *XIII European Bat Research Symposium*. 2014, Bd. DOI: 10.13140/2.1.4560.2569.

**Brinkmann, R, Schauer-Weisshahn, H und Bontadina, F. 2006.** *Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg*. Gundelfingen : i.A. Stiftung Naturschutzfonds Baden-Württemberg, 2006.

**Browning, E, Barlow, K, Burns, F, Hawkins, C, Boughey, K. 2021.** European bat population change: a review reveals evidence gaps. *Mammal Review*. 2021, Bd. 51, S. 353–368.

**Bruderer, B und Liechi, F. 1990.** Richtungsverhalten nachziehender Vögel in Süddeutschland und der Schweiz unter besonderer Berücksichtigung des Windeinflusses. *Ornithol. Beob.* 1990, S. 271–293.

**Bruderer, B. 2017.** Vogelzug. Eine schweizerische Perspektive. *Ornithol. Beob.* 2017, S. Beiheft 12.

**Bund. 2018.** Bund, Freunde der Erde. [Online] 08. 08 2018. [Zitat vom: 22. 11 2023.] [https://verena.dcweb.eu/wp-content/uploads/2018/08/Windpark\\_Verenafohren.pdf](https://verena.dcweb.eu/wp-content/uploads/2018/08/Windpark_Verenafohren.pdf).

**Bundesgericht. 2021.** 1C\_573/2018. Urteil vom 24. November 2021. 2021.

**Bundesverband für Fledermauskunde. 2023.** Artenschützer aus Europa in Sorge – Der Große Abendsegler im Abwind. [Online] [Zitat vom: 02. 10 2023.] <https://bvfledermaus.de/wp-content/uploads/2021/12/Pressemitteilung-Grosser-Abendsegler-im-Abwind.pdf>.

**CSCF 2023.** CSCF. [Online] [Zitat vom: 2023. 09 09.] <https://lepus.infofauna.ch/cart0/>.

**Dürr, T. 2007.** Die bundesweite Kartei zur Dokumentation von Fledermausverlusten an Windenergieanlagen - ein Rückblick auf 5 Jahre Datenerfassung. *Nyctalus*. 2007, Bd. 12, S. 108–114.

—. **2023.** IFU Brandenburg. [Online] 2023. [Zitat vom: 09. 08 2023.] <https://lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Fledermaeuse-Uebersicht-Europa.xlsx>.

**David, Naturstiftung. 2024** ProBAT7. <https://www.probat.org/probat-7>. [Online] [Zitat vom: 30. 04 2024.]

**Denholm, P, et al. 2009.** *Land-Use Requirements of Modern Wind Power Plants in the United States*. <https://www.nrel.gov/docs/fy09osti/45834.pdf> : s.n., 2009.

- Deplazes, L, et al. 2016.** *Grosse Fledermausvielfalt in den Waldnaturschutzgebieten des Kantons Zug*. s.l. : Schweizerische Zeitschrift f. Forstwesen, 2016. S. 278–285.
- Dietz, C, Nill, D, von Helversen, O. 2012.** *Handbuch der Fledermäuse Mitteleuropas*. s.l. : Kosmos, 2012.
- Dietz, M, et al. 2024.** *Fachempfehlung für eine bundesweite Signifikanzschwelle für Fledermäuse – Bewertung der derzeitigen Signifikanzschwelle für Fledermäuse und Windenergieanlagen*. s.l. : BfN-Schriften, 682, 2024.
- Dietz, M, Krannich, E und Weitzel, M. 2015.** *Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Fledermausschutzes bei der Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) in Thüringen*. 2015.
- Dingle, H, Drake, V A. 2007.** What is migration? *BioScience*. 2007, Bd. 57, S. 113–121.
- Ellerbrok, J, et al. 2022.** Activity of forest specialist bats decreases towards wind turbines at forest sites. *J. Appl. Ecology*. 2022, S. 2497–2506.
- Erickson, R, Thogmartin, W, Szymanski, J. 2014.** BatTool: an R package with GUI for assessing the effect of White-nose syndrome and other take events on *Myotis* spp. of bats. *Source Code for Biology and Medicine*. 2014.
- Fawcett Williams, K. 2021.** *Thermal Imaging: Bat Survey Guidelines*. s.l. : The Bat Conservation Trust, 2021.
- Ferreira, D, et al. 2021.** Are bat mist nets ideal for capturing bats? From ultrathin to bird nets, a field test. *J Mammology*. 2021, S. 1–8.
- Fledermausschutz Kanton Luzern, Manuel Lingg. 2020.** Katalog für Kompensationsmassnahmen für Fledermäuse bei Windenergieprojekten. 2020, S. 4 Seiten.
- Fledermausschutz), NABU (BAG. 2012.** Ergebnisse des Expertenworkshops „Windkraft und Fledermäuse“. 2012, S. 6 Seiten.
- fledermausschutz.de.** [Online] [Zitat vom: 02. 10 2023.] <https://www.fledermausschutz.de/fledermausarten-in-europa/breitfluegelfledermaus-eptesicus-serotinus/>.
- Fuhrmann, M, Schreiber, C, Tauchert, J. 2002.** Telemetrische Untersuchungen an Bechsteinfledermäusen (*Myotis bechsteinii*) und Kleinen Abendseglern (*Nyctalus leisleri*) im Oberurseler Stadtwald und Umgebung (Hochtaunuskreis). *Schriftenr. Landschaftspflege Naturschutz*. 2002, Bd. 71, S. 131–140.

**Gatter, W. 2010.** *Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa. 30 Jahre Beobachtung des Tagzugs am Randecker Mar.* s.l. : AULA-Verlag, 2010.

**Gaultier, S, et al. 2020.** Bats and Wind Farms: The Role and Importance of the Baltic Sea Countries in the European Context of Power Transition and Biodiversity Conservation. *Environ. Sci. Technol.* 2020, Bd. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.0c00070>.

**Gaultier, S, Lilley, T, Vererinen, E, Brommer, J. 2023.** The presence of wind turbines repels bats in boreal forests. *Landscape and Urban Planning.* 2023, S. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104636>.

**Graf, R, Fischer, C. 2021.** *Atlas der Säugetiere Schweiz und Liechtenstein.* s.l. : Haupt Verlag, 2021.

**Grodsky, S, et al. 2011.** Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *J. Mammology.* 2011, S. 917–925.

**Hötker, H, Thomasen, K-M, Köster, H. 2004.** *Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse.* s.l. : BfN-Skripten 142, 2004.

**Hübner, G. 2002.** Fledermauskästen als Ersatzquartiere. Möglichkeiten und Grenzen. *Ber. ANL.* 2002, Bd. 26, S. 151–161.

**Haensel, J und Ohlendorf, B. 2004.** Die Fledermausmarkierung - nach wie vor eine sehr aktuelle Methode der Fledermausforschung und des wissenschaftlich untersetzten Fledermausschutzes. *Nyctalus.* 2004, S. 195–196.

**Heise, G und Blohm, T. 2003.** Zur Altersstruktur weiblicher Abendsegler (*Nyctalus noctula*) in der Uckermark. *Nyctalus.* 2003, S. 3–13.

**Herzog, S. 2019.** *Raptor and Owl Conservation in Switzerland: Strategic Guidelines and Management Priorities. Report of the Swiss Focal Point of the Raptors MoU under the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS).* 2019. S. 70 Seiten.

**Hofer, U. 2016.** *Evidenzbasierter Artenschutz.* Bern : Haupt Verlag, 2016.

**Hohl, S. 2018.** *Jahresbericht 2018 der Beringungsstation Col de Bretolet.* Sempach : Schweizerische Vogelwarte, 2018.

**Hurst, J, et al. 2015.** Erfassungsstandards für Fledermäuse bei Windkraftprojekten in Wäldern. *Natur und Landschaft.* 2015, S. 157–169.

**Hurst, J, et al. 2016.** *Fledermäuse und Windkraft im Wald. Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3512 84 0201) „Untersuchungen zur Minderung der Auswirkungen von WKA auf Fledermäuse, insbesondere im Wald.* Bonn : s.n., 2016.

**Hutterer, R, Ivanova, T, Meyer-Cords, C, Rodrigues, L. 2005.** *Bat Migrations in Europe. A Review of Banding Data and Literature.* Bonn : Federal Agency for Nature Conservation, 2005.

**König, H und König, W. 2016.** Zum Rückgang der Raufhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii* Keyserling & Blasius, 1839) in einem Durchzugsgebiet am Nördlichen Oberrhein (Bundesrepublik Deutschland, Rheinland-Pfalz). *Fauna Flora Rheinland-Pfalz.* 2016, S. 367–376.

**Kéry, M, et al. 2018.** Population trends of the Peregrine Falcon in Switzerland with special reference to the period 2005–2016. *Ornis Hungarica.* 2018, S. 91–103.

**Kleinradars 2023.** <https://swiss-birdradar.com/>. [Online] [Zitat vom: 2023. 10 03.] <https://swiss-birdradar.com/>.

**Knaus, P, Antoniazza, S, Wechsler, S, Guélat, J, Kéry, M, Strebel, N, Sattler, T. 2018.** *Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016. Verbreitung und Bestandsentwicklung der Vögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein.* Sempach : Schweizerische Vogelwarte, 2018.

**Koordinationsstelle für Fledermausschutz KOF. 2019a.** *Konzept Nationales Schutz- und Monitoringprogramm Langohren: Braunes Langohr (*Plecotus auritus*), Graues Langohr (*Plecotus austriacus*) und Alpenlangohr (*Plecotus macrobullaris*).* 2019a. S. 5 Seiten.

— **2019b.** *Konzept Nationales Schutz- und Monitoringprogramm Mausohren (*Myotis myotis* und *Myotis blythii*).* 2019b. S. 5 Seiten.

**Koordinationsstelle für Fledermausschutz. 2019c.** *Konzept: Nationales Schutz- und Monitoringprogramm Grosse und Kleine Hufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum* und *Rhinolophus hipposideros*).* 2019c. S. 5 Seiten.

**Korner-Nievergelt, F, Behr, O, Brinkmann, R, Etterson, M, Huso, M, Dalthorp, D, Korner-Nievergelt, P, Roth, T, Niermann, I. 2015.** Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass – a tutorial. *Wildlife Biology.* 2015, S. 30-43.

**Krämer, W. 2015.** *So lügt man mit Statistik.* s.l. : Campus Verlag, 2015.

**KVU, Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter. 2023.** *Checkliste UVP für Windenergieanlagen Fachbereiche Vögel, Fledermäuse, Landschaft, Interessenabwägung.* 2023.

**Law, B und Blakey, R. 2021.** *Bats in Temperate Forests: Where Are the Trends in Bat Populations?* 2021. Bde. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54727-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54727-1_6).

- Lehnert, L, Kramer-Schadt, S, Schönborn, S, Lindecke, O, Niermann, I, Voigt, C. 2014.** Wind Farm Facilities in Germany Kill Noctule Bats from Near and Far. *PLOS ONE*. 2014, S. 1–8.
- Lindemann, C, Runkel, V, Kiefer, A, Lukas, A, Veith, M. 2018.** Abschaltalgorithmen für Fledermäuse an Windenergieanlagen. Eine naturschutzfachliche Bewertung. *Naturschutz und Landschaftsplanung*. 2018, S. 418–425.
- Müller, J, et al. 2015.** *Synopsis des internationalen Kenntnisstandes zum Einfluss der Windenergie auf Fledermäuse und Vögel und Spezifizierung für die Schweiz*. s.l. : Bundesamt für Energie, 2015.
- McKay, R, et al. 2024.** Wind energy development can lead to guild-specific habitat loss in boreal forest bats. *Wildlife Biology*. 2024, Bd. doi: 10.1002/wlb3.01168.
- Meschede, A, et al. 2016.** Wanderrouten der Fledermäuse. *BfN-Skripten 453*. 2016, S. 82-152.
- Meschede, A, Heller, K-G, Boye, P. 2002.** *Ökologie, Wanderungen und Genetik von Fledermäusen in Wäldern – Untersuchungen als Grundlage für den Fledermausschutz*. Bonn-Bad Godesberg : Bundesamt für Naturschutz, 2002.
- NABU, BAG Fledermausschutz. 2012.** *Ergebnisse des Expertenworkshops „Windkraft und Fledermäuse“*. 2012. S. 6 Seiten.
- O'Mara, M, et al. 2021.** Bats use topography and nocturnal updrafts to fly high and fast. *Curr. Biol*. 2021, Bd. 31, S. 1311–1316.
- Puechmaille, S, et al. 2011.** Pan-European Distribution of White-Nose Syndrome Fungus (*Geomyces destructans*) Not Associated with Mass Mortality. *PLoS One*. 2011.
- Reichenbach, M, et al. 2015.** *Bau- und Betriebsmonitoring von Windenergieanlagen im Wald. Abschlussbericht 30.11.2015. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie*. 2015.
- Reusch, C, et al. 2023.** Wind energy production in forests conflicts with tree-roosting bats. *Curr. Biol*. 2023, Bd. 33, S. 737–743.
- Rodrigues, L, et al. 2014.** *Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Windenergieprojekten – Überarbeitung 2014*. s.l. : EUROBATS Publication Series No. 6, 2014.
- Roeleke, M, et al. 2016.** Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. *Scientific Reports*, 6(1). doi:10.1038/srep28961 . 2016.
- Runkel, V, Gerding, G, Mackmann, U. 2018.** *Handbuch: Praxis der akustischen Fledermauserfassung*. s.l. : tredition GmbH, 2018.

- Safi, K, Kerth, G. 2004.** A comparative analysis of specialization and extinction risk in temperate-zone bats. *Conservation Biology*. 2004, Bd. 18, S. 1293–1304.
- Schmallwood, K, Bell, D und Standish, S. 2020.** Dogs Detect Larger Wind Energy Effects on Bats and Birds. *J. Wildlife Management*. 2020, S. 852–864.
- Scholz, C und Voigt, C. 2022.** Diet analysis of bats killed at wind turbines suggests large-scale losses of trophic interactions. *Conservation Science and Practice*. 2022, Bd. <https://doi.org/10.1111/csp2.12744>.
- Steffen, R, Zöphel, U, Brockmann, D. 2007.** *40th Anniversary Bat Marking Centre Dresden – Evaluation of Methods and Overview of Results*. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie : s.n., 2007.
- Stilz, W.-P. und Schnitzler, H.-U. 2012.** Estimation of the acoustic range of bat echolocation for extended targets. *J. Acoustic. Soc. Am.* 2012, S. 1765–1775.
- Stutz, H-P. 1985.** Fledermäuse im Kanton Schaffhausen. 1985.
- SWILD. 2015.** *Standortabklärung Fledermäuse: Windpark Grenchenberg, SO. Abschaltplan Fledermausschutz*. 2015.
- SWILD, Natura &. 2018.** *Mortalité causée par le parc éolien du Peuchapatte sur les chauves-souris et évaluation de mesures de protection - Mortalität von Fledermäusen beim Windpark Le Peuchapatte und Evaluation von Schutzmassnahmen. Rapport de synthèse - Synthesebericht*. s.l.: Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU und des Bundesamtes für Energie BFE, 2018. S. 132 Seiten.
- Tolvannen, A, et al. 2023.** How far are birds, bats, and terrestrial mammals displaced from onshore wind power development? – A systematic review. *Biological Conservation*. 2023, Bd. 288, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110382>.
- VAS. 2023.** Verein Artenspürhunde Schweiz. [Online] 2023. [Zitat vom: 18. 09 2023.] [www.artenspuehunde.ch](http://www.artenspuehunde.ch).
- Voigt, C, et al. 2018.** Conservation Strategies for Bats Flying at High Altitudes. *BioScience*. 2018, Bd. 68, S. 427–435.
- Voigt, C, et al. 2022.** Wind turbines without curtailment produce large numbers of bat fatalities throughout their lifetime: A call against ignorance and neglect. *Global Ecology and Conservation*. 2022.
- Voigt, C, Lehnert, L, Peterson, G, Adorf, F, Bach, L. 2015.** Wildlife and renewable energy: German politics cross migratory bats. *Eur J Wildl Res*. 2015, S. DOI:10.1007/s10344-015-0903-y.



- Voigt, C. 2020.** *Evidenzbasierter Fledermaussschutz in Windvorhaben*. s.l.: Springer Spektrum, 2020.
- Walsh, A. und Harris, S. 1996.** Factors determining the abundance of vespertilionid bats in Britain: geographical, and class and local habitat relationships. *J. Appl. Ecology*. 1996, S. 519–529.
- Wegler, M und Aschwanden, B. 1999.** Angebot und Besetzung natürlicher Nisthöhlen in einem Buchenmischwald. *Ornithol. Beob.* 1999, S. 83–94.
- Wellig, S, et al. 2018.** Mitigating the negative impacts of tall wind turbines on bats: Vertical activity profiles and relationships to wind speed. *PLOS*. 2018, Bd. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192493>.
- Wiens, A, Erickson, R, Thogmartin, W. 2022.** Bat demographic look up tables for BatTool R package. U.S. Geological Survey data release. <https://doi.org/10.5066/P9P9BKIG>. 2022.
- Wikipedia-Autoren. 2023.** Wikipedia. [Online] 28. 08 2023. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Windmessmast&oldid=235249704>.
- Zahn, A, Lustig, A und Hammer, M. 2014.** Potenzielle Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermauspopulationen. *Anliegen Natur*. 2014, S. 21-35.