

**Höhenmonitoring Fledermäuse im geplanten
Windpark Differdange-Obercorn,
Kanton Esch-sur-Alzette, Luxemburg**

**Artenschutzrechtliche Überprüfung des Tötungsverbotes von Fledermäusen
im hohen Luftraum und Entwicklung von Minimierungsmaßnahmen durch
fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen**



Juli 2017

Auftraggeber:

Solarpower
Member of Becolux Group
Herrn Mike Hein
BP 58
L-6701 Grevenmacher

Auftragnehmer:

Gessner
Landschaftsökologie



Birgit Gessner (Dipl.-Biol.)

Im Ermesgraben 3

54338 Schweich

Tel: 06502-9973690

E-Mail: buerogessner@t-online.de

Projektleitung: Birgit Gessner

Bearbeitung: Birgit Gessner
Julia Metsio Sienne
Katharina Hostert

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	4
2	Rechtliche Bestimmungen	4
3	Anmerkungen zum artenschutzrechtlichen Schwellenwert	6
4	Höhenmonitoring und Detektionsreichweite	7
5	Untersuchungsgebiet	8
6	Methodik	9
6.1	Höhenmonitoring	9
6.2	Analyse und Auswertung der Daten	10
6.2.1	Rufanalyse zur Darstellung der Höhenaktivität	10
6.2.2	Ermittlung der Schlagopfer	11
6.2.3	Berechnung der Betriebsalgorithmen	14
7	Ergebnisse und Diskussion	16
7.1	Aktivität/Phänologie	16
7.2	Artenspektrum differenziert nach Großgruppen	20
7.3	Fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen	21
7.3.1	Anhand des Software-tools: pauschal und optimiert	21
7.3.2	Manuell anhand der Aktivität-Wind-Korrelation	22
8	Fazit zu den artenschutzrechtlichen Auflagen	26
9	Literatur	28

1 Aufgabenstellung

In der Gemeinde Differdange, Luxemburg, plant Solarpower S.A. gemeinsam mit der Gemeinde Differdange die Errichtung eines neuen Windparks mit 4 Anlagen am Muerensbiert. Für die Windmessungen wurde im Mai 2014 ein Messmast (Firma Windhunter) von 100 m Höhe auf dem Muerensbiert errichtet. Im Rahmen der artenschutzrechtlichen Bewertung und des FFH-Screenings (Gessner 2015) wurden für Fledermäuse sowohl Bodenmessungen als auch Höhenmessungen am Mast (50 und 100 m) durchgeführt und mögliche bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigungen betrachtet. Anhand der Ergebnisse wurde ein Verzicht der WEA 4 sowie eine Verschiebung der Anlagen 1 und 3 weiter ins Offenland empfohlen. Diese Änderungen wurden noch im gleichen Jahr in der aktuellen Planung berücksichtigt. In der Stellungnahme zur Standortsverschiebung wurde auf die neuen Bedingungen eingegangen und die Maßnahmen daran angepasst. Ein bioakustisches Gondelmonitoring wird für die Anlagen 1 und 3 empfohlen. Die erforderliche FFH-Prüfung erfolgte 2016 (Gessner 2017). In dieser Studie wurde neben einer horizontalen Messreihe auch die vertikale Messreihe der inzwischen weiter geführten Mastmessungen genutzt, um das Kollisionsrisiko der im FFH-Gebiet „Differdange Est – Prenzbierg / Anciennes mines et Carrières“ (LU0001028) als Erhaltungsziel gemeldeten *Myotis* - Arten zu überprüfen. Die Ergebnisse ließen keine erheblichen Beeinträchtigungen dieser Arten erwarten.

Inzwischen liegen Höhenmessungen vom Mast in 100 m Höhe über 2,5 Jahre vor, die Aussagen zum Höhenflugverhalten erlauben und ein zusätzliches Gondelmonitoring ersetzen können. Die vorliegende Studie nutzt die Daten der Höhenmessungen am Mast als Grundlage eines Höhenmonitorings und überprüft den Datensatz auf die Auslösung des Tötungsverbot und eine mögliche Erfordernis betrieblicher Einschränkungen. Abschließend werden die artenschutzrechtlich erforderlichen Maßnahmen für alle drei Anlagenstandorte dargelegt.

2 Rechtliche Bestimmungen

Fledermäuse unterliegen landes- und europaweit strengen Schutzbestimmungen. Alle Fledermausarten zählen zu den streng zu schützenden Tierarten von gemeinschaftlichem Interesse (Anhang-IV-Arten), für einige Arten (Anhang-II-Arten) wurden zudem besondere Schutzgebiete („Natura-2000-Gebiete“) ausgewiesen. Nach Artikel 12 der Richtlinie 92/43/EWG gelten besondere Schutzbestimmungen für diese Arten, die in Luxemburg im Loi Conservation de la Nature (19.01.2004) umgesetzt worden sind. Hieraus ergeben sich artenschutzrechtliche Verpflichtungen, mögliche Auswirkungen eines Eingriffsvorhabens auf streng zu schützende Arten zu überprüfen und diese gegebenenfalls zu vermeiden oder ausreichend zu vermindern.

Chapitre 4. - Protection de la faune et de la flore §20 (L. 21 décembre 2007)*Tötungs- und Verletzungsverbot (jedes Individuum)*

Gemäß Chapitre 4 §20 ist es untersagt, streng geschützte Tierarten zu stören, zu töten, zu jagen, zu fangen oder ihre Entwicklungsformen der Natur zu entnehmen. Bei der Prüfung des Verbotstatbestandes bleibt der Maßstab der Betroffenheit des Erhaltungszustandes der betroffenen oder der lokalen Population außer Betracht; Maßstab ist allein die Gefährdung des einzelnen Individuums. Das Tötungsverbot für streng geschützte Arten, wozu alle Fledermausarten zählen, ist also nach der heutigen Rechtsauffassung individuenbezogen auszulegen. Der Nachweis von Schlagopfern, die infolge eines Betriebs einer Anlage erbracht werden kann, führt zur Auslösung des Tötungsverbotes (VG Saarlouis vom 19.09.2007). Die vom Bundesverwaltungsgericht in Deutschland für Straßenbaumaßnahmen festgelegten Urteile, wonach ein Kollisionsrisiko dann tatbeständig ist, wenn es sich um ein signifikant erhöhtes Kollisionsrisiko handelt, gilt uneingeschränkt auch für den Fledermausschlag an Windenergieanlagen (OVG Thüringen vom 14.10.2009). 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 vor der Prüfung, ob das Tötungsverbot ausgelöst wurde, Vermeidungsmaßnahmen vorzusehen sind (vgl. hierzu auch Brinkmann et al. 2011).

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 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).

Die im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführten bioakustischen Messung der Höhenaktivität von Fledermäusen im geplanten Windpark Differdange überprüft mögliche Verstöße gegen das Tötungs-/Verletzungsverbot aufgrund der Verunfallung an Rotoren und entwickelt im Bedarfsfall Minimierungsmaßnahmen durch standortspezifische Betriebseinschränkungen. Da ein Auslegungsleitfaden zum Tötungsverbot in Luxemburg nicht vorliegt, orientiert sich diese Beurteilung weitgehend an der hier vorgestellten, deutschen Rechtsprechung.

3 Anmerkungen zum artenschutzrechtlichen Schwellenwert

Nach dem bisherigem Kenntnisstand muss davon ausgegangen werden, dass Kollisionen an WEA mit letalen Folgen wesentlich stärkere Auswirkungen haben als non-letale Wirkungen wie Störungen, Verdrängungen oder Habitatverluste (Brinkmann et al. 2011). Es wird vermutet, dass hierbei weniger die Individuenverluste einzelner Windanlagen, sondern besonders die kumulative Betrachtung der Mortalität von artenschutzrechtlicher Relevanz ist. Bei einer Beurteilung der Auswirkungen eines Windparks, muss dieser daher immer im Gesamtbild – insbesondere bei ziehenden Arten bzw. in Gebieten in grenznaher Lage auch länderübergreifend betrachtet werden.

Was dies genau bedeutet, soll in den nachfolgenden Ausführungen veranschaulicht werden. Allein in Luxemburg waren im Januar 2016 52 WEA in Betrieb, im Januar 2017 sollten es voraussichtlich 62 Anlagen sein (münd. Mittlg. SOLER Luxembourg). Untersuchungen des BMU in Deutschland konnten zeigen, dass bundesweit an WEA im Durchschnitt mit ca. 12 (1-40) toten Tieren pro Anlage und Jahr (200 Tage) zu rechnen ist (Korner-Nievergelt et al. 2011), wobei große standortspezifische Unterschiede festgestellt wurden. Bei „nur“ 10 Schlagopfern/Anlage (errechneter Durchschnittswert, vgl. Brinkmann et al. 2011) bedeutet dies in Luxemburg mehr als 600 tote Tiere/Jahr. Da Luxemburg nur eine Landesfläche von ca. 2.500 km² aufweist, reichen die kumulativen Wirkungen für ziehende Arten weit über die Landesgrenzen hinaus und verweben sich mit denen der Nachbarländer, insbesondere mit Deutschland, da hier viele ziehende Arten reproduzieren und Luxemburg in einer möglichen Zugachse zwischen Nordost und Südwest-Europa liegt. In Deutschland stehen derzeit mehr als 27.000 Anlagen (www.wind-energie.de). Das Tötungsverbot für streng geschützte Arten, wozu alle Fledermausarten zählen, ist nach der heutigen Rechtsauffassung individuenbezogen auszulegen (vgl. Kap. 2). Das Ausmaß der Betroffenheit kann für die ziehenden Arten nicht abgeschätzt werden, da ein Rückschluss auf betroffene Populationen nicht möglich ist. Die oben genannten Zahlen verdeutlichen aber, dass zukünftig geplante Anlagen die Belange des Artenschutzes durch adäquate Vermeidungsmaßnahmen stärker berücksichtigen müssen.

Das bedeutet, dass der Schwellenwert für die maximal zulässige Zahl von toten Tieren, die noch als verträglich angesehen werden, zukünftig sinken muss. Derzeit sind solche Schwellenwerte gesetzlich nicht festgelegt. Im Positionspapier zum Expertentreffen „Windkraft und Fledermäuse“ des NABU Deutschland wird ein Schwellenwert von 1 Tier/WEA/Jahr gefordert, der für besonders seltene Arten, wie z.B. den Kleinen Abendsegler, noch deutlich niedriger angesetzt wird (NABU 2012). Brinkmann et al. (2011) verwenden im Rahmen eines Forschungsvorhabens in Deutschland einen Schwellenwert von 2 Tieren bei der Ermittlung von fledermausfreundlichen Betriebsalgorithmen für Windenergieanlagen. Dieser wird auch vom Land Rheinland-Pfalz angegeben (Richarz et al. 2012). Da das Land Luxemburg über keine eigenen Empfehlungen im Umgang einer Konfliktprognose verfügt,

und jede Einzelkollision nach nationalem Recht strenggenommen zur Auslösung des Tötungsverbotes führt, finden die von der EU vorgegebenen Einschränkungen auf absichtliche Handlungen sowie die oben angeführten Interpretationshilfen auf Basis verschiedener, deutscher Rechtsurteile auch in dieser Studie Anwendung.

Zur Beurteilung der hier vorliegenden Werte werden 2 tote Tiere/WEA/Jahr als vorläufiger, tolerabler Schwellenwert angesetzt.

Zur Einhaltung dieses Schwellenwertes sind gezielte Betriebsalgorithmen notwendig. Betriebseinschränkungen werden als Vermeidungs- bzw. Minimierungsmaßnahmen verstanden, die die Tötung von Individuen über das natürliche Risiko hinaus verhindern sollen. Das zeitweilige Abschalten des WEA-Betriebes hat zum Ziel, einen tragfähigen Kompromiss zwischen den Belangen des Natur- und Artenschutzes und dem Ausbau regenerativer Energien zu ermöglichen. Sie gelten als die zurzeit effektivste Methode zur Reduktion des Kollisionsrisikos (Behr et al. 2015b) und orientieren sich an den im Rahmen der Untersuchungen ermittelten Aktivitätsdaten in Abhängigkeit von der Jahreszeit sowie an weiteren Umweltparametern wie Wind und Temperatur.

4 Höhenmonitoring und Detektionsreichweite

Die Erfassung der Aktivität der Fledermäuse durch ein Höhenmonitoring mittels akustischer Geräte ist abhängig von der Detektionsreichweite. Diese ist in erster Linie artspezifisch, da Fledermäuse in verschiedenen Frequenzbereichen und mit unterschiedlicher Lautstärke rufen. Klimatische Faktoren, Schalldruckpegel und die Frequenz bestimmen in erster Linie die Reichweite ihrer möglichen Erfassung (Behr et al. 2011).

Der Große Abendsegler ruft sehr laut und in tiefen Frequenzen (20 kHz). Seine Detektionsreichweite liegt bei etwa 30 - 45 m (bei 15 °C, 75 % Luftfeuchte) (vgl. Runkel 2011). Parallel durchgeführte wärmeoptische und akustische Aufnahmen im Gondelbereich zeigten, dass Tiere der Artengruppe *Nyctaloid* - hierzu zählt auch der Große Abendsegler (*Nyctalus noctula*) - nur bis zu einem Abstand von 20 m nahezu vollständig erfasst werden (Adomeit et al. 2011), bei größerer Entfernung liegt der prozentuale Erfassungsgrad weit unter 50 %. Die Gruppe *Pipistrelloid*, wozu auch die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) zählt, ruft bereits leiser und bei höheren Frequenzen (40 kHz). Entsprechend geringer ist die Detektionsreichweite, sie liegt nur noch bei ca. 15 - 30 m (bei 15 °C, 75 % Luftfeuchte). Adomeit et al. (2011) nennen entsprechend geringere Reichweiten. Der Große Abendsegler deckt im günstigsten Fall (maximale Detektionsreichweite) eine Rotorlänge von 40 m ab. Die Gruppe *Pipistrelloid* (v.a. Zwergfledermaus) liegt deutlich darunter. Leise rufende *Myotis*- oder *Plecotus*-Arten können nur dann noch erfasst werden, wenn sie sich der Gondel auf Distanzen unter 15 m nähern. Nicht mit berücksichtigt ist der Schallschatten, der durch die Gondel selbst erzeugt wird.

5 Untersuchungsgebiet

Die drei Anlagenstandorte des geplanten Windparks liegen im Kanton Esch-sur-Alzette, im Südwesten Luxemburgs und befinden sich nahe der französischen und der belgischen Grenze. Eine genaue Beschreibung des Untersuchungsgebietes und der umliegenden FFH-Gebiete findet sich in Gessner (2015). Die Abbildung 1 zeigt die aktuell vorgesehene Anlagenkonstellation und die Position des Windmessmasts. Die genauen Koordinaten sowie Angaben zu den geplanten Anlagentypen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

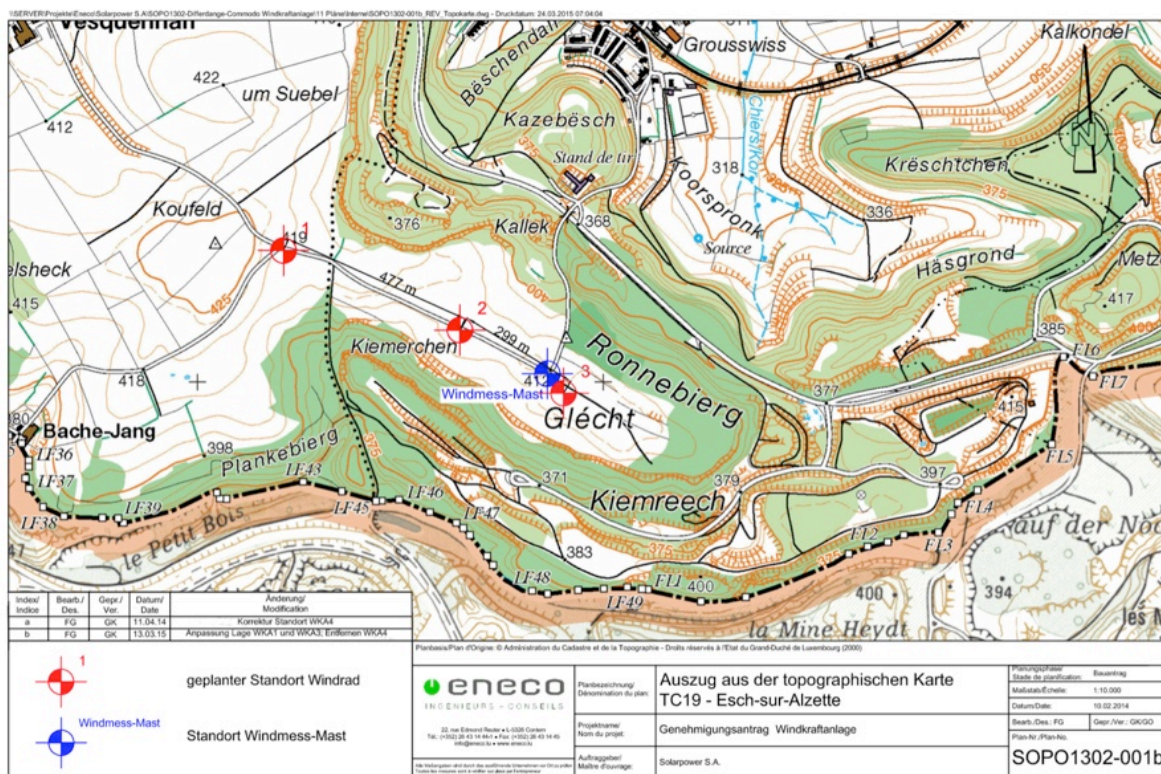


Abbildung 1: Aktuell vorgesehene Anlagenkonstellation im geplanten Windpark Differdange-Obercorn und Lage des Windmessmasts. Plan nachr. von eneco, Stand 24.03.15.

Tabelle 1: Koordinaten (WGS 84) und technische Daten der geplanten Anlagen im WP Differdange-Obercorn. Daten nachr. von Frau G. Klein, eneco, Luxembourg, Stand: 06.06.16.

WEA	Koordinaten		Anlagentyp:
	Lon	Lat	
1	5,78055	49,96070	SWT-3.6-130
2	5,77358	49,95520	Nabenhöhe 135 m Rotordurchmesser 130 m
3	5,77059	49,94670	Rotorfläche 13.300 m ² Nennleistung 3,8 MW Hersteller Siemens AG

6 Methodik

6.1 Höhenmonitoring

Bereits im Mai 2014 wurde ein Messmast von 100 m Höhe zum Zwecke von Windmessungen auf dem Muerensbiert errichtet. Die genaue Lage des Masts ist (Abbildung 1) zu entnehmen. Diese Vorrichtung wurde zugleich im Rahmen der Fledermausstudie genutzt, um die Fledermausaktivität in windkraftrelevanter Höhe zu messen. Dabei wurde je ein batcorder der Fa. Ecoobs (Erlangen, Deutschland) mit Waldbox-Erweiterung in 50 m und in 100 m Höhe installiert.

Batcorder mit Waldbox-Erweiterung eignen sich besonders gut für eine Langzeiterfassung in der Höhe, da der Akku über ein Solarpanel geladen wird. Im Idealfall laufen die Geräte autark und es muss lediglich alle 2 – 3 Monate die Speicherkarte ausgewechselt werden, um eine Unterbrechung der Aufnahmen aufgrund einer vollen Karte zu vermeiden. Die batcorder sind in eine wetterfeste Kunststoffbox eingebaut. Das Mikrofon ist in die Front der Box eingelassen und durch einen umlaufenden Schaumstoffring geschützt. Gegen Ende jeder Aufnahmenacht wird eine ausführliche Status-Mitteilung per SMS an eine Mobilfunk-Rufnummer unseres Büros geschickt. Darin enthalten sind Angaben zu dem Zustand des Mikrofons, der Aufnahmezahl in der letzten Nacht, der Speicherbelegung der SDHC-Karte sowie mögliche Fehlermeldungen wie z.B. ein schwacher Batteriezustand. Dies ermöglicht ein rasches Einschreiten, falls es dennoch zu Störungen kommen sollte.

Zur Erhöhung der Reichweite wurde die Aufnahmeeinstellungen des batcorders, der Threshold, auf -36 dB erniedrigt. Dies entspricht den Einstellungen, die bei dem BMU Forschungsvorhabens zu Onshore Windenergie der Universität Hannover und Erlangen-Nürnberg verwendet wurden. Es ist jedoch zu beachten, dass hierdurch die Genauigkeit der späteren Analysen abnimmt, da vermehrt leise und bruchstückhafte Rufe aufgezeichnet werden.

Die Untersuchung lief über drei Jahre von 2014 bis 2016, die genauen Erfassungszeiträume sind in Tabelle 2 aufgeführt. Vom 18.01. bis 07.03.2016 kam es zu einem Datenausfall in 100 m Höhe, da ein Schreibfehler der SD-Karte auftrat und diese erst Anfang März durch ein spezielles Team ausgetauscht werden konnte.

6.2 Analyse und Auswertung der Daten

6.2.1 Rufanalyse zur Darstellung der Höhenaktivität

Mit Hilfe des Programms bcAdmin3 (Fa. ecoObs, Nürnberg) können die aufgezeichneten Rufe automatisch analysiert werden. Dies erspart zwar viel Auswertungszeit, jedoch ist das Analyseprogramm noch nicht so ausgereift, dass die Ergebnisse unkritisch übernommen werden können. Eine Nacharbeitung einzelner Ergebnisse, bzw. eine vorsichtige Interpretation der angezeigten Analysen zur Darstellung der Höhenaktivität wird daher als zwingend notwendig erachtet.

Aufgrund des erniedrigten Schwellenwertes (zur Erhöhung der Reichweite sowie zur Vergleichbarkeit mit dem BMU Projekt) wurden mehrere Rufsequenzen aufgezeichnet, die mit dem Analyseprogramm nicht näher analysiert werden konnten (Gruppe *Spec*: unbestimmter Fledermausruf). Bei diesen Rufsequenzen handelt es sich um Bruchstücke, die sich für ein automatisiert laufendes Analyseprogramm nicht mehr vollständig ausmessen lassen und zur näheren Determination nicht geeignet sind. Bei einem höheren Anteil unbestimmter Rufe kann dies zu Fehlinterpretationen führen. Aus diesem Grund wurde eine manuelle Nachbestimmung versucht und dort angewendet, wo Gruppenzuweisungen als vertretbar gehalten wurden. Die Artengruppe *Pipistrelloid* umfasst im Untersuchungsgebiet wahrscheinlich ausschließlich die Arten Zwergfledermaus, Flughautfledermaus und Mückenfledermaus. Von weiteren Arten, die dieser Gruppe angehören (z.B. die Weißrandfledermaus oder die Alpenfledermaus), liegen bislang noch keine Nachweise für ihr Vorkommen im Untersuchungsraum vor. Innerhalb der Gruppe *Pipistrelloid* wird generell zwischen den normalen Rufen beim Flug und den Sozialrufen unterschieden. Die Sozialrufe liegen in tieferen Frequenzbereichen und überlappen sich mit denen der Gruppe *Nyctaloid*. Eine stichprobenartige Durchsicht der Sozialrufe konnte zeigen, dass das Programm Schwierigkeiten bei der exakten Trennung dieser beiden Rufstypen hat. Nahezu alle als „*Pipistrelloid* Sozialruf“ klassifizierten Rufe konnten der Artengruppe „*Nyctaloid*“ zugeordnet werden. Diese Fehlbestimmungen wurden auf Nachfrage auch vom Hersteller bestätigt. Um Fehlzugeordnungen zwischen den beiden Großgruppen zu vermeiden, wurden daher alle als „*Pipistrelloid* Sozialruf“ ausgegebenen Rufsequenzen manuell nachbestimmt. Bei sehr großen Datenmengen erfolgte die Überprüfung nur stichprobenartig. Rufsequenzen, welche als Störgeräusche der Anlage identifiziert wurden, wurden von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

6.2.2 Ermittlung der Schlagopfer

Um die Erheblichkeit der Auswirkungen auf Fledermäuse zu beurteilen, wurde für die Windenergieanlagen die zu erwartende Zahl der Schlagopfer berechnet. Diese Berechnung erfolgte auf Basis der am Windmessmast aufgenommenen Fledermausaktivität und der gemessenen Windstärke im jeweiligen Untersuchungsjahr mit Hilfe eines N-mixture Modells (s. F4). Dieses wurde im Rahmen des Bundesforschungsvorhabens entwickelt und kann zur Beurteilung der Gefährdung von Fledermäusen durch eine WEA herangezogen werden (Brinkmann et al. 2011). Die Berechnung der Schlagopfer aus der akustischen Aktivität wird im Vergleich zu Hochrechnungen anhand von tatsächlich ermittelten Totfunden in den meisten Fällen als genauer angesehen (Oliver Behr, schriftl. Mitt. 2014). Zudem wird die Ermittlung der Betriebseinschränkungen anhand dieses Modells von Richarz et al. (2012) empfohlen.

Die in Abschnitt 6.2.1 beschriebene Bereinigung des Datensatzes war notwendig, um das Artenspektrum und die Aktivität der verschiedenen Gruppen in der Höhe aufzuzeigen. Für die Berechnung der Schlagopferzahlen sowie der Betriebsalgorithmen und der Wind-Aktivität Korrelationen wurde jedoch der unbereinigte Datensatz verwendet. Dies wird von Behr & Rudolph (2013b) empfohlen, um die Vergleichbarkeit der Daten mit anderen Projekten zu gewährleisten. Zudem ist eine Bestimmung der Arten für die Modellberechnung nicht notwendig, da im angewendeten Modell nicht zwischen den Arten unterschieden wird. Lediglich wenn eine der beiden Gruppen *Pipistrelloid* und *Nyctaloid* mehr als 85 % des Artenspektrums darstellt, wird die Anwendung einer veränderten Modellformel empfohlen (Behr & Rudolph 2013a). Dies war bei der vorliegenden Untersuchung nicht der Fall. Zur Vergleichbarkeit der Daten mit denen des Forschungsvorhabens wurde der Threshold bei der weiteren Datenanalyse in BCAdmin3 auf -34 dB eingestellt mit einem Posttrigger von 200 ms. Alle Fledermausrufe wurden manuell überprüft um mögliche Störungen zu identifizieren und ggfs. von der Analyse auszuschließen, da sie andernfalls eine hohe Aktivität vortäuschen könnten.

Die sehr aufwendige Berechnung der Schlagopferzahl anhand des Modells wird inzwischen durch das Software-tool „ProBat“ erleichtert, welches 2014 veröffentlicht wurde (<http://www.windbat.techfak.fau.de/>). Ein neues Update von „ProBat“ (Version 5.4c) wurde am 06.03.2017 veröffentlicht und wird im vorliegenden Bericht verwendet. Zum besseren Verständnis und zur Nachvollziehbarkeit dieser Berechnungen werden die wesentlichen Schritte der Modellberechnung im Folgenden dargestellt. Diese sind dem Leitfaden zur manuellen Berechnung von Behr & Rudolph (2013a) entnommen (s. auch Behr et al. 2015a).

Zunächst wird anhand der im Untersuchungszeitraum an der Anlage tatsächlich gemessenen Aktivität, der gemessenen Windgeschwindigkeit, der Jahreszeit, der Nachtzeit und einem anlagenspezifischen Faktor die geschätzte Aktivität pro 10-min-Intervall ermittelt (s. F1 und F2). Die in 10-min-Intervallen gemessene Aktivität wurde dazu dem Datensatz entnommen,

F2). Die in 10-min-Intervallen gemessene Aktivität wurde dazu dem Datensatz entnommen, der zunächst wie oben erläutert aufbereitet worden war. Zur Ermittlung der Nachtzeiten werden alle Nächte in 10 gleich lange Intervalle von Sonnenuntergang (Wert = 0) bis Sonnenaufgang (Wert = 1) aufgeteilt. Ein Intervall der anderthalbfachen Länge wird zusätzlich vor Sonnenuntergang berücksichtigt. Die einzelnen Einflussfaktoren werden mit Modellparametern gewichtet, welche im Rahmen des Forschungsvorhabens ermittelt wurden. Im Software-tool wird dann die für 10-min-Intervalle ermittelte, geschätzte Aktivität auf ganze Nächte hochgerechnet (s. F3) (Behr & Rudolph 2013a).

(F 1)

$$\text{Anzahl Aufnahmen pro 10-min} = e^{(\text{Windgeschwindigkeit} + \text{Windgeschwindigkeit}^2 + \text{Monat} + \text{Nachtzeit} + \text{Anlagenfaktor} + \text{Intercept})}$$

(F 2)

$$\text{Anlagenfaktor} = \log (\text{Mittelwert der gemessenen Anzahl an Aufnahmen}) / \exp (\text{Windgeschwindigkeit} + \text{Windgeschwindigkeit}^2 + \text{Monat} + \text{Nachtzeit} + \text{Intercept})$$

(F 3)

$$\text{Anzahl Aufnahmen pro Nacht} = \text{Anzahl Aufnahmen pro 10-min} * nZI / G$$

Dabei bezeichnet nZI die Anzahl der 10-min-Intervalle in der jeweiligen Nacht und G ist ein im Forschungsvorhaben ermittelter Gewichtungsfaktor, der berücksichtigt, dass die Fledermausaktivität sich im Laufe der Nacht ändert (Behr et al. 2011).

Basierend auf diesen Berechnungen wurde mittels des hierarchischen Modells (s. F 4) die Zahl der verunglückten Fledermäuse pro Nacht in Abhängigkeit von der geschätzten Aktivität und der mittleren Windgeschwindigkeit (Mittelwert der in 10-min Intervallen gemessenen Windgeschwindigkeit) ermittelt (Behr & Rudolph 2013a).

(F 4)

$$\text{Anzahl Schlagopfer} = \exp (-3,492 + 0,402 * \text{scAkt} - 1,776 * \text{scWind} - 0,802 * \text{scWind}^2)$$

$$\text{scAkt} = (\log(\text{Aktivität} + 1) - 0,098) / 1,51947$$

$$\text{scWind} = (\text{Wind} - 5,543) / 1,801978$$

Die Modellberechnungen im Forschungsvorhaben beruhen auf einem durchschnittlichen Rotordurchmesser von 70 m. Im Software-tool gibt es die Möglichkeit, den tatsächlichen Rotordurchmesser der untersuchten Anlage (im vorliegenden Fall 130 m) einzugeben, da

dieser in der Regel von dem des Forschungsvorhabens abweicht. Anhand dieser Angabe wird ein Korrekturfaktor ermittelt (s. F5), welcher mit der berechneten Anzahl an geschätzten Schlagopfern multipliziert wird. Dies ist notwendig, da davon auszugehen ist, dass mit zunehmendem Rotordurchmesser auch die Zahl der Schlagopfer steigt (Behr & Rudolph 2013a). Allerdings haben wärmeoptische Stereobildbeobachtungen aus der Fortsetzung des Forschungsvorhabens inzwischen gezeigt, dass die Konzentration von Fledermäusen im Rotorbereich einer WEA mit dem Abstand zur Gondel exponentiell abnimmt (Behr et al. 2015b). Dementsprechend wurde der Korrekturfaktor angepasst und die ursprüngliche Formel ($K=(d^2 * \pi - (0,2 * d)^2 * \pi) / (70^2 * \pi - 14^2 * \pi) = 0,000204 * d$) erweitert (s. F5).

(F 5)

$$K = 0,000204 * (0,4348 * d + 39,468)^2$$

mit d gleich dem Rotordurchmesser der untersuchten Anlage

Vor der Anwendung des Modells führt das Software-tool automatisch eine Plausibilitätsprüfung der eingelesenen Wind- und Aktivitätsdaten durch, um mögliche Fehler in den Datensätzen zu identifizieren und ggfs. zu bereinigen. Zusätzlich werden die Datensätze manuell überprüft. Dazu wird, wie von Behr & Rudolph (2013a) und Baumbauer et al. (2017) empfohlen, die Verteilung der Aufnahmezeiten sowie die mittlere akustische Aktivität in Abhängigkeit der verschiedenen Variablen (Windgeschwindigkeit, Monat, Nachtzeit, etc.) mit den Daten des Bundesforschungsvorhabens verglichen, um die Anwendbarkeit des Modells auf den vorliegenden Datensatz zu überprüfen.

Die Modellberechnungen sind so ausgelegt, dass im günstigsten Fall Daten für ein ganzes Jahr (200 Nächte) zur Verfügung stehen. Ist dies nicht der Fall, müssen die Ergebnisse auf ein ganzes Jahr hochgerechnet werden, was bedeutet, dass auch eventuelle Fehler mit hochgerechnet werden. Zur Anwendung des Modells sollten Daten für 173 Nächte (mindestens 154 Nächte) im Zeitraum vom 15.03. bis 31.10. vorliegen und davon 69 Nächte (mindestens 61 Nächte) im Hauptaktivitätszeitraum vom 01.07. bis 30.09. (Behr & Rudolph 2013a). Die Messungen an dem Windmessmast begannen 2014 erst am 14.05, sodass für dieses Jahr keine Aussage über die Fledermausaktivität im März und April getroffen werden kann. Für eine Höhenmonitoring sind 2 Untersuchungsjahre ausreichend, daher genügen die Daten aus 2015 und 2016 für die Bewertung des Kollisionsrisikos im Frühjahr. In diesen beiden Untersuchungsjahren konnten in den Monaten März und April jeweils nur weniger als 20 Fledermausaufnahmen aufgezeichnet werden. Daher wurden die Monate in den nachfolgenden Berechnungen ausgeschlossen. Da auch im November in allen 3 Untersuchungsjahren weniger als 20 Fledermausrufe aufgezeichnet wurden, wurde auch dieser Monat von der Analyse ausgeschlossen (vgl. Baumbauer et al. 2017). Eine Berücksichtigung dieser „Randmonate“ in der Auswertung könnte Baumbauer et al. (2017) gemäß zu einer Überschätzung des Schlagrisikos führen. Damit verringert sich der

fledermausrelevante Zeitraum am Standort Differdange vom 01.05. bis 31.10. In diesem Zeitraum sollten 138 Nächte (mindestens 123 Nächte) für die Modellberechnung vorliegen.

Tabelle 2: Übersicht über die Zeiträume der akustischen Erfassung in 100 m Höhe am Windmessmast und die vorliegenden Untersuchungs Nächte.

Untersuchungs-jahr	Zeitraum Erfassung	Nächte fledermaus-relevanter Zeitraum (Mai-Oktober)	Nächte Hauptaktivitätszeitraum (Juli-September)
2014	14.05. – 31.12.	163	92
2015	01.01. – 31.12.	184	92
2016	08.03. – 08.06.	184	92

Im ersten Untersuchungsjahr liegen weniger Untersuchungs Nächte im fledermaus-relevantem Zeitraum vor, da die Messung hier erst am 14.05. begann und zudem für insgesamt 7 Tage keine Windgeschwindigkeiten vorliegen. Die Anforderung an die Beprobung für den gesamten fledermausrelevanten Zeitraum (138 Nächte) ist aber dennoch für alle 3 Untersuchungsjahre erfüllt.

6.2.3 Berechnung der Betriebsalgorithmen

6.2.3.1 Anhand des Software-tools

Im Software-tool werden fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen für einzelne Nachtzeitintervalle berechnet. Diese Berechnungen sind so angelegt, dass die entstehenden Ertragsverluste möglichst gering ausfallen. Dazu wird basierend auf der zuvor ermittelten, geschätzten Schlagopferzahl und der Windgeschwindigkeit (als relatives Maß für den Ertrag) der Wert Q für jedes 10-min-Intervall berechnet (s. F6) (Behr & Rudolph 2013a).

(F 6)

$$Q = \text{Windgeschwindigkeit}^3 / \text{Anzahl Schlagopfer pro 10 min}$$

Anschließend wird der Schwellenwert für Q ermittelt, bei dem die zuvor festgesetzte Anzahl an tolerierbaren Schlagopfern nicht mehr überschritten wird. Zuletzt wird die Windgeschwindigkeit, ab der der Schwellenwert von Q nicht mehr überschritten wird, für jedes Nachtintervall in jeder Nacht (optimiert) und jedem Monat berechnet (normiert) (s. Behr & Rudolph 2013a und Baumbauer 2017).

Neben diesen Cut-in-Windgeschwindigkeiten für die einzelnen Nachtzeitintervalle, gibt das Software-tool auch einen pauschalen Wert an, der für den gesamten fledermausrelevanten Zeitraum angewendet wird. Dieser Wert ist derzeit noch interessant, da es an den meisten Anlagen bisher nicht möglich ist, die optimierten Betriebsalgorithmen für verschiedene

Nachtzeitintervalle zu programmieren. Diese Cut-in-Windgeschwindigkeiten werden für jedes einzelne Untersuchungsjahr und für den gesamten Untersuchungszeitraum berechnet.

6.2.3.2 Manuell mithilfe der Aktivität-Wind-Korrelation

Das oben genannte Software-tool steht erst seit 2014 zur Verfügung. Die Ermittlung der Betriebsalgorithmen erfolgte zuvor anhand der im Rahmen des Modells berechneten Schlagopferzahl und der Aktivität-Wind-Korrelation. Die bei den Betriebseinschränkungen zu berücksichtigenden Zeiträume wurden anhand der erfassten Phänologie identifiziert. Diese Methode wird auch im vorliegenden Gutachten zusätzlich durchgeführt. Dies erscheint angemessen, da die Anwendung der optimierten Cut-in-Windgeschwindigkeiten an vielen Anlagen bisher noch nicht möglich ist und die alternative Berücksichtigung des Pauschalwertes über den gesamten, allgemein fledermausrelevanten Zeitraum zu unnötig hohen Betriebseinschränkungen in Zeiten mit sehr geringer Fledermausaktivität am untersuchten Standort führen kann.

Zur Ermittlung der Betriebseinschränkungen werden die durch das Software-tool geschätzte Schlagopferzahl sowie der zuvor festgesetzte Schwellenwert von 2 Tieren/WEA/Jahr verwendet. Anhand dieser Werte wurde der prozentuale Anteil an nicht-tolerablen Schlagopfern (geschätzte Schlagopfer minus tolerable Schlagopfer) von der geschätzten Anzahl an Schlagopfern berechnet. Der resultierende Wert entspricht der zu schützenden Aktivität. Anschließend wurde anhand dieses Ergebnisses die Cut-in-Windgeschwindigkeit in der Grafik der Aktivität-Wind-Korrelation abgelesen.

Zur Ermittlung der Aktivität-Wind-Korrelation wurde der wie in Kapitel 6.2.2 aufbereitete Datensatz verwendet. Die manuelle Durchsicht verschiedener Rufsequenzen und die Korrektur der Ergebnisse ist im Rahmen einer Korrelationsberechnung von Aktivität und Windgeschwindigkeit von besonderer Bedeutung, weil insbesondere bei hohen Windgeschwindigkeiten auch Sequenzen aufgezeichnet werden, die Störgeräusche darstellen und fehlerhaft als Fledermausrufe interpretiert werden. Solche Fehlbestimmungen können eine Fledermausaktivität bei hohen Windgeschwindigkeiten simulieren, die zu falschen Korrelationen führen.

Die Korrelationsberechnung erfolgt ebenso wie die Rufanalyse im Programm BcAdmin3. Die Aktivitäts- und Winddaten werden in ein WEA-Plugin geladen, welches die Korrelationskurve berechnet. Dabei wird der Windgeschwindigkeit einzelner Nächte die Fledermausaktivität zugeordnet, um die Flugaktivität bei verschiedenen Windstärken zu ermitteln.

Die nach manueller Durchsicht verschiedener Rufsequenzen ermittelten Korrelationskurven unterscheiden sich erheblich von Korrelationskurven ohne manuelle Durchsicht. Ohne manuelle Durchsicht können sich hohe Aktivitäten bei relativ hohen Windgeschwindigkeiten ergeben, die jedoch auf Störungen zurückzuführen sind und nicht auf die tatsächliche Fledermausaktivität. Wird dies nicht berücksichtigt, ergeben sich demnach ohne manuelle

Durchsicht Betriebseinschränkungen bei hohen Windgeschwindigkeiten und somit deutliche Auswirkungen auf die Betriebsalgorithmen.

Die Zeiträume, für welche Betriebseinschränkungen empfohlen werden, werden dann anhand der an der jeweiligen Anlage erfassten Phänologie ermittelt. Auf Basis bisher bekannter Daten sehen wir hierbei Einzelereignisse ab ca. 50 Rufen/Nacht oder regelmäßige Aktivitäten als artenschutzrechtlich bedenklich an. Ein weiteres Kriterium bei der Eingrenzung der zu beachtenden Zeiträume ist die Stetigkeit. So ist es z.B. nicht möglich, kürzere Zeiträume mit einer geringeren Aktivität, die zwischen Aktivitätspeaks bzw. Zeiträumen mit hoher Aktivität liegen, auszugrenzen, da die im Untersuchungsjahr erfassten hohen Aktivitäten in einem anderen Jahr auch in zeitlich leicht verschobenen Nächten auftreten können. Dies verdeutlicht auch die Notwendigkeit der Anpassung der Betriebseinschränkungen nach dem zweiten Untersuchungsjahr.

7 Ergebnisse und Diskussion

7.1 Aktivität/Phänologie

Die akustische Erfassung erfolgte von Mai 2014 bis Januar 2017. Für die Auswertung werden alle Daten des allgemein fledermausrelevanten Zeitraums von März bis einschließlich November verwendet.

Der Jahresverlauf der am Windmessmast erfassten Aktivität der Gruppen *Nyctaloid* (hier vor allem Kleiner und Großer Abendsegler, Breitflügel-Fledermaus) und *Pipistrelloid* (vor allem Zwergfledermaus, in geringem Umfang auch Rauhautfledermaus) sowie der unbestimmten Fledermausrufe in den drei Untersuchungsjahren ist in den Abbildungen 2 – 4 dargestellt.

Es fällt auf, dass im Untersuchungsjahr 2015 die Fledermausaktivität insgesamt geringer war als in den beiden anderen Untersuchungsjahren. 2015 konnten in 275 Untersuchungsnächten lediglich 318 Fledermausrufe erfasst werden. Das entspricht durchschnittlich 1,2 Rufaufnahmen pro Nacht. Die beiden anderen Jahre wiesen mit durchschnittlich 3,4 (2014) und 4,4 (2016) Rufaufnahmen pro Nacht eine deutlich höhere Fledermausaktivität auf.

In den Jahren 2014 und 2016 lagen die Aktivitätsschwerpunkte der Gruppe *Pipistrelloid* im Juli und bis Anfang Oktober. Den höchsten Wert erreichte die Aktivität dieser Arten (nahezu alles Zwergfledermaus) am 09.09.2016 mit 188 Aufnahmen in einer Nacht. Im Jahr 2015 erreichte die höchste Aktivität dieser Bestimmungsgruppe maximal 17 Rufaufnahmen in einer Nacht (13.06.15). Die Aktivität ist selbst in diesem Monat als gering zu bewerten.

Für die Rufgruppe *Nyctaloid* lag der im Untersuchungszeitraum erfasste Aktivitätsschwerpunkt in allen 3 Jahren zwischen Mitte Juli und Anfang September. Am

22.07.2014 konnte ein Aktivitätspeak mit 104 Rufaufnahmen in einer Nacht festgestellt werden. Zu der Gruppe Nyctaloid gehören u.a. die beiden Abendseglerarten, die weite Strecken ziehen können. Der Kleine Abendsegler ist in Mitteleuropa aber nur eine fakultative Wanderart (Dietz et al. 2007). Beim Großen Abendsegler beginnt Mitte-Ende Juli der Wegzug aus den Wochenstubegebieten (Meschede 2017). Ein Durchzug dieser Fledermausart könnte sich im Gebiet bemerkbar machen. Ein Teil der mittel- und westeuropäischen Population verbleibt aber wahrscheinlich auch ganzjährig im angestammten Gebiet (s. Gebhard & Bogdanowicz 2004) oder zeigt eine Entwicklung hin zu diesem Status (Heise & Blohm 2004). Dies wird als mögliche Folge der Klimaveränderung diskutiert, mit der ein verringertes Überwinterungsrisiko einhergeht. Zudem besteht die Möglichkeit, dass das Wandergeschehen durch sommerliche Aktivitäten der Breitflügelfledermaus überlagert wird.

Die Aktivitätsschwerpunkte der kollisionsgefährdeten Arten (*Nyctaloid*, *Pipistrelloid*) überlappen sich in den Sommermonaten zwischen Mitte Juli bis Anfang September. In den nächsten Wochen sind nur noch die Pipistrellen bis Mitte Oktober aktiv. In dieser Zeit werden regelmäßig Aktivitätsverdichtungen, teilweise mit Einzelereignissen bis zu 40 (50) Rufe/Nacht, gemessen.

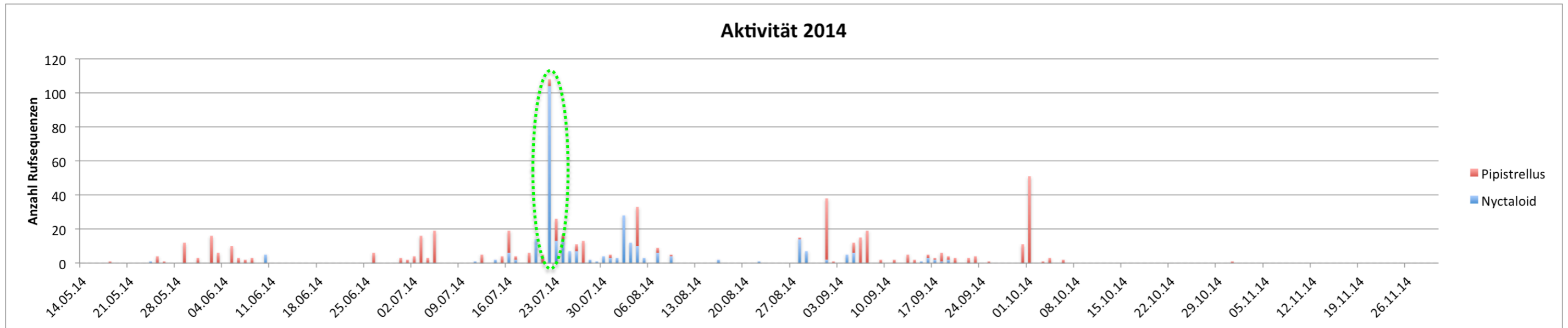


Abbildung 2: Verlauf der in 100 m Höhe erfassten Aktivität der Gattung *Pipistrellus* und der Gruppe *Nyctaloid* im Untersuchungszeitraum 2014. Ein Aktivitätspeak der *Nyctaloide* im Juli ist grün gekennzeichnet.

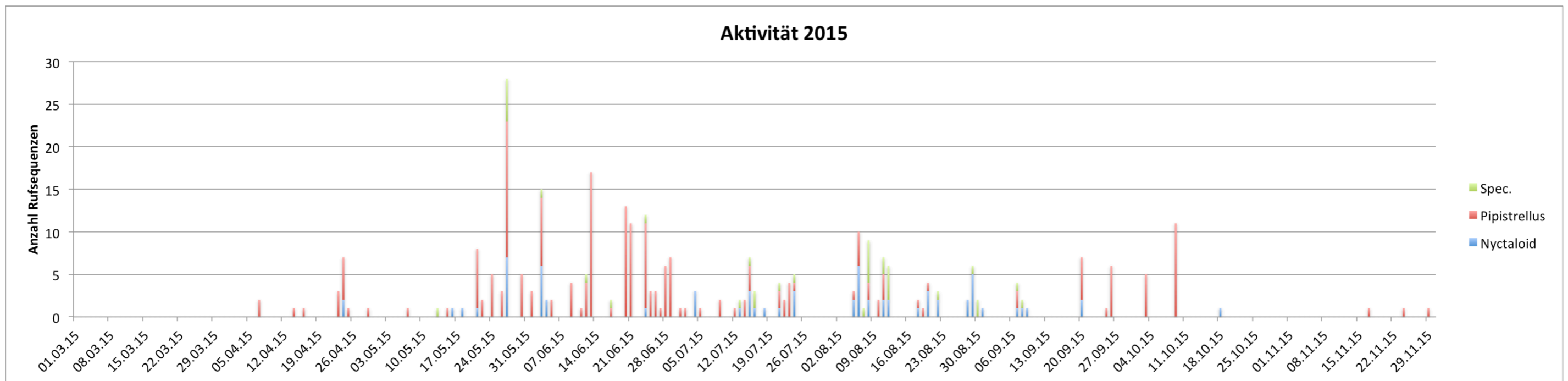


Abbildung 3: Verlauf der in 100 m Höhe erfassten Aktivität der Gattung *Pipistrellus* und der Gruppe *Nyctaloid* sowie der unbestimmten Fledermausrufe (Spec.) im Untersuchungszeitraum 2015. Besonders auffallende Aktivitätspeaks sind nicht erkennbar.

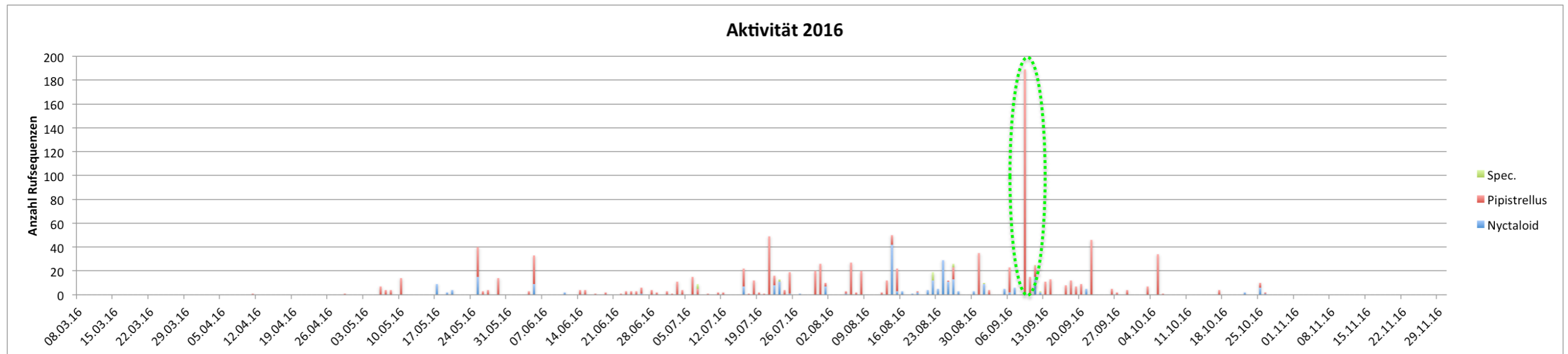
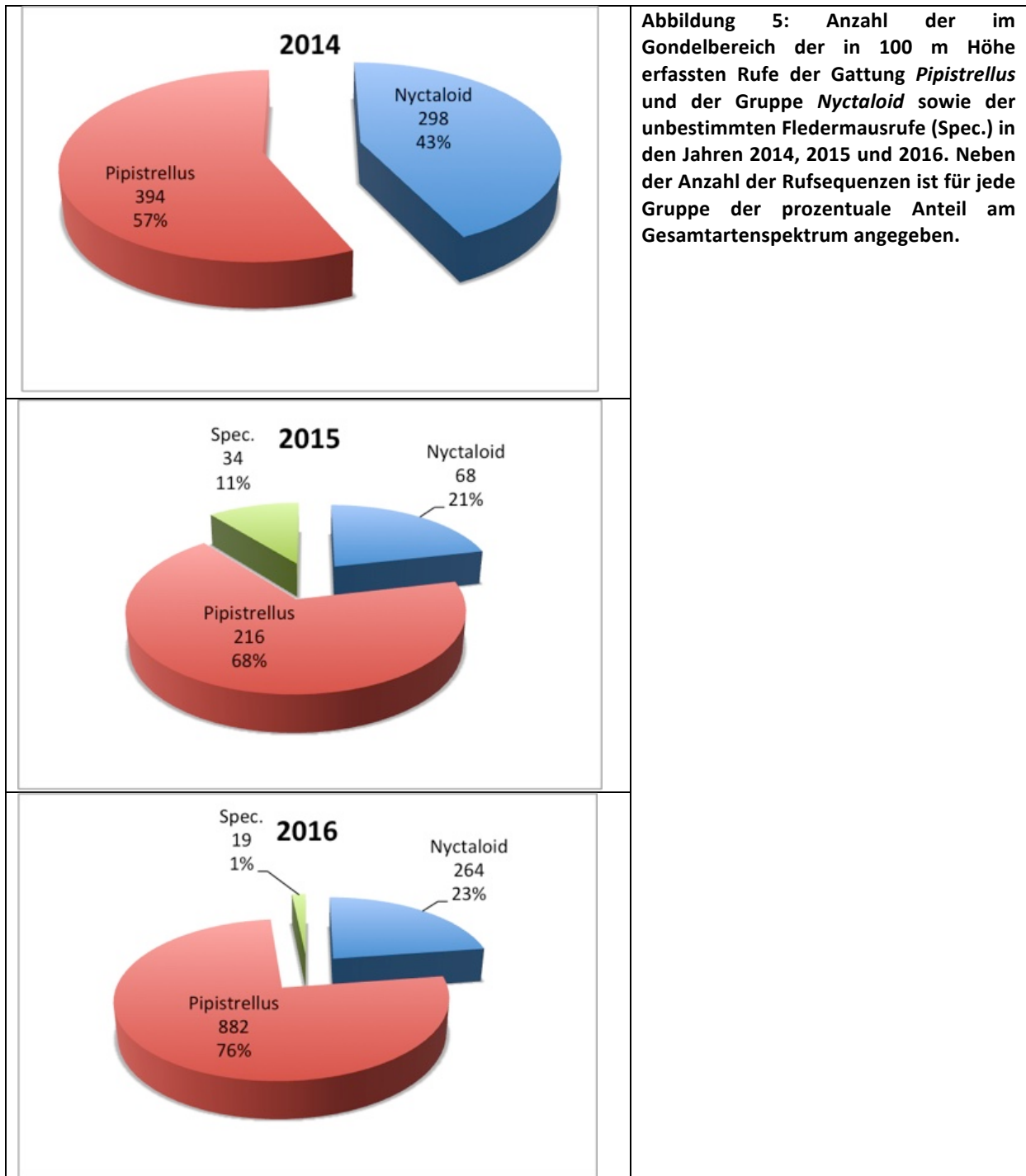


Abbildung 4: Verlauf der in 100 m Höhe erfassten Aktivität der Gattung *Pipistrellus* und der Gruppe *Nyctaloid* sowie der unbestimmten Fledermausrufe (spec.) im Untersuchungszeitraum 2016. Ein Aktivitätspeak der Gattung *Pipistrellus* im September ist grün gekennzeichnet.

7.2 Artenspektrum differenziert nach Großgruppen

In allen 3 Untersuchungsjahren wird das erfasste Artenspektrum durch die Gattung *Pipistrellus* dominiert. Der Anteil der Gruppe *Nyctaloid* war im Jahr 2014 mit 43 % im Vergleich zu den anschließenden Untersuchungsjahren hoch. Ein Drittel dieser Aufnahmen (104 von 298 Aufnahmen) wurde in der Nacht vom 22.07.2014 erfasst.



7.3 Fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden Betriebsalgorithmen mit Hilfe des Software-tools „ProBat“ ermittelt (s. oben). Dieses liefert für die Cut-in-Windgeschwindigkeit sowohl einen pauschalen Wert für den gesamten fledermausrelevanten Zeitraum als auch optimierte Werte für Nachtzeitintervalle in einzelnen Nächten und für normierte Nachtzeitintervalle in den verschiedenen Monaten (Abschnitt 7.3.1). Die Dämmerungsintervalle wurden aus der Berechnung ausgeschlossen, da die in diesem Zeitraum erfasste Fledermausaktivität weniger als 2% der insgesamt erfassten Fledermausaktivität in den jeweiligen Monaten darstellte (vgl. Baumbauer et al. 2017). Somit müssen diese Zeiträume auch bei den Betriebseinschränkungen nicht beachtet werden. Zusätzlich zu der Berechnung im Software-tool wurden Betriebsalgorithmen manuell anhand der Aktivität-Wind-Korrelation ermittelt (Abschnitt 7.3.2).

7.3.1 Anhand des Software-tools: pauschal und optimiert

Pauschal:

Die mittels des Software-tools ProBat geschätzte Schlagopferzahl sowie die anhand dieser ermittelte pauschale Cut-in-Windgeschwindigkeit sind für jedes Untersuchungsjahr einzeln sowie für den gesamten Untersuchungszeitraum (alle 3 Jahre) in Tabelle 3 aufgeführt. Die pauschale Cut-in-Windgeschwindigkeit ist zur Minimierung der Schlagopferzahl auf 2 tolerierbare Tiere pro Jahr und WEA erforderlich und ist im gesamten fledermausrelevanten Zeitraum zu berücksichtigen. Der fledermausrelevante Zeitraum ist in der Regel von März bis einschließlich November angesetzt. Da in den Monaten März und April in den Jahren 2015 und 2016 weniger als 20 Aufnahmen jeweils registriert wurden, müssen diese Monate nicht mit Betriebseinschränkungen berücksichtigt werden. Gleiches gilt für den November, da in diesem Monat in allen drei Untersuchungsjahren weniger als 20 Rufaufnahmen erfasst wurden (vgl. Baumbauer et al. 2017).

Tabelle 3: Anlagenfaktor, geschätzte Schlagopferzahl und pauschale Cut-in-Windgeschwindigkeit für die Einzeljahre und den gesamten Untersuchungszeitraum. Diese wurden anhand der von Mai bis Oktober erhobenen Datensätze in ProBat ermittelt.

Zeitraum	Anlagenfaktor	Geschätzte Schlagopferzahl	Pauschale Cut-in-Windgeschwindigkeit (m/s)
2014	3,0	9,1	5,1
2015	2,4	7,2	4,9
2016	3,3	12,1	5,2
Gesamt	3,0	9,5	5,1

Die Betriebseinschränkungen mit einer pauschalen Cut-in-Windgeschwindigkeit von 5,1 m/s sollten durchgeführt werden von Mai bis Oktober

- **zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang und**
- **bei Temperaturen $\geq 10^{\circ}\text{C}$.**

Optimiert:

Die **optimierten** Cut-in-Windgeschwindigkeiten für einzelne Nachtzeitintervalle in den einzelnen Nächten werden von dem Software-tool in einer Tabelle ausgegeben. Aufgrund ihrer Größe wird diese im vorliegenden Bericht nicht dargestellt, bei Bedarf wird sie jedoch gerne nachgereicht.

Die optimierten Cut-in-Windgeschwindigkeiten pro Monat für normierte Nachtzeitintervalle sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Normierte Cut-in-Windgeschwindigkeiten für einen fledermausfreundlichen Betrieb nach den Daten gemessen in 100 m am Windmessmast in Differdange. Der Nachtzeitwert 0 ist dem Sonnenuntergang, der Wert 1 dem Sonnenaufgang zugeteilt. Die genauen Anfangs- und Endzeiten der Nachtzeitintervalle in den einzelnen Nächten werden bei Bedarf nachgereicht.

Nachtzeit	Monat					
	5	6	7	8	9	10
0-0,1	5,1	5,2	5,3	5,3	4,8	4,8
0,1-0,2	5,5	5,6	5,7	5,7	5,3	5,2
0,2-0,3	5,3	5,3	5,4	5,5	5,1	4,9
0,3-0,4	5,2	5,3	5,3	5,4	5,1	4,8
0,4-0,5	5,2	5,2	5,3	5,3	5,0	4,7
0,5-0,6	5,0	4,9	5,0	5,0	4,7	4,3
0,6-0,7	5,0	4,9	5,0	5,0	4,7	4,4
0,7-0,8	4,6	4,5	4,7	4,6	4,2	3,9
0,8-0,9	4,5	4,3	4,7	4,5	4,2	4,0
0,9-1	2,9	2,6	3,2	3,0	2,5	2,2

7.3.2 Manuell anhand der Aktivität-Wind-Korrelation

Im Folgenden werden Betriebseinschränkungen manuell anhand der durch das Software-tool ermittelten Zahl geschätzter Schlagopfer, der Aktivität-Wind-Korrelation sowie der im

Untersuchungszeitraum am Windmessmast erfassten Phänologie zunächst für die 3 Untersuchungsjahre getrennt ermittelt. Die an den Anlagen zu schützende Fledermausaktivität wurde anhand der im Software-tool geschätzten Schlagopferzahl sowie dem zuvor festgesetzten Schwellenwert tolerierbarer Schlagopfer pro Jahr und Anlage über ProBat berechnet (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Von dem Software-tool ProBat berechnete Werte für die zu schützende Aktivität von Fledermäusen für die einzelnen Untersuchungsjahre und für den gesamten Untersuchungszeitraum.

Jahr	Geschätzte Schlagopferzahl	Tolerierbare Schlagopfer	Zu schützende Aktivität (%)
2014	9,1	2	78
2015	7,2	2	72,2
2016	12,1	2	83,5
Gesamt	9,5	2	80

In den Abbildungen 6-8 zur Aktivität-Wind-Korrelation wird der gemessene prozentuale Anteil der Fledermausaktivität kumulativ gegen die jeweils gemessene Windgeschwindigkeit aufgetragen.

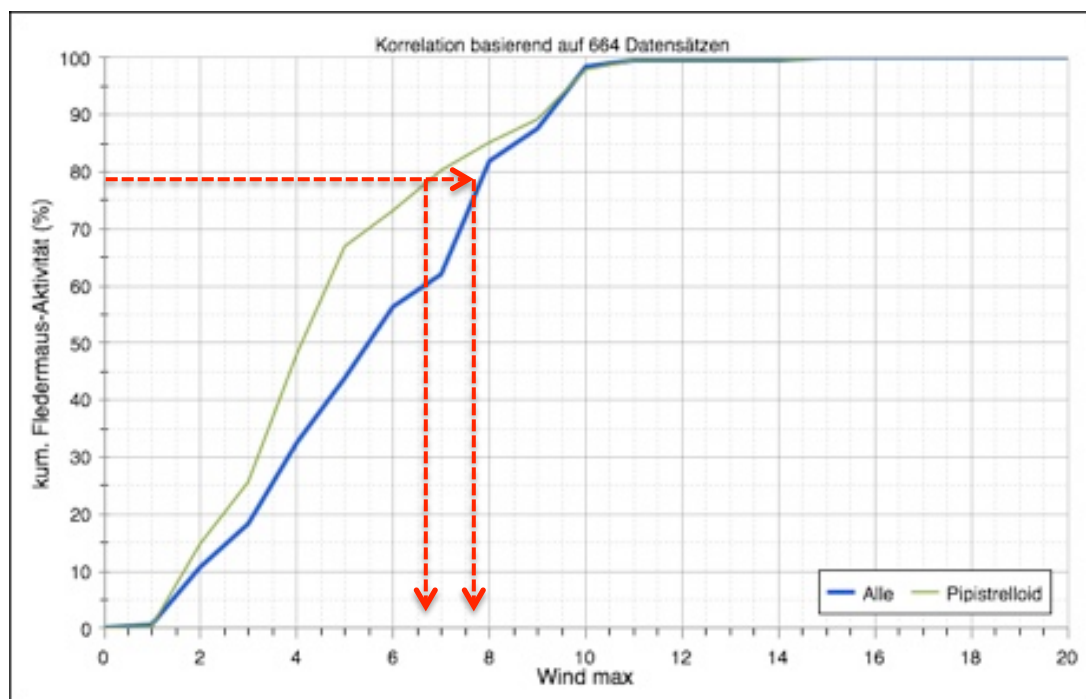


Abbildung 6: Korrelation Aktivität-Wind für alle Fledermausarten (blau) und die Artengruppe *Pipistrelloid* (grün) in 100 m Höhe im Untersuchungsjahr 2014. Die Cut-in-Windgeschwindigkeiten für alle Fledermausarten (7,75 m/s) und die Artengruppe *Pipistrelloid* (6,5 m/s) werden anhand der zu schützenden Aktivität von 78 % abgelesen (s. rot gestrichelte Linie).

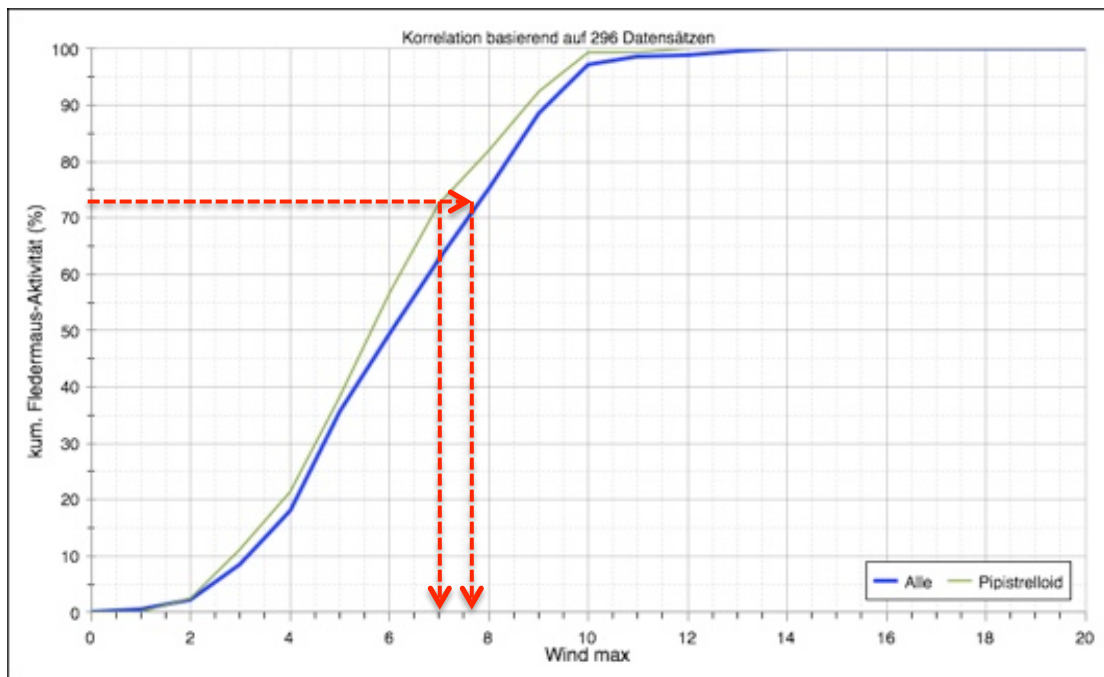


Abbildung 7: Korrelation Aktivität-Wind für alle Fledermausarten (blau) und die Artengruppe *Pipistrelloid* (grün) in 100 m Höhe im Untersuchungsjahr 2015. Die Cut-in-Windgeschwindigkeiten für alle Fledermausarten (7,75 m/s) und die Artengruppe *Pipistrelloid* (7 m/s) werden anhand der zu schützenden Aktivität von 72,2 % abgelesen (s. rot gestrichelte Linie).

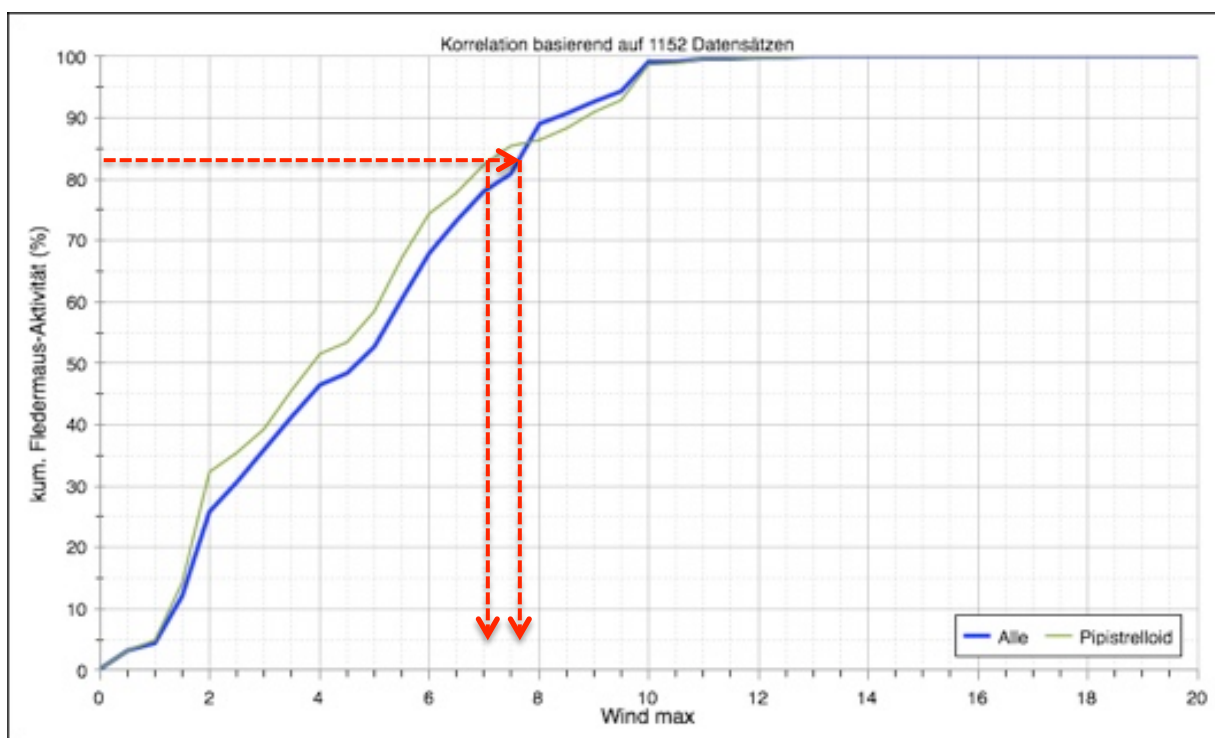


Abbildung 8: Korrelation Aktivität-Wind für alle Fledermausarten (blau) und die Artengruppe *Pipistrelloid* (grün) in 100 m Höhe im Untersuchungsjahr 2014. Die Cut-in-Windgeschwindigkeiten für alle Fledermausarten (7,75 m/s) und die Artengruppe *Pipistrelloid* (7 m/s) werden anhand der zu schützenden Aktivität von 83,5 % abgelesen (s. rot gestrichelte Linie).

Die Korrelation Aktivität-Wind wird für alle Fledermausarten zusammen betrachtet, da beide Gruppen zusammen vorkommen. In diesem Fall haben wir auch die Artengruppe *Pipistrelloid* getrennt analysiert, da in der Phänologie ab Mitte September schützenswerte Zeiträume auftreten, die ausschließlich durch diese Artengruppe bestimmt werden. Die Artengruppe *Pipistrelloid* ist bei höheren Windgeschwindigkeiten weniger aktiv als die *Nyctaloide*, so dass in diesem Zeitraum niedrigere Cut-in-Windgeschwindigkeiten zum Schutz der Tiere ausreichend sind.

Anhand der zu schützenden Fledermausaktivität wurde die pauschale Cut-in-Windgeschwindigkeit sowohl für alle Arten als auch für die Gruppe *Pipistrelloid* in der entsprechenden Grafik der Aktivität-Windkorrelation abgelesen und in der Tabelle 6 über alle Untersuchungsjahre eingetragen. Die Cut-in-Windgeschwindigkeiten für den gesamten Untersuchungszeitraum ergibt sich aus dem Mittelwert der Werte der einzelnen Untersuchungsjahre. Diese Werte gehen in die betrieblichen Einschränkungen ein.

Tabelle 6: Die pauschale Cut-in-Windgeschwindigkeit für alle Arten und nur für die .

Jahr	Pauschale Cut-in-Windgeschwindigkeit (m/s) für alle Arten	Pauschale Cut-in-Windgeschwindigkeit (m/s) für Gruppe <i>Pipistrelloid</i>
2014	7,75	6,5
2015	7,75	7
2016	7,75	7
Gesamt	7,75	6,83

Betriebseinschränkungen:

Anhand der in Kapitel Aktivität/ Phänologie erläuterten Aktivitätsschwerpunkte der Gruppen *Pipistrelloid* und *Nyctaloid* in 100 m Höhe am Windmessmast in Differdange in den drei Untersuchungsjahren werden Betriebseinschränkungen vom

- **15. Juli bis zum 15. September mit einer Cut-in-Windgeschwindigkeit von 7,75 m/s**

empfohlen, da in diesem Zeitraum beide Artengruppen betroffen sind. Vom

- **15. September bis zum 15. Oktober kann die Cut-in-Windgeschwindigkeit auf 6,83 m/s herabgesetzt werden,**

weil in diesem Zeitraum lediglich Tiere der Artengruppe *Pipistrelloid* einer höheren Gefährdung ausgesetzt sind. Die Betriebseinschränkungen sollten durchgeführt werden

- **zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang und**
- **bei Temperaturen $\geq 10^{\circ}\text{C}$**
- **sowie bei den jeweils angegebenen Windgeschwindigkeiten**

8 Fazit zu den artenschutzrechtlichen Auflagen

Betriebseinschränkungen dienen der Minimierung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an WEA. Dabei können heutzutage anhand von Modellberechnungen im Software-tool ProBat gezielte Abschaltalgorithmen für bestimmte Nachtzeitintervalle in einzelnen Nächten ermittelt werden, welche zugleich den Ertragsverlust möglichst gering halten. Die Effizienz der in ProBat berechneten Betriebseinschränkungen konnte inzwischen durch Untersuchungen an 16 WEA in acht Windparks belegt werden (Behr et al. 2015b). Dieses Verfahren wurde anhand von Anlagen der Firma Enercon entwickelt und ist laut Behr et al. (2015b) an Anlagen dieses Herstellers einsetzbar.

Die entsprechende Technik wurde aber an vielen Anlagen noch nicht umgesetzt. Daher wird alternativ ein speziell berechneter Pauschalwert für die Cut-in-Windgeschwindigkeit angegeben, der dann im gesamten fledermausrelevanten Zeitraum anzuwenden ist. Zudem ist es möglich, die Betriebseinschränkungen (wie vor der Entwicklung der Modellberechnungen) anhand der Aktivität-Wind-Korrelation sowie der im Gebiet erfassten Phänologie zu ermitteln. Am Standort Differdange zeigt sich, dass der berechnete Pauschalwert für die Cut-in-Windgeschwindigkeit mit 5.1 m/s deutlich niedriger liegt als der manuell ermittelte Wert, der die standörtliche Aktivität in Korrelation mit der gemessenen Windstärke berücksichtigt. Die maßgeblichen Zeiträume sind aber unterschiedlich: der Pauschalwert ist durchgehend über 6 Monate einzuhalten, während der manuell ermittelte Wert (bei 7,7 und 6,8 m/s) insgesamt drei Monate zu berücksichtigen ist.

Insgesamt ergeben sich somit für die drei Anlagen je drei Möglichkeiten eines fledermausfreundlichen Betriebs, die im Folgenden aufgeführt sind. Diese sollten zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang bei Temperaturen von mindestens 10°C durchgeführt werden.

Betriebseinschränkungen

- 1) gemäß der optimierten Cut-in-Windgeschwindigkeiten für Monate (s. Tabelle 4) oder einzelne Nächte (Tabelle wird bei Bedarf nachgereicht) **oder**
- 2) bei Windgeschwindigkeiten $\leq 5,1$ m/s vom 01.05. bis zum 31.10. (pauschal, anhand Software-tool ermittelt) **oder**
- 3) zwischen dem 15.07. – 15.09. bei Windgeschwindigkeiten $\leq 7,75$ m/s und zwischen dem 15.09. – 15.10. $\leq 6,83$ m/s (pauschal, manuell ermittelt)

Die in diesem Bericht ermittelten Betriebseinschränkungen können auf alle geplanten WEAs angewendet werden, da alle drei Anlagen in einer Reihe auf dem Höhenrücken auf dem Muerensbierg angeordnet sind. Da der zugrunde liegende Messzeitraum fast drei Jahre beträgt, ist kein weiteres Monitoring in der Höhe und neuere Anpassungen erforderlich. Die Distanz zwischen den Anlagen 1 und 2 bzw. 2 und 3 beträgt ca. 350 bis 390 m, weshalb ein

vergleichbares Fledermausvorkommen an allen Standorten angenommen werden kann. Die Übertragung der betrieblichen Einschränkungen auf Basis der Mastdaten wird zur Vermeidung des Tötungsverbot daher für alle Anlagen als geeignet eingeschätzt.

WEA 1 liegt am weitesten entfernt vom Maststandort, aber auch von den Gehölzstrukturen wie Waldränder und Gebüsche. Da die Bodenmessungen in den Untersuchungen von 2015 hier im Vergleich mit den anderen beiden Standorten nur eine geringe Flugaktivität aufzeigten, ist es möglich, dass hier auch in der Höhe eine geringere Aktivität an Fledermäusen gegenüber dem Messpunkt des Höhenmonitorings herrscht. In diesem Fall wären die hier ermittelten, betrieblichen Auflagen für den Standort 1 eventuell zu hoch. Alternativ zur Übertragung der Daten vom Messmast kann daher ein eigenständiges Höhenmonitoring an dieser Anlage in Erwägung gezogen werden, welches die tatsächliche Betroffenheit an diesem Standort prüft. Dieses Höhenmonitoring müsste über zwei Jahre erfolgen. Während dieser Messung müssten vorsorglich die Betriebseinschränkungen - wie oben ausgeführt - eingehalten werden. Die Abschaltzeiten sollten dann im zweiten und dritten Betriebsjahr an die neu gewonnenen Ergebnisse angepasst werden.

Ausgleichsmaßnahmen

Die Höhenmessungen zeigen Konflikte mit kollisionsgefährdeten Arten auf. Insbesondere sind dies die Zwergfledermaus, die Abendseglerarten und möglicherweise auch die Breitflügelfledermaus. Die Betriebsalgorithmen berücksichtigen etwa 80 – 90 % der Aktivität dieser Arten, ein kleiner Teil bleibt aber ungeschützt. Im Einzelfall kann auch dieses Restrisiko Auswirkungen auf die Population haben, wenn es regelmäßig und über viele Jahre zu erwarten ist. Aus diesem Grund sehen wir die Notwendigkeit, populationsstützende Maßnahmen für die betroffenen Arten im Gebiet durchzuführen. Dies sollte durch habitatverbessernde Maßnahmen erfolgen, die nicht im direkten Umfeld der Anlagen, aber in weiteren Umkreis davon erfolgen sollten. Möglich sind die Anlage von Streuobstwiesen, Teichen oder Baum- bzw. Heckenreihen im Offenland. Die Details sollten mit einem Fachmann ausgearbeitet und möglichst kurzfristig umgesetzt werden.

9 Literatur

- Adomeit, U., I. Niermann, O. Behr und R. Brinkmann (2011) Charakterisierung der Fledermausaktivität im Umfeld von Windenergieanlagen mittels IR-Stereoaufnahmen. – In: Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann und M. Reich (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. – Umwelt und Raum Bd. 4, 145-176, Cuvier Verlag, Göttingen
- Baumbauer, L., Nagy, M., Simon, R. & Behr, O. (2017) Voraussetzungen für die Verwendung von ProBat. Online verfügbar unter <http://www.windbat.techfak.fau.de>.
- Behr, O., R. Brinkmann, I. Niermann und F. Korner-Nievergelt (2011) Fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen für Windenergieanlagen – In: Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann und M. Reich (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. – Umwelt und Raum Bd. 4, 130-144, Cuvier Verlag, Göttingen.
- Behr, O. & Rudolph, B.-U. (2013a) Fachliche Erläuterungen zum Windkrafteerlass Bayern: Verringerung des Kollisionsrisikos durch fledermausfreundlichen Betrieb der Anlagen. Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Behr, O. & Rudolph, B.-U. (2013b) Fachliche Erläuterungen zum Windkrafteerlass Bayern: Fledermäuse – Fragen und Antworten. Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Behr, O., Simon, R. & Nagy, M. (2015a) Leitfaden zur Durchführung einer akustischen Aktivitätserfassung an Windenergieanlagen und zur Berechnung fledermausfreundlicher Betriebsalgorithmen. 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, 317- 368, Institut für Umweltplanung Hannover.
- Behr, O., Brinkmann, R., Hochradel, K., Hurst, J., Mages, J., Naucke, A., Nagy, M., Niermann, I., Reers, H., Simon, R., Weber, N. & Korner-Nievergelt, F. (2015b) Experimenteller Test der fledermausfreundlichen Betriebsalgorithmen. 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, 317- 368, Institut für Umweltplanung Hannover.
- Brinkmann R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich (2011) Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Schriftenreihe Institut für Umweltplanung. Leibnitz Universität Hannover, Cuvillier Verlag Göttingen, Umwelt und Raum, Band 4.
- Gessner, B. (2015) Fachbeitrag Fledermäuse zum geplanten Windpark Differdange (Kanton Esch-sur-Alzette, Luxemburg) für die Anlagenstandorte 1-4. Überprüfung der artenschutzrechtlichen Belange und des Gebietsschutzes für das angrenzende FFH-Gebiet „Differdange Est – Prenzbierg / Anciennes mines et Carrières“ (LU 0001028). Unveröff. Gutachten im Auftrag der Solarpower S.A., Grevenmacher, 151 S.
- Gessner, B. (2015) Fledermauskundliche Stellungnahme zur Änderung der Anlagenkonstellation im Windpark Differdange (Kanton Esch-sur-Alzette, Luxemburg). Unveröff. Gutachten im Auftrag der Solarpower S.A., Grevenmacher, 12 S.

- Gessner, B. (2017) Évaluation appropriée selon la directive „Habitats“ au regard des chauves-souris pour le parc éolien Differdange-Obercorn envisagé (Canton Esch-sur-Alzette, Luxembourg) . Unveröff. Gutachten im Auftrag der Solarpower S.A., Grevenmacher, 67 S.
- Gebhard, J. & Bogdanowicz, W. (2004): *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) – Großer Abendsegler. – In: Niethammer, J. & F. Krapp (Hrsg.): Handbuch der Säugetiere Euro- pas. Band 4: Fledertiere. Teil II: Chiroptera II. Vespertilionidae 2, Molossidae, Nycteri- dae. Aula-Verlag. Wiebelsheim: 608-694.
- Heise, G. & Blohm, T. (2004): Zum Migrationsverhalten uckermärkischer Abendsegler (*Nyctalus noctula*). – *Nyctalus* 9(3): 249-258.
- Korner-Nievergelt, F., O. Behr, I. Niermann & R. Brinkmann (2011) Schätzung der Zahl verunglückter Fledermäuse an Windenergieanlagen mittels akustischer Aktivitätsmessungen und modifizierter N-mixture Modelle. – In: Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. – *Umwelt und Raum* Bd. 4, 323-353, Cuvier Verlag, Göttingen.
- LANA, Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landespflege und Erholung (2010) Hinweise zu zentralen unbestimmten Rechtsbegriffen des Bundesnaturschutzgesetzes. Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (TMLFUN), Oberste Naturschutzbehörde, im Januar 2010
- NABU (2012) Fledermausexperten sehen die dringende Notwendigkeit Belange des Fledermausschutzes beim Ausbau der Windkraft mehr zu beachten. Positionspapier zum Expertentreffen der BAG Fledermausschutz als download unter <http://www.fledermausschutz-rlp.de/expertenpapier.pdf>.
- Richarz, K., M. Hormann, M. Werner, L. Simon und 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.

Elektronische Quelle:

<http://www.windbat.techfak.fau.de> (Zugriff am 07.03.2017)