

**Leitfaden
zu fledermauskundlichen
Untersuchungen für
Windenergieprojekte
in Luxemburg**



September 2023

Aktualisierte Version: Februar 2026

Auftraggeber

LE GOUVERNEMENT DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Environnement, du Climat et de la Biodiversité
D3 - Direction des Evaluations des incidences sur l'environnement
Pit Steinmetz
4, Place de l'Europe. L-1499 Luxembourg
Tél. (+352) 247-86857
E-mail : pit.steinmetz@mev.etat.lu
www.emwelt.lu . www.gouvernement.lu . www.luxembourg.lu

Auftragnehmer

Gessner
Landschaftsökologie

Am Rothenberg 5
54293 Trier
Tel: 0651-9941403
E-Mail: buerogessner@t-online.de
www.gessner-landschaftsoekologie.de



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung, Anlass und Ziele des Leitfadens	6
2	Derzeitiger Kenntnisstand zur Konfliktanalyse Fledermäuse und Windenergie	8
2.1	Kollision	9
2.2	Quartierverluste	11
2.3	Störeffekte durch Beeinträchtigung von Lebensräumen	11
3	Rechtliche Grundlagen	14
3.1	Rechtliche Vorgaben zum Artenschutz	14
3.1.1	Tötungs- und Verletzungsverbot (jedes Individuum)	14
3.1.2	Schutz der Lebensstätten (Objektbezug)	15
3.1.3	Störungsverbot (Populationsbezug)	16
3.2	Gebietsschutz	18
3.3	Habitatschutz gemäß Artikel 17 Naturschutzgesetz (NSG)	19
4	Fledermausvorkommen in Luxemburg	22
5	Felderhebungen allgemein	23
6	Methodisches Vorgehen, Standarduntersuchung.....	26
6.1	Abgrenzung des engeren und weiteren Untersuchungsgebietes	26
6.2	Datenrecherche	26
6.3	Untersuchungsumfang	26
6.4	Planungssituationen, Konfliktträchtigkeit.....	27
6.4.1	Neuplanungen von WEA, Windparkerweiterungen	27
6.4.2	Repowering.....	28
6.5	Untersuchungsdesign, Standarduntersuchung	29
6.6	Protokolle der durchgeführten Methoden	29
7	Ziele und Grenzen der Erfassungsmethoden	31
7.1	Akustik (mit Hinweisen zur Interpretation der Daten)	31
7.2	Netzfang	36

7.3	Besenderung, Quartiertelemetry, Ausflugszählung	38
7.4	Habitatstrukturkartierung	40
7.5	Sonderuntersuchungen	41
7.5.1	Raumnutzungstelemetry	41
7.5.2	Mastmessungen	41
7.5.3	Akustische Messungen über dem Kronendach eines Waldes	42
8	Vermeidung und Minimierung von Eingriffsfolgen	43
8.1	Minimierung baubedingter Störeffekte	43
8.2	Minimierung der baubedingten Tötung	43
8.3	Minimierung der betriebsbedingten Tötung	43
8.3.1	Schwellenwert für tote Tiere	43
8.3.2	Vorsorgliche Betriebsalgorithmen	46
8.3.3	Repowering	47
8.3.4	Akustisches Monitoring in der WEA	48
8.3.5	Berechnung der Betriebsalgorithmen	56
8.3.6	Zusammenfassung der Maßnahmen zur Reduktion des betriebsbedingten Kollisionsrisikos	60
8.4	Minimierung der Störeffekte und betriebsbedingter Kollisionen	61
8.4.1	Standortoptimierung	65
8.4.2	Verzicht auf sehr konfliktträchtige Standorte	67
9	Ausgleichsmaßnahmen	68
9.1	Ökobilanzierung	68
9.2	Lebensraumaufwertung	68
10	Literatur	70
11	Anhang	79

Vorbemerkungen zur Aktualisierung des Leitfadens 2026

Im September 2023 wurde der Leitfaden zu fledermauskundlichen Untersuchungen für Windenergieprojekte in Luxemburg auf der Seite [ewelt.lu](https://www.ewelt.lu) veröffentlicht. Er berücksichtigte alle bis dahin geltenden rechtlichen Grundlagen und die verfügbaren wissenschaftlichen Kenntnisse. In den letzten zwei Jahren haben sich einige Änderungen ergeben, die vor allem auf wissenschaftlicher Basis neue Ergebnisse brachten. So wurden zum Thema Störung mehrere neue Studien veröffentlicht, die Hinweise darauf geben, dass Fledermäuse durch den Betrieb einer Anlage gestört bzw. auch angelockt werden. Dies kann zu Habitatentwertungen infolge von Meidung oder auch zu einer höheren Schlaggefährdung für kollisionsgefährdete Arten führen, wenn die Tiere die WEA erkunden oder dort nach Nahrung suchen. Über das BfN (Bundesamt für Naturschutz in Deutschland) wurden zudem zwei systematische Studien zum Schwellenwert¹ (Signifikanzschwelle der maximal tolerierten Schlagopfer für eine WEA pro Jahr) und zur Erfassung von Fledermäusen mit zusätzlichen Turmmikrofonen an Windenergieanlagen² in Auftrag gegeben, welche inzwischen vorliegen. Sie geben wertvolle Empfehlungen im Umgang mit diesen Themen.

Im Oktober 2023 wurde von der EU-Kommission eine Novelle der Erneuerbaren-Energie-Richtlinie (RED III) verabschiedet, die Maßnahmen für beschleunigte und vereinfachte Planungs- und Genehmigungsverfahren aus der EU-Notfallverordnung festschreibt. Eine Umsetzung in nationales Recht wird derzeit bearbeitet, liegt aber noch nicht vor. In der aktualisierten Fassung des Leitfadens wurde vor dem Hintergrund möglicher Vereinfachungen das Vorgehen und die Empfehlungen zum Fledermausschutz nochmals überprüft und stellenweise angepasst.

Die vorläufige aktualisierte Fassung wurde den Anwendern zur Verfügung gestellt, die die Möglichkeit hatten, Anregungen und Kritik in einer Gesprächsrunde und auch schriftlich einzureichen.

¹ Dietz et al. 2024: Fachempfehlung für eine bundesweite Signifikanzschwelle für Fledermäuse und Windenergieanlagen. BfN-Schriften 682

² Behr et al. 2025: Die Höhenverteilung von Fledermäusen an Windenergieanlagen. BfN-Schriften 741.

1 Aufgabenstellung, Anlass und Ziele des Leitfadens

Dem Ausbau der Windenergie kommt im Zuge der Energiewende eine tragende Rolle zu, um die gesteckten Reduktionsziele für Treibhausgase zu erreichen und den Ausbau der erneuerbaren Energien voranzutreiben. Dabei ist ein naturverträglicher Bau und Betrieb von Windenergieanlagen (WEA) notwendig. In der Praxis zur Genehmigung von Windrädern treten aber oftmals Zielkonflikte mit den rechtlichen Vorgaben zum Schutz von geschützten Arten, u.a. von Fledermäusen auf. Insbesondere besteht für einige Fledermausarten ein erhöhtes Risiko, mit den WEA zu kollidieren bzw. ein Barotrauma zu erleiden und dabei tödlich verletzt zu werden. Jüngste, systematische Erfassungen anthropogen verursachter Todesursachen zeigen deutlich, dass der Betrieb von WEA an diesen Todesursachen weltweit maßgeblich beteiligt ist (Voigt 2020). Auch Lebensraumverluste oder -entwertungen, die beispielsweise beim Bau von Anlagen in naturnahen und / oder strukturreichen Gebieten eintreten können, können Fledermauspopulationen erheblich beeinträchtigen.

Alle Fledermausarten zählen zu den streng zu schützenden Tierarten von gemeinschaftlichem Interesse (Anhang-IV-Arten), für einige Arten wurden zudem besondere Schutzgebiete („FFH-Gebiete“) ausgewiesen (Anhang-II-Arten). Nach Artikel 12 der Richtlinie 92/43/EWG gelten besondere Schutzbestimmungen für diese Arten, die in Luxemburg im Naturschutzgesetz (*Loi modifiée du 18 juillet 2018 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles*) umgesetzt worden sind (Art. 21, vgl. Kap. 3.1). Zudem fallen Fledermäuse unter die Konvention zum Schutz migrierender Arten der Vereinten Nationen (Convention on Migratory Species, Bonner Konvention, CMS). Dieses Abkommen wird in Europa durch die UNEP/EUROBATS-Vereinbarung (Bonn 1979, London 1991) umgesetzt, der Luxemburg am 29. Oktober 1993 zugestimmt hat.

Im Konflikt zwischen Fledermausschutz und Windenergieproduktion werden zwei gleichwertige politische Ziele verfolgt: einerseits die Erfüllung der EU-Richtlinien zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbare-Energien-Richtlinie) (2018/2001 (RED II) und 2023/2413 (RED III)) und andererseits die Erfüllung der Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie, FFH-RL).

Fledermäuse sind als streng geschützte und bedrohte Artengruppe zu einem wichtigen Untersuchungsobjekt im Rahmen von Windkraftvorhaben geworden. Sie haben eine geringe jährliche Reproduktion und eine lange Lebenserwartung; entsprechend schwer wiegt selbst eine geringe zusätzliche Mortalität (EU-Kommission 2013). Verschiedene Themengebiete zur Beurteilung der tatsächlichen Betroffenheit von Fledermäusen beim Bau und Betrieb von WEA sind aktuell aber immer noch nicht ausreichend erforscht. Vor dem Hintergrund der rasanten

technischen Entwicklung der Windräder fordert Voigt (2020), dass der aktuelle Wissenstand der Forschung konsequent in Schutzmaßnahmen umgesetzt wird, um eine ökologisch nachhaltige Energiewende zu erreichen.

Der hier vorliegende Leitfaden orientiert sich sowohl an den Vorgaben des EUROBATS Leitfadens (Rodrigues et al. 2016) als auch an bereits vorliegenden Arbeitspapieren und Handlungsempfehlungen aus verschiedenen Bundesländern in Deutschland, insbesondere Rheinland-Pfalz (Richarz et al. 2012), Saarland (Richarz et al. 2013) und Thüringen (ITN 2015). Diese Leitfäden spiegeln den regional spezifischen und den zum Zeitpunkt der Erstellung aktuellen Wissensstand wider. In den letzten 10 Jahren wurden die Forschungsarbeiten stetig weitergeführt, und es wurden weitere wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeitet. Diese werden in dem vorliegenden Leitfaden vorgestellt und sie finden in besonderen Situationen Berücksichtigung. Zudem wurden in diesem Leitfaden auch die speziellen Auflagen des Landes Luxemburg berücksichtigt.

Der vorliegende „Leitfaden zu fledermauskundlichen Untersuchungen für Windenergieprojekte in Luxemburg“ hat zum Ziel, Gutachter, Antragssteller und der naturschutzfachlichen Genehmigungsbehörde (*Ministère de l'Environnement, du Climat et de la Biodiversité* (MECB), *Service autorisations* der *Administration de la nature et des forêts* (ANF)) einheitliche Maßstäbe für die Erarbeitung der Felddaten mit Hinweisen zur Bewertung der artenschutzrechtlichen Störungs-, Verletzungs- und Tötungsrisiken einschl. der Berücksichtigung von Art. 17 NSG bei der Errichtung und beim Betrieb von WEA an die Hand zu geben, die zur Rechtssicherheit der behördlichen Entscheidungen beitragen. Die vorhabensbezogenen Kartierungen stellen auch die Basis zur Beurteilung möglicher Konflikte auf Natura-2000-Gebiete dar. Die Prüfung auf FFH-Verträglichkeit erfolgt aber in eigenständigen Dokumenten (Vorprüfung („Screening“), Prüfung der Verträglichkeit)³ und ist nicht Gegenstand dieses Leitfadens.

³ luxemburgischer Leitfaden: https://environnement.public.lu/dam-assets/documents/natur/biodiversite/reseau-zones-protegees/natura2000/Leitfaden_FFH-LU.pdf

2 Derzeitiger Kenntnisstand zur Konfliktanalyse Fledermäuse und Windenergie

Seit über 20 Jahren werden Fledermäuse in Genehmigungsverfahren für die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen (WEA) berücksichtigt. Das Konfliktfeld zwischen dem Bau und Betrieb von WEA und Fledermäusen ist schon vor ca. 10 Jahren in zahlreichen Studien untersucht worden (z.B. Arnett et al. 2011, 2016; Baerwald et al. 2008, Brinkmann et al. 2011, Rydell et al. 2010, Zahn et al. 2014). Mit der Anwendung des strengen Artenschutzrechts der Europäischen Union sind die Anforderungen an Fledermausgutachten stark gestiegen.

Durch gezielte Forschungen wurden immer wieder neue wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen (z.B. Brinkmann et al. 2011 (RENEBAT I), Behr et al. 2016 (RENEBAT II), Behr et al. 2018 (RENEBAT III), Hurst et al. 2016, Voigt 2020, Runkel et al. 2020, Barré et al. 2018, Scholz & Voigt 2022, Ellerbrok et al. 2022, Dietz et al. 2024, Behr et al. 2025).

Die Kollision der Tiere an den Rotorblättern nimmt bei Windkraftplanungen eine Schlüsselstellung ein, da sich hohe Schlagopferzahlen auf Fledermauspopulationen auswirken können (Zahn et al. 2014, Frick et al. 2017, Lindemann et al. 2018, Dietz et al. 2024). Der Zusammenhang zwischen dem Betrieb von WEA und den hohen Schlagopferzahlen von Fledermäusen ist heute wissenschaftlich anerkannt und im Rahmen einer Konfliktanalyse regelmäßig betrachtungsrelevant (Richarz et al. 2012, 2013; Voigt et al. 2019). Weitere mögliche Beeinträchtigungen wie baubedingte Quartier- oder Lebensraumverluste können ebenfalls eintreten, spielten aber gegenüber den letalen Folgen bislang eher eine untergeordnete Rolle (Brinkmann et al. 2011). In den letzten Jahren wurden aber zunehmend auch Studien zu möglichen Störwirkungen durch Schallemissionen durchgeführt (Schaub et al. 2008, Barré et al. 2018, Ellerbrok et al. 2022, Leroux et al. 2022). Störwirkungen blieben in Deutschland in den bisherigen, behördlichen Handlungsempfehlungen zum fledermausfreundlichen Betrieb von WEA noch unberücksichtigt, da zum Zeitpunkt der Erstellung der Leitfäden empirische Daten fehlten, um eine mögliche Betroffenheit sicher beurteilen zu können.

Der Zugewinn an Kenntnissen geht auch mit einer schnellen technischen und planerischen Entwicklung einher, so dass fraglich ist, ob die jeweiligen Studienergebnisse auf die heutigen Situationen einer WEA-Planung uneingeschränkt übertragen werden können. Dies ist vor allem den immer höheren und leistungstärkeren Anlagentypen geschuldet, wodurch Nabenhöhen und die Länge der Rotorblätter teilweise stark von den früheren Bedingungen abweichen. Der aktuelle Wissensstand deckt nicht alle Themenbereiche ab. Dies erklärt den weiter bestehenden, hohen Forschungsbedarf und schließlich auch die Notwendigkeit der

Akzeptanz und raschen Umsetzung der Evidenzen in den Handlungsempfehlungen für eine ökologisch nachhaltige Energiewende (Voigt 2020).

2.1 Kollision

Fledermäuse sterben an WEA entweder durch direkte Kollision an den Rotorblättern oder durch ein sogenanntes Barotrauma, bei dem innere Organe durch die starken Luftdruckveränderungen zerrissen werden (Baerwald et al. 2008; Voigt et al. 2015). Die verfügbaren Schätzwerte zur Mortalität liegen zwischen zwei und bis zu 20 getöteten Fledermäusen pro Jahr (Rydell et al. 2010). Eine in Deutschland im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit durchgeführte Untersuchung ergab einen mittleren Schätzwert von 10 bis 12 getöteten Fledermäusen pro WEA und Jahr (Brinkmann et al. 2011). Einen maßgeblichen Einfluss auf diesen Wert haben verschiedene Parameter wie z.B. Standort, geografische Region, Erfassungsmethoden und Anlagentyp.

Im Großherzogtum Luxemburg werden rund 80 % des erforderlichen Stroms aus dem Ausland importiert. 2025 wurde der in Luxemburg produzierte und ins Netz eingespeiste Strom zu fast 90% aus erneuerbaren Energien gewonnen und die Stromerzeugung durch Windkraft war daran mit ungefähr 34 % beteiligt⁴. Aktuell sind im gesamten Großherzogtum ca. 71 Windkraftanlagen installiert. Weitere Anlagen sind in der Planung, in der Genehmigungsprozedur oder genehmigt, jedoch noch nicht in Betrieb. Ein deutlicher Schwerpunkt der Windenergiegewinnung liegt im Norden des Landes (Ösling). Vor allem die kumulativen Effekte der Anlagen können hier zu Gefährdungssteigerungen führen, wenn diese in den Aktionsarealen residenter Fledermauspopulation bzw. im Bereich von Zugstrecken migrierender Arten liegen. Sind Fernzieher wie der Abendsegler und der Kleinabendsegler oder die Rauhaufledermaus auf ihren Wanderrouten betroffen, so kann sich dies weit über die Grenzen auch auf nicht ortansässige Populationen auswirken. Mit der Entwicklung größerer Anlagen kommt derzeit aber auch der Süden des Landes (Gutland) immer stärker für Windenergieprojekte in Frage.

Aufgrund artspezifischer Verhaltensweisen sind nicht alle Fledermausarten gleichermaßen durch Kollision betroffen (z.B. Brinkmann et al. 2011, Behr et al. 2016, Behr et al. 2018, Roemer et al. 2017 u.a.). Zu den Risikoarten zählen solche Spezies, die in der regelmäßig geführten Funddatei an Schlagopfern (Dürr 2025 ⁵und Abbildung 13 im Anhang) mindestens

⁴ <https://energieauer.lu/?lang=de>

⁵ Die Kollisionsdatenbank trägt die vorhandenen, weit verstreuten Einzeldaten und Monitoringberichte über Verluste an Windenergieanlagen zusammen. Sie kann ein Bild der schlaggefährdeten Arten zeichnen und weitere Fragen zu artspezifischen Betroffenheit beantworten, sie lässt jedoch keine Hochrechnungen der Gesamtverluste zu (LfU 2025).

1 % der Schlagopfer ausmachen (vgl. Voigt 2020). Basierend auf den Erfahrungswerten aus Deutschland, wären dies für Luxemburg:

- der Abendsegler (*Nyctalus noctula*),
- die Rauhaufledermaus (*Pipistrellus nathusii*),
- die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*),
- der Kleinabendsegler (*Nyctalus leisleri*),
- die Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*),
- die Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*),
- die Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*).

Die genannten Arten machen europaweit mehr als 70 % aller Schlagopfer an WEA aus. Hierin nicht enthalten sind getötete Fledermausarten, die nicht identifiziert werden konnten. Bislang ist nicht bekannt, wie sich diese Verlustzahlen auf die betroffenen Populationen auswirken. Verschiedene Populationsmodelle aus Deutschland und Nordamerika weisen aber darauf hin, dass mittelfristige Bestandseinbußen für die Risikoarten zu erwarten sind (Zahn et al. 2014, Frick et al. 2017). Für den Abendsegler wird in Deutschland eine negative Bestandsentwicklung angenommen (Voigt 2020). Der Erhaltungszustand der Art wurde in Luxemburg 2019 im Rahmen der regelmäßigen Berichtspflichten (Article 17 report 92/43/CEE 2013_2018 Luxembourg) als unzureichend-schlecht (U2) abgestuft (vgl. Tab. 1 in Kap. 3.3); hierdurch gewinnt der Abendsegler im Rahmen der Konfliktanalyse für Windkraft eine besondere Gewichtung (vgl. Kap. 8.3.1). Die Spezies zählt zu den migrierenden Fledermäusen, allerdings kann die Art in Luxemburg auch im Sommer regelmäßig nachgewiesen werden, hierbei handelt es sich vermutlich um übersommernde Männchen, da Wochenstuben der Art aktuell nicht bekannt sind. Zu den residenten (ortansässigen) und zusätzlich schlaggefährdeten Arten zählen der Kleinabendsegler, die Zwergfledermaus und die Breitflügelfledermaus; diese Spezies sind bei Windkraftplanungen besonders betrachtungsrelevant, weil ihre Fortpflanzungsgesellschaften empfindlich betroffen sein können. Arten der Gattungen *Myotis*, *Plecotus*, *Barbastella* und *Rhinolophus* machen weniger als 0,5 % der aufgezeichneten Totfunde aus (Dürr 2025).

Die europäischen und nordamerikanischen Untersuchungen zeigen, dass die Schlagopferzahlen besonders im Spätsommer und Frühherbst gehäuft auftreten. In diesem Fall sind vorwiegend migrierende Arten betroffen, die im höheren Luftraum unterwegs sind. Mit hoher Sicherheit muss für Fledermäuse von einem Breitfrontenzug ausgegangen werden, so dass ausgeprägte Zugkorridore unwahrscheinlich sind (Karst et al. 2017, Meschede et al. 2017). Sind Wochenstubentiere von schlaggefährdeten Arten im Umfeld der WEA ansässig, so kann sich das vermehrte Schlagrisiko auch auf die Phase der Jungenaufzucht ausdehnen. Neben der Jagd und dem Wandergeschehen im hohen Luftraum könnte als weitere Ursache

auch das Erkundungsverhalten eine Rolle spielen (z.B. bei der Zwergfledermaus, evtl. auch bei der Mopsfledermaus), welches Tiere in den Gefahrenbereich lockt (vgl. Zahn et al. 2014, Budenz et al. 2017, s. auch Attraktionseffekte in Kap. 8.4).

2.2 Quartierverluste

Fledermäuse beziehen Quartiere vor allem in Gebäuden (Siedlungsbewohner) oder in Bäumen (Waldbewohner). Eine direkte Beeinträchtigung durch Beschädigung oder Verlust von Quartieren ist im Rahmen der Windkraftplanung für Gebäudequartiere unwahrscheinlich, da die Standorte einen Mindestabstand zu Siedlungen einhalten müssen. Im Einzelfall könnten höchstens Schuppen und kleinere, landwirtschaftliche Außengebäude betroffen sein. Die Möglichkeit einer baubedingten Betroffenheit durch Gehölzverluste kann bestehen und damit verbundene, potenzielle Quartierverluste müssen für jede Standortplanung geprüft werden. Hierbei sind nicht nur die Stellflächen und sonstige Bauflächen zu beachten, sondern auch solche Eingriffe, die im Rahmen der Erschließung und des Antransports eintreten können.

2.3 Störeffekte durch Beeinträchtigung von Lebensräumen

Bisher ging man davon aus, dass Störwirkungen durch den Betrieb von WEA keinen relevanten bzw. wegen fehlender empirischer Untersuchungen auch keinen belegbaren Einfluss auf Fledermauspopulationen haben (ITN 2015, Long et al. 2011, Richarz et al. 2012 und 2013, u.a.). Aktuell sind mögliche Störeffekte auf Fledermäuse, die von WEA ausgehen, Gegenstand der jüngsten Forschungen (Hurst et al. 2016, Barré et al. 2018, Leroux et al. 2022, 2023, 2024, Ellerbrok et al. 2023, Gaultier et al. 2023, Lehmann et al. 2024). Insbesondere geht man der Frage nach, ob und in welchem Ausmaß die Schallemissionen sich drehender Rotoren Auswirkungen auf die Fledermausaktivität und damit auf verschiedene Funktionen haben können. Es wird geprüft, ob die WEA-nahen Bereiche von Fledermäusen gemieden oder seltener aufgesucht werden, was mit Habitatentwertungen oder -verlusten einhergehen würde. Im schlimmsten Fall könnten auch essentielle Jagdhabitats, welche zur Bestandssicherung einer Kolonie zwingend erforderlich sind, betroffen sein. Auch markante Flugrouten (entlang eines Waldrandes oder einer Leitstruktur) könnten in ihrer Funktion gestört werden. Eine verminderte Aktivität im Umfeld von WEA kann also zu einer Verkleinerung von Jagdhabitats, zu einer Unterbrechung von Flugrouten und/oder Irritationen von Tieren führen (Runge et al. 2010).

Die Auswirkungen von Verkehrslärm auf die Beutedetektion wurden 2008 am Großen Mausohr untersucht, welches seine Beute auch passiv über Raschelgeräusche ortet. Es zeigte sich, dass die Simulierung von Autobahnlärm zur akustischen Maskierung von Beutetiergeräuschen bei dieser Art führte (Schaub et al. 2008). Dies bedeutet, dass straßennahe Jagdhabitats durch

den Verkehrslärm für das Große Mausohr entwertet werden können, weil der Erfolg der Beutedetektion hier deutlich verringert ist.

Neue wissenschaftliche Erkenntnisse sprechen dafür, dass auch der Betrieb von WEA für einige Arten betrachtungsrelevant sein könnte. So wurden in zahlreichen Studien über Aktivitätsmessungen Verhaltensänderungen von Fledermäusen durch Anlockeffekte oder Meidung im Bereich von Windenergieanlagen festgestellt. Eine Studie, die in Nordwestfrankreich von Barré et al. (2018) an modernen Anlagen mit Nabenhöhen > 80 m (insgesamt 151 WEAs) durchgeführt wurde, zeigte eine deutliche Abnahme der Fledermausaktivität innerhalb des 1000 m – Radius für fast alle Arten während der Migrationsperiode, wobei die Gattungen *Barbastellus*, *Pipistrellus*, *Nyctalus* und *Eptesicus* (hier als schnell fliegende Arten klassifiziert) eine geringere Abnahme der Aktivität zeigten als die Gattungen *Plecotus*, *Rhinolophus* und die Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*, hier als „Gleaner“ klassifiziert). Bei den zuletzt genannten Gattungen und Spezies zeigte sich ein Aktivitätsverlust von 77 % in 500 m Abstand zur Windenergieanlage. Als mögliche Ursachen für die Störwirkung werden hier die Leuchtbefuerung sowie Lärmimmissionen diskutiert. Auch neuere Studien zeigen deutlich, dass Fledermäuse sich im Umfeld von Windenergieanlagen hinsichtlich ihrer Aktivität durch Anlockeffekte oder Meidung anders verhalten als in größerer Entfernung zu diesen (Richardson et al. 2021, Leroux et al. 2022). Im Sommer 2022 stellte das Leibniz-Institut für Wildtierforschung eine neue Untersuchung vor, die in Hessen (Deutschland) gemeinsam mit der Phillips-Universität Marburg und der Christian-Albrechts-Universität Kiel durchgeführt wurde (Ellerbrok et al. 2022). Untersucht wurden vor allem jene Fledermäuse, die unterhalb der Baumkrone im Schutz der Vegetation nach Nahrung suchen. Dazu erfassten sie an 24 Waldstandorten die Aktivität von Fledermäusen in verschiedenen Abständen zu den Windkraftanlagen mit Hilfe von Ultraschalldetektoren. Die Rufe der Fledermäuse wurden drei Gilden zugeordnet (vgl. Kap. 8.4). Es wurde unterschieden zwischen Arten die in offenem Gelände (z.B. über den Baumkronen) auf Nahrungssuche gehen, Arten die an Randstrukturen jagen und Arten die ihre Nahrungssuche auf engen Räumen unterhalb des Kronendachs durchführen (*Myotis*, *Plecotus*). Letztere nutzen auch die passive Ortung, um ihre Beute an Raschelgeräuschen (auf Blättern, am Boden) aufzuspüren (Denzinger & Schnitzler, 2013). Beim Vergleich der Aktivität dieser Gilden stellten sie fest, dass die Gruppe der „Gleaner“ in der Nähe von Windkraftanlagen deutlich weniger aktiv waren, dies wurde insbesondere in der Nähe von Turbinen mit großen Rotoren deutlich. So nahm die Aktivität dieser Fledermäuse ab einer Distanz von 450 Metern in Richtung einer WEA um fast 50 Prozent ab. Die Autoren folgerten, dass Windkraftanlagen an Waldstandorten Fledermausarten beeinträchtigen, die sowohl oberhalb als auch unterhalb der Baumkronen nach Insekten jagen. „Waldspezialisten sind daher keine typischen Schlagopfer, ihr

Lebensraum und ihr Aktivitätsradius ist dennoch deutlich eingeschränkt in einem Umkreis von mehreren Hundert Metern um eine Anlage“, schließen Voigt & Ellerbrok (Ellerbrok et al. 2022).

Störwirkungen können im Rahmen einer Windenergieplanung wegen möglicher Habitatverluste rechtlich betrachtungsrelevant sein und sollten im Rahmen der Standortoptimierung gemäß den fachlichen Empfehlungen (z. B. Rodrigues et al. 2016, Barré et al. 2018, Leroux et al. 2022) minimiert bzw. vermieden werden.

3 Rechtliche Grundlagen

3.1 Rechtliche Vorgaben zum Artenschutz

Die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie der Europäischen Gemeinschaft (FFH-Richtlinie, 92/43/EWG) ist seit dem 10. Juni 1992 in Kraft und liegt seit dem 1. Januar 2007 in konsolidierter Fassung vor. Ziel ist die Sicherung der Artenvielfalt durch die Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen im europäischen Gebiet der Mitgliedstaaten (EU-Kommission 2007, 2021a). Alle Fledermausarten zählen als Anhang-IV-Arten gemäß der FFH-Richtlinie 92/43/EWG zu den streng zu schützenden Arten von gemeinschaftlichem Interesse, für die bestimmte Schutzbestimmungen gelten. Die artenschutzrechtlichen Bestimmungen zum Tötungs- und Störungsverbot dieser streng geschützten Tierarten sowie die Beschädigungs- und Zerstörungsverbote ihrer Lebensstätten sind in Art. 12 der FFH-Richtlinie festgelegt und wurden in Artikel 21 des luxemburgischen Naturschutzgesetzes (NSG) in nationales Recht übertragen.

3.1.1 Tötungs- und Verletzungsverbot (jedes Individuum)

Gemäß Art. 21 des NSG ist es untersagt, vollkommen geschützte Tierarten (*espèces animales intégralement protégées*) in all ihren Entwicklungsformen zu fangen, absichtlich zu töten oder zu stören. Bei der Prüfung des Verbotstatbestandes muss die Gefährdung des einzelnen Individuums betrachtet werden. Das Tötungsverbot für streng geschützte Arten, wozu alle Fledermausarten zählen, ist also individuenbezogen auszulegen. Indirekt kann sich dieses Verbot auch auf die Population auswirken: *„Fänge und Tötungen können zu einem direkten (quantitativen) Rückgang einer Population führen oder sich auf andere indirektere (qualitative) Weise negativ auswirken.“* (EU-Kommission 2007).

Gemäß dem Leitfaden der EU-Kommission (2021a) bezieht sich das Tötungsverbot nur auf absichtliche Handlungen. Die Bestimmung gilt nicht nur, wenn eine Person in der vollen Absicht handelt, ein Exemplar einer geschützten Art zu töten, sondern auch dann, wenn eine Person hinreichend informiert und sich der Folgen bewusst ist, die ihre Handlung höchstwahrscheinlich haben wird, und die Handlung, die zum Fang oder Töten von Exemplaren führt (z.B. als unerwünschter, aber in Kauf genommener Nebeneffekt), dennoch ausführt (bedingter Vorsatz). (EU-Kommission 2021a, S. 29).

Der Nachweis von Schlagopfern, der infolge eines Betriebs einer Anlage erbracht werden kann, führt nach deutscher Rechtsprechung zur Auslösung des Tötungsverbotes (Verwaltungsgericht Saarlouis vom 19.09.2007). Ausgenommen sind hier die unvermeidbaren, betriebsbedingten Kollisionen. Gemäß der Definition der LANA (2010) bedeutet unvermeidbar, wenn im Rahmen der Eingriffszulassung das Tötungsrisiko artgerecht

durch geeignete Vermeidungsmaßnahmen reduziert wurde. Das bedeutet, dass ab dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme vorsorgliche Vermeidungsmaßnahmen vorzusehen sind (vgl. hierzu auch Brinkmann et al. 2011), bevor diese im Rahmen eines Gondelmonitorings genauer festgelegt werden.

Nicht jede unvermeidbare Einzelkollision führt automatisch zum Verstoß gegen das Tötungsverbot, weil hierdurch nahezu alle Vorhaben nur noch über Befreiungs- und Ausnahmeregelungen genehmigt werden könnten. So ist vom OVG Thüringen (Oberverwaltungsgericht in Deutschland) in einem Urteil festgehalten worden, dass gegen das Tötungsverbot dann nicht verstoßen wird, „wenn das Vorhaben nach naturschutzfachlicher Einschätzung unter Berücksichtigung von Vermeidungsmaßnahmen kein signifikant erhöhtes Risiko kollisionsgefährdeter Verluste von Einzelexemplaren verursacht, wenn seine Auswirkungen mithin unter der Gefahrenschwelle in einem Risikobereich bleiben, der Risiken aufgrund des Naturgeschehens entspricht“ (OVG Thüringen vom 14.10. 2009, 1 KO 372/06, 1 aa).

Das Großherzogtum Luxemburg hat die von der EU vorgegebenen Einschränkungen auf absichtliche Handlungen im NSG übernommen und orientiert sich bei der Beurteilung von Windkraftplanungen an den oben angeführten Interpretationshilfen auf Basis verschiedener, deutscher Rechtsurteile.

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union haben am 18. Oktober 2023 die Richtlinie (EU) 2023/2413 („Renewable Energy Directive III“ bzw. „RED III“) zur Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen erlassen, welche am 20. November 2023 in Kraft getreten ist. Die Richtlinie setzt als Ziel, den Anteil an erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch zu erhöhen. Hierzu können geeignete Flächen in „Beschleunigungsgebieten für Windenergie“ ausgewiesen werden, innerhalb derer Windenergieprojekte in einem vereinfachten und zügigeren Verfahren genehmigt werden können. In Luxemburg wird derzeit noch geprüft, wie die Ausweisung spezieller Beschleunigungsgebiete erfolgen kann (siehe Maßnahme 24 im ESE-Massnahmenkatalog⁶). Im Rahmen der Ausweisung solcher Gebiete ist eine strategische Umweltprüfung (SUP) zu erstellen, welche auch die Auswirkungen der Planungen auf den Arten- und Gebietsschutz prüfen muss.

3.1.2 Schutz der Lebensstätten (Objektbezug)

Nach Art. 21 des NSG ist es zudem verboten, Fortpflanzungs- und Ruhestätten (Lebensstätten) zu beschädigen oder zu zerstören. Lebensstätten im artenschutzrechtlichen Sinne sind bestimmte räumlich begrenzte Teilhabitate einer Art. Nahrungsräume und

⁶ <https://gouvernement.lu/dam-assets/images-documents/actualites/2025/05/16-delles-energie-renouvelable/20250514-com-ese-rsum-mesures-final.pdf>

Flugkorridore zählen nicht dazu, es sei denn, sie haben eine essentielle (= unverzichtbare) Bedeutung für die Tiere eines Wochenstubenquartiers. In diesem Fall ist der Nahrungsraum rechtlich als Teil der Fortpflanzungsstätte aufzufassen. Beeinträchtigungen solcher Nahrungshabitate könnten sich daher auch auf Fortpflanzungsquartiere negativ auswirken.

Zu betrachten sind folgende Lebensstätten:

- Fortpflanzungsstätten dienen der Fortpflanzung, wie beispielsweise Baumhöhlen, Wochenstubenquartiere in Gebäuden sowie Schwarm- und Paarungsquartiere einschließlich eines begrenzten räumlichen Umgebungsbereiches;
- Ruhestätten sind alle jene Orte, die als Ruhe- oder Schlafplatz regelmäßig und örtlich begrenzt genutzt werden. Hierzu gehören beispielsweise Tages- oder Zwischenquartiere oder Winterquartiere von Fledermäusen. Der Schutz der Lebensstätten gilt auch für die Zeit, in der die Teilhabitate gerade nicht genutzt werden. Voraussetzung ist, dass sie regelmäßig genutzt werden.

Nach Artikel 12 Absatz 1d der FFH-RL ist jede Handlung untersagt, die zu einer Beschädigung oder Vernichtung von Fortpflanzungs- oder Ruhestätten führt, wobei es – anders als beim Tötungsverbot - keine Rolle spielt, ob sie absichtlich erfolgt oder nicht (FFH-Richtlinie 1992, Leitfaden EU Kommission 2007, 2021a). Beim Bau von Windenergieanlagen würde dies zum Tragen kommen, wenn Quartiere (z.B. in Gehölzbeständen) durch den Bau von Anlagen beseitigt werden müssen. Verboten ist auch die Beschädigung, d. h. eine minderschwere Einwirkung, die eine Beeinträchtigung der ökologischen Funktion herbeiführt, die auch langsam eintreten kann. Auch ein Windpark kann so auf eine bedeutende Lebensstätte einwirken, dass Quartiere nicht mehr als solche genutzt werden können. Dies könnte z. B. eintreten, wenn Quartierbäume nahe einer WEA im Zuge der Baumaßnahmen oder aus Verkehrssicherheitspflicht einen stärkeren Rückschnitt erfahren, wodurch das Quartier fortan einer starken Besonnung ausgesetzt ist und dadurch unattraktiv wird. Ebenso kann ein Quartier nahe einer WEA eine Wertminderung durch den betriebsbedingten Schall erfahren, was kurz- bis längerfristig zu einer Nutzungsaufgabe des Quartiers führen kann. In diesem Fall ist zwangsläufig eine Überschneidung mit dem Störungsverbot (s.u.) gegeben. Auch kann eine Flugroute zu einem Winter- oder Sommerquartier betroffen sein, wodurch die Nutzung des Quartiers beeinträchtigt werden kann. Eine Veränderung, die zu keiner Verschlechterung führt, stellt keine Beschädigung dar (NLT 2014: 24).

3.1.3 Störungsverbot (Populationsbezug)

Art. 21 des NSG verbietet es auch, streng geschützte Arten während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Mauser-, Überwinterungs- und Wanderungszeiten zu stören. Als Störungen werden direkt auf ein Tier einwirkende Beunruhigungen oder Scheuchwirkungen bewertet, die nicht zwingend zur Tötung oder zum vollständigen Verlust der ökologischen Funktion von

Fortpflanzungs- oder Ruhestätten führen. Sie werden insbesondere durch Lärm, Erschütterungen, Licht oder sonstige optische Störreize hervorgerufen.

Entscheidende Parameter zur Beurteilung sind Intensität, Dauer, Tageszeit, Jahreszeit sowie die artspezifischen Empfindlichkeiten. Insbesondere während der störungsempfindlichen Phasen (Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Überwinterungs- und Wanderzeiten) sind Störungen zu vermeiden.

Eine Störung im Sinne von Art. 12 FFH-RL liegt vor, wenn durch die betreffende Handlung die Überlebenschancen, der Fortpflanzungserfolg oder die Reproduktionsfähigkeit einer bestimmten Art vermindert werden oder diese Handlung zu einer Verringerung des Verbreitungsgebietes führt (EU-Kommission 2021a).

Nicht jede störende Handlung löst also das Verbot aus, sondern nur eine absichtliche (nicht zufällige, vgl. FFH-Richtlinie Art. 12) und eine erhebliche Störung, durch die sich der Erhaltungszustand der Art auf Populationsebene und biogeographischer Ebene verschlechtert (LANA 2010). Dies ist der Fall, wenn so viele Individuen betroffen sind, dass sich die Störung auf die Überlebenschancen, die Reproduktionsfähigkeit und den Fortpflanzungserfolg der Population auswirkt.

Deshalb kommt es in einem besonderen Maße auf die Dauer und den Zeitpunkt der störenden Handlung an. Entscheidend für die Störungsempfindlichkeit ist daneben die Größe der vom Vorhaben betroffenen Population. Große Schwerpunktorkommen in Dichtezentren sind besonders wichtig für die Gesamtpopulation, gegebenenfalls aber auch stabiler gegenüber Beeinträchtigungen von Einzeltieren. Randorkommen und kleine Restbestände sind besonders sensibel gegenüber Beeinträchtigungen.

Störungen, die zum dauerhaften Verlust der Funktionsfähigkeit einer Fortpflanzungs- und Ruhestätte führen, werden artenschutzrechtlich nicht dem Störungsverbot zugeordnet, sondern als Verbot der Zerstörung oder Beschädigung von Fortpflanzungs- und Ruhestätten behandelt. Ein solcher Fall tritt z.B. ein, wenn eine Fortpflanzungs- und Ruhestätte wegen schwer zu überwindender Hindernisse nicht mehr erreichbar ist oder wegen eines hohen Störungspegels voraussichtlich nicht mehr besiedelt wird (s.o.).

Die Schwelle, ab der es zu einer relevanten Störung einer Population kommt, ist schwierig zu benennen und kann nur artspezifisch und im Einzelfall beurteilt werden. Die Betrachtung des Störungsverbotes schließt neben den eigentlichen projektbedingten Störungen im Wirkraum eine grundsätzliche Berücksichtigung kumulativ wirkenden Störungen durch relevante Projekte im gesamten Untersuchungsraum auf die lokale Population ein.

3.2 Gebietsschutz

Mit der Habitat-Richtlinie wird die Einrichtung von WEA innerhalb oder in der Umgebung von europarechtlich geschützten Natura-2000-Gebieten nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Die betreffenden Planungen sind jedoch im Einzelfall zu bewerten. Es ist ein schrittweises Verfahren zur Prüfung und Genehmigung anzuwenden, wenn die WEA-Planung Auswirkungen auf ein oder mehrere Natura-2000-Gebiete haben könnte. Dies kann auch dann eintreten, wenn der (oder die) Standort(e) der WEA außerhalb eines solchen Schutzgebietes lieg(en)t.

Als Grundlage für die Beurteilung können folgende Schriften herangezogen werden:

1. der Leitfaden der Europäischen Kommission (2019, aktualisierte Fassung von 2000) „Natura 2000 – Gebietsmanagement. Die Vorgaben des Artikels 6 der Habitat-Richtlinie 92/43/EWG“;
2. der Leitfaden der Europäischen Kommission (2021c) „Prüfung der Verträglichkeit von Plänen und Projekten mit erheblichen Auswirkungen auf Natura-2000-Gebiete. Methodik-Leitlinien zur Erfüllung der Vorgaben des Artikels 6 Absätze 3 und 4 der Habitat-Richtlinie 92/43/EWG“;
3. der Leitfaden zu „Windkraftprojekten und den Naturschutzvorschriften“ der EU (2021b);
4. der Leitfaden zur FFH-Prüfung in Luxemburg (MDDI 2018).

Die Phasen, die durchlaufen werden können, sind die Vorprüfung (Screening), die Prüfung der Verträglichkeit, die Prüfung von Alternativlösungen und evtl. auch die Ausnahmeprüfung (nach Art. 6 Abs. 4). Die vorgeschriebenen Inhalte dieser Prüfungen sind in Luxemburg rechtlich festgelegt (*Règlement grand-ducal du 1er mars 2019 concernant le contenu de l'évaluation sommaire et le contenu de l'évaluation des incidences prévues par la loi du 18 juillet 2018 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles*). Für eine FFH-Verträglichkeitsprüfung sind die Erhaltungsziele den Natura 2000-Standard-Datenbogen oder den Unterlagen zur Ausweisung der Schutzgebiete (siehe die jeweiligen Großherzoglichen Verordnungen) bzw. den Bewirtschaftungsplänen der Schutzgebiete zu entnehmen (EU-Kommission 2021c). Sie stellen den Prüfmaßstab bei Eingriffen in und um FFH-Gebiete dar. Beeinträchtigungen können sich in Bezug auf FFH-Gebiete nur dort ergeben, wo die festgelegten Schutz- und Erhaltungsziele von den Auswirkungen eines Vorhabens betroffen werden. Dies kann eintreten bei direkten Lebensraumverlusten (vgl. Lambrecht & Trautner (2007), bei Lebensraumverschlechterungen, bei der Zersplitterung von Lebensräumen, bei der Störung von Arten und durch indirekte Auswirkungen. Bei WEA-Projekten sind zusätzlich die Barrierewirkungen und das Kollisionsrisiko zu beachten (EU-Kommission 2021c). Hierin sind auch die kumulativen Wirkungen zu prüfen.

Um zu beurteilen, ob eine Störung gemessen an den Zielen der Richtlinie erheblich ist, kann die Definition eines günstigen Erhaltungszustandes einer Art herangezogen werden. Dieser bemisst sich an den drei Faktoren: Populationsdynamik, natürliches Verbreitungsgebiet, genügend großer Lebensraum (Europäische Kommission 2019).

Je nach Gebiet können eine oder mehrere der in Anhang-II der Habitat- Richtlinie geführten Fledermausarten betroffen sein:

- die Große Hufeisennase,
- die Kleine Hufeisennase,
- die Wimperfledermaus,
- die Bechsteinfledermaus,
- das Große Mausohr,
- die Mopsfledermaus und
- die Teichfledermaus.

Keine der genannten Arten unterliegt einem starken Kollisionsrisiko. Allerdings kann eine Betroffenheit im Rahmen der saisonalen Wanderungen eintreten, wenn die WEA bedeutende Flugrouten zwischen Sommerquartieren und Jagdhabitaten oder zwischen Sommer- und Winterquartieren in irgendeiner Form beeinträchtigen (anlagenbedingt, betriebsbedingt durch Licht und Lärm) oder wenn störungsbedingt eine Entwertung von Jagdhabitaten anzunehmen ist.

Die in diesem Leitfaden dargelegte Grunduntersuchung stellt die Basis für alle Prüfschritte gleichermaßen dar (Artenschutz (Art. 21 NSG), Habitatschutz nach Art. 17 NSG, Gebietsschutz). Da die Prüfkriterien für die FFH-Verträglichkeit sehr streng sind und eine mögliche Betroffenheit einer oder mehrerer Arten sicher ausgeschlossen werden muss (es dürfen keine Zweifel bestehen), kann es erforderlich werden, die Standarduntersuchung um weitere Methoden der Erfassung zu ergänzen (z.B. höhenstratifizierte Mastmessungen, Aktionsraumtelemetrie s. Kap. 7.5). Die Betrachtung FFH-relevanter Auswirkungen erfolgt in einer eigenständigen FFH-Verträglichkeitsstudie und ist nicht Gegenstand dieses Leitfadens.

3.3 Habitatschutz gemäß Artikel 17 Naturschutzgesetz (NSG)

Im NSG ist in Art. 17 eine Regelung festgehalten, die auch Habitate der Arten von gemeinschaftlichem Interesse betrifft, wenn ihr Erhaltungszustand als ungünstig eingestuft wird. Der aktuelle Report zum Erhaltungszustand der einzelnen Arten wurde am 05.08.2025 erstellt (<https://cdr.eionet.europa.eu/lu/eu/art17>) und ist in Tabelle 1 dargestellt. Für Arten, deren Erhaltungszustand nicht bekannt ist, muss dabei ein ungünstiger Erhaltungszustand angenommen werden (siehe *Règlement grand-ducal modifié du 1er août 2018 établissant l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire et des espèces d'intérêt*

Leitfaden Fledermäuse Windenergie in Luxemburg

communautaire). Art. 17 muss demnach für alle in Tabelle 1 aufgeführten Arten mit Ausnahme der Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) beachtet werden.

Die Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*) ist in Luxemburg noch nicht regelmäßig nachgewiesen worden und deshalb nicht in Anhang 2 der oben genannten veränderten Großherzoglichen Verordnung vom 1. August 2018 aufgeführt. Aus fachlicher Sicht ist der Erhaltungszustand dieser Art nicht bekannt (XX). Die in Tabelle 1 aufgeführte Kleine Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) galt in Luxemburg als ausgestorben. In Zukunft kann aber mit einer erneuten Präsenz gerechnet werden, da für die Art in jüngster Vergangenheit eine erneute Ausbreitung im Umfeld von Luxemburg festgestellt werden konnte (Jacques Pir, mündliche Mitteilung). 2022 und 2023 gelangen auch erstmals wieder einzelne akustische Nachweise der Art nahe der Grenze zu Frankreich (Gessner et al. 2024).

Tabelle 1: Nationaler Erhaltungszustand (kontinentale Region) der in Luxemburg vorkommenden Arten, Stand: 05.08.2025. FV: Favorable, U1: Inadequate, U2: Bad, XX: Unknown. s.a. <https://cdr.eionet.europa.eu/lu/eu/art17>

wissenschaftlicher Name	deutscher Name	luxemburgischer Name	Nationaler Erhaltungszustand
<i>Barbastella barbastellus</i>	Mopsfledermaus	Mopsfledermaus	U1
<i>Eptesicus nilsonii</i>	Nordfledermaus	Nordfledermaus	XX
<i>Eptesicus serotinus</i>	Breitflügelfledermaus	Breitflügelfledermaus	U1
<i>Myotis alcathoe</i>	Nymphenfledermaus	Nymphenfledermaus	U1
<i>Myotis bechsteinii</i>	Bechsteinfledermaus	Bechsteinfledermaus	U1
<i>Myotis brandtii</i>	Brandtfledermaus	Grouss Baartfledermaus	U1
<i>Myotis dasycneme</i>	Teichfledermaus	Séifledermaus	XX
<i>Myotis daubentonii</i>	Wasserfledermaus	Waasserfledermaus	FV
<i>Myotis emarginatus</i>	Wimperfledermaus	Wimperefledermaus	U2
<i>Myotis myotis</i>	Großes Mausohr	Groust Mausouer	U1
<i>Myotis mystacinus</i>	Bartfledermaus	Kleng Baartfledermaus	U1
<i>Myotis nattereri</i>	Fransenfledermaus	Buuschtefledermaus	U2
<i>Nyctalus leisleri</i>	Kleinabendsegler	Kleng Bëschfledermaus	U1
<i>Nyctalus noctula</i>	Abendsegler	Grouss Bëschfledermaus	U2
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Rauhautfledermaus	Rauhautfledermaus	XX
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Zwergfledermaus	Zwergfledermaus	U1
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Mückenfledermaus	aucun	k.A.
<i>Plecotus auritus</i>	Braunes Langohr	Brongt Laangouer	U1
<i>Plecotus austriacus</i>	Graues Langohr	Grot Laangtouer	U2
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Große Hufeisennase	Grouss Hufeisennues	U1
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Kleine Hufeisennase	Kleng Hufeisennues	U2
<i>Vespertilio murinus</i>	Zweifarbflfledermaus	Zweefaarweg Fledermaus	XX

Gegenüber dem letzten Report 2019 gab es bei einigen Arten Anpassungen. So wurde die Mopsfledermaus von U2 in die Kategorie U1 zurückgestuft, bei weiteren drei Arten hat sich der Erhaltungszustand jedoch verschlechtert (Zwergfledermaus von FV auf U1, Fransenfledermaus von U1 auf U2 und Brandtfledermaus von XX auf U1). Die Nordfledermaus wurde der Kategorie XX zugeordnet. Nach dem aktuellen Stand befinden sich jetzt 5 Arten in einem schlechten (U2) sowie weitere 11 Arten in einem ungünstigen Erhaltungszustand (U1). Bei 4 Arten kann eine Einschätzung aufgrund fehlender Daten nicht gegeben werden und nur noch eine Art, die Wasserfledermaus, befindet sich in einem guten Erhaltungszustand (FV).

Gemäß Art. 17 ist es verboten, Habitate dieser Arten ebenso wie geschützte Biotope und Habitate von gemeinschaftlichem Interesse zu verkleinern, zu zerstören oder zu beschädigen. Lebensräume, die von diesen Arten mit einem ungünstigen Erhaltungszustand genutzt werden, unterliegen demnach in Luxemburg einem besonderen Schutz - auch außerhalb von FFH-Gebieten.

Was dies genau bedeutet, wird in Art. 2 der veränderten Großherzoglichen Verordnung vom 1. August 2018 dargelegt (*Règlement grand-ducal modifié du 1er août 2018 concernant les biotopes protégés et habitats, précisant les biotopes protégés, les habitats d'intérêt communautaire et les habitats des espèces d'intérêt communautaire pour lesquelles l'état de conservation a été évalué non favorable, et précisant les mesures de réduction, de destruction ou de détérioration y relatives*). Demnach sind von Art. 17 alle Habitate betroffen, vorausgesetzt sie werden regelmäßig besucht und stehen im funktionalen Zusammenhang mit der jeweiligen Art. Weiter wird erläutert, dass somit nicht nur wie in Art. 21 des Naturschutzgesetzes Reproduktions- und Ruhestätten (einschließlich aller Habitate, die für die Reproduktion essenziell sind) geschützt sind, sondern speziell durch Art. 17 auch Jagdhabitate sowie ökologische Korridore, die regelmäßig besucht werden. Eingriffe in solche Habitate sind grundsätzlich verboten.

Ausnahmen von diesen Verboten bedürfen einer Genehmigung des Umweltministeriums. Zudem werden Ausgleichsmaßnahmen in mindestens gleicher ökologischer Wertigkeit erforderlich. Diese müssen im gleichen ökologischen Sektor durch identische Habitate bzw. durch Habitate mit ähnlicher ökologischer Funktion erfolgen. Der Ausgleich nach Artikel 17 erfolgt auf Grundlage einer Ökobilanzierung in eigens hierfür eingerichteten Flächenpools, welche nicht zwingend im Umfeld des Eingriffes liegen müssen. Falls arten- oder gebietsschutzrechtliche Verbotstatbestände vorliegen, kann der Ausgleich nach Artikel 17 nicht in den Flächenpools erfolgen.

4 Fledermausvorkommen in Luxemburg

Für Luxemburg werden 20 Fledermausarten offiziell gelistet, eine weitere Art, die Kleine Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) gilt als ausgestorben (lux. Umweltportal <https://environnement.public.lu> und Tab. 1). Inzwischen wurde die Art über eindeutige Rufsequenzen erstmals wieder im Südwesten des Landes nahe an der französischen Grenze nachgewiesen (Gessner 2023, Gessner et al. 2024). Für eine weitere Spezies, die Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*) liegen einzelne, sichere akustische Nachweise (eigene Daten, Harbusch mündl., CSD Ingénieurs-Conseils schriftl. Mitteilung) sowie zwei eindeutige Nachweise per Fang (CSD Ingénieurs-Conseils schriftl. Mitteilung) vor. Diese Art findet bei den Berichten bislang (noch) keine Berücksichtigung, da die Datenlage noch sehr defizitär ist.

Die allgemeine Ökologie, die Häufigkeit und das Vorkommen in Luxemburg sowie das Kollisionsrisiko wurde für jede Fledermausart in Tabelle 4 im Anhang zusammengefasst. Die allgemeinen Angaben zur Ökologie stützen sich auf die Angaben des luxemburgischen Umweltministeriums (<https://environnement.public.lu>) und des deutschen Bundesamtes für Naturschutz (BfN) sowie auf weitere Quellen (Brinkmann et al. 2012, Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz 2011, Richarz et al. 2012, 2013, BMBV 2023). Die Verbreitungsdaten wurden der Datenbank des „Musée national d’histoire naturelle Luxembourg“ (MNHN) entnommen (Stand Januar 2023), zudem wurden verschiedene Veröffentlichungen für einzelne Arten berücksichtigt (Pir & Dietz 2014, Gessner 2012, 2017). Für die Kollisionsgefährdung wurde die Funddatei der Schlagopfer (Dürr 2025) herangezogen.

5 Felderhebungen allgemein

Liegt eine Windkraftplanung vor, so ist bei Neuplanungen von WEA oder bei Windparkerweiterungen unabhängig von der Anlagenzahl und dem Standort immer eine Untersuchung notwendig. Anders verhält es sich bei einem Repowering-Vorhaben. Darunter versteht man den Ersatz älterer WEA durch leistungsstärkere Anlagen. Um das Verfahren zu vereinfachen, kann bei einem Repowering eine Felderhebung unterbleiben, wenn ein strenger Ansatz vorsorglicher Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung des Tötungsverbotes beim Betrieb der neuen Anlagen in den ersten zwei Jahren beachtet wird (vgl. Kap. 8.3.3). Alternativ steht jedem Vorhabensträger frei, auch im Falle eines Repowerings eine Felduntersuchung durchzuführen.

Bei Neuplanungen stellen die erhobenen Felddaten die Grundlage für die Bewertung des WEA-Projekts für Fledermäuse dar. Hierzu ist es erforderlich, das Untersuchungsgebiet zu inventarisieren. Fledermäuse kommen praktisch überall vor, jedoch gibt es keine landesweit flächendeckenden Erhebungen, die eine ausreichende Datengrundlage zur Beurteilung des Gefährdungspotenzials für Fledermäuse liefern. Das lokale Vorkommen von ortsansässigen Populationen und deren Raumnutzung (Jagdhabitats, Schwerpunkte der Aktivität, Quartiere) ist oft wenig und kaum flächenscharf bekannt. Die Bestandserfassung ist folglich die Grundlage der Konfliktanalyse, die Daten dienen der Konfliktminimierung und der Standortoptimierung, also der Vermeidung und Minimierung (vgl. Rodrigues et al. 2016). Ein im Vorfeld angeordneter, pauschaler Betriebsalgorithmus zur Vermeidung der Tötung ohne vorausgegangene Bestandserfassungen würde voraussetzen, dass die Eingriffsfolgen eindeutig bestimmt und durch die Maßnahmen ausreichend bewältigt werden können. Dies muss angezweifelt werden, da sich die Maßnahme allein auf das Tötungsverbot beschränkt und weitere artenschutzrechtliche Verbote außer Acht lässt. Das Verbot der Störung ist populationsbezogen zu bewerten und eine Population stellt meist eine Wochenstube oder eine Überwinterungsgesellschaft dar, die bei fehlenden Untersuchungen unbekannt bleibt. Auch die pauschalen Abschaltzeiten können leichte Anpassungen bei besonderen Vorkommen stark schlaggefährdeter Arten erfordern. Darüber hinaus sind pauschale Abschaltungen der WEA nicht im Sinne der Optimierung des Stromerzeugungspotenzials an einem Standort.

Die Untersuchungen dienen folglich einer belastbaren Sachverhaltsermittlung, anhand derer die artenschutzrechtlichen Verbote nach dem NSG (Art. 21) zu prüfen sind. Darüber hinaus dienen die Untersuchungen auch der Bewertung eines Eingriffes nach Artikel 17 des NSG und sind, für den Fall, dass signifikante Auswirkungen auf Natura 2000 nicht ausgeschlossen werden können, von Bedeutung. Die Daten und die hieraus resultierende Bewertung bildet eine entscheidende Grundlage über die Zulassung des Vorhabens einschließlich möglicher Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen.

Die **Untersuchungsmethoden** stellen allgemein eine Kombination aus akustischer Untersuchung (stationär, mobil) und in den meisten Fällen auch dem Fang dar. Ggf. müssen je nach Fangerfolg und Fragestellung auch eine Telemetrie zur Quartiersuche, Ausflugszählungen am Quartier und nur in Ausnahmefällen auch eine Raumnutzungs-telemetrie angeschlossen werden. Steht ein Windrad nahe an einem Waldgebiet, welches ein potenziell (hochwertiger) Lebensraum für Waldfledermäuse ist, so sind die Habitatstrukturen in einer Kartierung (Habitatstrukturkartierung) zu erfassen. Darüber hinaus kann bei besonderen Fragestellungen, z.B. im Rahmen einer FFH-VP, auch eine akustische Mastmessung in verschiedenen Höhen erforderlich werden. In bestimmten Fällen ist auch eine akustische Messung der Aktivität über dem Kronendach eines Waldes erforderlich (vgl. Kap. 7.5.3). Die Anwendungen des Methodenmixes müssen jeweils zum richtigen Zeitpunkt stattfinden (vgl. Tabelle 6 im Anhang).

Die jeweilige **Untersuchungstiefe** ist in erster Linie abhängig von der Raumausstattung des Untersuchungsgebiet (im Folgenden als UG bezeichnet). Hierbei ist vor allem der Anteil an reinem Offenland, strukturierten Offenland, Leitstrukturen, Wald, Gewässer, unterirdische Quartiere für das Untersuchungskonzept maßgeblich. Daneben spielen auch die Wahl und die Anzahl der WEA-Standorte (z.B. in Waldnähe, im Offenland mit wenigen oder vielen Strukturen) eine wichtige Rolle. Soweit vorhanden sind auch bereits bekannte Fledermausdaten im Gebiet zu berücksichtigen. Schließlich kann die Untersuchungstiefe auch je nach Vorhaben (z.B. Windparkerweiterungen mit ausreichenden bzw. lückenhaften Voruntersuchungen) voneinander abweichen.

Die Auswirkungen von WEA auf Fledermäuse sind zu untersuchen, hierbei ergeben sich klare, **fachliche Anforderungen an die Untersuchungen**. Es muss folgenden Fragestellungen nachgegangen werden (die kursiv genannten Positionen sind einzelfallbezogen anzuwenden):

Artenschutz

- Ermittlung des vollständigen Artenspektrums,
- Ermittlung der Phänologie einzelner Fledermausarten oder Artengruppen,
- Ermittlung der Stetigkeit bzw. Migration der nachgewiesenen Arten,
- Ermittlung der relativen Häufigkeit der vorkommenden Arten,
- Ermittlung der Lage von Fortpflanzungs- und Ruhestätten,
- ggfs. Ermittlung der essentiellen Nahrungsräume und Flugwege und
- Ermittlung der Größe von Lokalpopulationen (Wochenstubenkolonien, Winterquartierbesatz).

 Beurteilung der Bedeutung des UG für Fledermäuse (Reproduktion ja/nein, Artendiversität, welche Arten, Schwerpunktorkommen, Anteil an schlaggefährdeten Arten im UG, essentielle oder sehr bedeutende Lebensräume, bedeutende Flugrouten, Migration bzw. Wanderungen, Überwinterung).

Gebietsschutz

- Ermittlung der Arten, die als Erhaltungsziel für das Schutzgebiet genannt werden, sowie deren Erhaltungszustand (Anhang-II-Arten, s. Standard Data Form, SDF);
- Ermittlung der Erhaltungsziele und -maßnahmen für das Schutzgebiet und deren Schutzzweck (SDF, *Règlements grand-ducaux* (RGD), Managementpläne);
- Berücksichtigung der artenschutzrechtlich erhobenen Felddaten und der Datenbank (räumliches und zeitliches Vorkommen der Zielarten und deren Populationen im UG, Wochenstuben, Winter- oder Paarungsquartiere);
- Ermittlung bedeutender Flugrouten zwischen verschiedenen Quartieren (auch saisonal) oder anderer besonderer Aktivitätsschwerpunkte dieser Arten, die durch den Bau und Betrieb der Anlagen gestört werden könnten.

 Prüfung ob die festgelegten Schutzziele durch das Vorhaben erheblich betroffen sind. Überprüfung möglicher erheblicher Störungen auf eine oder mehrere Population(en), die zu einer langfristigen Abnahme der Bestands führen können, evtl. kann dies die Anwendung von zusätzlichen Untersuchungsmethoden erfordern.

6 Methodisches Vorgehen, Standarduntersuchung

6.1 Abgrenzung des engeren und weiteren Untersuchungsgebietes

- Im **1 km-Radius** um den (die) WEA- Standort(e) liegt das eigentliche **Untersuchungsgebiet (UG)**. In diesem Bereich finden die Felduntersuchungen im Gelände statt; in den übrigen Radien wird per Datenrecherche ermittelt.
- Im **3 km-Radius** erfolgt eine Datenrecherche zum Fledermausvorkommen, es gehen alle verfügbaren Daten zu Winterquartieren, bekannten Wochenstuben, Populationsgrößen und besonderen Artenvorkommen ein; FFH-Gebiete sollten auf ihre Schutzziele geprüft werden.
- Im **5 km-Radius** sind besonders wertgebende „Hotspots“ von Fledermäusen (z.B. unterirdische Quartiere, FFH-Gebiete mit besonderer Bedeutung für Fledermausarten) und damit möglicherweise im Zusammenhang stehende Flugkorridore während der Wanderzeiten zu beachten.
- Im **10 km-Radius** erfolgt die Betrachtung der kumulativen Wirkungen mit anderen WEA insbesondere für Arten mit großen Aktionsräumen (Kleinabendsegler, Abendsegler, Breitflügelfledermaus) und für ziehende Arten (Kleinabendsegler, Abendsegler, Rauhautfledermaus).

6.2 Datenrecherche

Die Datenrecherche zum Fledermausvorkommen im UG sollte zunächst über die Datenbank des „*Musée national d’histoire naturelle Luxembourg*“ (<https://mdata.mnhn.lu/>) erfolgen. Hier kann nach einzelnen Arten bzw. Orten gesucht werden. Die Fundpunkte werden in einer Karte angezeigt (vgl. Tabelle 4 im Anhang). Nach Möglichkeiten sind darüber hinaus auch Literaturdaten zu berücksichtigen, wenn diese besondere Daten für das Vorhaben beinhalten (z.B. Standarddatenbögen und Managementpläne der Natura-2000-Gebiete, Plans d’Actions Espèces, Links s. Anhang). Angaben zu bestehenden und geplanten WEAs im 10 km-Radius können beim Ministerium angefragt werden.

6.3 Untersuchungsumfang

Der jeweilig erforderliche Untersuchungsumfang orientiert sich vor allem an der Raumausstattung des gesamten UG und der Anzahl der geplanten WEA-Standorte. Maßgeblich sind der Anteil und die Qualität von fledermausrelevanten Strukturen.

Prinzipiell ist anzunehmen, dass das Kollisionsrisiko in der Nähe von stark frequentierten Bereichen (Quartiere, bedeutende Flugstraßen, bedeutende Jagdgebiete) besonders hoch ist. Zu diesen fledermausrelevanten Strukturen zählen:

- Laubwald,
- Feldgehölze,
- Gewässer,
- Leitstrukturen (Hecken, Alleen, Galeriewälder, Waldränder),
- Streuobst,
- Windwurfflächen, Brachen,
- unterirdische Quartiere (Datenrecherche),
- Wochenstuben in Gebäuden (Datenrecherche).

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass das Kollisionsrisiko in der Nähe von Gehölzen (Seiche et al. 2007) und Gewässern (Niermann et al. 2011) höher ist als auf reinen Offenlandstandorten (Dürr & Bach 2004). Die Anzahl und die Qualität der für Fledermäuse attraktiven Strukturen kann im UG variieren. Zusammen mit der Planungssituation (Kap. 6.4) bestimmen sie den Untersuchungsumfang (vgl. Kap. 6.5).

6.4 Planungssituationen, Konfliktträchtigkeit

6.4.1 Neuplanungen von WEA, Windparkerweiterungen

Reines Offenland ohne fledermausrelevante Strukturen, welches sich im 1-km-Radius um die Anlagenstandorte erstreckt, tritt bei den heutigen Planungssituationen sehr selten bis gar nicht (mehr) auf, da ausgedehnte, rein landwirtschaftlich genutzte Fluren in Luxemburg in dieser Größenordnung kaum vorhanden sind und/oder diese bereits für Windkraft genutzt werden. Ebenso sind Standorte im Wald noch nicht verfolgt worden, da bei diesen Vorhaben nicht nur das betriebsbedingte Tötungsverbot, sondern regelmäßig auch die bau- und anlagenbedingten Habitatverluste, die zu erheblichen Quartier- und Lebensraumverlusten residenter Populationen führen können, relevant werden. Hierdurch erhöht sich das Konfliktrisiko gegenüber dem Offenland deutlich. Mit dem Ausschluss von Waldstandorten folgt Luxemburg den Vorgaben des Leitfadens für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Windenergieprojekten von EUROBATS.

Beide Planungssituationen werden im vorliegenden Leitfaden daher nicht behandelt.

In den mehrheitlichen Fällen liegen die WEA-Planungen in einer Landschaft, welche im Umfeld von 1 km um die Anlagenstandorte zumindest einzelne, meist aber eine Reihe von fledermausrelevanten Strukturen aufweist. Die Anzahl der Strukturen kann also variieren. Die Erweiterung eines bestehenden Windparks beansprucht wie eine Neuplanung neue Flächen,

die das ursprüngliche UG vergrößern. In beiden Fällen ist daher immer eine **Standard-Untersuchung** durchzuführen (vgl. Kap. 6.5), die je nach Größe und Strukturreichtum des UG in der Häufigkeit und Durchführung etwas abweichen kann. Bei Windparkerweiterungen ist zudem von Bedeutung, ob die Altdaten mit den aktuellen Standards vergleichbar und noch nicht veraltet sind. Für bereits erhobene Daten gilt, dass sie i.d.R. nach 6 Jahren nicht mehr für die Impaktbewertung verwendet werden können. In Ausnahmefällen können auch ältere Angaben verwertbar sein, wenn die Qualität der Daten und geringe Veränderungen des räumlichen Umfeldes dies zulassen. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

6.4.2 Repowering

Unter einem Repowering versteht man den Ersatz älterer WEA durch leistungsstärkere Anlagen. Es setzt daher eine weiter zurückliegende Windkraftplanung voraus. Werden eine oder mehrere WEA durch eine leistungsstärkere, meist höhere WEA ersetzt, ergeben sich in der Regel gegenüber der ersten Planungssituation veränderte Bedingungen (andere Anlagentypen mit größerem Rotor, veränderte Rotorhöhe (= Abstand zwischen der unteren Rotorspitze und dem Boden), Gefährdungsbereich mit anderen Radien, evtl. neuer Standort). Durch ein Repowering wird das Kollisionsrisiko nicht automatisch reduziert, deshalb ist eine neue Bewertung erforderlich. Auch ist davon auszugehen, dass die früheren Felderhebungen nicht mit den heutigen Standards vergleichbar waren bzw. auch gar nicht durchgeführt worden sind. Defizitäre Datensätze sind für standortsbezogene Konfliktprognosen heute nicht mehr ausreichend. Auf der anderen Seite ist man bestrebt, die Windenergie zu fördern und das Genehmigungsverfahren zu vereinfachen und abzukürzen. Aus diesen Überlegungen resultiert bei einem Repowering folgendes Vorgehen:

Ein Repowering erfordert **keine neuen Standarduntersuchungen** im UG, sofern die neue Anlage am ursprünglichen Standort oder in dessen nahen Umfeld mit gleichen Habitatbedingungen geplant ist. Gegebenenfalls kann in diesem Zusammenhang eine vergleichende Habitatanalyse des alten und neuen Standortes durchgeführt werden. Zudem sollte eine Datenrecherche durchgeführt werden, um die Signifikanzschwelle zur Reduktion der Schlagopferzahlen festzulegen (vgl. 8.3.1). Um den hohen Anforderungen des strengen Artenschutzrechts der europäischen Union gerecht zu werden, muss der Betrieb der neuen Anlage(n) einen strengen Ansatz der vorsorglichen Betriebseinschränkungen beachten (s. Kap. 8.3.3). Diese können nach Vorlage der Ergebnisse eines nachgelagerten Höhenmonitorings angepasst werden.

Alternativ zu den pauschal festgesetzten Restriktionen steht es dem Projektträger frei, eine Felderhebung nach den hier beschriebenen Standards neu durchzuführen und die vorsorglichen Algorithmen an den gewonnenen Daten auszurichten. Im Sonderfall, dass

bereits brauchbare Daten vorliegen, sollte eine Fall-zu-Fall-Entscheidung mit dem Ministerium bzw. dem *Service autorisations* der ANF erfolgen.

6.5 Untersuchungsdesign, Standarduntersuchung

Im Rahmen der Standarduntersuchung ist immer die Anwendung eines Methodenmixes erforderlich. Zu den gängigen und immer anzuwendenden Methoden gehören akustische Erfassungen (stationär und mobil; temporär und Langzeitmessungen) und in den meisten Situationen auch der Fang. Je nach Fangerfolg ist auch die Besenderung einzelner Weibchen, die Quartiertelemetry und bei Eignung auch eine Ausflugszählung durchzuführen. Nur in besonderen Ausnahmefällen, wenn kritische Fragen auf Populationsebene verbleiben, werden weiterführende Untersuchungen wie z.B. die Raumnutzungstelemetry von mehreren Weibchen einer betroffenen Population erforderlich. Vor allem auf Ebene des Gebietsschutzes können beim Nachweis betroffener Wanderrouen zu europaweit geschützten unterirdischen Quartieren auch höhenstratifizierte Mastmessungen erforderlich werden.

Das Design einer Standarduntersuchung ist im hohen Maße abhängig von dem Strukturreichtum des UG sowie der Anzahl der Anlagenstandorte, die einen bedeutenden Einfluss auf die Größe des UG haben können. Es kann je nach Planungssituation variieren und sollte sich an folgendem Schema orientieren (vgl. Tabelle 5 (Methoden, Zeiträume, Häufigkeit) und Tabelle 6 (Überblick über die Zeiträume) im Anhang). Zudem wurden zwei Planungsbeispiele (struktureiches und wenig strukturiertes Gelände) mit der Anwendung der verschiedenen Untersuchungsmethoden grafisch aufgearbeitet (s. Abbildung 7 und Abbildung 8 im Anhang). Ein drittes Beispiel zeigt eine Planungssituation mit FFH-Relevanz (s. Abbildung 9 im Anhang).

6.6 Protokolle der durchgeführten Methoden

Grundsätzlich sind die einzelnen Arbeitsschritte, die jeweiligen Wetterbedingungen und die Einstellungen der Geräte zu protokollieren, damit die Behörden die Vollständigkeit und Plausibilität nachvollziehen können. Wichtige Angaben sind hierbei:

- Akustik: die technischen Geräte (Firma) und deren Einstellungen, das Datum bzw. die Erfassungsdauer, mögliche Ausfallzeiten mit Begründung, Beschreibung der Untersuchungspunkte, das Vorgehen bei den Detektorbegehungen (z.B. Punkt-Stopp-Kartierung, Routen), die Anzahl und Dauer einzelner Begehungen, teilweise mit Kartendarstellungen;
- Netzfänge: Beschreibung der Fangorte, Anzahl und Dauer, Länge u. Höhe der Netze, Netz-Material;

- Quartiertelemetrie: Sender (Typ, Firma, Gewicht), Kleber, Empfangsgerät und Antenne (Firma), Datum und Uhrzeit der Durchführungen;
- Ausflugszählungen: Beschreibung des Quartiers, Anzahl Personen, evtl. Nachtsichtgerät (Firma).

Bei den einzelnen Begehungen sind die meteorologischen Daten anzugeben wie Temperatur am Anfang und Ende einer Begehung, Bedeckungsgrad, Wind, Regen. Als Beispiel für eine Kategorisierung von Regen kann die Tabelle 7 im Anhang dienen.

7 Ziele und Grenzen der Erfassungsmethoden

Die Bodenmessungen haben unterschiedliche Fragen zu klären, die mit einem breiten Methodenmix untersucht werden müssen. Die gewonnenen Daten dienen der Konfliktanalyse, der Minimierung und Vermeidung und der gezielten Kompensation.

- Welche Arten kommen im UG vor (Ermittlung des Gesamtartenspektrums)? Dabei kann nach Artnachweis und Arthinweis unterschieden werden (s. Kap. 7.1, Punkt 3).
- Für welche Arten liegen Reproduktionshinweise bzw. -nachweise vor?
- Wie wird das UG genutzt? Ermittlung des Raum-Zeit-Musters einzelner Arten bzw. Artengruppen oder Gattungen (Quartiere, Jagdhabitats, Flugstraßen, Schwarm- und Paarungsgebiete, Transferflüge). Ermittlung der Bedeutung dieser Nutzungen.
- Wie hoch ist die Aktivität der nachgewiesenen Arten an dem(n) geplanten WEA-Standort(en) im Vergleich zum näheren und weiteren Umfeld? In welchen Zeiträumen besteht ein Konfliktpotenzial?

7.1 Akustik (mit Hinweisen zur Interpretation der Daten)

Die Methode der akustischen Erfassung hat sich in der Planungspraxis etabliert, weil sie relativ kostengünstig und mit einem überschaubaren Aufwand durchgeführt werden und zu einer Sammlung fachlich hochwertiger Daten führen kann. Dies gilt bei simultaner Erfassung mit automatischen Detektoren, die in Echtzeit arbeiten und auch Langzeitmessungen erlauben. Die Standortwahl, die Wahl und die Einstellung der Detektoren (Empfindlichkeit) sowie das Untersuchungsprotokoll haben einen großen Einfluss auf die Qualität der Daten (vgl. Runkel 2020).

Die **Erfassung der akustischen Aktivität** liefert die besten Ergebnisse in einer flexiblen Nutzung stationärer und mobiler Daten. Hierzu werden die Detektoren an ausgewählten, gut platzierten Standorten über die Aktivitätszeit der Fledermäuse als Dauermessung (im 100 m Umfeld einer WEA) und temporär (ca. 4 - 5 Nächte/Monat) an verschiedenen Standorten im UG ausgebracht. Ergänzend werden wegen der Größe der Untersuchungsgebiete akustische Daten mobil auf Transekten erhoben. Diese Erfassungen können verschiedenen Protokollen folgen und so zum Beispiel kontinuierlich oder als Punkt-Stopp-Transekte durchgeführt werden.

Das jahreszeitliche Vorkommen sollte zusammengefasst für alle Arten und gegebenenfalls auch differenziert für einzelne Arten und Artengruppen mit naturschutzfachlicher Relevanz geprüft werden (z.B. *Pipistrellus*, *Nyctaloid*, *Myotis*; evtl. auch seltene Arten wie Mopsfledermaus oder Große Hufeisennase). Besonders relevante Zeiträume sind die Migrationszeiten im Frühjahr (ab Mitte März bis Mitte Mai) und im Spätsommer/Herbst (August,

September) sowie die Wochenstubenzeit (Mitte Mai bis Ende Juli). Bei Abendseglern wurden in Deutschland (auch in Rheinland-Pfalz) regional im September und Oktober Flugaktivitäten am späteren Nachmittag beobachtet (z.B. Dietz et al. 2007, Teubner et al. 2008, König & Wissing 2007, Meineke 2015). Vergleichbare Beobachtungen sind in Luxemburg nicht bekannt und die Akustik erfordert keine besondere Beachtung dieser Tageszeit. Unter methodisch vergleichbaren Bedingungen der Erfassung können Rückschlüsse auf die Häufigkeit sowie die räumliche und zeitliche Verteilung der Arten- und Artengruppen im UG gezogen werden.



Abbildung 1: Beispiel einer Messapparatur für eine Langzeitmessung (batcorder-System der Fa. ecoObs, Erlangen). Die wetterfeste Box wird an einem Holzstab befestigt und kann so auch im Offenland errichtet und betrieben werden. Ein Solarpanel lädt zudem die Batterie auf.

Eine längere Erfassungsdauer während der Aktivitätszeiten von Fledermäusen führt zu einer besseren Bewertungsgrundlage. Seltene Arten oder solche, die akustisch nur schwer zu erfassen sind, werden zuverlässiger aufgezeichnet. Dauermessungen oder längere Messperioden haben also den Vorteil, dass sie gegenüber der mobilen Erfassung die Bestimmungswahrscheinlichkeit einzelner Arten deutlich erhöhen und auch die Analyse zeitlicher Nutzungsmuster erlauben. So können sie bei Betrachtung der zeitlichen Verteilung der nächtlichen Aktivität über den Jahresverlauf Phasen mit geringer und höherer Aktivität anzeigen. Ebenso ist es möglich, durch die Häufung von Rufsequenzen in den frühen Morgen- bzw. Abendstunden Aufschluss über eine potenzielle Quartiernutzung einer Art/Artengruppe im Umfeld zu erhalten (vgl. Abbildung 10 im Anhang). Für eine rechtssichere Bewertung sind daher umfangreiche Zeiträume in der akustischen Erfassung unerlässlich. Eine Dauermessung umfasst ca. 240 Nächte, im Minimum müssen Daten aus 200 Nächten (gut 80 %) vorliegen. Ausfallzeiten dürfen 40 Nächte nicht übersteigen, zudem ist darauf zu achten, dass diese zeitlich nicht zusammenhängen, weil sonst relevante Zeiträume (Migration, Reproduktion) ggfls. nur teilweise oder gar nicht überprüft worden sind.

Die **Datenanalyse** sollte zunächst weitestgehend **automatisch** mit Hilfe speziell hierfür entwickelter Programme erfolgen, um die Objektivität und die Reproduzierbarkeit der

Datensätze zu erhalten und den Aufwand zu begrenzen. Die Qualität der automatischen Analyse ist hinsichtlich der Fehlerraten durchaus vergleichbar mit der manuellen Analyse (Jennings et al. 2008), zumal noch Erkenntnislücken hinsichtlich der Variabilität der Rufe einheimischer Arten vorliegen (Russo et al. 2018, in Runkel 2020). Die genauere, manuelle Überprüfung einzelner Sequenzen ist vor allem für die differenzierte Artdiagnose von Bedeutung. Sie sollte in Betracht gezogen werden, wenn es sich bei Artbestimmungen um naturschutzfachlich relevante oder lokal nicht zu erwartende Arten handelt. Sie ist auch dann sinnvoll, wenn von einer Art nur wenige Sequenzen vorliegen, oder die zeitliche Abfolge der Sequenzen Hinweise auf Fehlbestimmungen liefert (vgl. Marckmann & Runkel 2010). So wird empfohlen, Nachkontrollen bei seltenen Spezies, beim Nachweis unwahrscheinlicher Arten und bei typischen Fehlern durchzuführen (vgl. Abbildung 11 im Anhang). Rufe seltener und regional untypischer Arten sind nur dann als plausibel anzunehmen, wenn mehrere charakteristische Rufe erfasst wurden, die nicht in typischen Überschneidungsbereichen zweier oder mehrerer Arten liegen. Im Einzelfall können auch weitere Erfassungsmethoden (z.B. Fang) zur Absicherung einer Artbestimmung eingesetzt werden. Schließlich treten, je nach Software, auch typische Fehlbestimmungen auf, die manuell überprüft werden müssen. Wegen der großen Datenmengen müssen aber nicht zwingend alle einzelnen Aufnahmen und Bestimmungsergebnisse kontrolliert werden. Tipps zum Umgang mit großen Datenmengen finden sich in einem Manual der Fa. ecoObs⁷.

Die **akustische Erfassung** hat methodisch bedingte **Grenzen**, die bei der Analyse und der Interpretation der Daten beachtet werden müssen.

1. In Abhängigkeit der technischen **Einstellungen der Detektoren** kann das Ergebnis sehr stark variieren. Dies kann dazu führen, dass keine vergleichenden Aussagen zur Aktivität möglich sind. Daher ist es sehr wichtig, die Einstellungen der Geräte konsequent den Empfehlungen der Gerätehersteller anzupassen und zu protokollieren. Die Gerätehersteller des batcorders empfehlen z.B. folgende Standard-Einstellungen: *Quality: 20, Threshold: -27 db, Posttrigger: 400ms, Critical Frequency: 16 kHz*. Die Einstellungen können je nach Fragestellungen variiert werden. So kann z.B. die Empfindlichkeit in Ausnahmefällen über den Threshold erhöht werden (z.B. Threshold -36 db), so dass auch leise rufende Arten (Gattung *Plecotus*) besser erfasst werden können. Allerdings leidet dann die Rufqualität und demzufolge auch die mögliche Artansprache der Rufaufnahmen. Auch sind die Aktivitätswerte dann mit den Erfassungen der Standardeinstellung nicht mehr vergleichbar.
2. Die **Artansprache** ist akustisch **eingeschränkt**, einige Spezies können mit dieser Methode gar nicht differenziert werden (Braunes und Graues Langohr, Kleine und Große

⁷ <https://ecoobs.de/download-de/>, GrosseDatenmengenAuswerten.pdf: f08bf3786eb038477b7a8cf305f84885

Bartfledermaus), zahlreiche Rufsequenzen lassen sich wegen intra- und interspezifischer Rufvariabilität gar nicht bzw. nur bei guter Rufqualität und größer Anzahl der Rufe sicher ansprechen (Pfalzer 2002, 2007, Runkel 2020). So gibt es vor allem Probleme bei der Differenzierung der Arten innerhalb der Gattung *Myotis* und der Arten der Bestimmungsgruppe *Nyctaloid*. Um Bestimmungsfehler zu vermeiden bzw. zu minimieren, wird das unter Punkt 3 und 4 beschriebene Vorgehen sowie eine Nachkontrolle typischer Bestimmungsfehler (Abbildung 11) empfohlen.

3. **Zur Ermittlung des Gesamtartenspektrums im UG** sollten die Rufe nach ihrer Bestimmungswahrscheinlichkeit in Artnachweis (sicher) und Arthinweis (unsicher) unterteilt werden. Um die Subjektivität der manuellen Artansprache möglichst zu minimieren, können hierfür Kriterien für die Lautzuordnung (z.B. Hammer & Zahn 2009, Marckmann & Pfeifer 2020, Pfeifer & Marckmann 2022) angewendet werden. Sie geben an, wie viele Rufe mit welcher Bestimmungswahrscheinlichkeit vorliegen müssen, damit die Bestimmung als gesichert (Artnachweis) angesehen werden kann. Bei einem sehr großen Datensatz können auch nur bestimmte Zeiträume exemplarisch auf Artniveau ausgewertet werden.
4. Bei weiteren Auswertungen der akustischen Datensätze (insbesondere zur Beurteilung der Schlaggefährdung) ist oft eine **Zusammenfassung zu Bestimmungsgruppen** besser (*Myotis*, *Plecotus*, *Nyctaloid*, *Pipistrellus*, nach Möglichkeit Ausarbeitung der Rauhaufledermaus (*P. nathusii*)). Dies reduziert sowohl den zeitlichen Aufwand der Analysen als auch die Bestimmungsfehler. Dies kann bei Windkraftplanungen genutzt werden, da ein identisches Gefährdungspotenzial (Schlaggefährdung) innerhalb dieser Gruppen besteht.
5. Akustische Daten erlauben **keine individualspezifische Aussagen** zur Fledermausaktivität, da sich die Aktivität an Aktivitätszahlen orientiert, die von einem oder auch von mehreren Individuen einer Art erzeugt worden sein können. Besonders deutlich wird dies bei der Zwergfledermaus, die beständig über einen Flugweg patrouillieren kann und dann eine Vielzahl von Aufnahmen verursacht. Umgekehrt orten Arten im Offenland selten, so dass ihre (stetige) Präsenz anhand der geringen Kontaktzahlen unterschätzt werden kann.
6. Die Fledermausaktivität wird üblicherweise als Aufnahme- oder Kontaktzahlen (gesamt oder pro Nacht) oder als Dauer der Rufaufnahmen pro Zeiteinheit (Stunde, Nacht) angegeben. Bei der Interpretation der Aktivität muss zwingend berücksichtigt werden, dass Fledermäuse **unterschiedlich orten und jagen**. So sind leise rufende Arten (z.B. *Plecotus*, Mopsfledermaus, Große Hufeisennase) und solche, die schnell vorbeifliegen und wenig orten (z. B. Abendsegler) bei den Aufzeichnungen vergleichsweise unterrepräsentiert. Demgegenüber ist die Zwergfledermaus wegen ihrer zahlreichen

Patrouillen meist überrepräsentiert. Daher ist zu beachten, dass der direkte Vergleich von Arten untereinander an Hand von Aufnahmezahlen mit Angaben von Prozent der Arten an gesamter Aktivität nicht zielführend ist, weil diese die unterschiedlichen Fluggewohnheiten und Ortungsmodi regelmäßig missachtet und daher eigentlich nicht korrekt ist. Auch sollten mittlere Aktivitätsdichten verschiedener Messpunkte nur artspezifisch bzw. für Artengruppen ausgewertet werden. Besser geeignet sind Auswertungen über die nächtliche Aktivität über den Messzeitraum, die die Aufnahmen in 5- oder 10-min.-Intervallen zusammenfassen, weil sie die Streuungen minimieren (vgl. Abbildung 10 im Anhang). Auch kann nicht ausgesagt werden, dass eine geringe Aktivität einer Art automatisch mit einer geringen Gefährdung durch den Eingriff einhergeht (s. Punkt 5).

7. Generell unterliegen akustische Messungen einer **begrenzten Reichweite**. Diese ist abhängig von der Frequenz des Rufes, der Lautstärke und der Schallkeule der rufenden Fledermaus, des Ruf- und Flugverhaltens (artspezifisch) sowie von der atmosphärischen Abschwächung zum Aufnahmezeitpunkt. Letztere beruht auf Reibungsverlusten und ist abhängig von Temperatur und Feuchtigkeit (Weber et al. 2018, Runkel 2020). Die zahlreichen Effekte bewirken große **Unterschiede in der Erfassbarkeit einzelner Arten** untereinander als auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Angaben zu maximaler oder mittlerer Reichweite einer Art sind oft irreführend, weil andere Parameter hierbei oft missachtet werden. Grundsätzlich werden aber Arten, die mit einer tiefen Frequenz orten (15-30 kHz; z.B. *Abendsegler*), besser akustisch registriert als hoch rufende Arten (z.B. *Rhinolophus*), deren Reichweite sehr gering ist. Auch haben leise rufende Arten (Mopsfledermaus, *Plecotus*- sowie einige *Myotis*-Arten) eine deutlich geringere Reichweite (oft nur wenige Meter) als sehr laut rufende Arten (*Abendsegler*, vgl. auch Rodrigues et al. 2016). Diese Arten werden wegen ihrer geringen Reichweite dann oft nicht repräsentativ erfasst. Auch bei dem Höhenmonitoring ist die begrenzte Reichweite ein limitierender Faktor, weil sie bei modernen Anlagen mit großen Rotoren weit unter dem Rotorradius liegt (Runkel 2020 und Kap. 8.3.4.). Grundsätzlich sind bei den mobilen Erfassungen Angaben zu den nächtlichen Wetterbedingungen im Protokoll sinnvoll.

Bei der akustischen Erfassung sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden (vgl. Runkel 2020):

- Technik: Die Erfassung sollte in jeder Richtung gleich gut erfolgen (omnidirektionales Mikrofon). Die Mikrofone der Detektoren müssen jährlich kalibriert sein, um eine einheitliche Grundempfindlichkeit zu erreichen. Ein zeitgleicher Einsatz mehrerer Geräte ist zur Reduktion der Erfassungsdefizite einzelner Arten anzustreben. Ein Vergleich der Daten setzt den Einsatz gleicher Geräte mit gleichen Einstellungen voraus.
- Der Betrieb der Geräte muss zuverlässig (bei jedem Wetter) erfolgen. Die Dauermessungen am Boden sollten ohne größere Unterbrechungen im Zeitraum zwischen dem 15.03. und 15.11. und wie alle stationären akustischen Messungen jeweils 1 h vor Sonnenuntergang (SU) bis Sonnenaufgang (SA) stattfinden. Größere Ausfallzeiten erfordern eine Wiederholung der Messung. Zur Vermeidung von größeren Ausfallzeiten kann eine tägliche Überwachung per Status-SMS sehr hilfreich sein.
- Die aufgezeichneten Aufnahmen sollten eine hohe technische Qualität haben. Die jeweiligen Einstellungen der Geräte sind zu protokollieren.
- Die Datenanalyse erfolgt über automatisierte Programme und teilweise mit manueller Nachbestimmung.
- Die Bewertung muss art- (Artenspektrum) und gruppenspezifisch (alle weiteren Auswertungen) erfolgen und etwaige Unterschiede im Verhalten und der Ortung müssen berücksichtigt werden. Eine pauschale Beurteilung (Kontaktzahlen/Nacht oder pro Stunde, Aktivitätsvergleich zwischen Arten) ist nur bedingt möglich.
- Die Erfassung der Analyseschritte und die Bewertung müssen umfassend dokumentiert werden.

7.2 Netzfang

Netzfänge liefern einen wichtigen Beitrag zur Erfassung des Artenspektrums. Die Artansprache ist eindeutig möglich, weshalb sie eine gute Ergänzung zur Akustik darstellt. Insbesondere die akustisch schwer oder gar nicht unterscheidbaren Arten wie etwa Arten der Gattungen *Myotis* und *Plecotus*, können so sicher ermittelt werden. Zudem bieten sie die Grundlage für weiterführende Untersuchungen wie die Besenderung eines Weibchens und die Quartiertelemetry (s. Kap. 7.3).

In Luxemburg stehen für zukünftige Windparkplanungen keine Standorte mehr zur Verfügung, die im Umfeld von 1 km um eine WEA (= Untersuchungsgebiet) keine fledermausrelevanten Strukturen wie Waldgebiete, andere gehölzreiche Landschaftselemente oder Gewässer einschließen. Gemäß Art. 21 des NSG (Artenschutz) Luxemburg sind in diesem Zusammenhang vor allem der Quartierschutz einschließlich der essentiellen Lebensräume aller Fledermausarten relevant. So sind u.a. die „normalen“ Jagdhabitats, welche nicht

artenschutzrechtlich geschützt sind, von den für den Bestand einer Population lebensnotwendigen Jagdlebensräumen zu unterscheiden. Auch wenn die WEA-Standorte im Offenland liegen, sind die differenzierten Daten für die Beurteilung der Raumnutzung von Fledermäusen und die erforderliche, artspezifische Bewertung unverzichtbar. Nicht zuletzt können selbst adäquate Ausgleichsmaßnahmen nur auf Basis solcher Kenntnisse erfolgen. Dies begründet die Notwendigkeit der Durchführung von Netzfängen bei Windparkplanungen in Luxemburg. In Ausnahmefällen, wenn z.B. schon ausreichende Daten zu den betroffenen Bereichen vorliegen, können diese entfallen, dies muss jedoch im Vorfeld mit dem Ministerium abgestimmt und ausreichend dargelegt und begründet werden.

Ein Netzfang erfolgt mit Japannetzen (Puppenhaar, Nylon), die sich vor allem in der Fadenstärke und damit in ihrer bioakustischen Wahrnehmbarkeit durch Fledermäuse unterscheiden. Auch die Maschenweiten können differieren. Tendenziell werden mehr Fledermäuse mit den sehr feinen Puppenhaarnetzen gefangen, bewährt hat sich ein Mix verschiedener Netzqualitäten. Die Netze werden vor der Abenddämmerung in die Flugwege der Fledermäuse gestellt werden. Je nach Stellort weisen die Netze Höhen von 4-8 m und eine Länge von 100 m pro Netzstrecke auf. Da Fledermäuse sehr gut orten, funktioniert diese Methode nur in strukturierten Bereichen (Wald, nicht zu dichte Gehölzbestände, evtl. Gewässer mit gehölzreicher Ufervegetation und altes Streuobst), wo die Tiere nicht einfach ausweichen können. Den besten Erfolg erzielt man durch den Überraschungseffekt, der am ehesten auf viel genutzten Flugrouten, bei Jungtieren oder während der Paarungszeit eintritt. Der Fangerfolg ist bei den strukturiert fliegenden Arten deutlich höher (Gattung *Myotis*, *Plecotus*, Zwergfledermaus) als bei Arten des freien Luftraums, die selten erfasst werden (Abendsegler, Zweifarbfledermaus etc.). Der Fang einer Fledermaus erlaubt individualspezifische Angaben zum Geschlecht, zum Alter (adult, juvenil) und dem sexuellen Zustand (Reproduktion, Paarungsbereitschaft). Werden Zielarten besondert (vgl. Kap. 7.3), so kann die anschließende Quartiertelemetrie auch das Quartier (i.d.R. Wochenstube) nachweisen. Die Netzfänge sind mit den Angaben zum Fangort, den Wetterbedingungen, der Anzahl und Länge der Netze und der individuellen Fangdaten der Individuen unter Angabe ihrer biometrischen Daten und dem Fangzeitpunkt zu protokollieren.

Ein vollständiges Artenspektrum eines Standortes kann nur mit der häufigen Wiederholung der Fangnächte erreicht werden. Erst nach 6-7 Fängen setzt eine Sättigung der Akkumulationskurve ein, das bedeutet, es werden dann keine oder kaum noch weitere Arten für den Standort nachgewiesen (DBU 2020). In der Praxis werden selten zahlreiche Fänge an einem Standort durchgeführt. Es besteht aber die Möglichkeit, das Fangergebnis an einem Standort durch den Einsatz von akustischen **Lockgeräten** (Fa. Apodemus (Batlure), Avisoft (Batlure Light)) zu erhöhen. Diese Systeme spielen Rufe (Stresslaute, Soziallaute, Feeding Buzzes) verschiedener Arten ab und können Individuen anlocken, die neugierig sind oder ihren

Artgenossen helfen wollen. Die Wirkung von Lockgeräten auf Fledermäuse ist mehrfach belegt (Arnett et al. 2013, DBU 2020). Da die Rufe eine begrenzte Reichweite haben, können nur Tiere angelockt werden, die sich im engeren Umfeld befinden, eine „Verfälschung“ des Fangergebnisses ist daher kaum zu befürchten. Der Einsatz eines Lockgerätes kann vielmehr zu einer Erhöhung des Fangerfolges ohne einen zusätzlichen Feldaufwand führen. Die Verwendung einer Batlure ist freiwillig, ist aber zu protokollieren. Eine bereits mit Rufaufnahmen vorbereitete SD-Karte wird beim Kauf eines Gerätes mitgeliefert (Rufe von M. Barataud und G. Pflazer⁸). Werden (zusätzlich) eigene Rufe aufgespielt, so sind diese genauer anzugeben.



Abbildung 2: Mopsfledermaus (links) und Bechsteinfledermaus (rechts), die sich in einem feinen Puppenhaarnetz verfangen haben. Fotos: B. Gessner

7.3 Besenderung, Quartiertelemetrie, Ausflugszählung

Die Durchführung einer Besenderung und einer sich anschließenden Quartiertelemetrie sind mit einem vergleichsweise geringen Zusatzaufwand verbunden und liefern zusätzliche populationsbezogene Kenntnisse zur Reproduktion im UG, die für die Bewertung eines WEA-Projekts von großer Bedeutung sein können. So können die Quartierstandorte anhand der Habitatausstattung Hinweise auf quartiernahe und essentielle Lebensräume geben. Auch ein pauschaler Quartierschutz von 200 m Abstand zwischen einem Baumquartier und einem WEA-Standort (Hurst et al. 2016, 2020) kann Berücksichtigung finden. Da Waldfledermäuse

⁸ <https://www.apodemus.eu/de/BatLure/00018>

i.d.R. zahlreiche Quartiere nutzen, sind die Quartiere mehrfach über die Laufzeit eines Senders zu prüfen. Zudem können anhand der Habitatausstattung Bereiche mit potenzieller Eignung für weitere Quartierbäume einer Kolonie ermittelt und durch eine Abstandsregelung geschützt werden (vgl. Kap. 8.4.1). Der Schwerpunkt dieser Erfassungsmethode liegt auf den baumhöhlenbewohnenden Arten, daneben sollten auch Siedlungsarten verfolgt werden, wenn diese schlaggefährdet sind und deren Aktionsraum im Bereich der Anlagenstandorte liegen könnte (s.u.). Bei Arten mit größerer Raumnutzung kann die Quartiersuche erschwert sein (z.B. Wasserfledermaus, Kleinabendsegler, Breitflügelfledermaus). In diesem Fall kann die Suche abgebrochen werden, wenn das UG ausreichend überprüft worden ist. Beim Großen Mausohr und der Wimperfledermaus kann auf eine Besenderung verzichtet werden, da die Quartiere der Wochenstuben bereits gut bekannt sind (Literaturrecherche, recorder Datenbank Musée).

Die Besenderung erfolgt mit Minisendern, die eigens für die Telemetrie von Fledermäusen entwickelt worden sind (z.B. Vogl, Holohil u.a.) und die weniger als 5 % des Körpergewichtes des Sendertieres ausmachen (Aldridge & Brigham 1988). Die ermittelten Quartiere sind kartographisch darzustellen.

Besondert werden Weibchen oder ausgewachsene Jungtiere von überwiegend baumhöhlenbewohnenden Fledermausarten (Bechsteinfledermaus, Kleinabendsegler, Fransenfledermaus, Wasserfledermaus, Nymphenfledermaus, Braunes Langohr, Kleine und Große Bartfledermaus, Mopsfledermaus). Daneben sind schlaggefährdete Siedlungsarten (Zwergfledermaus, Breitflügelfledermaus) sowie das Graue Langohr zu berücksichtigen. Auf die Besenderung von Wimperfledermaus und Großem Mausohr kann verzichtet werden, da i.d.R. Literaturdaten zu den Reproduktionsorten vorliegen.



Abbildung 3: Ein Kleinabendsegler vor seiner Baumhöhle, Foto: B. Gessner

7.4 Habitatstrukturkartierung

Eine Kartierung der Habitatstruktur eines Waldgebietes stellt eine sinnvolle Ergänzung zur Ermittlung potenziell essentieller Lebensräume dar. Sie soll angewendet werden, wenn Waldgebiete im Umkreis von 200 m zu WEA-Standorten liegen, im Grenzfall ist eine Pufferfläche zu addieren. Relevant sind Wälder, welche Habitatstrukturen mit einer hohen Eignung für Fledermäuse aufweisen und/oder wenn diese nachweislich für Fledermäuse von hoher Bedeutung sind (Quartiernutzung, hohe Jagdaktivität passiv ortender Waldarten (vgl. Kap. 8.4)).

Die Kartierung gibt Aufschluss über die Baumarten, die ungefähren Stammumfänge und deren Wuchsklasse (geringes, mittleres und starkes Baumholz), das Alter und die Schichtung. Zudem ist auch auf ein mögliches Quartierpotenzial für Fledermäuse zu achten. Bei einzelnen Arten mit geringerer Strukturbindung und /oder großen Aktionsarealen können zur Charakterisierung eines Lebensraumes die potenzielle Quartierstrukturen im Fokus liegen. Diese werden durch eine spezielle Baumhöhlenkartierung ermittelt, welche nur während der blattlosen Jahreszeit durchgeführt werden kann. Hieraus kann die Eignung als Lebensraum für Fledermäuse bzw. für eine bestimmte Spezies charakterisiert werden. Die räumliche Abgrenzung dieser Kartierung erfolgt standortsspezifisch, sollte aber mindestens das Waldgebiet im Umkreis von 200 m um einen WEA-Standort zuzüglich einer Pufferfläche einschließen. Waldgebiete mit geringer Wertigkeit (i.d.R. Nadelforste, junge und dichte Wälder bzw. Stangenholz, junge Aufforstungen ö.ä.) sind von geringer Bedeutung für Fledermäuse und können von dieser Strukturkartierung ausgenommen werden. Bereiche mit hoher Wertigkeit für einzelne Fledermausarten, die Quartierzentren oder essentielle Jagdhabitate beinhalten, erfordern geeignete Minimierungsmaßnahmen (z.B. Standortoptimierung vgl. 8.4.1). Sind Standortverschiebungen nicht möglich, muss eine differenziertere Eingriffsbewertung erfolgen. Hierfür sind großflächigere Kartierungen erforderlich, die eine Quantifizierung der beeinträchtigten Fläche im Vergleich zur Gesamtfläche des Lebensraums erlaubt. Dies erfordert ein gutes Verständnis der Struktur, der Verteilung und der Funktion von Lebensräumen⁹. Die Kartierung der Habitatstrukturen kann anhand von guten Luftbildern in Kombination mit stichprobenhaften Begehungen im Gelände erfolgen und hierfür wertvolle Daten liefern. Zu berücksichtigen sind auch die Anlagenkonstellationen, da die Vergrämung von Waldarten mit dem Rotordurchmesser zunimmt (Voigt et al. 2024b). Anhand dieser Daten kann die Habitategnung für eine Art einschließlich ihrer potenziellen Ausweichhabitate großflächiger betrachtet und mögliche Auswirkungen auf das Quartierhabitat (Quartier

⁹ Leitfaden zu Windkraftprojekten und den Naturschutzvorschriften der EU, Publications Office of the European Union, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/486>

einschließlich der damit verbundenen essentiellen Lebensräume) bzw. auf potenzielle Lebensräume mit essentieller Bedeutung standortsspezifisch bewertet werden.

7.5 Sonderuntersuchungen

Die Sonderuntersuchungen gehen über das Konzept einer Standarduntersuchung hinaus und werden nur in Einzelfällen erforderlich. Sie werden hier kurz erwähnt, auf die technischen Details der Durchführung wird aber nicht eingegangen.

7.5.1 Raumnutzungstelemetry

Die Raumnutzungstelemetry ist sehr aufwändig und stellt für Windenergieplanungen im Offenland keine Standarduntersuchung dar. Das bedeutet, dass diese Methode nur ausnahmsweise und nur in ganz besonderen Situationen zum Einsatz kommt (vgl. Kap. 6.5). Sie wird nur dann erforderlich, wenn zu erwarten ist oder nachgewiesen werden kann, dass ein Standort im potenziellen Aktionsbereich einer Wochenstubenkolonie geplant ist und mögliche Lebensraumverluste bzw. Lebensraumverluste nicht vermieden oder ausreichend minimiert werden können. Dies kann sowohl artenschutzrechtlich als auch FFH-rechtlich von Relevanz sein. Dieses Erfordernis kann z.B. dann eintreten, wenn der WEA-Standort zwar im Offenland, z.B. auf einer Viehweide liegt, dieser aber eng von Waldgebieten umschlossen wird, welche nachweislich von störungsempfindlichen Arten (z.B. Bechsteinfledermaus) zur Reproduktion genutzt werden.

In den letzten Jahren wurden auch automatische Radiotelemetry-Systeme entwickelt, mit denen zahlreiche Individuen gleichzeitig und über die gesamte Senderlaufzeit ohne großen Personalaufwand aufgezeichnet werden können. Dies kann die Arbeitslast für die Gutachter deutlich verringern und die Qualität der Erfassung erhöhen (Beispiele: tRackIT-System, ecoPi:Bleeb, radio-tracking.eu).

7.5.2 Mastmessungen

Höhenstratifizierte Mastmessungen, die akustische Dauermessgeräte in verschiedenen Höhen an einem Mast vorsehen, ermöglichen vor dem Bau einer WEA die Überprüfung der Höhenaktivität und sind in der Planung von hohem, naturschutzfachlichen Wert. Sie setzen aber den Bau eines Windmessmastes voraus und sind daher sehr kostenintensiv. Sie zählen deshalb nicht zu den Standarduntersuchungen und werden nur in Ausnahmefällen, z.B. im Zusammenhang mit Flugrouten zu europarechtlich geschützten, unterirdischen Quartieren, erforderlich. Die jeweilige Notwendigkeit und das Vorgehen einer solchen Untersuchung ist mit der naturschutzfachlichen Genehmigungsbehörde (Umweltministerium, ANF) im Vorfeld abzustimmen.

7.5.3 Akustische Messungen über dem Kronendach eines Waldes

Diese Sonderuntersuchung ist im Falle von Standorten in Waldnähe erforderlich, wenn die Rotoren den Wald überstreichen und den Mindestabstand von 50 m zwischen Rotorspitze und Kronendach (s. Kap. 8.4.1) unterschreiten. Zeiträume für diese Untersuchung sind in Tabelle 6 im Anhang angegeben.

8 Vermeidung und Minimierung von Eingriffsfolgen

Da alle europäischen Fledermäuse durch internationale und nationale Rechtsvorschriften geschützt sind, ist jede vorsätzliche Tötung oder erhebliche Störung gesetzlich verboten. Eine Vermeidung oder Reduzierung der Impakte auf ein Minimum ist in Europa eine rechtliche Verpflichtung (s. Kap. 3 und Rodrigues et al. 2016). Beim Bau von WEA sind zur Vermeidung der artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen vor allem die sorgfältige Standortauswahl (vgl. Kap. 8.4.1) sowie eine Betriebszeitenkorrektur (vgl. Kap. 8.3.2) zu nennen (vgl. Hurst et al., 2016, Bulling et al. 2015)

8.1 Minimierung baubedingter Störeffekte

Zur Minimierung baubedingter Störungen durch Licht und Lärm sind je nach Planungssituation Bauzeitenregelungen zu beachten, die sich nicht nur auf die direkte Flächeninanspruchnahme am WEA-Standort beziehen, sondern auch die Erschließungswege und Anfahrtsrouten berücksichtigen müssen. Liegen die Planungen dazu noch nicht vor, so ist dies im Gutachten zu vermerken, damit dies spätestens bei der naturschutzrechtlichen Genehmigungsanfrage vorliegt.

8.2 Minimierung der baubedingten Tötung

Müssen im Rahmen der Bauphase oder durch die Erschließungswege Gehölze beseitigt werden, so sind diese auf ihr Quartierpotenzial zu beurteilen (Quartierpotenzialanalyse QPA). Wurden potenziell geeignete Quartiere erfasst, ergeben sich hieraus weitere erforderliche Maßnahmen vor den Fällarbeiten (Besatzkontrollen, evtl. Verschluss des Quartiers, Fällzeitenregelungen). Gute Hinweise für geeignete Maßnahmen für vorhabensbedingt zerstörte Fledermausbaumquartiere finden sich z.B. in Zahn et al. (2021).

8.3 Minimierung der betriebsbedingten Tötung

Aufgrund der flächendeckenden Verteilung von Fledermäusen ist überall mit einem signifikant erhöhten Tötungsrisiko für mindestens eine Fledermausart durch den Betrieb von WEA zu rechnen. Das Tötungsrisiko muss durch artspezifische Vermeidungsmaßnahmen soweit minimiert werden, dass die Signifikanzschwelle (s. Kap. 8.3.1) nicht mehr überschritten wird. Betriebszeitenkorrekturen stellen eine wirksame Maßnahme zur Reduktion einer Tötung dar, damit der strenge Individuenschutz eingehalten werden kann.

8.3.1 Schwellenwert für tote Tiere

Mit dem Betrieb einer WEA besteht ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko für Fledermäuse, welches durch adäquate Vermeidungsmaßnahmen minimiert werden muss. Nach Hurst (et al.

2020) stellt der Schwellenwert eine bedeutende Stellschraube zur Minimierung von Tötung dar. Der Schwellenwert gibt die Signifikanzschwelle der maximal tolerierten Schlagopfer für eine WEA pro Jahr an und muss in der Genehmigung angegeben werden. Da alle Fledermäuse zu den besonders und streng geschützten Arten zählen, gilt die Einhaltung des Verbotstatbestandes der Tötung uneingeschränkt für alle Arten, unabhängig von der Seltenheit und dem Erhaltungszustand einer Art¹⁰ (Dietz et al. 2024). Problematisch ist eine wissenschaftliche Herleitung einer Signifikanzschwelle zur Einschätzung einer unerheblichen Populationswirkung (Dietz et al. 2024). Hierfür reicht der gegenwärtige Kenntnisstand zur Demographie von Fledermäusen nicht aus.

Die üblicherweise angewendete Signifikanzschwelle für eine erlaubte Schlagopferzahl basiert nicht auf einer wissenschaftlichen Herleitung, sondern orientierte sich vor allem an den Ergebnissen des ersten RENEBAT-Forschungsvorhaben in Deutschland (Brinkmann et al. 2011). In Deutschland wird die Signifikanzschwelle meist auf Länderebene vorgegeben (z.B. Richarz et al. 2012, 2013, LUBW 2014) und sie schwankt zwischen $< 0,5$ (Kleinabendsegler in Brandenburg, MLUK Anlage 3 zum Windkrafteerlass) und 2 Schlagopfern pro WEA und Jahr. Der häufigste Wert ist eine pauschale Vorgabe von < 2 Schlagopfer pro WEA und Jahr. Zudem werden häufiger auch schärfere Anpassungen zum Schutz von selteneren und stark kollisionsgefährdeten Arten vorgegeben (Kleinabendsegler, Zweifarbfledermaus).

In den letzten Jahren gab es zunehmend fachliche Kritik, ob der in der Regel verwendete Schwellenwert von 2 Schlagopfern pro WEA und Jahr auf Dauer eine negative Populationsentwicklung vermeiden kann (Lindemann et al. 2018, Voigt et al. 2020, Hurst et al. 2020, Deutsche Fledermauswarte¹¹). Lindemann et al. (2018) weisen darauf hin, dass für die Festlegung des Schwellenwertes auch die Intensität des Gesamteingriffs über die kumulativen Wirkungen (Anzahl der neu geplanten WEA, bestehende WEA im Umfeld) berücksichtigt werden müssen. Auch aktuell ist die Populationsentwicklung der betroffenen Arten noch weitgehend unbekannt, weshalb sich die Auswirkungen der Individuenverluste auf die Überlebensfähigkeit der Populationen nicht abschließend bestimmen lassen (Veith et al. 2023). Zur weiteren Klärung dieser berechtigten Kritik hat das BfN in Deutschland die Vergabe eines Forschungsvorhabens veranlasst, welches sich sowohl mit der Signifikanzschwelle (vgl. Kap. 8.3.1) als auch dem Turmmikrofon (vgl. Kap. 8.3.4.2) auseinandersetzt. Die Ergebnisse beider Studien liegen inzwischen vor (Dietz et al. 2024, Behr et al. 2025). Die in Dietz (et al. 2024) gemachten fachlichen Empfehlungen raten zu einem generellen Schwellenwert von < 1 Schlagopfer pro WEA und Jahr. Die empfohlene Signifikanzschwelle basiert auf der rechtlichen Verpflichtung zum Individuenschutz und der Verhältnismäßigkeit.

¹⁰ EuGH, Urte. v. 04.03.2021, C- 473/19 u. a., Föreningen Skydda Skogen, ECLI:EU:C:2021:166 Rn. 51

¹¹ <https://www.deutsche-fledermauswarte.org/sorgen-um-den-grossen-abendsegler/>.

Luxemburg orientiert sich bei den Vorgaben der Schwellenwerte an der in Deutschland gängigen Praxis (vgl. auch FA Wind 2020).

Im **Regelfall** ist ein Schwellenwert von weniger als **zwei Schlagopfern pro WEA und Jahr** zu berücksichtigen.

Diese Regelung erfordert in Abhängigkeit der jeweiligen Untersuchungsergebnisse und der standortspezifischen Parameter folgende Anpassungen:

Absenkung des Schwellenwertes auf 1 Schlagopfer pro WEA und Jahr:

- bei häufigerem¹² Vorkommen des Kleinabendseglers (*Nleis*, *Nycmi*, *Nyctaloid*, evtl. *spec*) während der Wochenstubezeit im Gebiet (Mitte Mai bis Mitte August),
- bei temporär gehäuft auftretendem Vorkommen der Abendsegler (*Nnoc*, *Nleis*, *Nycmi*, *Nyctaloid*, evtl. *spec*) und der Flughautfledermaus (*Pnath*) während der Paarungs- und Wanderzeiten (Mitte August bis Ende Oktober)
- bei nachgewiesenen oder bereits bekannten (Literatur, recorder-Datenbank) Vorkommen einer Reproduktion der Zwergfledermaus, die im Umfeld von 500 m zu einem neuen WEA-Standort liegt,
- bei Anlagenstandorten in einem Abstand zwischen 50 und 100 m zu Gehölzrändern, welche nachweislich von hoher Bedeutung zur Jagd oder als Flugroute für schlaggefährdete Fledermausarten sind.

Absenkung des Schwellenwertes auf 0,5 Schlagopfer pro WEA und Jahr:

- bei nachgewiesenen oder bereits bekannten (Literatur, recorder-Datenbank) Vorkommen einer Reproduktion des Kleinabendseglers im Gebiet (im Umfeld eines geplanten Anlagenstandortes bis in 500 m Entfernung). Um die strengen, betrieblichen Auflagen zu minimieren, sollte über eine Standortsverschiebung bzw. den Verzicht des Standortes nachgedacht werden.

Der Schwellenwert ist bereits im artenschutzrechtlichen Gutachten festzulegen, da er bei den Berechnungen für die betrieblichen Auflagen anzuwenden ist.

¹² Referenzwerte zur Häufigkeit von Rufaufnahmen können nicht gegeben werden, da die Werte von dem Gerätetyp und der Einstellung des Detektors abhängen und die Einheiten zur Angabe einer Aktivität je nach Auswertung unterschiedlich ausfallen (absolut, relativ; Anzahl Rufaufnahmen/Nacht, Sekunden/Nacht, Anzahl Rufaufnahmen/h). Wird immer gleich gemessen und gleiche Einheiten verwendet, so kann ein Gutachter diese anhand der zahlreichen eigenen Daten entwickeln. Ansonsten bleibt nur der Vergleich der Aktivitäten in einer einheitlichen Messreihe. Ein häufiges Vorkommen zeigt sich i.d.R. entweder durch mehrere, deutliche Peaks mit zeitlicher Begrenzung oder durch eine kontinuierliche Präsenz.

8.3.2 Vorsorgliche Betriebsalgorithmen

Im **Regelfall** sind bei Auftreten von kollisionsgefährdeten Arten im UG für das erste und zweite Betriebsjahr Pauschalabschaltungen zu beachten. Der übliche Schwellenwert für Cut-In-Windgeschwindigkeiten liegt bei 6 m/s, welcher in Anlehnung an die Ergebnisse aus dem ersten Projekt der RENEBAAT-Reihe (Brinkmann et al. 2011) empfohlen wurde. Neben den jahres- und tageszeitlichen Zeiträumen stellen Wind und Temperatur die zentralen Steuerungsparameter für Abschaltungen von WEA dar.

REGELFALL		
	Zeitraum	Abschaltung
1. und 2. Monitoring-Jahr	01.04. – 31.10.	1 h vor SU bis SA bei Wind < 6 m/s und Temp. > 10 °C

SA: Sonnenaufgang, SU: Sonnenuntergang

In besonderen Situationen erfordert die Beachtung des Tötungsverbot in Abhängigkeit der jeweiligen Ergebnisse der Bodenuntersuchungen **zusätzliche Anpassungen**¹³:

- **Erweiterung der jahreszeitlichen Abschaltzeiträume** auf 15.03. bzw. 15.11.
Begründung: Aufgrund der zunehmend wärmeren Temperaturen sind Fledermausaktivitäten mittlerweile noch bis weit in den November hinein festzustellen, sofern die Wetterbedingungen günstig sind. Daher werden stärkere Aktivitäten von Fledermäusen in diesen Zeitfenstern zunehmend wahrscheinlich. Ausschlaggebend ist die am Boden gemessene Aktivität relevanter, schlaggefährdeter Arten, wenn diese bereits im März eingesetzt hat bzw. noch im November deutlich messbar war. Die Ermittlung des möglicherweise erhöhten Tötungsrisikos in diesen Zeiträumen erfolgt einzelfallbezogen in Relation zu den sonst am Standort aufgezeichneten Aktivitäten. Die pauschale Angabe eines nicht mehr tolerablen Messwertes ist aufgrund unterschiedlicher Messtechniken und Geräteeinstellungen nicht möglich. Auch erlauben akustische Messungen keine individuenbezogene Aussagen.
- **Erhöhung der Windstärke auf < 7 m/s** in Zeiträumen mit erhöhter Aktivitätsdichte stark kollisionsgefährdeter Arten: **Kleinabendsegler** (*Nyctalus leisleri*), **Abendsegler** (*Nyctalus noctula*) und **Rauhautfledermaus** (*Pipistrellus nathusii*). Im Umfeld von bekannten Wochenstuben des Kleinabendseglers ist die Anpassung pauschal anzuwenden.
Begründung: Die hier genannten Arten zeigen eine höhere Windtoleranz (Bach & Bach

¹³ Sie sind artenschutzrechtlich erforderlich und tragen wesentlich zur einer besseren Prognosesicherheit der Schlaggefährdung bei. Hierdurch wird auch die Gefahr für späterer Erweiterungen der Abschaltzeiten minimiert. Alternativ besteht immer die Möglichkeit der Standortoptimierung.

2009, Bach et al. 2020, Brinkmann et al. 2011, Behr et al. 2016, Dietz et al. 2014). Die üblichen 6m/s für die Cut-in-Geschwindigkeit reicht in ihrem Fall nicht aus, um das Tötungsrisiko unter die erforderliche Signifikanzschwelle (Kap. 8.3.1) zu minimieren. Zudem nimmt die Aktivität der Abendsegler (Gruppe *Nyctaloid*) bis in eine Höhe von 100 m zu (Behr et al. 2011, Behr 2024) und sind dann einem höheren Gefährdungspotenzial ausgesetzt, als es die Bodenmessungen erwarten lassen. Besondere Konzentrations-effekte von Individuen ergeben sich v.a. in der Nähe von Fortpflanzungsstätten (Paarungs- und Wochenstubenquartiere) und während der Wanderzeiten (alle Arten). Eine besondere Gefährdung wird im Umfeld von Wochenstubenquartieren des Kleinabendseglers gesehen (ITN 2015), da hier eine höhere Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Tiere anzunehmen ist. Die Autoren sehen den Gefährdungsbereich in einem Abstand von 5 km zu bekannten Quartieren. Hieraus wurde für Luxemburg ein Pauschalschutz über eine höhere cut-in Windgeschwindigkeit im Umfeld von 0,5 km zur Fortpflanzungsstätte abgeleitet. Im weiteren Umfeld um die Wochenstube ist die Anpassung der cut-in Windgeschwindigkeit nur bei entsprechend erhöhten Aktivitätsnachweisen anzuwenden. Relevant sind gut erkennbare Aktivitätsschwerpunkte während der Wochenstubenzeit und/oder der Paarungs- und Wanderzeiten sowie Quartiernachweise. Die Anpassung sollte sich an den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen orientieren und hierbei die Monate mit einer erhöhten Kollisionsgefahr berücksichtigen.

- Ein zusätzliches **Halbmastmonitoring**, welches zeitgleich mit dem Gondelmonitoring durchgeführt wird, ist nur in besonderen Situationen und bei sehr niedrig reichenden Rotorspitzen erforderlich (vgl. Kap. 8.3.4.2). Stattdessen ist die Anzahl der WEA mit Gondelmonitoring für den Windpark zu erhöhen (vgl. Kap. 8.3.4.1).

8.3.3 Repowering

Falls für ein **Repoweringprojekt** keine Felderhebungen durchgeführt werden, sind die neuen Anlagen im Rahmen der Vorsorge über ein strenges Maßnahmenkonzept zu betreiben:

REPOWERING (ohne Felderhebungen)		
	Zeitraum	Abschaltung
1. und 2. Monitoring-Jahr	15.03. – 15.11.	1 h vor SU bis SA bei Wind < 7 m/s und Temp. > 10 °C

Die Festlegung des Schwellenwertes orientiert sich an den oben genannten Kriterien (vgl. Kap. 8.3.1) auf Basis der bisher bekannten Daten (alte Untersuchungen) bzw. an solchen, die im Rahmen einer Datenrecherche zusammengestellt wurden. Liegen keine Daten vor, ist gemäß der neuen wissenschaftlichen Empfehlung (Dietz et al. 2024) eine Signifikanzschwelle von weniger als **<1 Schlagopfer pro WEA und Jahr** zu berücksichtigen.

8.3.4 Akustisches Monitoring in der WEA

Für die Anpassung der vorsorglichen Algorithmen ist zeitgleich mit dem Beginn des Anlagenbetriebs ein Gondelmonitoring in einer oder mehreren Anlagen durchzuführen (= Erfassung der Höhenaktivität, s. Kap. 8.3.4.1). Nach dem zweiten Monitoring-Jahr erfolgt die Auswertung der erhobenen Höhendaten und zusammen mit dem festgelegten Schwellenwert die Berechnung der betrieblichen Algorithmen (vgl. Kap. 8.3.5), die auf nicht beprobte Anlagen übertragen werden können. Diese ersetzen dann die vorsorglichen Abschaltzeiten, die sich nur auf Bodendaten stützten. Ein solches zweijähriges Monitoring sowie die Anpassung der vorsorglichen Algorithmen an die Höhendaten ist in der späteren Genehmigung vorgeschrieben.

Werden zwei oder weniger WEA geplant, so erfolgt das Monitoring in jeder WEA. Bei mehr als drei WEA sind mindestens 50 % aller geplanten WEA über ein Gondelmonitoring zu überprüfen. Die Beprobung ist (anstelle eines Halbmastmonitorings vgl. Kap. 8.3.4.2) zu erhöhen, wenn

- ein Nachweis eines großen Quartiers einer schlaggefährdeten Art (Kleinabendsegler im Radius von 1000 m, Zwergfledermaus und Breitflügelfledermaus im Radius von 500 m) zu einer oder zu mehreren WEA vorliegt und/oder wenn
- eine WEA einen Abstand von 100 m zu Gehölzkanten (Waldrand, Heckenränder, Gewässer) mit nachgewiesener, hoher Aktivität (Jagdhabitats und/oder Flugrouten) unterschreitet.

Wie statistische Auswertungen zeigen, führen die Anpassungen auf Grundlage des Höhenmonitorings in den meisten Fällen zu Verbesserungen bzw. zu unveränderten Erträgen (FA Wind 2020). Im Einzelfall können diese aber auch negativ ausfallen, dies dürfte v.a. dann eintreten, wenn die Gruppe „*Nyctaloid*“ im Gebiet stark vertreten ist und/oder die vorsorglichen Abschaltungen sich nur am Regelfall orientierten. Da dauerhaft hohe betriebliche Auflagen die Wirtschaftlichkeit eines Standortes mindern können, sollte schon im Vorfeld auf die besondere Konfliktrichtigkeit eines Standortes und auf effiziente Vermeidungsmaßnahmen (Standortverschiebungen bis hin zum Verzicht) hingewiesen werden.

8.3.4.1 GONDELMONITORING

In den ersten beiden Betriebsjahren muss die pauschal festgelegte Cut-In Windgeschwindigkeit durch Erfassung der Fledermausaktivität an der Gondel überprüft und je nach Ergebnis standortspezifisch korrigiert werden.

Das Gondelmonitoring ist eine besondere Form der Dauererfassung, welche in der Gondel einer Windenergieanlage (WEA) nach standardisierten Methoden durchgeführt wird. Sie erfolgt erst nach Errichtung einer WEA und ist inzwischen in Deutschland eine Standard-Methode zur Festlegung der dauerhaft gültigen Betriebseinschränkungen (Behr et al. 2025). Die aus der Gondel erfassten Aktivitätsdaten bilden den tatsächlichen Gefährdungsraum für Fledermäuse im Rotorbereich besser ab als es bodengestützte Messungen leisten können. Spätestens seit dem ersten RENEBAT-Forschungsvorhaben zu Windkraft und Fledermäusen (vgl. Brinkmann et al. 2011) ist bekannt, dass sich die Höhen- und Bodenaktivitäten unterscheiden. So zeigen sich Verschiebungen hinsichtlich des Artenspektrums und der Aktivität. Der Anteil der Artengruppe *Nyctaloid* an der Gesamtaktivität nimmt mit der Höhe über dem Boden zu, während die Artengruppe *Pipistrelloid* einen gegenläufigen Effekt zeigt. Beide Effekte sind vor allem in tieferen Luftschichten ausgeprägt und flachen in größeren Höhen ab (Behr et al. 2025). Auch werden der Große Abendsegler und die Rauhaufledermaus, beides schlaggefährdete Arten, in der Höhe stärker gemessen als am Boden. Sie können auch die Folge von Attraktionswirkungen und Erkundungsflügen sein, die erst nach dem Bau einer WEA auftreten können. Die Gesamtaktivität nimmt jedoch exponentiell mit der Höhe ab. Somit besteht eine Prognoseunsicherheit der pauschalen Abschaltzeiten.

Durch das Gondelmonitoring werden diese u.a. an die ortsspezifische Aktivität in Rotorhöhe, an die witterungsbedingte Aktivität am einzelnen Standort und an das lokale Artenspektrum nach der Errichtung der Anlage angepasst (optimierte Abschaltzeiten). Diese Daten dienen der Berechnung von Schlagopferzahlen und den hieraus neu abgeleiteten betrieblichen Abschaltzeiten. Diese Anpassungen sind nicht nur für den Fledermausschutz essentiell, sondern auch aus rein wirtschaftlicher Sicht für den WEA-Betreiber von großem Interesse, da pauschale Abschaltungen keine jahreszeitlichen Aspekte oder Nachtzeiten einbeziehen.

Das Gondelmonitoring dient der Bestimmung der Fledermausaktivität in Gondelhöhe, welche von der Aktivität am Boden abweicht (Verschiebung des Artenspektrums, Attraktionswirkungen, exponentielle Abnahme der Gesamtaktivität mit zunehmender Höhe). Die Höhendaten stellen zusammen mit anderen Parametern (Größe der WEA, Wetterdaten, Standort) die Basis für die Berechnung der standortsspezifischen Betriebsalgorithmen dar, welche dauerhaft gelten und die bodengestützten pauschalen Abschaltzeiten ablösen.

Anmerkungen zum Parameter Regen

In die Berechnungen der Schlagopfer und der hieraus abgeleiteten Abschaltungen gehen wichtige Umweltparameter (Temperatur, Windgeschwindigkeit) mit ein, die parallel zu den Aktivitätsmessungen aufgezeichnet werden müssen. Ebenso ist es erwiesen, dass auch der Niederschlag mit der Fledermausaktivität korreliert ist, so nimmt die Aktivität von Fledermäusen bei Regen ab (Brinkmann et al. 2011). Dennoch blieb der Faktor Regen bei der Festlegung der Algorithmen nach den RENEBAT-Studien vorerst unberücksichtigt, weil zu den Parametern Temperatur und Wind der Niederschlag nur einen geringen zusätzlichen Einfluss auf die Abschaltungen hat (Brinkmann et al. 2011, Behr et al. 2015, 2018). Zudem fehlten bislang empirische Daten, die zur Herleitung von Grenzwerten herangezogen werden konnten (vgl. hierzu auch KNE 2023).

Die Naturstiftung David empfiehlt derzeit, den Grenzwert konservativ bei 5 mm pro Stunde zu setzen, *„bis die Zuverlässigkeit der verwendeten Sensortypen durch die Hersteller nachgewiesen wird. Hier ist darauf hinzuweisen, dass dieser Grenzwert nicht bedeutet, dass es 5 mm in einer Stunde regnet, sondern dass es in einem 10-Minuten-Intervall mit der Intensität 5 mm/h regnet, was gleichbedeutend mit einem Wert von 0,083 mm/min ist“* (Naturstiftung David 2023).

In der jüngsten Studie von Behr (et al. 2025) wurde in einem Nebenprojekt die Zuverlässigkeit von Niederschlagssensoren geprüft und mit der parallel im Windpark gemessenen Fledermausaktivität korreliert.

„Die Korrelation der akustischen Fledermausaktivität in vier verschiedenen Mikrofonhöhen mit der Niederschlagsintensität zeigte, dass in größerer Höhe die Aktivität bei Niederschlag stärker abnimmt als in Bodennähe. Auch bei Niederschlagsintensitäten zwischen 1 mm / h und 10 mm / h wurde am Boden noch hohe und selbst in 89 m Höhe noch deutliche Aktivität registriert, während an der Gondel (160 m Höhe) bei über 1 mm / h Niederschlagsintensität keine Aktivität mehr nachgewiesen wurde“ (Behr et al. 2025: 76).

Basierend auf diesen Ergebnissen empfehlen die Autoren die Verwendung qualitativ hochwertiger Sensoren (z.B. Thies Laser-Niederschlags-Monitor oder Lambrecht rain(e)) und im Normalbetrieb die Beibehaltung eines pauschalen Schwellenwerts von 5 mm / h (größer oder gleich diesem Wert). Dieser Wert kann auf bis zu 2 mm / h abgesenkt werden, wenn die Absenkung auf einer standortspezifischen Korrelation von Niederschlag und Fledermausaktivität basiert, welche über zwei Jahren gemessen worden ist.

Die Autoren sehen die regelmäßige Plausibilitätsprüfung der Niederschlagswerte, mindestens halbjährlich, dabei als verpflichtend an. Diese kann durch Vergleich mit nahen Wetterstationen oder Wettermodellen erfolgen, die einen Rückblick der Daten erlauben.

Die Vorgaben für luxemburgische Windenergievorhaben orientieren sich bei der Anwendung des Parameters Niederschlag an den hier dargelegten aktuellsten Empfehlungen:

Anwendung zum Parameter Niederschlag während des Gondelmonitorings:

-- Beibehaltung eines pauschalen Schwellenwerts von 5 mm/h (größer oder gleich)

-- Absenkung bis auf 2 mm/h nach zweijähriger Messung (mit laufenden Plausibilitätskontrollen) und Korrelation der Aktivität mit Niederschlag.

Bei der Anwendung des Auswertungsprogramms ProBat (s. Kap. 8.3.5.1) zur Berechnung der betrieblichen Algorithmen muss der Niederschlag zusätzlich als Steuerungsparameter für Abschaltungen angegeben werden, weil dieses Tool derzeit noch keine Niederschlagsmengen automatisch berücksichtigt.

Die Messungen erfolgen über einen automatischen Detektor, in der Regel ein Echtzeitgerät wie z.B. batcorder, welcher zuvor kalibriert worden ist. Kompatibel sind außerdem Anabat SD2, Avisoft USG und das BATmode-System. Weitere Systeme wie Batlogger, SM2Bat, SM3Bat, SM4Bat, Batomania Horchbox oder D500X wurden im deutschen BMU-Projekt (RENEBAT) als **nicht geeignet** eingestuft, da keines der Geräte in Bezug auf die Empfindlichkeit sinnvoll kalibriert werden kann (vgl. hierzu auch Runkel & Gerding 2016). Mit diesen Geräten ist die Anwendung von ProBat nicht möglich. Das Messgerät wird am Boden der Gondel installiert und das Mikrofon dabei nach unten und durch eine entsprechende Bohrung auch nach außen ausgerichtet (s. Abbildung 4). Der Detektor selbst verbleibt in der Gondel und wird von dort aus auch betrieben. Die Einstellungen der Geräte sind zu protokollieren.

Um vergleichbare und rechtssichere Daten und eine korrekte Einschätzung der Fledermausaktivität für eine Kollisionsbewertung mit ProBat zu erhalten, sind die Geräte ausschließlich mit folgender Einstellung¹⁴ zu betreiben (vgl. Behr et al. 2018).

Detektoreinstellungen beim Gondelmonitoring:

THRESHOLD: -36 dB
POSTTRIGGER: 200ms
QUALITY: 20
CRITICAL FREQUENCY: 16 kHz

¹⁴ Abweichungen von diesen Vorgaben zur Einstellung des Detektors sind nicht zulässig, wenn die Berechnung der Schlagopfer und die Entwicklung der betrieblichen Algorithmen mit ProBat erfolgt. Zusätzliche Detektoren mit abweichender Einstellung können unter dem wissenschaftlichen Aspekt betrieben werden, die Daten dienen aber nicht als Grundlage zur Abschätzung der Schlaggefährdung.

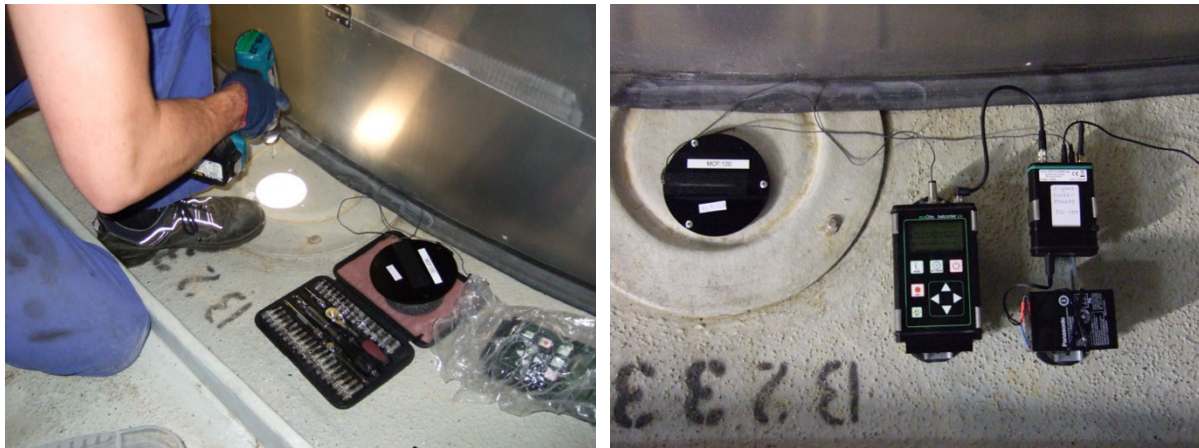


Abbildung 4: Installation eines akustischen Erfassungsgerätes (hier batcorder der FA. ecoObs, Erlangen) mit Scheibenmikrofon und GSM-Modul am Boden einer Gondel. Links ist das Loch erkennbar, durch das das Mikrofon nach außen und unten gerichtet wird. Foto: B. Gessner

- Das Gondelmonitoring erfolgt im Zeitraum zwischen dem 01.03. und 30.11. jeweils ab 1 h vor SU bis SA und über zwei Messjahre¹⁵.
- Geräteausfälle müssen dokumentiert werden. Die Mindestanzahl an Nächten (Beprobungsabdeckung) müssen 75 % dieses Zeitraumes betragen. Um korrekte und vergleichbare Daten zu erhalten, ist das Mikrofon einmal jährlich vor Beginn der Messung durch den Hersteller zu kalibrieren.
- Weichen die Ergebnisse stark voneinander ab (> 50 % über die beiden Erhebungsjahre) oder liegen größere Datenausfälle vor, so muss ein drittes Untersuchungsjahr angeschlossen werden.
- Zeitgleich mit der akustischen Messungen gehen Messdaten zur Temperatur und zur Windgeschwindigkeit ein. Der Parameter Regen kann über qualitativ hochwertige Sensoren zeitgleich gemessen werden.

Sollen die Ergebnisse mit den Studienergebnissen des BMU-Projekts in Deutschland vergleichbar sein und zur Berechnung der fledermausfreundlichen Algorithmen das entwickelte „ProBat-Tool“ angewendet werden (vgl. Kap. 8.3.5.1), so sind vor der Durchführung einer akustischen Aktivitätserfassung im Gondelbereich von WEA die Hinweise in den Begleitdokumenten (vgl. ProBat <https://www.probat.org/probat-7>, Baumbauer et al. 2020) zwingend zu beachten.

¹⁵ Die Daten, die über das Gondelmonitoring erhoben werden, stellen die Grundlage für die standardisierte Berechnung der Schlagopfer und die hieraus abgeleiteten Betriebszeiten-Algorithmen dar. Die Zeiträume der Erfassung müssen daher weit gefasst werden. Die Detektoren sind in der Gondel nach unten gerichtet (vertikal) und sowohl durch die Gondel von oben als auch durch den Mast von der Seite durch Wetterereignisse etwas geschützt. Frost wird i.d.R. von den Geräten gut überstanden. Die Mikrofonleistung kann beim Batcorder (Fa. ecoObs) an der Funktion TSL-Wert in der Status-SMS überprüft werden.

Das Tool entspricht dem derzeitigen Stand der Forschung, unterliegt aber genauso wie andere akustische Erfassungsmethoden verschiedenen methodischen Einschränkungen. So ist die begrenzte Reichweite der Fledermausrufe (vgl. Kap. 7.1 unter Punkt 7) auch bei dem Gondelmonitoring zu beachten, da sie die akustische Erfassung limitiert. Die Ergebnisse der RENEBAT-Forschungen wurden noch an niedrigeren WEAs mit kleineren Rotorradien gewonnen. Die modernen Anlagen übersteigen diese Größen inzwischen deutlich. Dies führt dazu, dass bei dem Gondelmonitoring selbst bei den maximalen Detektionsreichweiten (Gattung *Nyctalus*) nicht mehr die gesamte Länge eines Rotorblattes abgedeckt wird (Weber 2018, Runkel 2020). Abbildung 5 zeigt dies für verschieden Erfassungssysteme und ihre Reichweiten für verschiedene Ruffrequenzen am Beispiel eines heute relativ **kleinen Rotordurchmessers von 101 m**. Die heute üblichen Anlagen besitzen Rotordurchmesser von 160 m und mehr, z.B. Enercon E160, Vestas V162). Sie zeigt auch, dass weitere Parameter wie die Schallkeule oder die seitliche und nach oben gerichtete Begrenzung der Erfassung durch die Gondel sowie die Einstellung der Geräte die Datenerfassung limitieren. Dies bewirkt bei jeder Messung ein Erfassungsdefizit, welches die Prognosen der Schlaggefährdung erschweren können (Lindemann et al. 2018, Voigt et al. 2020, 2021, Runkel 2020). Nach Behr et al. (2016, RENEBAT II) werden die Berechnungen der Schlagopfer entsprechend der Rotorradien extrapoliert. Voigt et al. (2022) weisen aber darauf hin, dass ohne Kenntnis der räumlichen Verteilung der Fledermäuse auch die extrapolierten Todesraten nicht immer mit den realen Verhältnissen übereinstimmen, insbesondere dann nicht, wenn die Risikozone durch die akustische Überwachung nur unzureichend abgedeckt ist, wenn die räumliche Verteilung ungleichmäßig ist und wenn die Rotorblätter groß oder die Frequenz der rufenden Fledermäuse hoch ist. Inzwischen liegt eine **verbesserte Korrekturformel zur Berechnung von Schlagopfern** vor, die sowohl die Nabenhöhe als auch den Rotordurchmesser einer WEA berücksichtigt (vgl. Kap. 8.3.4.2). Sie soll in Kürze auch in der neuesten Version des ProBat-Tools Anwendung finden.

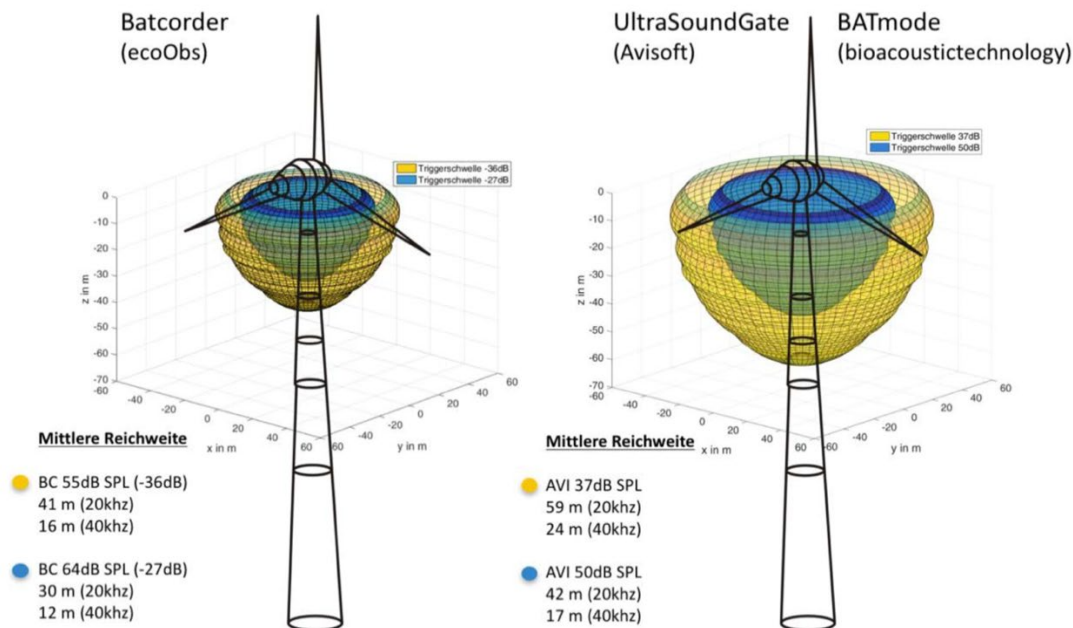


Abbildung 5: Erfassungsvolumina des batcorders (links) und des USG Systems bzw. des BATmode Systems (rechts) im Vergleich an einer E101-Anlage (i.e. 101 m Rotordurchmesser). Angaben sind die berechneten Volumina für zwei verschiedene Auslöseschwellen. Jeweils links und rechts sind mittlere Reichweiten für 20 und 40 kHz angegeben. Aus: Weber et al. 2018, S. 41. Heutige Anlagen haben noch deutlich größere Rotordurchmesser.

8.3.4.2 HALBMASTMONITORING

In den letzten Jahren wurde vielfach fachlich angemerkt, dass das Gondelmonitoring für die Berechnung von Betriebsalgorithmen durch die modernen Anlagentypen mit höheren Naben und größeren Rotoren nicht mehr ausreicht (Lindemann et al. 2018, Hurst et al. 2020, Runkel 2020, Bach et al. 2020, Voigt et al. 2021, Melber et al. 2023) und das berechnete Schlagrisiko möglicherweise unterschätzt wird. Das BfN hat hierzu ein über drei Jahre laufendes Forschungs- und Entwicklungsvorhaben veranlasst, das u.a. der Frage nach dem Erkenntnisgewinn eines Turmmikrofons nachgeht. Die Studie wurde im Herbst 2025 veröffentlicht (Behr et al. 2025), so dass die neuen Erkenntnisse zum Halbmastmonitoring hier berücksichtigt werden können. Anlass dieser Studie war die Frage nach dem Erkenntnisgewinn durch zusätzliche Mikrofone am Turm einer WEA beim Gondelmonitoring.

Bisher lagen bereits seit einigen Jahren erste Erkenntnisse zur räumlichen Verteilung der Fledermausaktivität um WEA vor. Hieraus wurde eine **einfache Korrekturformel** für verschiedene Rotorgrößen bei der Vorhersage des Schlagrisikos aus akustischen Aktivitätsdaten entwickelt (Behr et al. 2015 (RENEBAT II), die von einer radialen Abnahme der Fledermausaktivität mit dem Abstand zur Gondel ausgeht. In der neuen Studie (Behr et al. 2025) leiten die Autoren nun anhand eines sehr großen Datensatzes eine **verbesserte Korrektur der Schlagopferberechnung** für verschiedene Nabenhöhen und Rotordurchmesser ab, die z.B. in die Software ProBat (www.ProBat.org) integriert werden

kann. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass im Zusammenspiel von Rotorradius und Nabenhöhe die Größe des rotorfreien Bereichs, also des Minimalabstands der Rotorspitze zum Boden, einen entscheidenden Einfluss auf das Schlagrisiko hat. Ein geringer rotorfreier Bereich erhöht das Schlagrisiko für denselben Rotorradius stark.

Um den Nutzen eines zusätzlichen Mikrofons am Turm einer WEA einzuordnen, wurden die Größe des Vorhersagefehlers bei einer Schätzung nur mit dem Gondelmikrofon mit dem Vorhersagefehler bei der Übertragung der Ergebnisse von beprobten auf nicht beprobte WEA innerhalb desselben Windpark-Jahres überprüft. *„Turmmikrofone sind aufwändiger zu installieren und fallen wegen ihrer exponierten Position häufiger aus als Gondelmikrofone. Zur Verringerung der Vorhersageunsicherheit ist daher die Gondelbeprobung möglichst vieler WEA meist effizienter als zusätzliche Turmerfassungen. Soll die Vorhersageunsicherheit verringert werden, ist es deshalb sinnvoll, anders als in der aktuellen Praxis möglichst viele WEA eines Windparks zu beproben“* (Behr et al. 2025:73).

Es können folgende Empfehlungen für die Praxis festgehalten werden, die auch in Luxemburg angewendet werden soll:

Zur Verringerung der Vorhersageunsicherheit der Schlagopfer ist grundsätzlich **die Beprobung einer weiteren WEA** in einem Windpark **effizienter als ein Halbmastmonitoring**. Der Einsatz eines Turmmikrofons sollte erst dann erfolgen, wenn bereits alle WEA eines Windparks an der Gondel beprobt werden. Diese Ergebnisse stützen sich auf Schlagopferberechnungen mit der **verbesserten Korrekturformel**, welche das Zusammenspiel zwischen Nabenhöhe und Rotorradius berücksichtigt und den Vorhersagefehler minimiert. Diese neue Formel wird zukünftig zur Berechnung der Schlagopfer im ProBat-Tool Anwendung finden.

Ausnahmen

Ein Halbmastmonitoring wird befürwortet bei

- WEA mit einem rotorfreien Bereich **unter 30 m**¹⁶
- WEA mit rotorfreiem Bereich **unter 60 m**, wenn:

¹⁶ Durch die exponentielle Abnahme der Aktivität mit der Höhe entfällt ein hoher Anteil der Aktivität und somit des Schlagrisikos auf die tieferen vom Rotor überstrichenen Luftschichten. Dieser Effekt ist desto stärker, je tiefer der Rotor zum Boden reicht. WEA mit einem geringen rotorfreien Bereich weisen ein wesentlich höheres Schlagrisiko auf als WEA mit demselben Rotorradius aber größerer Nabenhöhe. Konfigurationen mit einem rotorfreien Bereich von weniger als 40 m sind daher als problematisch zu sehen und rotorfreie Bereiche unter 30 m sollten sowohl im Sinne des Artenschutzes als auch der Rentabilität (deutlich höhere Abschaltzeiten um dasselbe Schutzziel für Fledermäuse zu erreichen) soweit möglich vermieden werden (Behr et al. 2025: 74).

- ⇒ große Quartiere schlaggefährdeter Fledermausarten in der Nähe (bis 500 m) liegen oder
- ⇒ die Landnutzung (z.B. Gewässer, Holzlagerung, strukturreiche Wälder und Wiesen sowie Beweidung) zu einer hohen bodennahen Aktivität führt. An solchen Standorten haben die tiefen Luftschichten einen sehr hohen Einfluss auf das Gesamtschlagrisiko.

Durchführung eines Halbmastmonitorings

Soll eine Halbmastmessung durchgeführt werden, so werden folgende Erfassungsstandards in Verbindung mit den Vorgaben in ProBat zur Messung der akustischen Aktivität in der Gondel genannt (Behr et al. 2025:67):

1. *„im Sinne einer besseren Vergleichbarkeit sollten für die Erfassung in der Gondel und am Turm dieselbe Detektortechnik und gleiche Einstellungen verwendet werden.*
2. *Mikrofone können von außen (z. B. mit Magnet oder Turmmanschette) oder durch eine Öffnung im Turm von innen nach außen ragend installiert werden.*
3. *Die Position des Turmmikrofons sollte möglichst weit von der Gondel entfernt gewählt werden (Abstand von der Gondel mindestens 70 % des Rotorradius), jedoch nicht mehr als 10 m unterhalb des tiefsten Rotorpunktes.*
4. *Die höchste Empfindlichkeit des Mikrofons ist horizontal auszurichten.*
5. *Das Mikrofon sollte für einen besseren Witterungsschutz und um Erfassungen zu standardisieren, nach Osten ausgerichtet sein (im Bereich von Südost bis Nordost).*
6. *Die Mikrofonmembran sollte sich in einem Abstand von 30 mm bis 150 mm von der Turmwand befinden. Das bedeutet für eine Installation in einer Turmöffnung, dass sie also um diesen Abstand aus dem Turm herausragt.*
7. *Strukturen, die den Erfassungswinkel des Mikrofons begrenzen (Regenschutz, akustische Reflektoren, etc.) sind nicht zulässig.*
8. *Bei Mikrofonkabeln mit einer Länge von mehr als 10 m (möglich z. B. beim BATmode) ist bei analoger Signalübertragung für die Kabeldämpfung entsprechend den Angaben des Detektorherstellers zu korrigieren.*
9. *Die Empfindlichkeit des Mikrofons muss genauso wie bei einer Gondelerfassung täglich geprüft und bei unzulässigen Abweichungen der Empfindlichkeit das Mikrofon getauscht und der entsprechende Zeitraum als ungültig gewertet werden. Dies ist wegen der stärkeren Exposition bei Turmmikrofonen noch zentraler als an der Gondel.*
10. *Die an der Gondel und am Turm erfassten Daten sollten gemeinsam in der hier entwickelten Formel (siehe Abschnitt 4.2) zur Schätzung der vertikalen Verteilung der Fledermausaktivität verwendet werden, aus der sich dann Rückschlüsse auf das resultierende Schlagrisiko ziehen lassen. Die Formel und eine Möglichkeit zur Verwendung von Turmdaten sollen hierzu zeitnah in ProBat integriert werden.“*

8.3.5 Berechnung der Betriebsalgorithmen

Zur Einhaltung der Signifikanzschwelle (Kap. 8.3.1) und zur Ermittlung der regionalisierten Betriebszeitenkorrekturen (v. a. Cut-In und Temperatur) ist auf Basis der an der Gondel ermittelten Fledermausaktivitäten der zukünftige Anlagenalgorithmus unter Einhaltung der

Signifikanzschwelle zu ermitteln. Für die Berechnung muss die Signifikanzschwelle zwingend mit eingehen, da die Algorithmen so festzulegen sind, dass die Schlagrate unter dem erforderlichen Schwellenwert liegt (Dietz et al. 2024).

Die Berechnung der betrieblichen Algorithmen erfolgt auf einer Schätzung der Schlagopfer. Das Modell von Korner-Nievergelt et al. (2011) ermöglichte dies auf der Grundlage der Extrapolation der erfassten Daten. Im Unterschied zu anderen Ansätzen entwickelten die Autoren ein Modell, das es erlaubte, auf den Kadaver-Suchprozess zu verzichten und die Schlagopfer ausschließlich auf der Grundlage der Windgeschwindigkeit und der Fledermausaktivität zu ermitteln (s. Brinkmann et al. 2011). Inzwischen liegt eine verbesserte Korrekturformel der Schlagopferberechnung vor (Behr et al. 2025), die das Zusammenspiel zwischen Rotorradius und Nabenhöhe einer WEA berücksichtigt.

8.3.5.1 PROBAT-TOOL

Das Tool „ProBat“ wurde entwickelt, um die Berechnungen der Algorithmen zu standardisieren und zu vereinfachen und auch um unnötige Abschaltzeiten und damit Betriebseinbußen zu vermeiden. Das Tool ProBat ist derzeit die einzige wissenschaftlich begründete Methode zur Berechnung von Betriebszeitenkorrekturen auf Basis der gemessenen Fledermausaktivität. Es weist mittlerweile eine zehnjährige Entwicklungszeit auf, in der die zugrunde gelegten Berechnungsmodelle und Aktivitätsdaten von Fledermäusen laufend überprüft und angepasst wurden (Dietz et al. 2024).

Die Software „ProBat“ wurde ursprünglich von der Universität Erlangen (Deutschland) entwickelt. Es nutzt statistische Modelle, die die Faktoren Phänologie (Verteilung der Fledermausaktivität über das Jahr), Naturraum, Nachtzeit, Jahreszeit, Temperatur, Windgeschwindigkeit und das Aktivitätsniveau von Fledermäusen an der jeweiligen WEA berücksichtigen und verwendet diese Daten, um das standortspezifische Tötungsrisiko zu ermitteln und zu reduzieren. Grundlage dieser Berechnungen sind die umfassenden Untersuchungen zur Vermeidung von Fledermaus-Schlagopfern an Windenergieanlagen im Rahmen der RENEBAAT-Projekte (vom Bundesumweltministerium unterstützte Forschungsprojekte in Deutschland).

Anwendung von ProBat in der Praxis (vgl. <https://www.probat.org/ueber-probat/praxis>):

1. Messung der Fledermausaktivität durch Aufzeichnung der Rufe im Gondelbereich;
2. Ermittlung der Aktivität in Relation zu Wind, Temperatur, Jahreszeit und Nachtzeit;
3. Bestimmung des Aktivitätsniveaus spezifisch für die beprobte WEA;
4. Vorhersage des Kollisionsrisikos unter verschiedenen Bedingungen (Wind, Temperatur, Nachtzeit, Jahreszeit);

5. Berechnung differenzierter Abschaltzeiten für unterschiedliche Monate und Nachtzeiten unter Berücksichtigung des festgelegten Schwellenwertes und der Rotorblattlänge;
6. Einspeisung des optimierten Abschaltalgorithmus in die WEA-Anlage.

Die Software von ProBat wird stetig aktualisiert und weiterentwickelt. Mit der veröffentlichten, nutzerfreundlichen und komplett onlinebasierten Version ProBat 7 (seit 2020, www.probat.org) werden Planer, Gutachter und Genehmigungsbehörden dabei unterstützt, die RENEBAT-Forschungsergebnisse eigenständig anzuwenden. Neuere Veröffentlichungen nähren jedoch Zweifel, ob die Übertragbarkeit, speziell der Berechnungsmethode nach ProBat bei größeren Anlagen möglich ist (Lindemann et al. 2018, Runkel 2020, Bach et al. 2020). Zwar geht der Rotorradius einer WEA in die Berechnungen der Schlagopferzahlen mit ein, indem ein Korrekturfaktor verwendet wird. Dieser wurde im Rahmen eines dreijährigen Forschungsvorhabens weiterentwickelt, so dass jetzt eine **verbesserte Korrekturformel** zur Schlagopferberechnung vorliegt. Dieser berücksichtigt das Zusammenspiel von Rotorradius und Nabenhöhe und wird demnächst in das Probat-Tool integriert. Das Tool wird laufend aktualisiert und ist momentan das beste zur Verfügung stehende Werkzeug zur Ermittlung von fledermausfreundlichen Betriebsalgorithmen.

Die Software Probat berechnet anhand der Aktivität und der spezifischen Standortsfaktoren eine sehr differenzierte Betriebsmatrix (Tabelle 8 oben links). Hierfür werden vorliegend Cut-In Werte berechnet, die sehr differenziert den Rotorblattdurchmesser, den jeweiligen Monat und das jeweilige Nachtzehntel berücksichtigt.

Zur Einhaltung der Signifikanzschwelle für tolerable Schlagopfer und zur Ermittlung der regionalisierten Betriebszeitenkorrekturen (v. a. Cut-In und Temperatur) wird empfohlen, das ProBat-Tool zu verwenden, welches im Internet frei zur Verfügung steht.

Dieses berechnet auf Basis der an der Gondel ermittelten Fledermausaktivitäten den zukünftigen Anlagenalgorithmus unter Einhaltung der Signifikanzschwelle. Das Tool ProBat ist derzeit die einzige wissenschaftlich begründete Methode zur Berechnung von Betriebszeitenkorrekturen auf Basis der gemessenen Fledermausaktivität.

8.3.5.2 MANUELLE AUSWERTUNG OHNE PROBAT

Sollte das ProBat-Tool aus verschiedenen Gründen (z.B. nicht kompatible Geräte, abweichende Einstellungen der Geräte) nicht angewendet werden können, müssen die entsprechenden Werte manuell berechnet werden. Die Vorgehensweise kann in Brinkmann et al. (2011) und Behr & Rudolph (2013, 2017) nachgelesen werden. Die Ermittlung der Betriebsalgorithmen erfolgt anhand der im Rahmen des Modells berechneten Schlagopferzahl

und der Aktivität-Wind-Korrelation (vgl. Abbildung 12 im Anhang). Man erhält einen pauschalen Wert für die cut-in-Windgeschwindigkeit (Geschwindigkeit, unter der eine Abschaltung erfolgen muss) und die Temperatur, die für den gesamten fledermausrelevanten Zeitraum angewendet werden kann. Um den erforderlichen Schwellenwert zu erreichen, müssen je nach Art bzw. Artengruppe etwa 90 - 95 % der Fledermausaktivität am Standort geschützt werden. Eine Orientierungshilfe in Bezug auf den Individuenschutz geben Richarz et al. (2013): Ein 10 %-Risiko soll dem Verlust von zwei Tieren, ein 5 %-Risiko einem Verlust von einem Tier pro WEA und Jahr entsprechen. Bei dieser Methode ist anzumerken, dass ein prozentualer Schwellenwert, wie er hier verwendet wird, sich an der Aktivität orientiert, unabhängig davon, wieviel Individuen diese verursachen. So ist anzunehmen, dass an Anlagenstandorten mit einer höheren Aktivität und einem höheren Konfliktpotenzial bei gleichem Prozentsatz eine höhere Schlagopferzahl in Kauf genommen wird als bei Standorten mit einer geringeren Aktivität (Lindemann et al. 2018).

Die Differenzierung der Zeiträume mit erhöhter Betroffenheit sind anhand der Phänologie (Aktivitätsverlauf über die Jahreszeit) festzulegen. Da keine allgemeingültigen Signifikanzschwellen für nicht tolerable Aktivitätsgrenzen vorliegen und eine geringe Aktivität auch nicht zwingend mit einem niedrigen Kollisionsrisiko gleichgesetzt werden kann (Runkel 2020), ist die Abgrenzung der zeitlichen Betroffenheit subjektiv geprägt und es ergeben sich weite Spielräume für die Interpretation. Dies kann sowohl zur Über- als auch zur Unterschätzung des Risikos und der damit verbundenen Maßnahmen führen. Deshalb sollte dem standardisierten Probat-Tool nach Möglichkeit den Vorzug gegeben werden.

8.3.5.3 TOTFUNDSUCHE (OPTIONAL)

Die Abschalt-Algorithmen werden für eine langfristige Betriebszeit (ca. 25 Jahre) berechnet. Gibt es in dieser Phase aufgrund von Änderungen der Bedingungen Anlass, die festgelegten Betriebsalgorithmen wegen eines höheren Konfliktpotenzials in Frage zu stellen (z. B. durch Habitatverbesserungen im Umfeld, die unabhängig von der WEA-Planung umgesetzt wurden), so sollte eine Totfundsuche durchgeführt werden, um zu prüfen, ob die Abschaltungen ausreichend sind. Bei der Durchführung ist auf eine systematische Suche zu achten, die die absoluten Fundzahlen korrigiert für die immer auftretenden Suchfehler (absuchbare Fläche, Sucheffizienz, Abtrag durch Prädatoren) (vgl. Korner-Nievergelt et al. 2011a, Niermann et al. 2011a, b und 2015). Selbst bei Korrektur der Suchfehler ist unter ungünstigen Rahmenbedingungen (weniger als 40 % der Fläche im 50 m-Radius um die Anlage ist absuchbar, hohe Abtragsraten) keine Schätzung des Schlagrisikos mit guter Qualität aus Nachsuchen möglich (Niermann et al. 2011 a, b, Behr & Rudolph 2013).

In der Nähe zu Waldstandorten bzw. an Standorten mit schwer absuchbarem Gelände sollten für die Schlagopfersuche trainierte Suchhunde eingesetzt werden. Generell sind bei Schlagopfersuchen Suchhunde empfehlenswert, da zahlreiche Studien gezeigt haben, dass diese im Vergleich zum Menschen eine signifikant höhere Sucheizienz aufweisen (z.B. Arnett 2006, Smallwood et al. 2020).

8.3.6 Zusammenfassung der Maßnahmen zur Reduktion des betriebsbedingten Kollisionsrisikos

Tabelle 2 zeigt die erforderlichen Maßnahmen (Regelfall) in der Übersicht. Die gegebenenfalls erforderlichen Anpassungen können in den genannten Kapiteln nachgelesen werden.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Maßnahmen zur Minimierung des betriebsbedingten Tötungsrisikos:

Zeitraum	Maßnahmen (Regelfall)	Kapitel
Signifikanzschwelle für Schlagopfer	<2 Schlagopfer/WEA/a (Anpassungen gegebenenfalls erforderlich).	Kap. 8.3.1
1. Betriebsjahr	Gondelmonitoring im Zeitraum 01.03.-30.11. fledermausfreundliche Betriebszeiten: 01.04. – 31.10 (Anpassungen gegebenenfalls erforderlich). Tageszeit: 1 h vor SU bis SA • Wind < 6m • Temperatur: $\geq 10\text{ °C}$ • Niederschlag: vorläufig < 5 mm/h (=0,083 mm/min)	Kap. 8.3.2 Kap. 8.3.4.1
2. Betriebsjahr	Gondelmonitoring im Zeitraum 01.03.-30.11. fledermausfreundliche Betriebszeiten: 01.04. – 31.10 (Anpassungen gegebenenfalls erforderlich). Tageszeit: 1 h vor SU bis SA • Temperatur: $\geq 10\text{ °C}$ • • Wind < 6m Niederschlag: vorläufig < 5 mm/h (=0,083 mm/min) • Auswertung der Daten beider Jahre und Festlegung des Algorithmus bis Ende Januar des folgenden Betriebsjahres auf Grundlage des Gondelmonitorings • Cut-In Windgeschwindigkeit: wird nach Möglichkeit differenziert nach Monat und Nachtzehntel programmiert; • Abstimmung mit der zuständigen Naturschutzbehörde	Kap. 8.3.2 Kap. 8.3.4.1
Ab dem dritten Betriebsjahr	Niederschlag: Absenkung auf bis zu 2 mm/h möglich nach Korrelation der Aktivität mit Ergebnissen der zweijährigen Messung Betriebszeiten der Anlagen nach dem neu festgelegten standortspezifischen Algorithmus (nach Möglichkeit differenziert nach Monat und Nachtzehntel), sofern kein drittes Monitoring-Jahr erforderlich ist	Kap. 8.3.5 Kap. 8.3.4.1

8.4 Minimierung der Störeffekte und betriebsbedingter Kollisionen

Neben der Minimierung des Kollisionsrisiko, welches in den letzten Jahren im Rahmen von WEA-Planungen intensiv untersucht und bearbeitet wurde (s.o.), wurden Störwirkungen bislang wegen noch nicht ausreichender Kenntnisse gar nicht oder nur nach dem Vorsorgeprinzip beachtet, welches durch erste Erkenntnisse unterstützt wurde (Barré et al. 2018, Hurst et al. 2016, 2020, Leroux 2022). Inzwischen liegen zunehmend Studien vor, welche sich mit Verhaltensänderungen, die durch den Betrieb von WEA ausgehen, tiefer beschäftigten. So konnte gezeigt werden, dass Windräder von Fledermäusen entweder gemieden werden oder eine Anlockfunktion übernehmen können (Ellerbrok et al. 2022, 2023, 2024, Gaultier et al. 2023, Tolvanen et al. 2023, Voigt et al. 2024a, b, Scholz et al. 2025). Dies kann zu einer höheren Mortalität (Anlockung) oder zu Lebensraumverlusten (Meidung) führen, die eine Population empfindlich stören können. Die Mechanismen, die zur Verdrängung führen, sind noch nicht vollständig bekannt (Ellerbrok et al. 2022), es werden verschiedene Ursachen diskutiert.

Als indirekte Faktoren werden Turbulenzen (Luftströmungen) und Lärmemissionen genannt (Ellerbrok et al. 2024, Leroux et al. 2023, 2024). Auch Synergieeffekte durch WEA-Größe, Konfiguration und Betrieb, oder im Zusammenhang mit Lebensraum, Insektenverfügbarkeit, Wind, Temperatur und Saisonalität wurden untersucht (Leroux et al. 2023, 2024, Lehmann et al. 2024, McKay et al. 2024). Generell wird die Aussage bekräftigt, dass der Konflikt zwischen Windenergieerzeugung und dem Schutz von Fledermäusen umso größer ist, je ökologisch hochwertiger der Lebensraum der Tiere im Bereich des Standortes ist (Moustakas et al. 2023, Reusch et al. 2022, 2023, Sotillo et al. 2024, Voigt et al. 2024 a, b).

Unter den häufigsten Auswirkungen werden Lebensraumveränderungen (Verlust, Degradierung), Verdrängungseffekte (Meidung) und eine höhere Schlaggefahr infolge einer Anlockung genannt (vgl. auch Lehmann et al. 2024), wobei Hinweise vorliegen, dass Fledermäuse artspezifisch angelockt oder vergrämt werden (Voigt et al. 2024b). Die Studien wiesen auf Unterschiede je nach der Zugehörigkeit einer Gilde hin. In den meisten der hier genannten Studien wurden die Fledermäuse in Gruppen (Gilden) zusammengefasst, deren Einteilung nach ihrer Echoortung und den spezifischen Flugweisen erfolgte (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Einteilung der Fledermäuse nach Gilden

Gilde	Abkürzung (engl.)	Echo- ortung	Jagd	Gattungen
Offenlandjäger <i>open-space-foragers</i>	LRE	Langstrecke	Freiraum	<i>Nyctalus</i> , <i>Eptesicus</i> , <i>Vespertilio</i>
Jäger an der Vegetation (Randlinienjäger) <i>edge-space-foragers</i>	MRE	Mittel- strecke	Entlang von linearen Strukturen (Hecken, Waldränder, Ufersäume)	<i>Pipistrellus</i> , <i>Barbastella</i>
Jäger in geschlossener Vegetation <i>narrow-space-foragers</i>	SRE	Kurzstrecke	Wald	<i>Myotis</i> , <i>Plecotus</i>

- **Lebensraumveränderungen durch Verdrängung/Meidung**

Die Studien von Dietz (et al. 2024) zeigen, dass Lebensraumverluste eine der häufigsten Störungseffekte infolge von Meidung bzw. Vergrämung darstellen, die durch den Betrieb einer WEA ausgehen können. Eine besondere Bedeutung haben die Habitatveränderungen bei WEA-Standorten im Wald (Melber et al. 2023).

Die Anlagenstandorte in Luxemburg liegen ausschließlich im Offenland, so dass Störeffekte durch direkte Habitatverluste ausgeschlossen werden können. Allerdings weisen die Ergebnisse der verschiedenen akustischen Studien darauf hin, dass bei Anlagenkonstellationen nahe von Waldrändern Störwirkungen durch indirekte Lebensraumverluste infolge einer Meidung vor allem bei den Waldarten (Gattungen *Myotis* und *Plecotus*) entstehen können (Ellerbrok et al. 2022, Tolvanen et al. 2022, Dietz et al. 2024, Scholtz et al. 2025). Diese Arten zählen zu den narrow-space-foragers (SRE, s. Tabelle 3). In vielen Untersuchungen zu Störwirkungen zeigte sich, dass sich ihre Aktivität verringerte, je näher der Untersuchungspunkt an einer WEA lag (im Wald: Ellerbrok et al. 2022, entlang Hecken im Offenland, teilweise mit hohen Waldanteilen: Barré et al. 2018, Leroux 2022). Dies spricht für ein Meideverhalten, was zu indirekten Habitatverlusten für diese Artengruppe führt.

Als ein plausibler Einflussfaktor für Verdrängungseffekte werden betriebsbedingte Geräuschemissionen gesehen (Lehmann et al. 2024). Lärm kann insbesondere für die lärmempfindlichen Fledermausarten relevant sein, die nahe an der Vegetation jagen. Die Arten orten eher leise und mit geringer Reichweite und finden ihre Nahrung überwiegend passiv über Raschelgeräusche (Bechsteinfledermaus, Großes Mausohr, Fransenfledermaus, Braunes und Graues Langohr, BMDV 2023).

Der Geltungsbereich solcher Verhaltensänderungen ist nicht bekannt, in den Studien werden zur Minimierung möglicher Beeinträchtigungen Mindestabstände von 50 m – 500 m (- 1000 m) zwischen Wald/Gehölzkanten und der WEA angegeben (Teff-Seker et al. 2022). Rodrigues (et. al 2016) befürworten eine Distanz von 200 m zu Gehölzkanten. Hurst et al. (2020) empfehlen im Wald eine Abstandsregelung von WEA im 200 Meter Umkreis um bekannte Wochenstubenquartierzentren und Balzquartieren. Diese Distanz bezieht sich nicht auf einen einzelnen Quartierbaum, sondern auf die gesamte Abgrenzung der Fortpflanzungsstätte, d.h., auf eine Fläche, die alle bekannten Quartierbäume der Art verbindet und die essentiellen Lebensräume miteinschließt, die per Definition Teil der Fortpflanzungsstätte sind.

Der Abstand von 200 m erscheint vorerst als sinnvolles Maß zur Beurteilung potenzieller Störwirkungen bei Windkraftplanungen am Rand eines Waldgebietes, wie es in Luxemburg häufiger vorkommt. Sind mehrere Wochenstubenquartiere einer Waldart bekannt, sollten zur Bestimmung des Quartierzentrums alle gefundenen Quartiere anhand eines Polygons zusammengefasst werden (vgl. Hurst et al. 2020). Der Abstand von 200 m ist vom Rand des so ermittelten Quartiehabitates einzuhalten.

I.d.R. können die Quartierzentren jedoch nicht durch die üblichen Untersuchungsergebnisse (Akustik, Netzfänge, Quartiertelemetrie) ausreichend abgegrenzt werden. So wechseln die Kolonietiere von Waldfledermausarten regelmäßig Quartiere und nutzen einen Quartierverbund (vgl. Fission-Fusion-Verhalten Kerth und König 1999; Russo et al. 2005, Dietz & Pir 2009, Dietz et al. 2013, Dietz & Krannich 2019, Hurst et al. 2020). Die Erfassung der tatsächlich nachgewiesenen Quartierbäume (QB) im Rahmen der Feldstudien ist aber nur sehr begrenzt möglich (max. 2-3 QB / Sendertier). Daher müssen trotz fehlender Nachweise weitere Quartiere im Umfeld der Quartierbäume erwartet werden. Dies umso mehr, wenn das Waldgebiet eine hohe Wertigkeit (struktureicher Laubwald, ausgebildeter Waldrand, evtl. Altbäume, Baumhöhlen) aufweist.

Bei Nachweisen von Quartierbäumen ist daher ergänzend eine Kartierung der Habitatstruktur des Waldgebietes durchzuführen (vgl. Kap. 7.4). Anhand der potenziellen Habitateignung des Waldes sowie der ermittelten Felddaten (Quartierbäume, Akustik) können für die betroffene(n) Art(en) die potenziell hochwertigen Lebensräume abgegrenzt werden. Die Randlinien dieser Bereiche sind für die Abstandsregelung maßgeblich. Dies kann z.B. der Waldrand sein, wenn die Waldstruktur zwischen dem tiefer im Wald liegenden QB und dem Waldbereich in Richtung Waldsaum vergleichbar hochwertig ausgeprägt ist. Nicht immer erlaubt eine Strukturkartierung zuverlässige Rückschlüsse auf die Habitateignung einer Art, wenn diese z.B. große Aktionsräume nutzt und/oder eine flexible Habitatbindung zeigt (z. B. Kleiner Abendsegler, Wasserfledermaus, Fransenfledermaus, Zwergfledermaus, Kleine Bartfledermaus). In diesem Fall kann die spezielle Ermittlung des Quartierpotenzials möglicherweise hilfreich sein. Fehlen

hinreichend aussagekräftige Daten kann im Einzelfall der QB bei der Abstandsregelung herangezogen werden. Bei Arten, die gegenüber Lärm unempfindlich reagieren und im Wald (einschl. in Kanzeln und Hütten) reproduzieren können (Große und Kleine Bartfledermaus, Mopsfledermaus, Kleinabendsegler, Zwergfledermaus), sind Verdrängungseffekte, welche den Fortbestand einer Population empfindlich stören können, weniger anzunehmen. Allerdings zeigten sich bei allen Arten Verhaltensänderungen beim Betrieb einer WEA. Die weitere Nutzung von (Wochenstuben) -quartieren unter dem Einfluss betrieblich genutzter WEA ist bislang noch nicht erforscht. So lässt sich nicht ableiten, ob diese Quartiere zukünftig von den Kolonietieren in gleicher Funktion und Umfang weiter genutzt werden. Da Quartierzentren von Wochenstuben grundsätzlich für den Bestand einer Population von zentraler Bedeutung sind, und weder das artspezifische Ausmaß der Störwirkungen noch deren Geltungsbereich ausreichend wissenschaftlich belegt sind, greift für die Fortpflanzungsstätte das Vorsorgeprinzip. Bei Nachweisen von Quartierhabitaten oder Paarungsquartieren ist daher die Abstandsregelung von 200 m zur WEA **für alle im Wald vorkommenden Arten** einzuhalten. Eine Abweichung von dieser Regel ist nur in begründeten Ausnahmefällen möglich. Diese sind mit dem Ministerium bzw. mit dem *Service autorisations* der ANF abzustimmen.

Indirekte Lebensraumveränderungen sind in Luxemburg auch nach Art. 17 Habitatschutz insbesondere bei einer Präsenz besonders betroffener Arten (z.B. für die lärmempfindlichen Arten Bechsteinfledermaus, Großes Mausohr, Fransenfledermaus, Braunes und Graues Langohr) betrachtungsrelevant.

- **Attraktionseffekte**

Die Effekte einer Anlockung konnten v.a. bei den Offenlandjägern (open-space-foragers, LRE) in verschiedenen Studien beobachtet werden (Barré et al. 2018, Ellerbrok et al. 2022, 2024, Tolvanen et al. 2022), McKay et al. 2024, Scholz et al. 2024). Ihre Aktivität nahm signifikant ab mit der Verringerung der Distanz zu einer WEA (Scholz et al. 2024). Ellerbrok (et al. 2022) beschreiben saisonale Schwerpunkte diese Attraktionswirkung im August/September. Zu den Offenlandjägern zählen Arten der Gattungen *Nyctalus*, *Eptesicus*, *Vespertilio*, die vielfach ein erhöhtes Kollisionsrisiko aufweisen. Das Tötungsrisiko kann durch Betriebseinschränkungen wirksam vermindert werden. Arten dieser Gattungen besitzen eine größere Reichweite ihrer Rufe und werden akustisch gut erfasst (s. Kap. 7.1). Durch das Gondelmonitoring, welches die Aktivität von Fledermäusen nach dem Bau einer WEA über zwei Jahre in Gondelhöhe misst, wird ein erhöhtes Kollisionsrisiko infolge einer Attraktionswirkung erfasst und im Rahmen der hieraus abgeleiteten betrieblichen Auflagen ausreichend minimiert. Sind Paarungsquartiere von Abendseglern, die häufig am Waldrand liegen, betroffen, so könnten temporär höhere betriebliche Einschränkungen erforderlich werden. Um dies zu vermindern oder zu vermeiden kann im Vorfeld auch eine Standortoptimierung in Betracht gezogen werden.

8.4.1 Standortoptimierung

Ergeben die Felddaten, dass die WEA an einem für Fledermäuse hochwertigen und sensiblen Standort errichtet werden soll, so besteht in dieser Planungsphase die Möglichkeit, den Standort anzupassen und die Konflikträchtigkeit im Vorfeld zu minimieren. Hiermit können dauerhafte, strenge Auflagen zur Minimierung des Kollisionsrisikos vermieden werden, die für die Verträglichkeit eines Standortes erforderlich wären. Grundsätzlich sind risikoreiche Standorte im Bereich hoher Fledermausaktivitäten zu erwarten, die oft entlang von Strukturen (Hecken, Waldränder, Galeriewälder), in strukturreichem Gelände (Wald, Streuobst, gehölzreiches Offenland) oder Gewässern zu finden sind. In Luxemburg liegen WEA-Planungen zwar immer im Offenland, aber oft in der Nähe eines Waldrands. An solchen Standorten sind zur Minimierung von Störwirkungen und einer erhöhten Schlaggefährdung Abstände zwischen WEA und Waldränder zu beachten.

Um die Abstandsregelungen anhand ihrer Maßstäbe visuell zu verdeutlichen, wurde für diesen Leitfaden ein Schema gezeichnet, welches exemplarisch eine moderne WEA mit einer Nabenhöhe von 169 m und einem Rotorradius von 162 m vor einem Waldbestand berücksichtigt (vgl. Abbildung 6). Die Abstandsregelungen berücksichtigen folgende Maßnahmen zur Standortoptimierung:

1. Einhaltung eines **vertikalen Abstandes von 50 m** zwischen unterer Rotorspitze und dem Kronendach des Waldes (Hurst et al. 2016, 2020, Melber et al. 2023). Dieser Abstand wird bei den modernen Anlagen i.d.R. eingehalten (s. Abbildung 6).
2. Einhaltung eines **horizontalen Abstandes von 50 m** zwischen Mast und einem Waldrand (Kronentraufe), vgl. Abbildung 6).
Diese Abstandsregelung gilt generell für Waldränder, die eine hohe Flugaktivität von Fledermäusen (akustische Nachweise für zahlreiche Jagdflüge, Transferflüge) aufweisen. Die Abstandsregelung trägt zur Minimierung des Tötungsverbotes (bzw. der daraus resultierenden höheren betrieblichen Einschränkungen) und des Störungsverbotes (insbesondere für passiv ortenden Arten) bei. Meist handelt es sich um strukturell gut ausgebildete Waldränder. Nadelforste und junge Laubgehölze weisen in diesem Zusammenhang i.d.R. eine geringere Bedeutung auf, können aber je nach Ausprägung des Waldmantels dennoch befliegen werden. Unterschreitet der geplante Abstand zwischen WEA und Waldrändern 50 m, so sollten diese im Rahmen der Feldstudien auf ihre tatsächliche Nutzung geprüft werden.
3. Einhaltung eines Mindestabstandes von 200 m zu nachgewiesenen und potenziellen (Habitatstrukturen mit hoher Eignung) Quartierhabitaten für alle im Wald vorkommenden Arten.

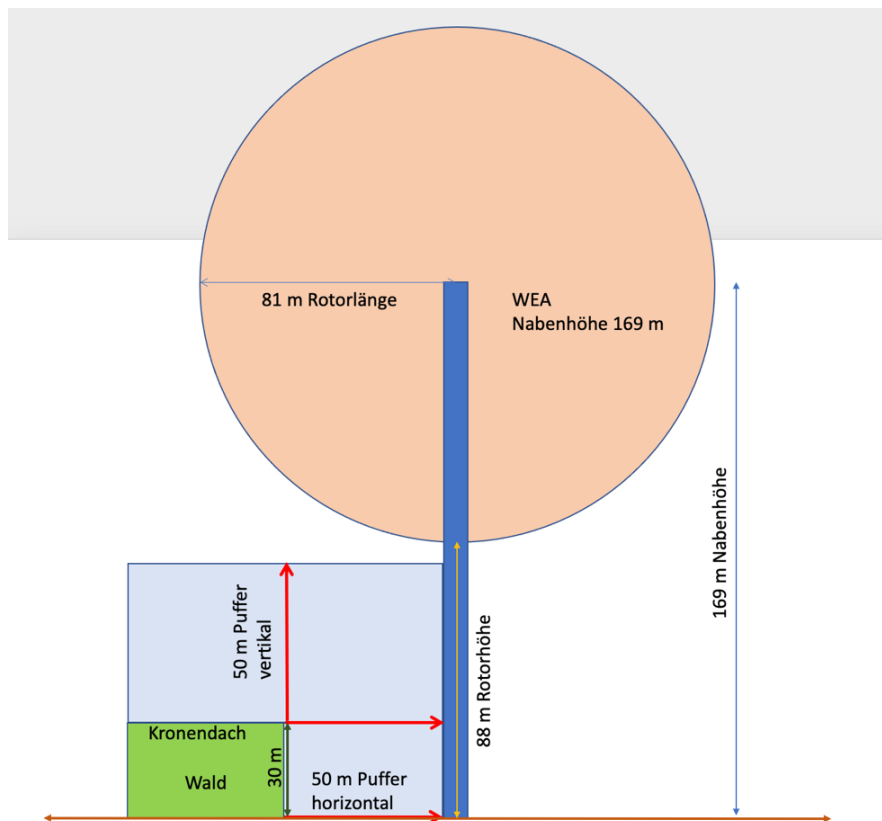


Abbildung 6: Schema zur Verdeutlichung der Größenverhältnisse bei Beachtung der Abstandsregelungen zu Wald am Beispiel einer modernen WEA mit einer Nabenhöhe von 169 m. Der Wald wird bei Einhaltung eines horizontalen Puffers von 50 m von den Rotoren leicht überstrichen, allerdings kann der vertikale Puffer von 50 m bei diesem Anlagentyp gleichzeitig gut eingehalten werden.

5. Es sollte ebenfalls geprüft werden, ob zu **Fledermaushotspots**, die eine kumulierte Aktivität von Fledermäusen und damit eine hohe Konfliktrichtigkeit erwarten lassen, ausreichende Abstände zu der WEA-Planung eingehalten werden:
 - im 1 km-Radius: große Stillgewässer (> 0,5 ha), evtl. auch große Flussläufe und Wochenstuben von Siedlungsarten (vgl. Scholz et al. 2025);
 - im 5 km-Radius (je nach Bedeutung): unterirdische Quartiere, Rast- und Paarungsgebiete migrierender Fledermausarten (vgl. Karst et al. 2017).

Eine pauschale Abstandsregelung zu Fledermaushotspots besteht nicht. Allerdings ist beim Auftreten solcher Strukturen im engeren und weiteren UG die jeweilige Aktivität der besonderen Strukturen durch ausreichende akustische Messungen zu prüfen und zu bewerten. Es empfiehlt sich, zu den Gebieten mit einer erwiesenermaßen besonderen Bedeutung für den Fledermausschutz analog zu Quartierhabitaten einen Abstand von mindestens 200 m einzuhalten. Anderenfalls ist auf strengere Betriebszeitenkorrekturen und auf eine möglicherweise geringere Wirtschaftlichkeit des Standortes hinzuweisen.

8.4.2 Verzicht auf sehr konfliktträchtige Standorte

Lässt sich eine Standortoptimierung nach den oben beschriebenen Regelungen nicht durchführen oder das hohe Konfliktrisiko auf Basis der Standarduntersuchungen nicht ausreichend minimieren, so ist entweder mit weiterführenden und aufwändigen Feldstudien (z.B. Aktionsraumtelemetrie, Höhenmessungen) oder mit dauerhaft sehr strengen betrieblichen Einschränkungen zu rechnen, die im Einzelfall auch einen dauerhaften Nutzungsverzicht des Standortes rechtfertigen.

9 Ausgleichsmaßnahmen

9.1 Ökobilanzierung

Die Beanspruchung der gesamten Bauflächen ist auf die Habitatausstattung und auf das Vorkommen einzelner Fledermausarten zu prüfen. Regelmäßig genutzte, geschützte Habitate gemäß Art.17 des NSG müssen (abgesehen von bestimmten Ausnahmen, wie der „in situ-Kompensation“ für bestimmte Arten) über den Flächenpool ausgeglichen werden. Falls der Erhaltungszustand der beteiligten Art ungünstig ist (U1, im Sinne des RGD du 1er août 2018), erhöht sich der Ausgleichsbedarf pro Quadratmeter Fläche um 5 Punkte, falls der Erhaltungszustand als schlecht bewertet wird (U2, im Sinne des RGD du 1er août 2018), erhöht sich der Ausgleichsbedarf pro Quadratmeter Fläche um 10 Punkte.

9.2 Lebensraumaufwertung

Ausgleichsmaßnahmen dienen dem Ausgleich unvermeidbarer und erheblicher Eingriffe. Sind durch das Vorhaben Fledermausquartiere oder auch essenzielle Lebensräume einzelner Arten betroffen, so sind diese über vorgezogene Maßnahmen im Sinne des Art. 27 des NSG („continuous-ecological-functionality-measures“, sprich CEF-Maßnahmen) auszugleichen. So sind auch Jagdhabitate, die aufgrund ihrer hohen Eignung, der nachweislichen Nutzung und der Nähe zu einer Reproduktionsstätte möglicherweise als Teil der Fortpflanzungsstätte zu interpretieren sind, einzubeziehen (= essentielle Lebensräume). Mögliche Vorgehensweisen können im Leitfaden zu CEF-Maßnahmen des Umweltministeriums (Link s. Literatur) bzw. auch bei Zahn et al. (2021) nachgelesen werden.

Daneben kann die Durchführung von Maßnahmen besonders residente Populationen im UG unterstützen, wenn diese stark schlaggefährdet sind und/oder besondere Jagdlebensräume wie Wald- und Heckenränder oder Gewässer (*hot-spots*) durch den Betrieb einer WEA gestört werden. Schlecht kalkulierbare Restrisiken können im Bereich der Störung (Kap. 2.3) entstehen, insbesondere dann, wenn die Anlagenstandorte 200 m zu bedeutenden Strukturen unterschreiten. Zudem muss davon auszugehen werden, dass bei einem akzeptierten Schwellenwert von 2 Schlagopfern pro WEA und Jahr für diese beiden Individuen ein Tötungsrisiko von nahe 100 % besteht. Vorsichtige Populationsschätzungen lassen selbst bei der noch häufigen Zwergfledermaus langfristige Rückgänge ihrer Populationen erwarten (Lindemann et al. 2018). Von dem Großen Abendsegler sind z.B. massive Bestandseinbrüche in den Überwinterungsgebieten in Südhessen, Frankreich, Süddeutschland und Österreich zu beobachten, die möglicherweise auch im Zusammenhang mit der Windkraft stehen könnten (deutsche Fledermausschutzwarte: Online-Tagung am 27.11.21).

Werden hohe sommerliche Aktivitäten und eine Reproduktion dieser Arten im Umfeld einer WEA festgestellt, so wird zur Unterstützung dieser Populationen vorsorglich empfohlen, geeignete Flächen im Gebiet aufzuwerten und so das Quartier- und Nahrungsangebot für die betroffenen Arten zu verbessern.

Für die Umsetzung der Maßnahmen muss immer ein Mindestabstand zu den WEAs eingehalten werden, damit die Tiere nicht in den Gefahrenbereich gelockt werden. Allgemeine Abstandsempfehlungen liegen hierfür nicht vor, als Orientierung wird hier ein Abstand von ca. 500 m zu den Windrädern genannt.

Möglichkeiten zur Schaffung hochwertiger Jagdhabitate wären z.B.

- eine Extensivierung der Bewirtschaftung von Wald- und Grünlandflächen;
- ein ökologischer Waldumbau;
- die Erhaltung und Entwicklung naturnaher, vielfältiger Waldränder, Schneisen, Waldwege und Gehölzstreifen mit heimischem Pflanzenbewuchs, die zur Verbesserung des Nahrungsangebotes dienen und als Flugrouten in die Jagdgebiete genutzt werden können;
- die Anlage eines Waldtümpels;
- Erhaltung naturnaher Gewässerläufe mit breiten Uferrandstreifen mit Gebüsch und Baumgruppen;
- mögliche Quartierverluste können evtl. durch künstliche Quartiermöglichkeiten, z.B. durch Fledermauskästen, ausgeglichen werden, hierbei ist jedes potenzielle Quartier, welches baubedingt verloren geht, je nach Eignung (gering, mittel, hoch; vgl. Kap. 7.2) mit je 1-3 Fledermauskästen zu kompensieren. Diese Maßnahme ist nur eingeschränkt für Arten wirksam, die bereits an Kästen gewohnt sind. Deshalb sollte sie bei guten Quartieren immer in Kombination mit einer Bestandssicherung anderer Quartierbäume erfolgen (s.u.);
- der Bestand kann zur langfristigen Sicherung der Quartiere des Kleinabendseglers und zur Vermeidung von Störungen vollständig aus der Nutzung genommen werden oder es können die Bewirtschaftung stark extensiviert und Biotopbaumgruppen ausgewiesen werden;
- die sicher nachgewiesenen Quartierbäume aller Arten sollten zudem langfristig gesichert werden;
- zudem ist darauf zu achten, dass die direkte Flächeninanspruchnahme durch WEA auf das erforderliche Minimum reduziert und die temporären Bauflächen nach Abschluss der Bauarbeiten wieder rekultiviert werden.

10 Literatur

- Aldridge, H. D. J. N. & Brigham, R. M. (1988): Load Carrying and Maneuverability in an Insectivorous Bat: A Test of The 5% "Rule" of Radio-Telemetry - *Journal of Mammalogy*, Vol. 69, No. 2 379-382.
- Arnett EB, Huso MM, Schirmacher MR, Hayes JP (2011): Altering turbine speed reduces bat mortality at wind – energy facilities. *Front Ecol Envir* 9:209–214.
- Arnett, E. B., Baerwald, E. F., Mathews, F., Rodrigues, L., Rodriguez-Duran, A., Rydell, J., Villegas-Patraca, R., & Voigt, C. C. (2016): Impacts of wind energy development on bats: A global perspective. In C. C. Voigt & T. Kingston (Eds.), *Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing world* (pp. 295– 323). Springer.
- Arnett, E. B. (2006): A preliminary evaluation on the use of dogs to recover bat fatalities at wind energy facilities. *Wildlife Society Bulletin* 34(5): 1440-1445.
- Bach L, Bach P (2009) Einfluss der Windgeschwindigkeit auf die Aktivität von Fledermäusen. *Nyctalus* 14:3–13.
- Bach L, Bach P, Kesel R (2020): Akustisches Monitoring von Rauhauffledermaus an Windenergieanlagen: Ist ein zweites Ultraschallmikrofon am Turm notwendig? In C.C. Voigt, (ED.): *Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben*. Springer Spektrum.
- Baerwald EF, D' Amours GH, Klug BJ, Barclay RMR (2008): Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biol* 18: R695–R696.
- Barré K, Le Viol I, Bas Y, Julliard R, Kerbiriou C (2018): Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: implications for European siting guidance. *Biol Conserv* 226:205–214.
- Behr O, Brinkmann R, Korner-Nievergelt F, Niemann I, (2011): Akustische Messungen der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: Brinkmann R, Behr O, Niemann I, Reich M (2011): *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT I)*. Umwelt und Raum. Bd 4. Cuvillier Verlag, Göttingen. 470 S.
- Behr O, Brinkmann R, Hochradel K, Mages J, 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. (RENEBAT III). - Endbericht des Forschungsvorhabens gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Förderkennzeichen 0327638E). O. Behr et al. Erlangen / Freiburg / Ettiswil, 415 S.
- Behr O, Brinkmann R, Korner-Nievergelt F, Nagy M, Niemann I, Reich, M, Simon R (2016): Ergebnisbericht des Forschungsvorhabens „Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT II)“. Hannover: Repositorium der Leibniz Universität Hannover, 2016 (Umwelt und Raum 7), 369 S. DOI: <https://doi.org/10.15488/263>.
- Behr, O. & Rudolph, B.-U. (2013): Fachliche Erläuterungen zum Windkrafterlass Bayern: Verringerung des Kollisionsrisikos durch fledermausfreundlichen Betrieb der Anlagen. Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Behr, O. & Rudolph, B.-U. (2017): Fachliche Erläuterungen zum Windkrafterlass Bayern: Teil 2: Verringerung des Kollisionsrisikos durch fledermausfreundlichen Betrieb der Anlagen. Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV 2023: Arbeitshilfe Fledermäuse und Straßenverkehr. Ausgabe 2023. Bearbeiter: Dr. J. Lüttmann, J. Bettendorf, R. Heuser, W. Zachay, C. Preißer, K. Servatius (FÖA Landschaftsplanung GmbH, Trier).
- Brinkmann R, Behr O, Niemann I, Reich M (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT I). Umwelt und Raum. Bd 4. Cuvillier Verlag, Göttingen. 470 S.
- Brinkmann, R., Biedermann, M., Bontadina, F., Dietz, M., Hintemann, G., Karst, I. Schmidt, C. & Schorcht, W. (2012): Planung und Gestaltung von Querungshilfen für Fledermäuse. – Eine Arbeitshilfe für Straßenbauvorhaben im Freistaat Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, 116 Seiten.
- Budenz, T., B. Gessner, J. Lüttmann, F. Molitor, K. Servatius, M. Veith (2017): Up and down: B. barbastellus explore lattice towers. - *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, Volume 28 (2): 272-276.

- Denzinger, A., & Schnitzler, H.-U. (2013): Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. *Frontiers in Physiology*, 4, 164. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00164>.
- Dietz, C., Helversen, v.O. & Nill, D. (2007): Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Biologie, Kennzeichen, Gefährdung. Kosmos-Verlag Stuttgart.
- Dietz M, Bögelsack K, Dawo B, Krannich A (2013): Habitatbindung und räumliche Organisation der Bechsteinfledermaus. In: Dietz M (Hrsg) Populationsökologie und Habitatansprüche der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii*. Beiträge zur Fachtagung in der Trinkkuranlage Bad Nauheim, 25.-26.02.2011. S 85–103.
- Dietz M, & Krannich A (2019): Die Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* – Eine Leitart für den Waldnaturschutz. Handbuch für die Praxis. Naturpark Rhein-Taunus, Idstein.
- Dietz M, Pir J (2009): Distribution and habitat selection of *Myotis bechsteinii* in Luxembourg: implications for forest management and conservation. *Folia Zool* 58:327–340.
- Dürr, T. & Bach, L. (2004): Fledermäuse als Schlagopfer für Windenergieanlagen – Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. - Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz, Band 7:253-263.
- Frick WF, Baerwald EF, Pollock JF, Barclay RMR, Szymanski JA, Weller TJ, Russel AL, Loeb SC, Medellin RA, McGuire LP (2017): Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biol Conserv* 209:172–177.
- Gessner, B. (2012): Teichfledermaus (*Myotis dasycneme* Boie, 1825) und Nymphenfledermaus (*Myotis alcathoe* Helversen & Heller, 2001), zwei neue Fledermausarten für Luxemburg. *Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois* 113: 137-140.
- Gessner, B. (2017): Erstnachweis einer Wochenstubenkolonie der Nymphenfledermaus (*Myotis alcathoe* Helversen & Heller, 2001) für Luxemburg. *Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois* 119: 99–107.
- Gessner, B. (2023): Wiederöffnung eines Stollenmundes (n°140) bei Lasauvage (Gemeinde Differdange). Monitoring der Maßnahme für Fledermäuse. 1. Untersuchungsjahr 2022. - Unveröff. Gutachten im Auftrag von Palea, Architecture du Paysage, L-4774 Pétange.
- Hurst J, Biedermann M, Dietz C, Dietz M, Karst I, Krannich E, Petermann R, Schorcht W, Brinkmann R (Hrsg) (2016): Fledermäuse und Windkraft im Wald. Naturschutz und Biologische Vielfalt, vol 153. Springer, Berlin, S. 17–66.
- Karst, I., Biedermann, M. u. Schorcht, W. (2017): Akustische Untersuchungen zum Zugverhalten von Rauhaufledermaus und Großem Abendsegler im Thüringisch-Fränkischen Mittelgebirge und Vorland. – In: Meschede, A., Schorcht, W., Karst, I., Biedermann, M., Fuchs, D. & Bontadina, F. (2017): Wanderrouuten der Fledermäuse. – BfN-Skripten 453: 82-152.
- Kerth G, König B (1999): Fission, fusion and nonrandom associations in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*). *Behaviour* 136:1187–1202.
- König, H. & H. Wissing (2007): Die Fledermäuse der Pfalz. Beiheft 37 der Schriftenreihe „Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz“. Landau: Gesellschaft für Naturschutz und Ornithologie Rheinland-Pflanz e.V. (GNOR), 2007.
- Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., Brinkmann, R. & Hellriegel, B. (2011): A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology*, 17:350-363.
- Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., und R. Brinkmann (2011a): Schätzung der Zahl verunglückter Fledermäuse an Windenergieanlagen mittels akustischer Aktivitätsmessungen und modifizierter N-mixture Modelle. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum*. Bd 4. Cuvillier Verlag, Göttingen. S. 323 – 353..
- Lambrecht, H. & Trautner, J. (2007): Fachinformationssystem und Fachkonventionen zur Bestimmung der Erheblichkeit im Rahmen der FFH-VP – Endbericht zum Teil Fachkonventionen, Schlussstand Juni 2007. – FuE-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Auf-trag des Bundesamtes für Naturschutz - FKZ 804 82 004 [unter Mitarb. von K. Kockelke, R. Steiner, R. Brinkmann, D. Bernotat, E. Gassner & Kaule, G.]. – Hannover, Filderstadt.
- Lindemann C, Runkel V, Kiefer A, Lukas A, Veith M (2018): Abschaltalgorithmen für Fledermäuse an Windenergieanlagen. *Naturschutz Landschaftsplanung* 50:418–425.

- Long, C.V., Lepper, P.A., Flint, J.A. (2011): Ultrasonic noise emissions from wind turbines: potential effects on bat species. In: 10th International congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN2011), 24th-28th July 2011, London. Proceedings of the Institute of Acoustics, 33 (3), pp. 907-913.
- Marckmann, U. & V. Runkel (2010): Die automatische Rufanalyse mit dem batcorder-System. Erklärungen des Verfahrens der automatischen Fledermausruf-Identifikation und Hinweise zur Interpretation und Überprüfung der Ergebnisse - Version 1.01 (August 2010). <https://ecoobs.de/download-de/>
- Marckmann & Pfeifer (2020): Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen. Teil 1 – Gattungen *Nyctalus*, *Eptesicus*, *Vespertilio*, *Pipistrellus* (*nyctaloide* und *pipistrelloide* Arten), Mopsfledermaus, Langohrfledermäuse und Hufeisennasen Bayerns. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). https://www.deutsche-fledermauswarte.org/wp-content/uploads/2020/11/Akustik_bayern_teil1.pdf
- Melber, m., U. Hermanns, C.-C. Voigt, L. Bach, H. Geiger, C. Giese, L. Grosche, I. Kaipf, C. Lindemann, F. Meyer, V. Runkel und A. Seebens-Hoyer. (2023): Fledermausschutz an Windenergieanlagen. Aktueller Stand und Herausforderungen. Naturschutz und Landschaftsplanung 55 (03) 2023, 30 – 37.
- Meschede, A., Schorcht, W., Karst, I., Biedermann, M., Fuchs, D. & Bontadina, F. (2017): Wanderrouen der Fledermäuse. – Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben „Identifizierung von Fledermauswanderrouen und -korridoren“ (FKZ 3512 86 0200). BfN-Skripten 453. http://www.bfn.de/0502_skripten.html
- Ministère du Développement durable et des Infrastructures, Département de l'Environnement (MDDI) (2018): Leitfaden zur FFH-Verträglichkeitsprüfung für das Großherzogtum Luxemburg. https://environnement.public.lu/content/dam/environnement/documents/natur/biodiversite/rese-au-zones-protegees/natura2000/Leitfaden_FFH-LU.pdf
- Niermann, I., von Felten, S., Korner-Nievergelt, F., Brinkmann, R. & Behr, O. (2011): Einfluss von Anlagen- und Landschaftsvariablen auf die Aktivität von Fledermäusen an Windenergieanlagen. – In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. – Umwelt und Raum Bd. 4, 384-405, Cuvier Verlag, Göttingen.
- Niermann, I. R. Brinkmann, F. Korner – Nievergelt, O. Behr (2011): Systematische Schlagopfersuche – methodische Rahmenbedingungen – in: Umwelt und Raum, Bd. 4, Brinkmann, R. et al (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore – Windenergieanlagen. Schriftenreihe Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover.
- Niermann, I., Behr, O., Brinkmann, R., Hochradel, K., Korner-Nievergelt, Simon, R., Reich, M. (2015): Kollisionsopfersuchen als Grundlage zur Überprüfung der Wirksamkeit von Abschaltalgorithmen. - In: Behr, O., Brinkmann, R., Korner-Nievergelt, F., Nagy, M., Niermann, I., Reich, M., Simon, R. (Hrsg.): Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT II). - Umwelt und Raum Bd. 7, 101-164, Institut für Umweltplanung, Hannover.
- Pfalzer, G. (2002): Inter- und intraspezifische Variabilität der Soziallaute heimischer Fledermausarten (Chiroptera: Vespertilionidae). Berlin; Mensch und Buchverlag. Zugl.; Kaiserslautern, univ. Diss, 2002.
- Pfalzer, G. (2007): Verwechslungsmöglichkeiten bei der akustischen Artbestimmung von Fledermäusen anhand ihrer Ortungs- und Sozialrufe. *Nyctalus* (N.F.), Berlin 12 Heft 1, S. 3-14.
- Pir, J & M. Dietz (2014): Erste Wochenstubenkolonie der Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus* Schreber, 1774) für Luxemburg. *Bull. Soc. Nat. luxemb.* 115 (2014): 185-192.
- Richarz, K., Hormann, M., Braunberger, C., Harbusch, C., Süßmilch, G., Caspari, S., Schneider, C., Monzel, M., Reith, C. & Weyrath, U. (2013): Leitfaden zur Beachtung artenschutzrechtlicher Belange beim Ausbau der Windenergienutzung im Saarland. - Staatliche Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und das Saarland; Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz; Ministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz Saarland.
- Richarz, K., M. Hormann, M. Werner, L. Simon & T. Wolf (2012): Naturschutzfachlicher Rahmen zum Ausbau der Windenergienutzung in Rheinland-Pfalz. Artenschutz (Vögel, Fledermäuse) und NATURA 2000-Gebiete. Erstellt von der staatlichen Vogelschutzwarte für Hessen,

- Rheinland—Pfalz und das Saarland & dem Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz. I.A. des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Verbraucherschutz, Weinbau und Forsten, Rheinland-Pfalz.
- Rodrigues, L., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Karapandza, B., Kovac, D., Kervyn, T., Dekker, J., Kepel, A., Bach, P., Collins, J., Harbusch, C., Park, K., Micevski, B., Mindermann, J. (2016): Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Windenergieprojekten – Überarbeitung 2014. EUROBATS Publication Series No. 6 (deutsch Ausgabe). UNEP/EUROBATS Sekretariat, Bonn, Deutschland, 146 Seiten.
- Runge, H., Simon, M. & Widdig, T. (2010): Rahmenbedingungen für die Wirksamkeit von Maßnahmen des Artenschutzes bei Infrastrukturvorhaben, FuE-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz – FKZ 3507 82 080. Hannover, Marburg, 279 S.
- Runkel, V. & G. Gerding (2016): Akustische Erfassung, Bestimmung und Bewertung von Fledermausaktivität. Edition Octopus, Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG Münster. 168 S.
- Russo D, Cistrone L, Jones G (2005) Spatial and temporal patterns of roost use by tree-dwelling barbastelle bats *Barbastella barbastellus*. *Ecography* 28:769–776
- Russo D, Ancillotto L, Jones G (2018): Bats are still not birds in the digital era: echolocation call variation and why it matters for bat species identification. *Can J Zool* 96:63–78.
- Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M. J., Green, M., Rodrigues, L., & Hedenström, A. (2010): Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica*, 12(2), 261– 274.
- Seiche, K., Endl, P. & Lein, M. (2007): Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen 2006. - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Bundesverband WindEnergie e. V. und Vereinigung zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien e.V. (Hrsg.) (2008):62 S.
- Smallwood, K.S., Bell, D.A. & Standisch, S. (2020): Dogs detect larger wind energy effects on bats and birds. *The Journal of Wildlife Management* 1-13: 13 S
- Veith, M., Lindemann, C., Kiefer, A., Koch, M. (2023). Windkraft und Fledermausschutz im Wald – eine kritische Betrachtung der Planungs- und Zulassungspraxis. In: Voigt, C.C. (eds) *Evidenzbasiertes Wildtiermanagement*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-65745-4_7
- Voigt CC, Lehnert LS, Petersons G, Adorf F, Bach L (2015): Bat fatalities at wind turbines: German politics cross migratory bats. *Eur J Wildl Res* 61:213–219.
- Voigt CC, Straka TM, Fritze M (2019): Producing wind energy at the cost of bio- diversity: a stakeholder view on a green-green dilemma. *J Sustain Renew Energy* 11:063303.
- Weber, N., Nagy, M., Hochradel, K., Mages, J., Naucke, A., Schneider, A., Stiller, F., Behr, O., Simon, R. (2018): Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis - Endbericht des Forschungsvorhabens gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Förderkennzeichen 0327638E). O. Behr et al. Erlangen / Freiburg / Ettiswil.
- Zahn A, Lustig A & M. Hammer (2014): Potenzielle Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermauspopulationen. *ANLiegen Natur* 36:21–35.

PDF-Dokumente:

- Arnett EB, Hein CD, Schirmacher MR, Huso MMP, Szewczak JM (2013) Correction: Evaluating the Effectiveness of an Ultrasonic Acoustic Deterrent for Reducing Bat Fatalities at Wind Turbines. *PLOS ONE* 8(9): 10.1371/annotation/a81f59cb-0f82-4c84-a743-895acb4b2794. <https://doi.org/10.1371/annotation/a81f59cb-0f82-4c84-a743-895acb4b2794>
- Bach, P., Bach, L. & Kesel, R. (2020): Akustisches Monitoring von Rauhauffledermaus an Windenergieanlagen: Ist ein zweites Ultraschallmikrofon am Turm notwendig? In: C. Voigt (Hrsg.) (2020): *Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben*. S. 101-119, Springer Spektrum. Berlin. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61454-9>
- bat bioacoustictchnology: Leitfaden für ein erfolgreiches akustisches Gondelmonitoring von Fledermäusen an Windenergieanlagen.

- <https://www.bioacoustictechnology.de/gondelmonitoring-von-fledermaeusen-an-windenergieanlagen/>. Zugriff am 13.03.2025
- Baumbauer, L., S. Greule, M. Nagy, R. Simon & O. Behr (2020): Voraussetzungen für die Verwendung von ProBat. Stand: 23. November 2020. <https://www.probat.org/support/downloads>.
- Behr, O. (2024): Wieviel zusätzliche Information bringt das Turmmikrofon bei der Fledermauserfassung an WEA? In: Fa Wind: Rundbrief Windenergie und Artenschutz. https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/Natur-_und_Artenschutz/rundbrief/FA_Wind_und_Solar_Rundbrief_Windenergie_und_Artenschutz_2_2024.pdf
- Behr, O., S. Greule, J. Grimm, C. Happ, F. Korner-Nievergelt & F. Stehr: (2025): Die Höhenverteilung von Fledermäusen an Windenergieanlagen. BfN-Schriften 741 - <https://www.bfn.de/publikationen/bfn-schriften/bfn-schriften-741-die-hoehenverteilung-von-fledermaeusen>
- BfN 2025: Projektsteckbriefe. Fledermäuse und Windenergie. Signifikanzschwelle, Turmmikrofon <https://www.bfn.de/projektsteckbriefe/fledermaeuse-und-windenergie-signifikanzschwelle-turmmikrofon>, Zugriff am 18.03.2025).
- Bulling, L., Sudhaus, D., Schnittker, D., Schuster, E., Biehl, J. & Tucci, F. (2015): Vermeidungsmaßnahmen bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (Studie). Fachagentur Windenergie an Land, Berlin, 120 Seiten.
- DBU (2020): Weiterentwicklung und Optimierung der Freilandmethoden zum Monitoring der Fledermäuse nach Art. 17 FFH-Richtlinie. Abschlussbericht, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), bearbeitet von der Universität Trier, Fachbereich VI durch M. Koch und M. Veith. https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-32213_01-Hauptbericht.pdf
- Dietz, M., Fritzsche, A., Johst, A. & Ruhl, N. (2024): Fachempfehlung für eine bundesweite Signifikanzschwelle für Fledermäuse – Bewertung der derzeitigen Signifikanzschwelle für Fledermäuse und Windenergieanlagen. BfN-Schriften 682, 112 S. DOI: <https://doi.org/10.19217/skr682>
- Dürr, T. (2025) Bat fatalities at wind turbines in Europe. <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeits-schwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>
- Ellerbrok, J.S., A. Delius, F. Peter, N. Farwig & C.C. Voigt (2022): Activity of forest specialist bats decreases towards wind turbines at forest sites. *Journal of Applied Ecology*. 09.07.2022. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14249>
- Ellerbrok, J.S., Farwig, N., Peter, F., Rehling, F., Voigt, C.C., 2023. Forest gaps around wind turbines attract bat species with high collision risk. *Biol. Conserv.* 288, 110347 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110347>.
- Ellerbrok, J.S., Farwig, N., Peter, F., Voigt, C.C., 2024. Forest Bat Activity Declines with Increasing Wind Speed in Proximity of Operating Wind Turbines. *Glob. Ecol. Cons.* 49, e02782.
- FA Wind (2020): Fledermausschutz an Windenergieanlagen. Ergebnisse einer Betreiberumfrage zum Gondelmonitoring.- Hrsg: Fachagentur zur Förderung eines natur- und umweltverträglichen Ausbaus der Windenergie an Land e.V. https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Analyse_Abschaltungen_Fledermausschutz_09-2020.pdf
- Gaultier, S.P., Lilley, T.M., Vesterinen, E.J., Brommer, J.E., 2023. The presence of wind turbines repels bats in boreal forests. *Landsc. Urban Plan.* 231, 104636.
- Gessner, B., M. Utesch & C. Harbusch (2024): Wiederrunde der Kleinen Hufeisennase *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800) nach 30 Jahren in Luxemburg. July 2024. *Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois* 126:25-31; DOI:10.59513/sn1.2024.126.025
- Hammer, M. & Zahn, A. (2009) (in Zusammenarbeit mit M. Markmann, ecoObs – technology & service): Kriterien für die Wertung von Artnachweisen basierend auf Lautaufnahmen. Version 1 – Oktober 2009. - Koordinationsstelle für Fledermausschutz in Bayern. <https://ecoobs.de/download-de/#toc-1>
- Hurst J, Biedermann M, Dietz C, Dietz M, Reers, H, Karst I, Petermann R, Schorcht W, R. Brinkmann (2020): Windkraft im Wald und Fledermausschutz – Überblick über den

- Kenntnisstand und geeignete Erfassungsmethoden und Maßnahmen. In C.C. Voigt, (Hrsg.): Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben. Springer Spektrum.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-61454-9>
- ITN (2015): Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Fledermausschutzes bei der Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) in Thüringen. - Institut für Tierökologie und Naturbildung, Gonterskirchen im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Koordinationsstelle für Fledermausschutz.
https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/000_TLUBN/Naturschutz/Dokumente/1_zool_artenschutz/artenschutz_windenergie/arbeitshilfe_fledermause_und_windkraft_thuringen_20160121_.pdf
- KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2023): Anfrage Nr. 146 zur Berücksichtigung des Niederschlags bzw. der Luftfeuchtigkeit bei Abschaltungen von Windenergieanlagen zum Fledermausschutz. https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE-Antwort_Parameter_pauschale_FM-Abschaltungen_Laender_140.pdf (letzter Zugriff: 13.03.2025).
- LANA (Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz) (2010) : Hinweise zu zentralen unbestimmten Rechtsbegriffen des Bundesnaturschutzgesetzes. <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/49599>
- Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2011): Fledermaus-Handbuch LBM - Entwicklung methodischer Standards zur Erfassung von Fledermäusen im Rahmen von Straßenprojekten in Rheinland-Pfalz, Koblenz.
https://lbm.rlp.de/fileadmin/lbm/Themen/Landespflege/Dokumente/2011_Fledermaus-Handbuch.pdf
- Lehmann, P., J.S. Ellerbrok, N. Farvig, C. Rheinschmitt, C.-C. Voigt & F. Rehling (2024) : Windenergienutzung im Wald. Auswirkungen auf den Artenschutz und regulatorische Lösungsansätze. *Natur und Landschaft* 99 (11) : 521-531. <https://doi.org/10.19217/NuL2024-11-01>.
- LfU (2025) : Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel und Fledermäuse. Kollisionsdaten und Kollisionsdatenbank. Landesamt für Umwelt Brandenburg.
<https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeits-schwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/#>
- Leroux, C., Kerbiriou, C., Le Viol, I., Valet, N., & Barré, K. (2022). Distance to hedgerows drives local repulsion and attraction of wind turbines on bats: Implications for spatial siting. *Journal of Applied Ecology*, 00, 1–12. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14227>
- Leroux, C., Le Viol, I., Valet, N., Kerbiriou, C., Barré, K., 2023. Disentangling mechanisms responsible for wind energy effects on European bats. *J. Environ. Manag.* 346, 118987.
- Leroux, C., Barré, K., Valet, N., Kerbiriou, C., Le Viol, I., 2024. Distribution of common pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*) activity is altered by airflow disruption generated by wind turbines. *PLOS ONE* 19 (5), e0303368.
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg) (2014) Hinweise zur Untersuchung von Fledermausarten bei Bauleitplanung und Genehmigung für Windkraftanlagen. Karlsruhe.
https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/Untersuchungs-umfang_Fledermaeuse_Endfassung_01_04_2014.pdf
- MLUK (2010): Handlungsempfehlung zum Umgang mit Fledermäusen bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen in Brandenburg. Anlage 3 zum Windkrafteffekt. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.
https://mluk.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/Windkrafteffekt_Anlage3.pdf
- McKay, R.A., Johns, S.E., Bischof, R., Mathews, F., van der Kooij, J., Yoh, N., Eldegard, K., 2024. Wind Energy Development Can Lead to Guild-Specific Habitat Loss in Boreal Forest Bats. *Wildl. Biol.* 2, e01168.
- Meineke, T. (2015): Phänologie und Verhalten flugaktiver Großer Abendsegler *Nyctalus noctula* (SCHREBER, 1774) im südlichen Niedersachsen in den Jahren 2000 bis 2014. *Säugetierkundliche Informationen* 9 (49): 403-428. https://www.ubs-meineke.de/fileadmin/meinekes_upload/Dokumente_zum_downloaden/Publikationen_2014ff/MEINEKE_2015_Nyc_noc_Seeb_See_Saeugetierkundl_Informationen_49_403-428.pdf
- MUGV (2010): Handlungsempfehlung zum Umgang mit Fledermäusen bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen in Brandenburg. Anlage 3 zum Windkrafteffekt.

- Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.
https://mluk.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/Windkrafterlass_Anlage3.pdf
- Moustakas, A., Georgiakakis, P., Kret, E., Kapsalis, E., 2023. Wind turbine power and land cover effects on cumulative bat deaths. *Sci. Total Environ.* 892, 164536
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164536>.
- Naturstiftung David (2023): Häufig gestellte Fragen aus dem Umfeld der Windenergiebranche zur ProBat Anwendung – Frage: Fließen Niederschlagswerte in die Berechnungen mit ProBat ein? <https://www.probat.org/faqs/windbranche> (letzter Zugriff: 13.03.2025).
- NLT (Niedersächsischer Landkreistag) (2014): Naturschutz und Windenergie: Hinweise zur Berücksichtigung des Naturschutzes und der Landschaftspflege sowie zur Durchführung der Umweltprüfung und Umweltverträglichkeitsprüfung bei Standortsplanung und Zulassung von Windenergieanlagen. Niedersächsischer Landkreistag e.V. Hannover. Online verfügbar unter: https://www.nlt.de/wp-content/uploads/2021/12/Arbeitshilfe-Naturschutz-und-Windenergie-5.-Auflage_Stand_Oktober-2014.pdf
- Pfeiffer, B. & U. Marckmann, 2022: Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen, Teil 2: Gattung *Myotis*. Hrsg.: Bayer. Landesamt für Umwelt. Augsburg. 46 S https://www.deutsche-fledermauswarte.org/wp-content/uploads/2023/04/Bayern_Leitfaden_Bioakustik_II-1.pdf
- Reusch, C., Lozar, M., Kramer-Schadt, S., Voigt, C.C., 2022. Coastal onshore wind turbines lead to habitat loss for bats in northern Germany. *J. Environ. Manag.* 310.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114715>.
- Reusch, C., Paul, A.A., Fritze, M., Kramer-Schadt, S., Voigt, C.C., 2023. Wind turbines in forests conflict with habitat use of tree-dwelling bats. *Curr. Biol.*
<https://doi.org/10.1015/j.cub.2022.12.050>.
- Richardson, S.M., Lintott, P.R., Hosken D., Economou, T. & F. Mathews (2021): Peaks in bat activity at turbines and the implications for mitigating the impact of wind energy developments on bats. *Scientific Reports* (2021) 11:3636, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82014-9>
- Roemer, C., T. Diska, A. Coulon, & Y. Bas (2017): Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. *Biological Conservation* 215 (2017) 116-122.
<https://docs.wind-watch.org/Roemer.j.biocon.2017.09.pdf>
- Runkel, V. (2020): Akustische Erfassung von Fledermäusen-Möglichkeiten und Grenzen im Bau und Betrieb von Windkraftanlagen. In: C.C. Voigt (Hrsg.): *Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61454-9>
- Schaub, A., Ostwald, J., & Siemers, B. M. (2008): Foraging bats avoid noise. *Journal of Experimental Biology*, 211(19), 3174–3180.
<https://journals.biologists.com/jeb/article/211/19/3174/18275/Foraging-bats-avoid-noise>
- Scholz, C. & C. C. Voigt 2022: Diet analysis of bats killed at wind turbines suggests large-scale losses of trophic interactions. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/csp2.12744>
- Scholz C, Klein H, Voigt CC (2025): Wind turbines displace bats from drinking sites. *Biological Conservation* 302 (2025) 110968. DOI: 10.1016/j.biocon.2025.110968
- Sotillo, A., le Viol, I., Barré, K. Bas Y. & C. Kerbiriou 2024: Context-dependent effects of wind turbines on bats in rural landscapes. *Biological Conservation* 295 (2024) 110647,
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110647>
- Teff-Seker, Y., O. Berger-Tal, Y. Lehnardt und N. Teschner (2022): Noise Pollution from Wind Turbines and its Effects on Wildlife. A Cross-National Analysis of Current Policies and Planning Regulations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 168 (Oktober): 112801.
<https://doi.org/10.1026/j.rser.2022.112801>
- Tolvanen, A., Routavaara, H., Jokikokko, M., Rana, P., 2023. How far are birds, bats, and terrestrial mammals displaced from onshore wind power development? A systematic review. *Biol. Conserv.* 288, 110382.
- Teubner, J.; Teubner, J.; Dolch, D. & Heise, G. 2008: Säugetierfauna des Landes Brandenburg - Teil 1: Fledermäuse. *Natursch. Landschaftspfl. Bbg.* 1, 2 (17).
https://mluk.brandenburg.de/media_fast/4055/nundl_2-3_2008.pdf
- Voigt, C. C. (2020). Evidence-based bat conservation during wind turbine projects: Steps towards solving a green-green dilemma. In C. C. Voigt (Hrsg.), *Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben* (pp. V– XII). Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61454-9>

- Voigt, C. C., Russo, D., Runkel, V., & Goerlitz, H. R. (2021). Limitations of acoustic monitoring at wind turbines to evaluate fatality risk of bats. *Mammal Review*. doi:10.1111/mam.12248.
- Voigt, C. C., Scherer, C., & Runkel, V. (2022). Modeling the power of acoustic monitoring to predict bat fatalities at wind turbines. *Conservation Science and Practice*, 4(12), e12841. <https://doi.org/10.1111/csp2.12841>
- Voigt, C.C., Bernard, E., Huang, J.C.C., Frick, W.F., Kerbiriou, C., MacEwan, K., Mathews, F., Rodriguez-Duran, A., Scholz, C., Webala, P.W., Welbergen, J., Whitby, M., 2024a. Toward solving the global green–green dilemma between wind energy production and bat conservation. *BioScience* 74 (4), 240–252.
- Voigt, C., C. Scholz, J. Ellerbrok und M. Melber (2024b): Die Auswirkungen von Windenergieanlagen an Waldstandorten auf Fledermäuse. *Anliegen Natur*, Juli, 111. <https://doi.org/10.63653/pond7399>.
- Zahn, A., Hammer, M. & Pfeiffer, B (2021): Vermeidungs-, CEF und FCS-Maßnahmen für vorhabensbedingt zerstörte Fledermausbaumquartiere. *Hinweisblatt der Koordinationsstellen für Fledermausschutz in Bayern*, 23 S. Download unter Aktuelles auf: <https://www.tierphys.nat.fau.de/fledermausschutz/>

Richtlinien und Gesetze:

- EU-Kommission (2000): Mitteilung der Kommission. Die Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2000:0001:FIN:de:PDF>
- EU-Kommission (2007): Leitfaden zum strengen Schutzsystem für Tierarten von gemeinschaftlichem Interesse im Rahmen der Habitat-Richtlinie 92/43/EWG, Februar 2007: https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/guidance/pdf/guidance_de.pdf
- EU-Kommission (2013), Generaldirektion Umwelt, Entwicklung der Windenergie und Natura 2000: Leitfaden, Publications Office, 2013: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/32005>
- EU-Kommission (2019): Natura 2000 – Gebietsmanagement – Die Vorgaben des Artikels 6 der Habitat-Richtlinie 92/43/EWG: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1548663172672&uri=CELEX:52019XC0125\(07\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1548663172672&uri=CELEX:52019XC0125(07))
- EU-Kommission (2021a): Leitfaden zum strengen Schutz von Arten von gemeinschaftlichem Interesse im Rahmen der Habitat-Richtlinie: <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/a17dbc76-2b51-11ec-bd8e-01aa75ed71a1>
- EU-Kommission (2021c) Prüfung der Verträglichkeit von Plänen und Projekten mit erheblichen Auswirkungen auf Natura-2000-Gebiete Methodik-Leitlinien zur Erfüllung der Vorgaben des Artikels 6 Absätze 3 und 4 der Habitat-Richtlinie 92/43/EWG: https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/art6/natura_2000_assess_de.pdf
- EU-Kommission, (2021b), Generaldirektion Umwelt, *Leitfaden zu Windkraftprojekten und den Naturschutzvorschriften der EU*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2021: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/486>
- FFH-Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A31992L0043>
- IUCN (2007): Guidelines for Applying the Precautionary Principle to Biodiversity Conservation and Natural Resource Management. As approved by the 67th meeting of the IUCN Council, 14.-16.05.2007: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/pgc-002.pdf>
- Leitfaden zur FFH-Verträglichkeitsprüfung für das Großherzogtum Luxemburg: https://environnement.public.lu/content/dam/environnement/documents/natur/biodiversite/reseau-au-zones-protgees/natura2000/Leitfaden_FFH-LU.pdf
- Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A31992L0043>
- Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302413

Elektronische Quellen:

Artensteckbriefe, Verbreitung:

- https://environnement.public.lu/fr/natur/biodiversite/mesure_3_zones_especes_proteges/espeches_protegees/tiere/saeugetiere/fledermaeuse.html
- <https://www.bfn.de/artenportraits>
<https://ffh-vp-info.de/FFHVP/Art.jsp?m=2,1,0,6>

Steckbriefe und Managementpläne: <https://www.eea.europa.eu/>

Plan d'Actions espèces:

https://environnement.public.lu/fr/natur/biodiversite/plan_d_action_especes_et_habitats/plan_d_action_especes.html

Standarddatenbögen und Plan de gestion von FFH-Gebieten:

https://environnement.public.lu/fr/natur/biodiversite/mesure_3_zones_especes_proteges/natura_2000.html

Datenbank „*Musée national d'histoire naturelle Luxembourg*“: <https://mdata.mnhn.lu/>

Les zones Natura 2000 für Luxemburg im geoportail.lu

ProBat mit Begleitdokumenten: <https://www.probat.org/probat-7>

Leitfaden CEF-Maßnahmen Umweltministerium Luxemburg:

https://environnement.public.lu/content/dam/environnement/documents/natur/plan_action_especes/Leitfaden-CEF-Massnahmen-Dezember-2021.pdf

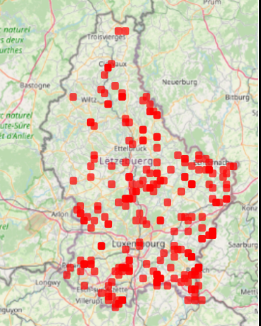
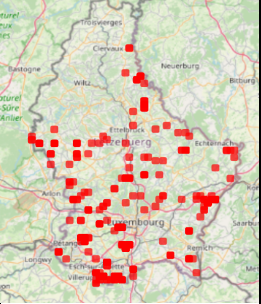
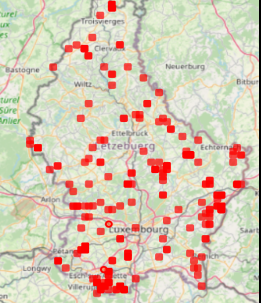
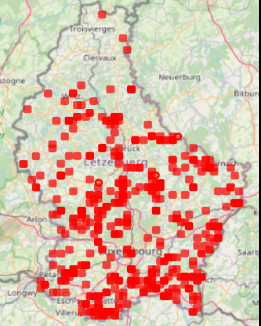
WEA-Anlagen in Luxemburg: <https://energieauer.lu/>

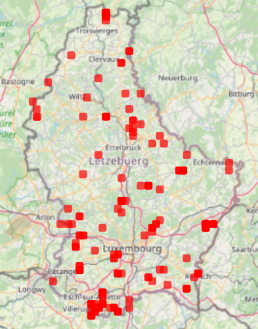
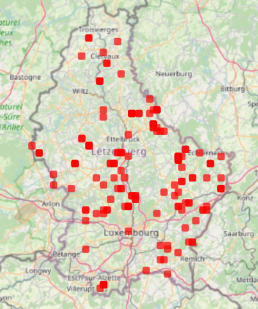
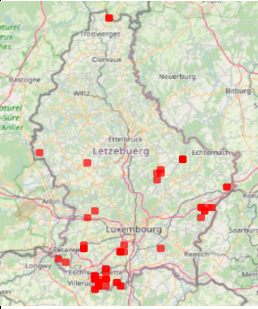
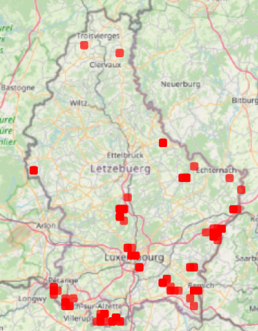
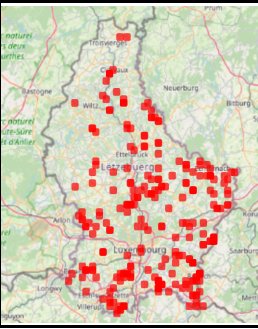
11 Anhang

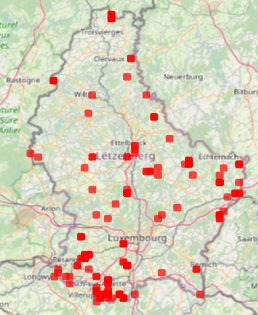
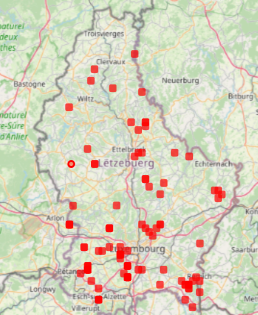
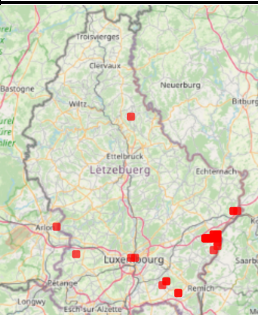
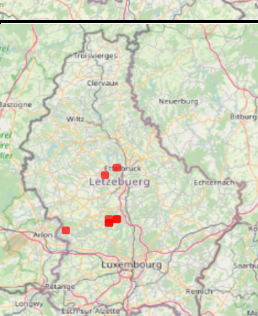
Übersicht über die folgenden Tabellen und Abbildungen

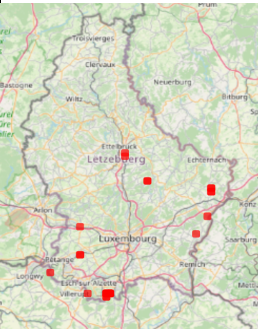
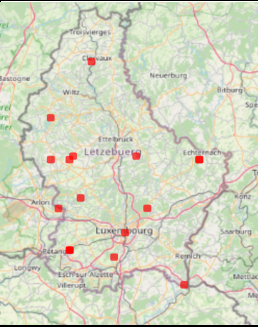
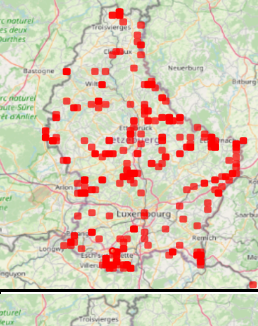
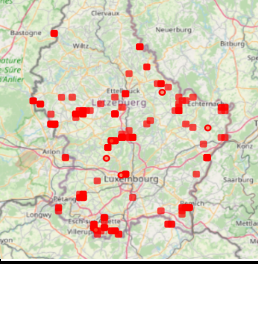
Tabelle 4: Fledermausvorkommen in Luxemburg.	80
Tabelle 5: Standarduntersuchung im Rahmen einer Windenergieplanung für Fledermäuse zur Ermittlung der Sachverhalte im UG.	85
Tabelle 6: Zeiträume der einzelnen Erfassungsmethoden.	86
Tabelle 7: Kategorien für Niederschlagsbeschreibungen während der Detektorbegehung nach ITN (ITN 2015, S. 93).	91
Tabelle 8: Beispielgrafiken für die Datenaufbereitung mit dem ProBat-Tool (vgl. https://www.probat.org/probat-7).	92
Abbildung 7: Darstellung eines Untersuchungskonzeptes am Beispiel einer WEA-Planung in einem stark strukturierten Gelände.	87
Abbildung 8: Darstellung eines Untersuchungskonzeptes am Beispiel einer WEA-Planung in einem weniger stark strukturierten Gelände.	88
Abbildung 9: Darstellung eines Untersuchungskonzeptes am Beispiel einer WEA-Planung (2 Anlagenstandorte) mit FFH-Relevanz.	89
Abbildung 10: Beispielgrafik für die nächtliche Aktivität der Bestimmungsgruppe Nyctaloid, die anhand einer Dauermessstelle (batcorder) mit bc-admin (Fa. ecoObs, Erlangen) generiert wurde.	90
Abbildung 11: bekannte Fehlerquellen der Rufanalyse mit dem batcorder-System. Aus: Marckmann & Runkel (2010).	91
Abbildung 12: Akkumulierte Verteilung der Aktivitäten aller Arten in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit.	93
Abbildung 13: Fledermausverluste an Windenergieanlagen (aus Dürr 2025).	94

Tabelle 4: Fledermausvorkommen in Luxemburg. Zusammengetragen wurden für jede Spezies die allgemeinen ökologischen Faktoren (grün), die speziellen Daten für Luxemburg (blau) sowie die jeweilige Kollisionsgefährdung an WEA (rot). Arten mit hoher Kollisionsgefährdung wurden rot hervorgehoben.

allgemeine Ökologie, Lebensräume, lokale Populationen								Vorkommen in Lux., Besonderheiten			Kollisionsgefahr WEA	
Art	Sommer-quartiere	Winter-quartiere	Lebensraum	Jagdstrategie	Aktionsraum	Populations-bezug	Ortswechsel So - Wi	Häufigkeit, Vorkommen in Lux.	Verbreitung Lux. Stand: 01/2023	Besonderes	Gefährdung	Anzahl Totfunde in der EU
Abendsegler (<i>Nyctalus noctula</i>)	Baumhöhlen, Fledermauskästen, seltener Gebäudespalten	Baumhöhlen, Spalten-quartiere an Gebäuden	über Gewässer, Wälder, Offenland, Siedlungen, um Laternen	Jagd vorwiegend im freien Luftraum zwischen 10-40 m Höhe bzw. über Baumkronenhöhe, teilweise auch in großer Höhe im freien Luftraum	sehr groß, > 10 km.	Wochenstube meist 20-60 (- > 100) Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	ziehende Art mit weiten saisonalen Wanderungen von 100 - 1.000 km	verbreitet und häufig in ganz Luxemburg, geringere Nachweise im Norden und Nordwesten des Landes		keine Reproduktion in Lux. bekannt, Sommernachweise möglicherweise nur übersommernde Männchen	sehr hoch, betrachtungs-relevant	1765
Bechsteinfledermaus (<i>Myotis bechsteinii</i>)	in Baumhöhlen, Spechthöhlen, in Fledermauskästen nur dann, wenn diese der Kolonie schon bekannt sind	alte Bergwerks-stollen, Bunker	in strukturierten mehrschichtigen Wäldern v.a .in Eichen-Hainbuchen-beständen, am Waldrand, auch in Obstwiesen, an Stillgewässern	strukturbezogen, aktive und passive Beutedetektion	klein, in Quartiernähe bis max. in 3 km Entfernung	Wochenstube, meist zw. 20 - 50 Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	Quartiertreu, Kurzstrecken-wanderer	verbreitet u. mäßig häufig im Guland und Minette, sowie im Osten des Öslings, Luxemburg liegt zusammen mit RIP (D.-land) im Zentrum des Mitteleuropäischen Verbreitungsschwer-punktes		Vorkommen auf Europa beschränkt, daher besteht eine hohe Verantwortlichkeit für die Art, in Luxemburg sind > 20 Kolonien bekannt, sichere Artansprache ist oft nur über Fang möglich	gering	2
Braunes Langohr (<i>Plecotus auritus</i>)	Baum- und Gebäudequartiere, Fledermauskästen	alte Bergwerks-stollen, Bunker, Keller	Wälder, strukturreiche Siedlungsränder, Gehölzränder	strukturbezogen, aktive und passive Beutedetektion	klein, in Quartiernähe bis in ca. 2 km Entfernung	Wochenstube, meist zw. 10 - 50 Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	Quartiertreu, Kurzstrecken-wanderer	verbreitet und mäßig häufig mit Schwerpunkten im Gutland und in der Minette, im Westen des Ösling bislang weniger Fundpunkte		Artansprache nur über Fang und Sicht möglich, kann akustisch nicht von ihrer Schwesternart, dem Grauen Langohr, unterschieden werden	gering	9
Breitflügelfledermaus (<i>Eptesicus serotinus</i>)	Spaltenquartiere in Gebäuden, v.a. Dachböden	unterirdische und oberirdische Quartiere in Bauwerken (Felsspalten, Brücken, Gebäude)	strukturierte und offenere Landschaft, entlang von Gehölzkanten, Grünflächen, Parks und Alleen, in Siedlungen, über breiten Waldwegen	nur leicht strukturorientiert, aktive Beutedektion	klein bis mittel, meist in Quartiernähe bis ca. in 4,5 km Entfernung, selten bis zu 12 km	Wochenstube, meist zw. 10 - 60 (bis 300) Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	relativ quartiertreu, Wanderungen bis 50 km	verbreitet und häufig in tieferen Lagen im Gutland und in der Minette, im Ösling etwas seltener			hoch, betrachtungs-relevant	165

allgemeine Ökologie, Lebensräume, lokale Populationen								Vorkommen in Lux., Besonderheiten			Kollisionsgefahr WEA	
Art	Sommer-quartiere	Winter-quartiere	Lebensraum	Jagdstrategie	Aktionsraum	Populations-bezug	Ortswechsel So - Wi	Häufigkeit, Vorkommen in Lux.	Verbreitung Lux. Stand: 01/2023	Besonderes	Gefährdung	Anzahl Totfunde in der EU
Fransenfledermaus (<i>Myotis nattereri</i>)	Baumhöhlen und -spalten, Gebäudequartiere, Fledermauskästen	alte Bergwerksstollen, Bunker, Keller	in unterholzreichen Wäldern, im strukturierten Offenland über Grünland, in Viehställen, an Stillgewässern	oft passive Ortung dicht vor Vegetation, Absammeln der Beute vom Blattwerk vom Boden bis Kronenhöhe	klein, meist unter 5 km	Wochenstube, meist zw. 30 - 80 Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	ortstreu, auch saisonale Wanderungen > 100 km möglich	in ganz Luxemburg vorkommend, aber nicht häufig, es liegen nur wenige Nachweise zu ihrem Vorkommen vor		sichere Artansprache ist oft nur über Fang und Sicht möglich, daher methodisch bedingte Datendefizite	gering	6
Graues Langohr (<i>Plecotus austriacus</i>)	Dachböden	alte Bergwerksstollen, Bunker, Keller	Laubwälder, Gärten und Obstgärten, Waldlichtungen, extensiv genutztes Grünland;	neben aktiver Ortung der Beute auch passive Beutetierdetektion über Raschelgeräusche	klein, meist unter 5 km	Wochenstube, meist zw. 10 - 30 Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	ganzjährig standorttreu, Winterquartiere in der Nähe der Sommerquartiere	verbreitet aber nicht häufig, die Vorkommen konzentrieren sich im Gutland, Einzelnachweise im Ösling und in der Minette		Artansprache nur über Fang und Sicht möglich, kann akustisch nicht von ihrer Schwesternart, dem Braunen Langohr, unterschieden werden	gering	11
Große Bartfledermaus (<i>Myotis brandtii</i>)	Dachböden, Hohlräume in Brücken, Männchen häufig in Baumhöhlen	alte Bergwerksstollen	v.a. unterwuchsarme Wälder, daneben frisch gemähte Wiesen und abgeerntete Äcker,	starke Strukturbindung, Bodenjagd, um Baumkronen	sehr groß, meist > 10 km (- 20 km) vom Tagesquartier entfernt	Wochenstube, meist zw. 20 - 120 Weibchen (ausnahmsweise auch größer), Paarungsquartiere, ein Winterquartier	saisonale Wanderungen von 100 - 300 km	selten, es liegen nur wenige Nachweise zu ihrem Vorkommen vor, dieses konzentrieren sich auf die Minette und einige Vorkommen im Gutland.		defizitäre Daten, eine akustische Unterscheidung von ihrer Schwesternart (Kleine Bartfledermaus) ist nicht möglich, Weibchen lassen sich auch beim Fang nur über Zahnformel sicher von der Schwesternart abgrenzen	gering	2
Große Hufeisennase (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>)	Dachböden, Keller, Männchen auch unterirdische Quartiere	alte Bergwerksstollen, Bunker	reich gegliederte und vielfältige Lebensräume, v. a. Laubwälder, Waldränder, Waldwiesen, lichte Altkiefernwälder, Gehölze an Fließgewässern, Hecken, Baumreihen, Weiden und Obstwiesen	starke Strukturbindung an lineare Landschaftselemente (Hecken, Baumreihen, Waldränder)	klein, bis 3,5 km	Wochenstube, meist zw. 30 - 200 Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	saisonale Wanderungen bis ca. 35 km	selten, nur ein Reproduktionsort an der Mosel, Schwerpunkt-vorkommen im Süden des Landes, Einzelnachweise auch im Ösling		nur eine Wochenstube in Bech-Kleinmacher bekannt, hier ist sie mit der Wimperfledermaus vergesellschaftet, akustische Bestimmung eindeutig, jedoch nur geringe Reichweite	gering	2
Großes Mausohr (<i>Myotis myotis</i>)	Dachböden, Männchen und gelegentlich auch einzelne Weibchen in Baumhöhlen, Fledermauskästen	alte Bergwerksstollen, Bunker	v.a. unterwuchsarme Wälder, daneben frisch gemähte Wiesen und abgeerntete Äcker	überwiegend Bodenjagd, aber auch um Baumkronen, aktive und passive Ortung über Raschege-räusche, starke Strukturbindung beim abendlichen Ausflug	sehr groß, meist > 10 km (- 20 km) vom Tagesquartier entfernt	Wochenstube, meist 30 - 200 Weibchen, außnahmsweise auch größer, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	saisonale Wanderungen von 100 - 300 km	verbreitet und häufig in ganz Luxemburg,		in Lux. sind mind. 13 Kolonien bekannt	gering	9

allgemeine Ökologie, Lebensräume, lokale Populationen								Vorkommen in Lux., Besonderheiten			Kollisionsgefahr WEA	
Art	Sommer-quartiere	Winter-quartiere	Lebensraum	Jagdstrategie	Aktionsraum	Populations-bezug	Ortswechsel So - Wi	Häufigkeit, Vorkommen in Lux.	Verbreitung Lux. Stand: 01/2023	Besonderes	Gefährdung	Anzahl Totfunde in der EU
Kleine Bartfledermaus (<i>Myotis mystacinus</i>)	Spaltenquartiere an Gebäuden, Baumhöhlen und -spalten	alte Bergwerksstollen, Bunker	flexible Jagdgebietswahl in gut strukturierten gehölzreichen Landschaften, Wäldern, Siedlungen, an Gewässern	Jagd in Gehölznähe, oft sehr niedrig in ca. 1-3 m Höhe, aber auch in Baumkronenhöhe	sehr klein, meist bis 1 km	Wochenstube meist zw. 10 - 70 Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	saisonale Wanderungen meist unter 50 km, aber auch > 100 km möglich	verbreitet aber nicht häufig		defizitäre Daten, eine akustische Unterscheidung mit ihrer Schwesternart (Große Bartfledermaus) ist nicht möglich	gering	8
Kleinabendsegler (<i>Nyctalus leisleri</i>)	Baumhöhlen, seltener Gebäude, Fledermauskästen	in Baumhöhlen	Wälder, Offenland, beweidetes Grünland, Siedlungsraum, Gewässer	schneller gewandter Flug im freien Luftraum und über weite Strecken	mittel bis groß, meist zwischen 5 und 15 km	Wochenstube, meist zw. 20 - 50 Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	ziehende Art mit weiten saisonalen Wanderungen von 1.000 - 1.500 km	verbreitet in Luxemburg jedoch nur wenige sichere Nachweise		einzelne kopfstärke Wochenstuben (knapp 100 Weibchen) im Gutland bekannt	sehr hoch, betrachtungs-relevant	813
Mopsfledermaus (<i>Barbastella barbastellus</i>)	meist hinter abplatzender Rinde	ehemalige Bergwerksstollen, Bunker, Keller, evtl. Baumspalten	v.a. strukturreiche Wälder, fliegt bevorzugt entlang von Grenzstrukturen	Jagdflug niedrig (ab 1,5 m) bis in den Kronenbereich und über dem Kronendach	klein bis groß, zwischen 3 bis 15 km	Wochenstube, meist zw. 10 - 25 Weibchen (in Lux. 31 adulte Weibchen), Paarungsquartiere, ein Winterquartier	saisonale Wanderungen meist unter 40 km	sehr selten, nur eine Reproduktionsgebiet im Südosten des Landes bekannt		bislang nur eine Wochenstube im Wald bei Oberdonven bekannt	gering, Anlockungs-effekt beachten	8
Mückenfledermaus (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>)	Spalten in und an Gebäuden, Baumhöhlen und -spalten, Fledermauskästen	Fels- und Mauerspalten, daneben auch Baumhöhlen und -spalten, Fledermauskästen	Auwald, kleinräumig gegliederte, gewässer- und naturnahe Landschaften mit abwechslungsreichen Landschaftselementen	bodennah bis in Baumkronenhöhe, vegetationsnah und im freien Luftraum, starke Strukturbindung an lineare Landschaftselemente (Hecken, Baumreihen, Waldränder)	klein bis groß im Umkreis der Tagesquartiere bis 10 km	Wochenstube, meist zw. 15 - 20 Weibchen (auch deutlich größer), Paarungsquartiere, ein Winterquartier	saisonale Wanderungen meist unter 40 km, einzelne große Wanderungen bekannt	sehr selten		Vorkommen der Art in Lux. nur durch einzelne, wenige akustische Nachweise belegt, aber keine Wochenstube bekannt	hoch, betrachtungs-relevant	494
Nordfledermaus (<i>Eptesicus nilsonii</i>)	Spaltenquartiere an Gebäuden, v.a. Fassaden- und Schornsteinverkleidungen	alte Bergwerksstollen, Keller	waldreiche Höhenlagen der Mittelgebirge, Wälder, Waldränder, Gewässer, Wiesen, an Straßenlaternen	schneller wendiger Flug im freien und halboffenen Luftraum und über weite Strecken, Jagd über und entlang von Baumkronen, über Wiesen, Streckenflüge strukturorientiert	klein bis mittel, bis 4 km zur Wochenstubenzeit, danach weiträumig (> 70 km) aktiv	Wochenstube, meist zw. 10 - 100 Weibchen (auch größer), Paarungsquartiere, ein Winterquartier	ortstreu, aber auch saisonale Wanderungen von 100 - 450 km bekannt	sehr selten		Nachweise liegen für Lux. nur akustisch vor, keine Winter- und Reproduktionsnachweise	mittel, evtl. betrachtungs-relevant	45

allgemeine Ökologie, Lebensräume, lokale Populationen								Vorkommen in Lux., Besonderheiten			Kollisionsgefahr WEA	
Art	Sommer-quartiere	Winter-quartiere	Lebensraum	Jagdstrategie	Aktionsraum	Populations-bezug	Ortswechsel So - Wi	Häufigkeit, Vorkommen in Lux.	Verbreitung Lux. Stand: 01/2023	Besonderes	Gefährdung	Anzahl Totfunde in der EU
Nymphenfledermaus (<i>Myotis alcathoe</i>)	Spaltenquartiere in Laubbäumen	alte Bergwerksstollen	feuchte Laubwälder mit hohem Altholzanteil und in Gewässernähe, entlang gewässerbegleitender Gehölze	strukturorientiert, jagt in Baumkronen und Gehölzen	klein, bis in 1,5 km Entfernung	Wochenstube, 3-5 (- 90) Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	ortstreu, allerdings geringe Datenlage	sehr selten		nur zwei Reproduktionsorte in Lux. bekannt (Mompach, Sanem: ca. 20 Tiere), Überwinterungsgebiete u.a. in der Minette	vermutlich gering	keine Daten
Rauhautfledermaus (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	Baumhöhlen und -spalten, Fledermauskästen, Spalten an Gebäuden	Baumhöhlen und -spalten, mauerritzen	Gewässer, Feuchtgebiete, Wälder, Offenland	Jagd- und Transferflüge oft strukturbezogen entlang linearer Landschaftselemente, Transferflüge und Zug auch über offenes Gelände, auch in großer Höhe	mittel, in unmittelbarer Umgebung bis 6,5 km	Wochenstube, meist 60 - 200 Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	ziehende Art mit weiten saisonalen Wanderungen von 1.000 - 2.000 km	verbreitet aber selten, hauptsächlich saisonal vorkommend, wenig Nachweise		keine Wochenstuben in Lux. bekannt	sehr hoch, betrachtungsrelevant	1792
Teichfledermaus (<i>Myotis dasycneme</i>)	Gebäude (Dachböden, Dachverblendungen)	Höhlen, Stollen, Keller, stillgelegte Eisenbahntunnel	v.a. ruhige offene Wasserflächen, daneben Schilfbestände, Wiesen, Waldränder	Jagd in etwa gleichbleibender Höhe von 10 – 60 cm über dem Wasserspiegel, wobei ausdauernd dieselbe Strecke von mehr als 100 m Länge beflogen wird	groß, regelmäßig 10 -15 km	Wochenstube, meist einige 100 Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	saisonale Wanderungen bis 300 km	sehr selten		bisher nur ein Überwinterungsort im Ösling bekannt, keine Reproduktion	gering	3
Wasserfledermaus (<i>Myotis daubentonii</i>)	Baumhöhlen, Spalten in Brücken, seltener Fledermauskästen	alte Bergwerksstollen, Bunker, Keller	v.a. Stillgewässer und ruhige Flussabschnitte, daneben in Wäldern und über Wiesen	Jagd meist dicht über der Wasseroberfläche	mittel, zwischen 4-8 km	Wochenstube, meist unter 40 Weibchen (auch größer), Paarungsquartiere, ein Winterquartier	saisonale Wanderungen bis 100 km	verbreitet und häufig		nur wenige Wochenstuben bekannt	gering	12
Wimperfledermaus (<i>Myotis emarginatus</i>)	große Dachböden, oft in Stallungen, Scheunen	alte Bergwerksstollen, Höhlen	in Kuhställen, Laubwälder sowie Hecken, Obstwiesen und Feldgehölze in Siedlungsnähe	strukturbezogen, entlang von Hecken, linearen Feldgehölzen, Baumreihen und Ufergehölzen, Absammeln der Beute vom Untergrund im Flug	mittel, bis ca. 8 km	Wochenstube, meist zw. 50 - 200 Weibchen (auch größer), Paarungsquartiere, ein Winterquartier	ortstreu, bis 100 km	verbreitet aber selten, Schwerpunkt vorkommen im Gutland und in der Minette		mindestens 10 Kolonien bekannt	gering	5

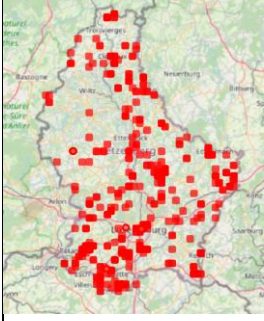
allgemeine Ökologie, Lebensräume, lokale Populationen								Vorkommen in Lux., Besonderheiten			Kollisionsgefahr WEA	
Art	Sommer-quartiere	Winter-quartiere	Lebensraum	Jagdstrategie	Aktionsraum	Populations-bezug	Ortswechsel So - Wi	Häufigkeit, Vorkommen in Lux.	Verbreitung Lux. Stand: 01/2023	Besonderes	Gefährdung	Anzahl Totfunde in der EU
Zweifarbfladermaus (<i>Vespertilio murinus</i>)	Felsspalten, Spalten in und an Gebäuden	Felsspalten, Spalten in und an Gebäuden	vor allem über Gewässern, daneben über Ackerflächen und Siedlungen	im freien Luftraum, oft > 50 m Höhe	mittel, zw. 2-6 km, Männchen deutlich größer	Wochenstube meist 20-60 (- > 100) Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier	saisonale Wanderungen bis 1.000 km	unbekannt		für Luxemburg liegen nur einzelne, akustische Hinweise vor, Nachweise über Fang liegen nicht vor, keine Winter- und Reproduktionsnachweise	hoch, betrachtungs- relevant	218
Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	Spalten in und an Gebäuden, Brücken, Männchen und Paarungsgruppen oft in Bäumen	Fels- und Mauerspalten , unterirdische Quartiere	Gewässer und gehölzreiche Gewässerufer, Waldränder und Wälder, gehölzreiche Siedlungen, Wiesen und Weiden	im freien Luftraum, in Vegetationsnähe bis in Baumkronenhöhe, ausdauerndes Patrouillieren entlang v. Gehölzrändern, Streckenflüge an Gehölzen oder über unstrukturiertes Offenland	klein, bis 2 km	Wochenstube meist 20-50 (bis 250) Weibchen, Paarungsquartiere, ein Winterquartier, von der Art sind Massenwinter- quartiere bekannt	ortstreu, Saisonale Wanderungen meist < 20 - 50 km	regelmäßig verbreitet und sehr häufig			sehr hoch, betrachtungs- relevant	3401

Tabelle 5: Standarduntersuchung im Rahmen einer Windenergieplanung für Fledermäuse zur Ermittlung der Sachverhalte im UG. Angegeben wurden die verschiedenen Methoden, die Häufigkeit und die Zeiträume ihrer Anwendung sowie die jeweiligen fachlichen Ziele. Nicht berücksichtigt wurden die Sonderuntersuchungen, die nur bei besonderen Fragestellungen und im Einzelfall notwendig werden. UG: Untersuchungsgebiet; SU: Sonnenuntergang; SA: Sonnenaufgang

Methoden	wie	wo	Häufigkeit	Zeiträume	Ziel
akustische Dauererfassung (= Langzeitmessung)	punktuell durch stationäre, automatische akustische Erfassungsgeräte mit Echtzeitaufnahmemöglichkeit	am WEA-Standort oder im Umfeld (bis ca. 100 m) davon	pro WEA ein Gerät, (Ausnahme: im Minimum zwei Geräte/Untersuchung im Falle einer WEA um einen Vergleich der Daten zu ermöglichen liegen zwei WEA -Standorte in einer Distanz unter 500 m zueinander und weichen die Habitatausstattungen der Standorte nicht wesentlich voneinander ab, so ist ein Gerät für beide Standorte ausreichend Mindestbeprobung: 200 Nächte/Jahr pro Gerät und zwei Dauermesspunkte bei einer WEA. Ausfallzeiten nicht zusammenhängend	während der Aktivitätszeit der Fledermäuse: Dauermessung zwischen Mitte März und Mitte November, --durchgängig ab. 1 h vor SU bis SA,	standortsbezogene Erfassung des Artenspektrums sowie der nächtlichen und jahreszeitlichen Aktivität, Bestimmung von Zeiträumen mit erhöhter Aktivität: Migration, Reproduktion. Ermittlung funktionaler Zusammenhänge
temporäre, akustische Erfassung an ausgewählten Standorten	punktuell durch stationäre, automatische akustische Erfassungsgeräte mit Echtzeitaufnahmemöglichkeit	an fledermausrelevanten Strukturen im UG (Waldrand, Hecken, Laubwald, Gewässer etc.), je nach Habitatausstattung und Anzahl WEA zw. 10 und 16 Messpunkte <u>Alternative Vorgehensweise:</u> Reduktion der Messpunkte auf mind. 6 – 10 bei gleichzeitiger Erhöhung der Detektorbegehungen (s.u.)	pro Messpunkt 7 x (= 1x/Monat) über je 4(-5) Nächte/Messung, in der Summe ist folgender Rahmen zu beachten: im Minimum 240 Gerätenächte über die Erfassungszeit, z.B. bei geringer Anzahl fledermausrelevanter Strukturen und WEA und bis zu ca. 500 Gerätenächte über die Erfassungszeit z.B. in einer reich strukturierten Landschaft und mehr als drei WEA <u>Alternative Vorgehensweise:</u> im Minimum ca. 170 Gerätenächte bei gleichzeitiger Erhöhung der Detektorbegehungen (s.u.)	während der Aktivitätszeit der Fledermäuse: monatlich zw. Anfang April und Ende Oktober, --durchgängig ab. 1 h vor SU bis SA, eine zeitgleiche Erfassung der Geräte ist in jeder Phase zur Vergleichbarkeit der Daten anzustreben	Erfassung des Artenspektrums sowie der nächtlichen und jahreszeitlichen Aktivität, Ermittlung von Zeiträumen mit erhöhter Aktivität: Migration, Reproduktion. Bestimmung der Raumnutzung im UG, Ermittlung funktionaler Zusammenhänge
akustische Erfassung während einer Detektorbegehung (Punkt-Stopp-Kartierung)	flächig durch mobile akustische Erfassung (nur Geräte mit der Möglichkeit zur Aufzeichnung der Rufe; Rufsequenzen mit GPS-Bezug) auf festgelegten Routen mit Haltepunkten, die 5-10 min. verhört werden	Transekte in repräsentativen Bereichen des UG, in fledermausrelevanten Bereichen und im Offenland	4 Begehungen über je ca. 2 km/WEA, im Minimum 4 km (z.B. bei einer Planung von nur einer WEA, <u>Alternative Vorgehensweise:</u> Erhöhung der Begehungen während der Wanderzeiten im Frühjahr und Herbst (+ 10) bei Reduktion der punktuellen temporären Erfassung (s.o.) Beginn: Dämmerungszeit, Beachtung einer umgekehrten Reihenfolge bei der Durchführung, Start- und Endpunkte (am frühen Abend und Morgen) nach Möglichkeit in Bereichen mit hohem Quartierpotenzial	zur Wochenstubenzeit zw. Mitte Mai und Mitte August ganznächtlich alternativ: zusätzlich zwischen Ende März und Mitte Mai und zwischen Anfang August bis Ende September halbnächtlich, davon 1 x im Mai und 2 x im August ganznächtlich	Erfassung des Artenspektrums und Bestimmung der Raumnutzung einzelner Arten oder Artengruppen während der Wochenstubenzeit, Quartiernutzung <u>Im Falle der alternativen Vorgehensweise:</u> zusätzliche Prüfung von Migration und Balz
Netzfang	Aufstellen von Fangnetzen aus Nylon und/oder engmaschiger Puppenhaarnetze, verschiedene Längen und Höhen (4-8 m), insgesamt 100 m Netzlänge	in fledermausrelevanten Bereichen im UG, die sich für einen Fang eignen: v.a. im Wald, aber auch in Obstwiesen, an ruhigen Gewässern mit Gehölzrändern, über Waldwegen (sehr hohe Netze oder zwei übereinander). Bei besonderen Fragestellungen auch vor unterirdischen Quartieren	abhängig vom Strukturreichtum des UG und deren Eignung zum Fang. Als Orientierung gilt: Stufe 1: strukturreich, größere, hochwertige Waldgebiete mit hoher Eignung: pro WEA: 2 Fangnächte, bei FFH-Relevanz auch 3 Fangnächte. Stufe 2: strukturreich mit mäßiger oder geringer Eignung (Hecken, Feldgehölze, nur kleinere Waldgebiete: pro WEA 1(-2) Fangnächte. Stufe 3: strukturarm: pro WEA 0-1 Fang je nach Eignung in relevanten Gebieten. <u>Ausnahme:</u> bei der Planung von nur einer WEA orientiert sich die Anzahl Fangnächte an 2 WEA.	zur Wochenstubenzeit zw. Mitte Mai und Mitte August bei Bedarf auch vor unterirdischen Quartieren (sofern keine Daten vorliegen) zw. Mitte August und Ende September	Differenzierte Erfassung der Artendiversität und des Status einer Art, Überprüfung der Reproduktion ggfls. Überprüfung der Schwarmaktivität vor unterirdischen Quartieren.

Leitfaden Fledermäuse Windkraft – Arbeitshilfe

Methode	wie	wo	Häufigkeit	Zeiträume	Ziel
			Im Wald 100 m Netzlänge/Fangnacht; Fangdauer ganznächtlich ab Dämmerungsbeginn (mindestens 5 h)		
Quartiertelemetrie zur Quartiersuche	Besenderung einer gefangenen Fledermaus, Beachtung der 5%-Regel ¹⁷ , nach Fang eines Weibchens oder eines ausgewachsenen Jungtiers, keine hochträchtigen Weibchen oder leichten Jungtiere, Peilung mithilfe von Empfangseinheit und Antenne	am Fangort	abhängig vom Fangergebnis, nur 1 Tier/Art, meist Weibchen pro Sendertier mehrfache Kontrollen über die Laufzeit eines Senders	zwischen Mitte Mai und Mitte August	Ermittlung baumhöhlenbewohnender Kolonien (Kleinabendsegler, Bechsteinfledermaus, Fransenfledermaus, Wasserfledermaus, Kleine und Große Bartfledermaus, Nymphenfledermaus, Braunes Langohr, Mopsfledermaus), evtl. auch Hausfledermäuse mit starker Kollisionsgefährdung (Zwergfledermaus, Breitflügelfledermaus) während der Wochenstubenzeit, Quartiersuche, Bestimmung der Populationsgröße einer relevanten Art
Ausflugszählung am Quartier	Sichtbeobachtungen, Infrarotkameras oft hilfreich	vor dem ermittelten Quartier	bei Baumquartieren 2-3 x während der Senderlaufzeit, Hausquartiere i.d.R. einmal, evtl. mit mehreren Personen, allerdings nur möglich, wenn die die Einflug-Ausflug-Öffnungen einsehbar sind.	zw. Mitte Mai und Mitte August	Nachweis einer Wochenstubenkolonie, Hinweis auf die Populationsgröße
Habitat-strukturanalyse	Kartierung der Waldstruktur (Baumarten, Stammumfänge, Wuchs-klasse, Alter, Schichtung, Quartierpotenzial (grobe Abschätzung))	In (Laub-)Waldgebieten die im Umfeld von 200 m zur einer WEA liegen und welche als Lebensraum für Fledermäuse gut geeignet sind bzw. diese nachweislich nutzen (Fortpflanzungsstätte, Jagd)	1 x im 200 m Radius um die WEA zuzgl. Pufferfläche ggfs. muss diese bei höherer Konflikträchtigkeit und fehlenden Ausweichmöglichkeiten für den WEA-Standort zur Ermittlung der Eingriffsstärke großflächiger durchgeführt werden	während der Untersuchungsperiode, eine spezielle Baumhöhlenkartierung des Waldgebietes kann nur während der blattlosen Jahreszeit (Nov. – März) durchgeführt werden	Abschätzung bedeutender Lebensräume einschließlich essentieller Jagdhabitate und weiterer Quartiermöglichkeiten zur Abgrenzung des Quartierhabitates, Berücksichtigung störepfindlicher Arten sowie Arten mit Fortpflanzungsstätten

Tabelle 6: Zeiträume der einzelnen Erfassungsmethoden.

Anmerkungen zur Detektorbegehung: Erweiterung zu den Wanderzeiten, wenn die Standorte der punktuellen temporären Erfassung reduziert werden (s. Tab. 3). Netzfang (gepunktet): ggfls. Berücksichtigung der Schwarmphase (s. Tab. 3), Netzfang und Besenderung (schraffiert): während dieser Zeiträume besteht die Gefahr, hoch trachtige Weibchen zu fangen, dies ist durch eine Fangpause von 2-3 Wochen zu vermeiden.

	März	April	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov
punktueller akustischer Dauererfassung									
punktueller temporärer akustischer Erfassung an wechselnden Standorten									
Detektorbegehung (Punkt-Stopp-Kartierung)									
Netzfang									
Telemetrie zur Quartiersuche									
Ausflugszählung									
Aktionsraumtelemetrie									
Mastmessungen, höhenstratifiziert									
akustische Messungen über der Baumkrone									

¹⁷ das Gewicht des Senders darf 5 % des Körpergewichts des Sendertieres nicht übersteigen (Aldridge & Brigham 1988)

Abbildung 7: Darstellung eines Untersuchungskonzeptes am Beispiel einer WEA-Planung in einem stark strukturierten Gelände. Eingetragen wurden die Dauererfassungsstandorte, die Messpunkte mit einer temporären akustischen Erfassung, die Netzfangstandorte und die Routen für die Detektorbegehung.

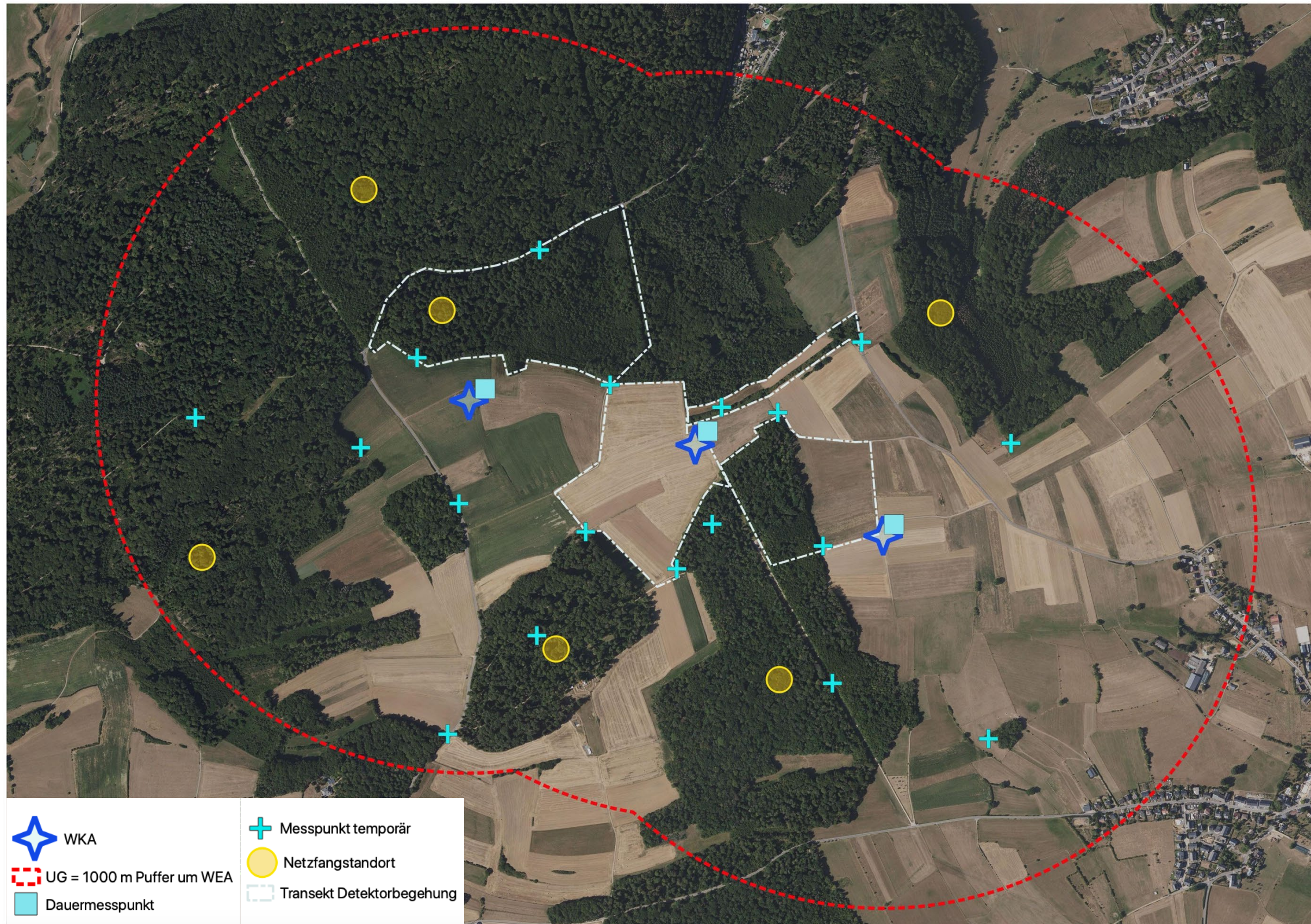
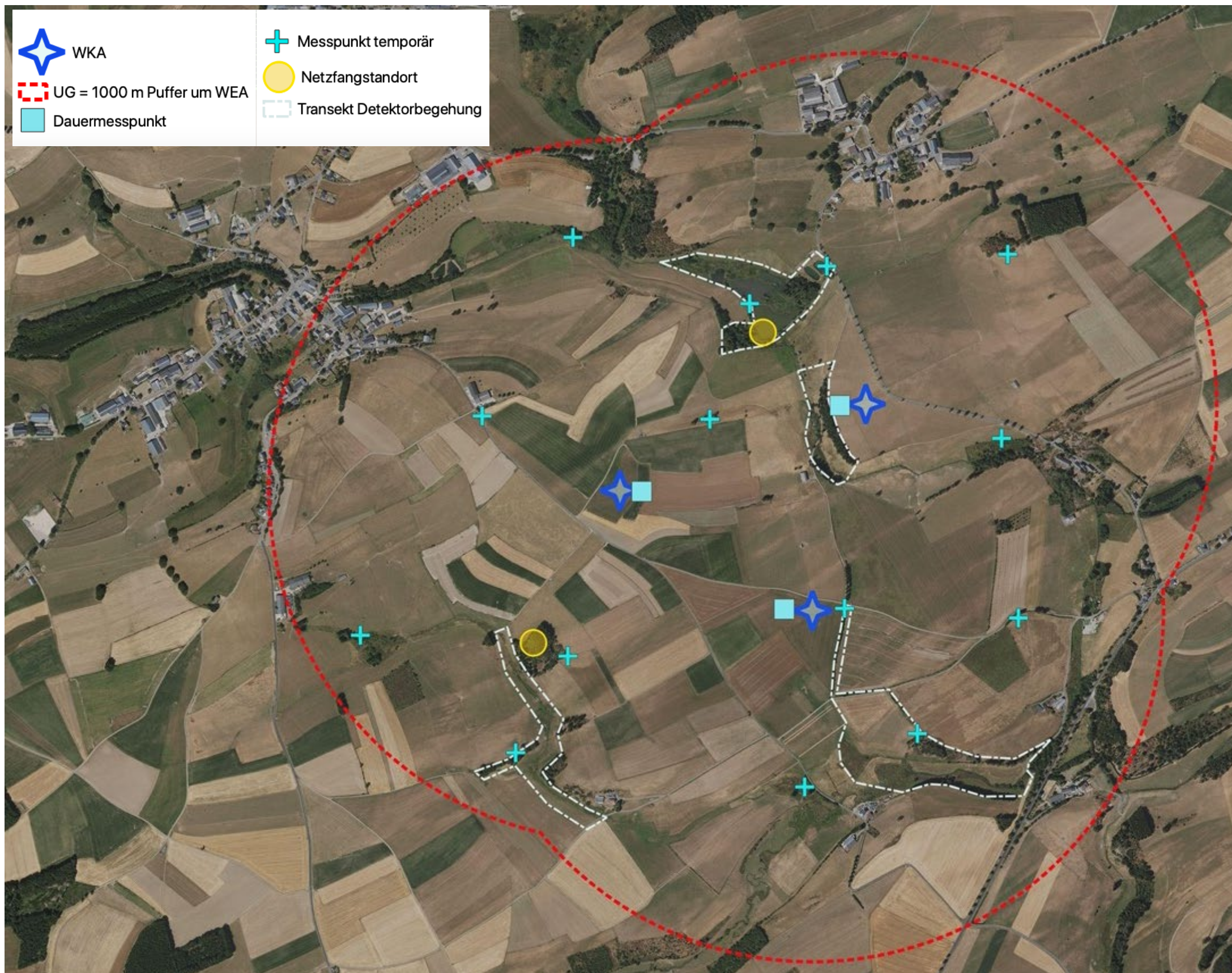
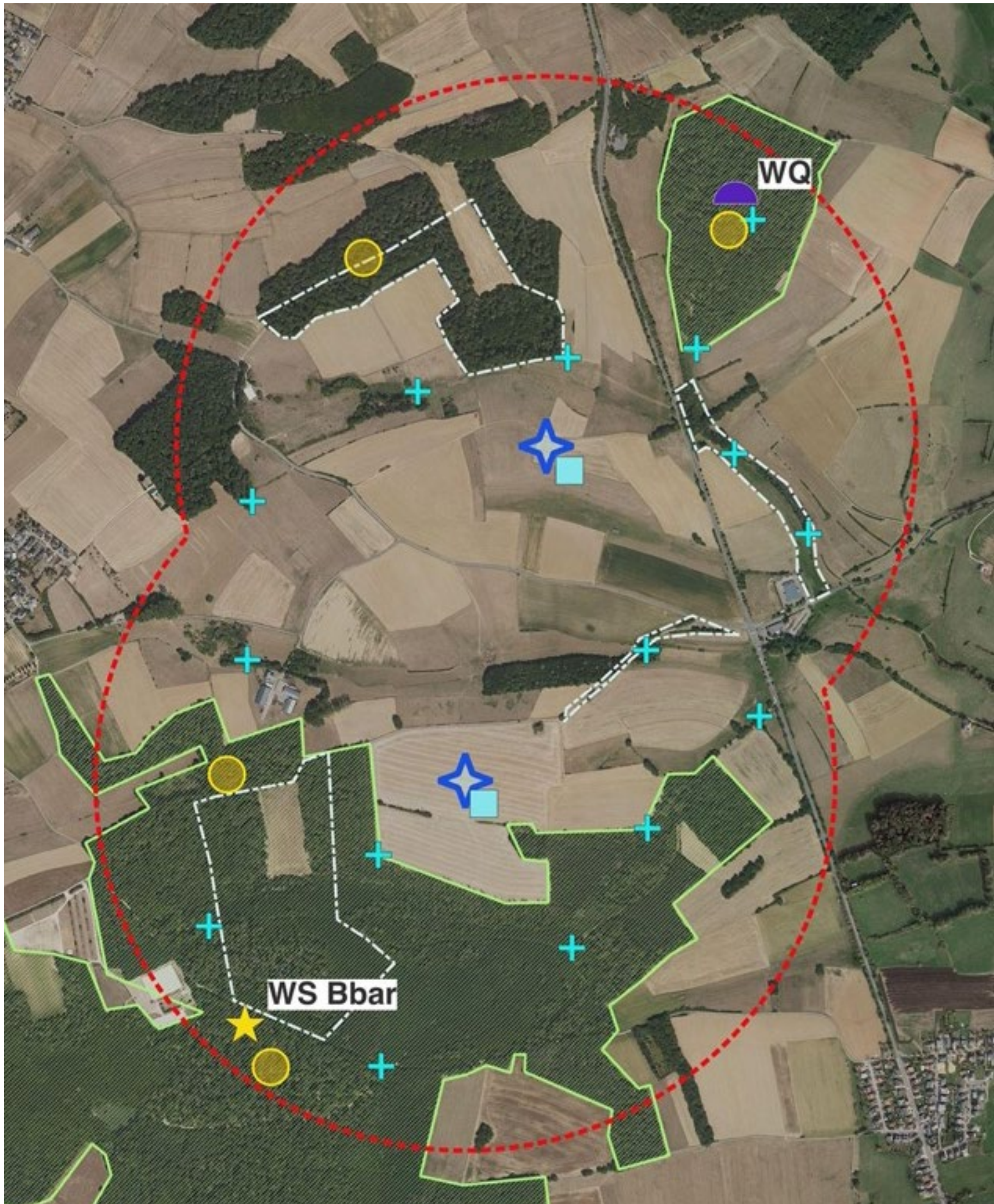


Abbildung 8: Darstellung eines Untersuchungskonzeptes am Beispiel einer WEA-Planung in einem weniger stark strukturierten Gelände. Eingetragen wurden die Dauererfassungsstandorte, die Messpunkte mit einer temporären, akustischen Erfassung, die Netzfangstandorte und die Routen für die Detektorbegehung.





WKA

UG = 1000 m Puffer um WEA

Dauermesspunkt



Messpunkt temporär



Netzfangstandort



Transekt Detektorbegehung

FFH-Gebiet



Wochenstube Mopsfledermaus



Winterquartier Mopsfledermaus, Bechsteinfledermaus, Gr. Mausohr

Abbildung 9: Darstellung eines Untersuchungskonzeptes am Beispiel einer WEA-Planung (2 Anlagenstandorte) mit FFH-Relevanz: im Wald der südl. WEA befindet sich eine Wochenstube der Mopsfledermaus (WS Bbar). Zudem ist ein Winterquartier in einem kleineren Waldgebiet nordöstl. der nördl. WEA bekannt (WQ), beide Quartiere liegen im NATURA-2000- Gebiet. Das WQ wird von der drei FFH-Anhang-II-Arten genutzt (Bbar, Mbec, Mmyo). Eingetragen wurden die Dauererfassungsstandorte, die wechselnden Standorte mit akustischer Erfassung, die Netzfangstandorte und die Routen für die Detektorbegehung. Liegen keine ausreichenden Daten zur WQ-Nutzung vor (Artenspektrum, Phänologie), so sollte hier der Untersuchungszeitraum der akustischen Erfassung in den relevanten Zeiträumen (April, Mai, August, September, Oktober) verdoppelt werden (2 x/Monat). Wird eine Wanderroute nachweislich von der Mopsfledermaus genutzt, so sollte im nächsten Untersuchungs Jahr eine Mastmessung in verschiedenen Höhen angeschlossen werden. Alternativ ist jede WEA mit hohen betrieblichen Auflagen (nächtl. Abschaltungen während der gesamten aktiven Phase der Mopsfledermaus) und einem Gondelmonitoring mit zeitgleichem Halbmastmonitoring zu betreiben.

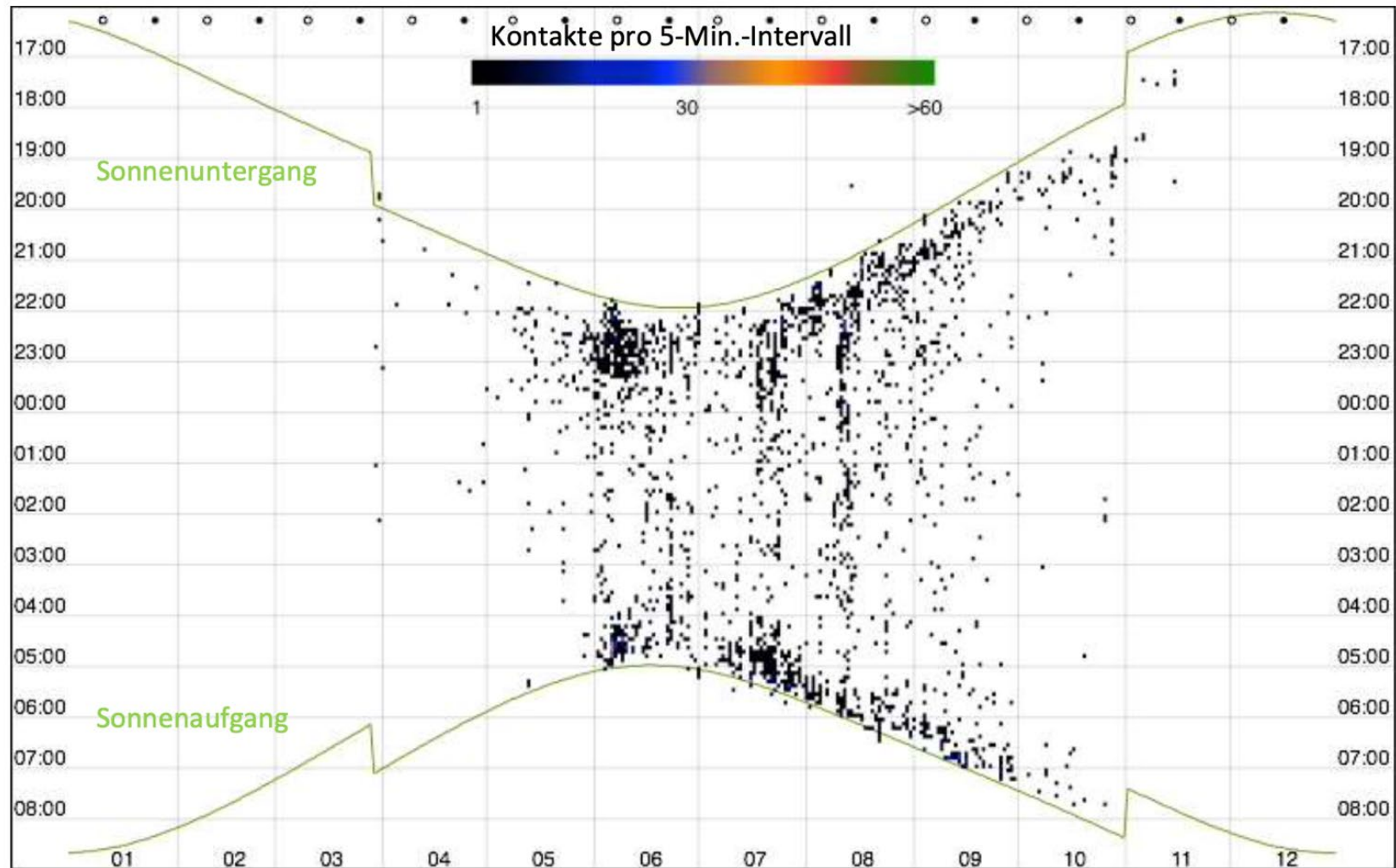


Abbildung 10: Beispielgrafik für die nächtliche Aktivität der Bestimmungsgruppe *Nyctaloid*, die anhand einer Dauermessstelle (batcorder) mit bc-admin (Fa. ecoObs, Erlangen) generiert wurde. Gezeigt wird die Aktivität in fünfminütigen Intervallen über den Messzeitraum zwischen März und November (x-Achse) in den einzelnen Nachtstunden (y-Achse). Zu erkennen sind zeitweilige Aktivitätshäufungen zu den Ausflugs- und Einflugzeiten, die auf eine (temporäre) Quartiernutzung im Umfeld sprechen.

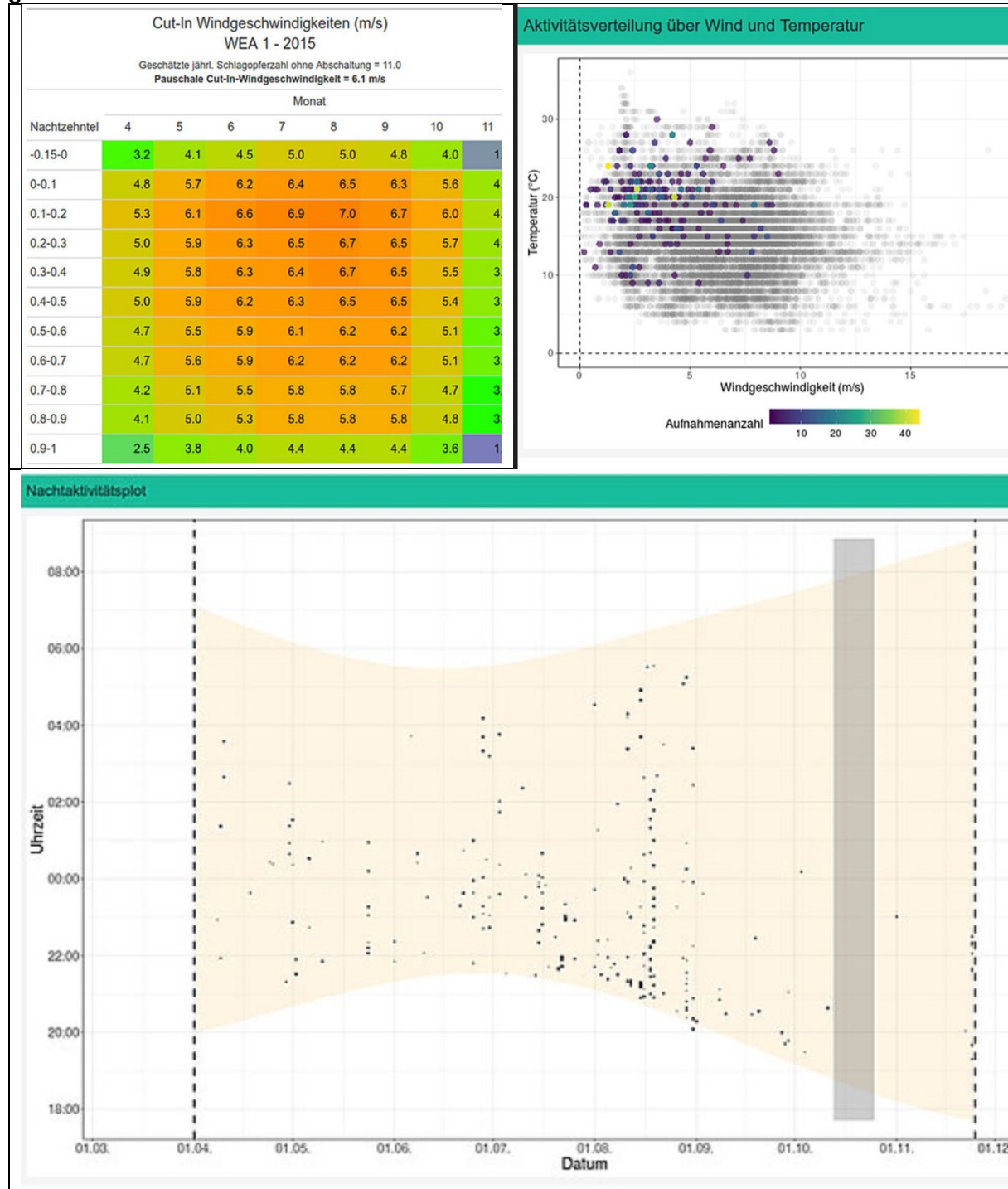
- Sehr kurze Rufe von *Pipistrellus pipistrellus* und *P. pygmaeus* werden manchmal als *Myotis alcathoe* zugewiesen (meist als zweite Art!).
- Selbiges gilt für Bruchstücke der Rufe verschiedener *Myotis*-Arten.
- Die Endstücke leiser *Myotis*-Rufe werden ebenso wie kurze Bruchstücke anderer Arten manchmal als Mopsfledermaus bestimmt.
- *Myotis bechsteinii* wird schlecht erkannt und meist nur bis zur Gruppe „Mkm“ (*Myotis* klein/mittel) bestimmt.
- Rufe von Fledermäusen über Wasser werden aufgrund der starken Echos meist nicht vollständig vermessen. Die resultierenden Bruchstücke können zu verschiedenen Fehlbestimmungen führen.
- Kurze Rufe von *Nyctaloiden*-Arten sind unspezifisch und werden meist nur auf Gattungs-/Gruppenniveau bestimmt bzw. falsch bestimmt.
- Stücke von Echos nyctaloid rufender Arten können als *Pipistrelloid* (Soziallaute) oder als *Bbar* (tritt selten auf) fehlbestimmt werden.
- *Vespertilio murinus* ist schwer zu bestimmen und wird häufig nur auf Niveau *Nycmi* bestimmt. Verwechslungen mit allen anderen nyctaloid rufenden Arten treten auf.
- Es existiert ein Überschneidungsbereich der Rufe von *Pipistrellus pipistrellus*, *P. pygmaeus* und *Miniopterus schreibersi*. Solche Rufe werden meist nur auf Niveau *Phoch* bestimmt. Verwechslungen der drei Arten treten aber auch auf (in ca. 2% der Fälle).
- *P. nathusii* und *P. kuhlii* rufen extrem ähnlich. Die Analyseergebnisse sind hier nur als Anhaltspunkt zu verstehen (ca. 20% Fehlerwahrscheinlichkeit). Weiterhin gibt es Fehler, die bei den verschiedenen Software-Version auftreten können. Diese sind:
- Sozialrufe der Gattung *Pipistrellus* werden nicht erkannt und meist als „Spec.“ aber auch als „nyctaloid“ oder *Nnoc* bestimmt.
- Wasserfledermaus/Teichfledermausrufe werden als *Hypsugo savii* erkannt.
- *Nyctalus leisleri* wird manchmal als *Eptesicus nilssonii* bestimmt.

Abbildung 11: bekannte Fehlerquellen der Rufanalyse mit dem batcorder-System. Aus: Marckmann & Runkel (2010).

Tabelle 7: Kategorien für Niederschlagsbeschreibungen während der Detektorbegehung nach ITN (ITN 2015, S. 93).

Kodierung	Beschreibung
1	Aktuell kein Niederschlag, auch tagsüber kein Niederschlag, trockene Luft, trockener Boden.
2	Aktuell kein Niederschlag, aber Niederschlag tagssüber, Boden und evtl. Blätter nass/feucht.
3	Nieselregen/Sprühregen. Gleichförmiger, feiner, dichter, Niederschlag aus sehr kleinen Wassertropfen.
4	Schauerregen. Während der Begehung überwiegend trocken mit kurzen Schauern.
5	Nebel. Sicht- und spürbarer Wasserdampfanteil in der Luft.
6	Dauerregen. Während der Begehung fängt es an zu regnen und hört nicht auf.
7	Gewitterstimmung. Hohe Luftfeuchtigkeit mit heranziehendem Gewitter.
8	Gewitterstimmung. Hohe Luftfeuchtigkeit mit durchgezogenem Gewitter.

Tabelle 8: Beispielgrafiken für die Datenaufbereitung mit dem ProBat-Tool (vgl. <https://www.probat.org/probat-7>). Oben links: Matrix für die berechneten cut-in-Windgeschwindigkeiten, aufgeteilt nach Nachtlänge und Zeitraum (Monate). Oben rechts: Aktivitätsverteilung in Abhängigkeit von Temperatur und Windgeschwindigkeit. Unten: Nächtliche Aktivität während der Messphase zwischen Anfang April und Anfang Dezember. Der graue Balken markiert einen Datenausfall.



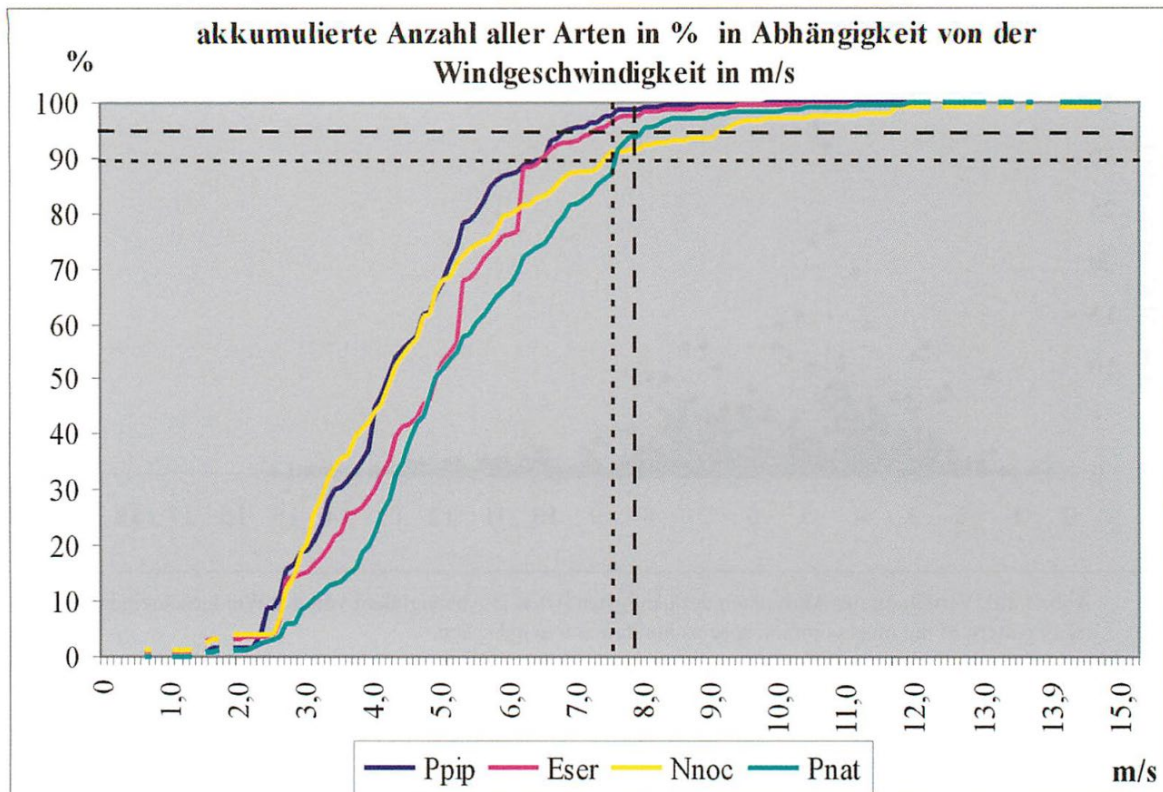


Abbildung 12: Akkumulierte Verteilung der Aktivitäten aller Arten in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit. Gepunktete Linie: 90 %-Grenze, gestrichelte Linie: 95 %-Grenze. Ppip: Zwergfledermaus, Eser: Breitflügelfledermaus, Nnoc: Abendsegler, Pnat: Rauhautfledermaus. Aus Bach & Bach (2009) S. 10

Leitfaden Fledermäuse Windkraft – Arbeitshilfe

Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe																							
Dokumentation aus der zentralen Datenbank der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt Brandenburg																							
Stand: 26. Februar 2025, Tobias Dürr - E-Mail: tobias.duerr[at]lfu.brandenburg.de																							
https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitssschwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermause/																							
Art		A	BE	CH	CR	CZ	D	DK	ES	EST	FI	FR	GR	IT	LV	NL	N	PT	PL	RO	S	UK	ges.
Nyctalus noctula	Großer Abendsegler	46	1			31	1298		1			281	16					2	17	76	14	11	1794
N. lasiopterus	Riesenabendsegler								21			10	1					9					41
N. leislerii	Kleiner Abendsegler			1	4	3	203		15			267	72	2				273	5	10			855
Nyctalus spec.							2		2			10						17					31
Eptesicus serotinus	Breitflügelfledermaus	1				11	73		2			79	1			2				3	1		173
E. isabellinus	Isabellfledermaus								117									3					120
E. serotinus / isabellinus									98									17					115
E. nilssonii	Nordfledermaus	1				1	7			2	6				13		1			1	1	13	46
Vespertilio murinus	Zweifarbflledermaus	2	1		17	6	156					11	3		1				9	15	2		223
Vespertilio spec.													1										1
Myotis myotis	Großes Mausohr					2			2			5											9
M. blythii	Kleines Mausohr								6			1											7
M. dasycneme	Teichfledermaus					3																	3
M. daubentonii	Wasserfledermaus					8						3						2					13
M. bechsteini	Bechsteinfledermaus											2											2
M. nattereri	Fransenfledermaus					2						3										1	6
M. emarginatus	Wimperfledermaus								1			4	1					1					7
M. brandtii	Große Bartfledermaus					2																	2
M. mystacinus	Kleine Bartfledermaus					3						4	1										8
Myotis spec.						2			3			2								4			11
Pipistrellus pipistrellus	Zwergfledermaus	2	30	6	5	17	820		211			2133	21	1		16		323	5	6	1	46	3643
P. nathusii	Rauhautfledermaus	13	6	6	17	7	1162	2				441	77	1	23	11			16	90	5	1	1878
P. pygmaeus	Mückenfledermaus	4			1	2	197					207	9		1				1	5	18	52	539
P. pipistrellus / pygmaeus		1		2			3					40	51					38	1	2			409
P. kuhlii	Weißrandfledermaus				144				44			440	7					51		10			696
Pipistrellus spec.	Pipistrellus spec.	8	2		102	9	106		25			471	25		2			128	2	48		12	940
Hypsugo savii	Alpenfledermaus	1			137		1		50			59	35	12				56		2			353
Barbastella barbastellus	Mopsfledermaus						1		1			6											8
Plecotus austriacus	Graues Langohr	1					8					7											16
P. auritus	Braunes Langohr						7					1										1	9
Plecotus spec.												2											2
Tadarida teniotis	Bulldoggfledermaus				7				36			3	4					39					89
Miniopterus schreibersi	Langflügelfledermaus								2			8						4					14
Rhinolophus ferrumequinum	Große Hufeisennase								1			1											2
R. mehelyi	Mehely-Hufeisennase								1														1
Rhinolophus spec.	Hufeisennase unbest.								1														1
Chiroptera spec.	Fledermaus spec.	1	11		60	1	80		320	1		503	10	1				120	3	15	30	9	1165
gesamt:		81	51	15	494	88	4146	2	1231	3	6	5004	335	17	40	29	1	1125	63	285	83	133	13232
A = Österreich, BE = Belgien, CH = Schweiz, CR = Kroatien, CZ = Tschechien, D = Deutschland, DK = Dänemark, ES = Spanien, EST = Estland, FI = Finnland, FR = Frankreich, GR = Griechenland, IT = Italien, LV = Lettland, NL = Niederlande, N = Norwegen, PT = Portugal, PL = Polen, RO = Rumänien, S = Schweden, UK = Großbritannien																							

Abbildung 13: Fledermausverluste an Windenergieanlagen (aus Dürr 2025).