

Fledermausmonitoring im Windpark Georgshof Gondelmonitoring

- Bericht 2019 -

Auftraggeber

Windpark-Georgshof II GmbH & Co. KG

Auftragnehmer

Dipl.-Biol. Lothar Bach, Freilandforschung, zool. Gutachten

Bremen, Februar 2020

Impressum

Auftraggeber:

Windpark-Georgshof II GmbH & Co. KG
T. Verweyen, R. Janssen
Schatthäuser Straße 24
Joachimfeld
26553 Dornum

Auftragnehmer:

Lothar Bach
Freilandforschung, zool. Gutachten
Hamfhofsweg 125 b
28357 Bremen
Tel/Fax: 0421-2768953
Email: lotharbach@Bach-Freilandforschung.de

Projektbearbeitung:

Dipl.-Biol. Petra Bach, Bremen
Dipl.-Biol. Lothar Bach, Bremen

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	4
1.1 Zielsetzung der Untersuchung	4
2. Untersuchungsgebiet und Methode	5
2.1 Untersuchungsgebiet und Betriebsbedingungen der WEA	5
2.2 Methode	6
2.2.1 Akustisches Monitoring	6
2.2.2 Schlagopfersuche.....	7
2.2.3 Wetterdaten	11
3. Ergebnisse	12
3.1 Übersicht.....	12
3.2 Gesamtaktivitätsdichte	12
3.3 Saisonale Verteilung der Gesamtaktivitätsdichte	16
3.4 Aktivitätsverteilung der Arten über die Nacht.....	27
3.5 Witterungseinfluss	31
3.6 Schlagopfersuche.....	38
3.6.1 Anzahl der gefundenen Fledermäuse	38
3.6.2 Sucheffizienz	38
3.6.3 Abtragsrate.....	39
3.6.4 Abschätzung der tatsächlichen Kollisionsopfer.....	40
4. Bewertung der Befunde	41
4.1 Akustisches Monitoring – Aktivitätsverteilung	41
4.2 Akustisches Monitoring – Witterungseinfluss	42
4.3 Schlagopfersuche.....	43
4.4 Fazit.....	44
5. Zusammenfassung	45
6. Literatur	46
Anhang	48

1. EINLEITUNG

Alle in Mitteleuropa heimischen Fledermausarten sind nachtaktive Insektenjäger. In Deutschland wurden bisher 24 Arten aus 2 Familien und 9 Gattungen nachgewiesen, von denen 22 regelmäßig zur Fortpflanzung kommen. Alle einheimischen Fledermausarten zählen zu den streng geschützten Arten.

Trotz des rechtlichen Schutzes von Fledermäusen seit dem Jahr 1936 erlitten Fledermäuse nach 1950 auch in Deutschland zum Teil drastische Bestandsrückgänge (KULZER et al. 1987; ROER 1977). Als Ursache sind vorwiegend komplex zusammenwirkende, anthropogen verursachte Faktoren zu nennen. Hierzu gehören u. a. Quartierverlust durch Dachsanierung oder Störung von Winterquartieren, schleichende Vergiftung durch Biozide und deren Abbauprodukte in der Nahrung, vor allem aber Verlust von Lebensräumen sowie Nahrungsverlust als Folge der Uniformierung der Landschaft. Dies führte dazu, dass Fledermäuse zu der Tiergruppe mit dem höchsten Anteil gefährdeter Arten der heimischen Fauna zählen und, wenngleich für einige Arten in der vergangenen Zeit eine gewisse Stabilisierung und Erholung der Bestände beobachtet wurde, alle heimischen Fledermausarten in die Roten Listen Niedersachsens bzw. fast alle in die Rote Liste Deutschlands aufgenommen werden mussten (NLWKN in Vorb., MEINIG et al. 2009). Aus diesem Grunde hat die Bundesrepublik Deutschland im Laufe der vergangenen Jahre eine Reihe von internationalen Konventionen zum Schutze der Fledermäuse ratifiziert, u.a. 1991 das "Abkommen zur Erhaltung der Fledermäuse in Europa" (Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1993, Teil II: 1106-1112) und räumt dem Fledermausschutz auch hohen politischen Stellenwert ein. Schon aus diesen, nur kurz skizzierten Fakten zur Situation der Fledermausbestände und der Verpflichtungen zu deren Schutz, lässt sich die Forderung ableiten, Fledermäuse bei Eingriffsvorhaben, die erhebliche Beeinträchtigungen dieser Tiergruppe erwarten lassen, grundsätzlich zu berücksichtigen.

1.1 Zielsetzung der Untersuchung

Die Genehmigung für den Bau der betreffenden WEA in Georgshof wurden mit der Auflage erteilt ein zweijähriges begleitendes Betriebsmonitoring (2017, 2018) durchzuführen. Dieses Monitoring wurde in den Jahren 2017 und 2018 durchgeführt. Die Aktivitäten an den meisten untersuchten WEA wiesen in beiden Jahren sowohl zwischen den beiden Jahren als auch zwischen den untersuchten WEA deutliche Unterschiede auf, vermutlich infolge der stark unterschiedlichen Wetterbedingungen beider Jahre. Daher konnten keine eindeutigen Aussagen zu potentieller Schlagopferzahlen und sinnvoll abzugrenzenden Aktivitätszeiten gemacht werden. Nur im Falle der WEA 2 konnte infolge der sehr geringen Aktivität eindeutige Aussagen formuliert werden (diese WEA läuft in Zukunft ohne Abschaltungen). Aus diesem Grunde wurde in Abstimmung mit der zuständigen UNB (LK Aurich) vereinbart, ein drittes Monitoringjahr an drei der vier WEA durchzuführen. Zielsetzung der vorliegenden Untersuchung ist die Durchführung des akustischen Monitorings und eine Schlagopfersuche an drei WEA und die daraus folgende Bewertung des Windparks (WP) Georgshof.

Die Untersuchung soll dabei:

- Aussagen zur Eingrenzung des Zeitraumes der Fledermausaktivität in Georgshof innerhalb des kritischen Gesamtzeitraumes von Mitte April bis Mitte Oktober treffen,
- Die täglichen Zeitfenster ggf. erforderlicher Anlagenabschaltung innerhalb des eingegrenzten Zeitraumes benennen und
- den standortspezifischen Schwellenwert einer Windgeschwindigkeit erarbeiten, ab der die Fledermausaktivität ausreichend gering ist und die Anlagen weiter betrieben werden können.

- Eine Schlagopfersuche, um die gewählten Abschaltalgorithmen zu überprüfen.

Die erfassten Aktivitätsdaten werden dargestellt, nach möglichen Abhängigkeiten von Witterungseinflüssen untersucht und abschließend bewertet.

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET UND METHODE

2.1 Untersuchungsgebiet und Betriebsbedingungen der WEA

Die Untersuchungen fanden südlich der Ortschaft Dornum statt. Das UG wird weitestgehend geprägt durch offene Acker- und Grünlandflächen. Westlich der WEA verläuft das Hochbrücker Tief.

Die Untersuchung im Jahr 2019 umfasst ein akustisches Monitoring (Gondel und am Mast etwa 10m unterhalb der unteren Rotorspitze) an drei WEA (Abb. 1, siehe Kapitel 2.2.1) sowie im eine Schlagopfersuche.

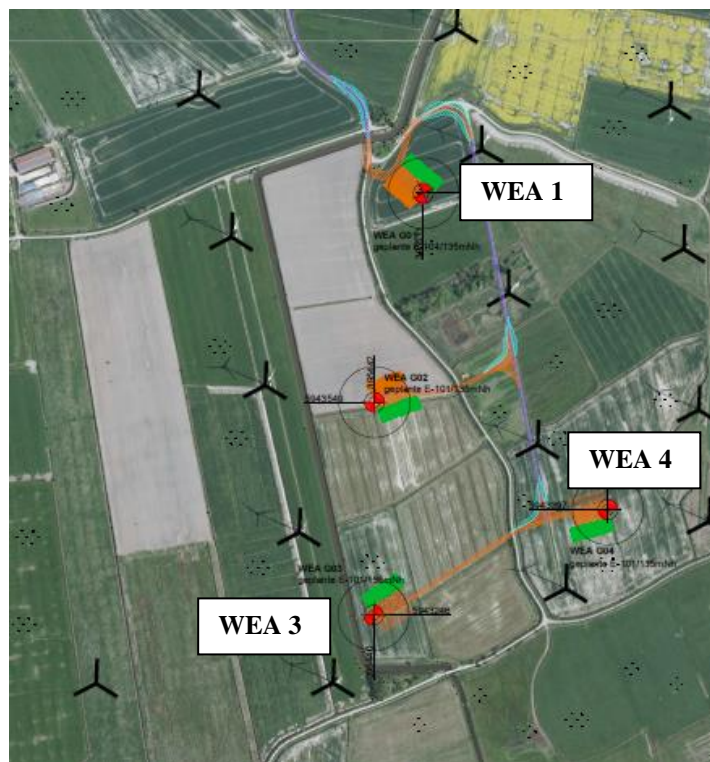


Abb. 1: WEA-Standorte mit Avisoft-Systemen

Nach den Daten aus den beiden Vorjahren wurden für die drei zu untersuchenden WEA Abschaltzeiträume vorgegeben (BACH & BACH 2019). Diese sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Nach den Daten aus 2017 und 2018 angepasste Abschaltmodi (- = keine Abschaltungen)

WEA	Frühjahr	Sommer/Herbst
1	20. April – 20 Juni, ganznächtigt	1. August – 14. September, ganznächtigt 15. September - 15. Oktober, SU- 4:00 Uhr
3	-	-
4	-	-

WEA 3 und 4 liefen danach ohne Abschaltungen, während WEA 1 vom 20. April – 20. Juni und 1. August – 14. September ganznachtig bzw. 15. September - 15. Oktober von SU bis 4:00 Uhr bei Wind $<7,6\text{m/s}$ und Temperaturen $\geq 10^\circ\text{C}$ abgeschaltet wurden.

2.2 Methode

2.2.1 Akustisches Monitoring

Das akustische Monitoring erfolgte an drei WEA im Windpark Georgshof (s.a. BACH & BACH 2019). Bei den WEA handelt es sich um drei E 101 mit einer Nabenhöhe von 135,4m und einem Rotorradius von 50m. Die WEA wurden vom 1.4. bis 30.11.2019 beprobt (siehe auch Abb. 1).

Ausfallzeiten

Im Jahr 2019 entstanden keine Ausfallzeiten! Allerdings traten von 10.10. bis 28.10. viele starke Störungen auf, die ggf. Fledermausrufe maskiert haben (siehe auch Abb. 6c).

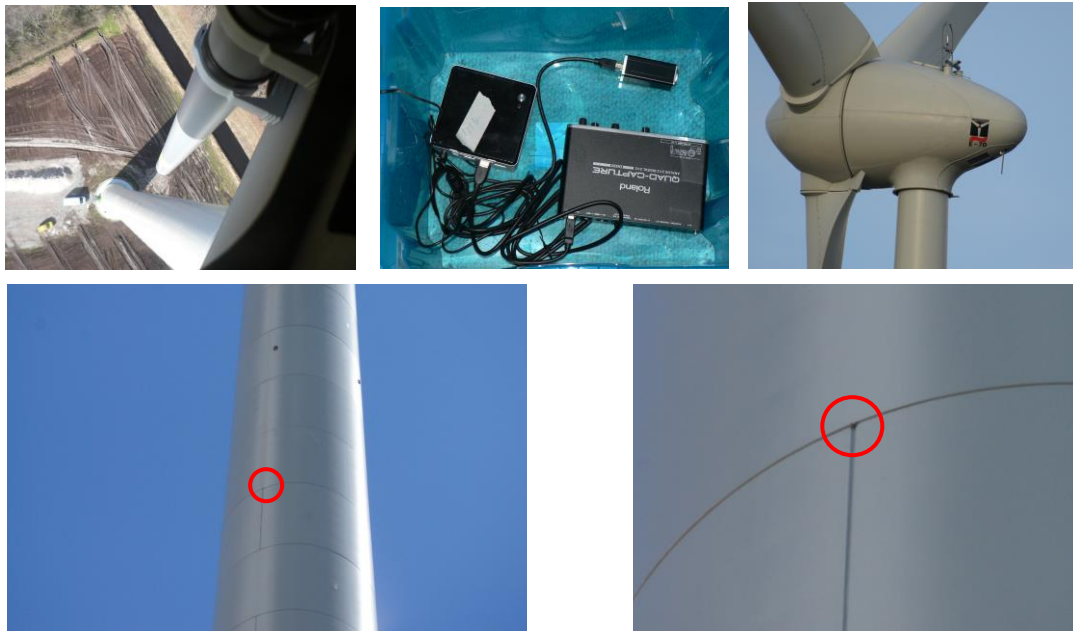


Abb. 2: Anbringung der Geräte an den WEA (oben links: Anbringung des Mikrofons in der Gondel, oben Mitte: Unterbringung des Industriecomputers plus UltraSoundGate in einer Box im Turmfu, oben rechts: Mikrophon unter der Gondel, unten: Standort und Anbringung des Stabmikrofons).

Detektorsystem: Der Avisoft Recorder besteht in diesem Falle aus zwei Mikrofonen (Knowles FG-Electret Ultrasound-Mikrofon), die auf Gondelhöhe und unterhalb der unteren Rotorspitze platziert wurden, während der Detektor (Aufnahmeeinheit s.u.) im Fuß der WEA stand. Das obere Mikrophon (Mikrofonscheibe mit Signalgeber und Heizung) wurde im hinteren Teil der Gondel angebracht und zeigte senkrecht nach unten aus der Gondel. Verbunden wurden Mikrophon und Detektor durch ein Mikrophonkabel, welches durch den WEA-Turm nach unten geführt wird. Das mittige Mikrophon wurde am Mast etwa 10-15m unterhalb der unteren Rotorspitze (d.h. etwa 40 über Boden) angebracht. Dieses Mikrophon wird im Folgenden als „Mitte“ bezeichnet.

Zur Installation wurde ein spezielles Stabmikrofon von Avisoft Bioacoustics durch eine von ENERCON gebohrte Öffnung an einer Fuge geschoben. Das Mikrofon zeigt damit waagrecht nach außen.

Das Avisoft-Detektorsystem selbst besteht aus mehreren Komponenten: Ein Industrierechner (Intel-NUC) auf dem die Recorder-Software installiert ist und die Daten gespeichert werden, einem sog. *Hardware Dongle*, der die Steuerung des Mikrofons auf unterer Rotorspitze übernimmt sowie ein *Audio-Interface* (Roland Quad-Capture), der die eingehenden Mikrofonsignale für die Aufnahme durch den Computer amplifiziert. Zur Steuerung des Mikrofons auf Nabenhöhe ist zusätzlich ein sog. UltraSoundGate (116Hnbm) installiert. Mit diesem System sind Realzeitaufnahmen möglich, bei denen alle Frequenzen dargestellt werden. Dies bedeutet, dass trotz der lauten Schallemission die Rufe der Fledermäuse wiedergegeben werden. Zudem hat der Avisoft Recorder durch seine Software Möglichkeiten die Aufnahmen zu filtern (Einstellungen des Detektorsystems siehe Anhang!). Durch den Batcall-Filter sollte verhindert werden, dass die stetigen, rauschigen Geräusche der WEA eine Aufnahme auslösen. Nur gepulste Laute, wie sie Fledermäuse verwenden, sollten die Aufnahme triggern. Zudem wurde ein Frequenzfenster zwischen 15-60 kHz definiert, in dem ein gepulstes Ereignis aufgenommen wurde. Nur sehr wenige Arten haben Ultraschallaute, deren Hauptfrequenz außerhalb dieses Frequenzfensters liegen (nur die sehr seltenen Hufeisennasen). Das Filtersystem des Avisoft-Recorders funktionierte die ganze Untersuchungsperiode über zufrieden stellend.

Die Mikrofone wurden von R. Specht nach den Vorgaben von BRINKMANN et al. (2011) kalibriert. Ein Mikrofontausch erfolgte Anfang August 2019.

Artbestimmung

Die erfassten Arten wurden nach SKIBA (2003) und AHLÉN & BAAGØE (1999) bestimmt. Trotz der Realzeitaufnahmen, welche eine gute Artbestimmung zulassen, gibt es immer wieder Flugsituationen, in welchen Rufe nur bis zu einer Artengruppe bestimmt werden konnten. So steht die Artengruppe „*Nyctaloid*“ stellvertretend für Rufe der Arten Abendsegler, Kleinabendsegler, Breitflügel- und ggf. Zweifarbfledermaus, da alle diese Arten in bestimmten Flugsituationen, z.B. nah an Strukturen bzw. im engen Jagdflug, nicht oder nur schwer zu differenzieren sind.

2.2.2 Schlagopfersuche

Suche der Schlagopfer (2018 und 2019)

Die Schlagopfersuche erfolgte 31.5-30.6.2018 (WEA 1 und 3) und 15.8.2018-20.10.2018 (alle WEA) und von 23.4.-19.6.2019 und 3.8.-14.10.2019 (WEA 3 und 4) im dreitägigen Rhythmus nach dem beigefügten Plan (siehe Anhang). Die Suche wurde 2018 durch Dr. Sonja Schaper (98 Suchtage) und Gert Fischer (12 Suchtage) und 2019 durch Gert Fischer (88 Suchtage). Hierbei liefen die WEA ohne Abschaltungen. Die Suche richtete sich im Groben nach NIERMANN et al. (2011). Insgesamt wurden die Anlagen 2018 dabei 33mal (WEA 1 + 3) bzw. 22mal (WEA 2 + 4) abgesucht (Anhang II) und 2019 44mal abgesucht (Anhang II). Der Radius der Untersuchungsfläche betrug einen Umkreis von 50m um den Mastfuß (= Untersuchungsfläche). Abzusuchen waren jene Bereiche, in denen die Suche sinnvoll durchgeführt werden konnte (Suchbedingungen sehr gut, gut und eingeschränkt; s.u.).

Bei den Begehungen wurden die Flächenanteile der Absuchbarkeitsklassen an der jeweiligen Untersuchungsfläche ermittelt. Die Suchbedingungen wurden während der Geländearbeiten wie folgt unterteilt, wobei die abschließende Einstufung immer ein wenig dem subjektiven Eindruck des Bearbeiters vorbehalten bleiben musste:

1. **offen:** offene Flächen meist Schotterflächen und Wege, bewachsene Flächen, aber Boden sichtbar, lückiges Unkraut, sehr kurze dichtrasige Vegetation “scherrasengleich“
2. **überwachsen:** dichte, niedrige Grasfluren, gemähte Flächen mit Mahdgut, Ackerflächen mit niedriger Feldfrucht
3. **stark überwachsen:** höhere und dichte Vegetation, in der aber noch Zufallsfunde von z.B. aufliegenden Kadavern möglich erscheinen
4. **nicht absuchbar:** hohe Vegetation, hohe Getreidefelder, hohe Maisfelder, dichte Unkrautfluren

Die Suche an den Anlagen erfolgte immer ab früh morgens (ab kurz nach Sonnenaufgang) und nahm im Mittel ca. **45 Minuten pro Anlage** in Anspruch. Die Untersuchungsfläche wurde dabei in spiralförmigen oder parallelen Transekten abgegangen. Die Breite der Suchtransekte und die Suchgeschwindigkeit – und damit die Suchintensität insgesamt – blieb unter den einzelnen Suchbedingungen möglichst gleich. Die Schleifen oder Transekte wurden jedoch bei eingeschränkteren Suchbedingungen etwas enger gewählt, um die Sucheffizienz den Bedingungen anzupassen. Jede Begehung wurde einzeln dokumentiert. Bei jedem Termin wurde die Reihenfolge der abgesuchten Anlagen geändert.

Potentiell werden die bei der Suche gefundenen Tiere hinsichtlich Lage, Zustand, etc. einzeln erfasst. Hierbei wird dann die Lage des Kadavers (Entfernung zum Mastfuß), Art und ggf. Zustand der Tiere erfasst. Von allen Fledermäusen und den meisten Vögeln werden vor Ort (d. h. so wie sie gefunden wurden) digitale Bilder gemacht. Fledermäuse werden dann für weitere Untersuchungen mitgenommen.

In die Bewertung der Funde müssen Korrekturfaktoren einfließen, um die tatsächliche Anzahl der verunfallten Tiere einschätzen zu können. Diese Korrekturfaktoren beruhen auf drei wesentlichen Parametern, die die Effizienz der Suche beeinflussen:

- Die Struktur der Untersuchungsflächen, denn nicht alle Strukturen sind gleichmäßig gut absuchbar bzw. (temporär) nicht absuchbar
- Die Sucheffizienz der Bearbeiter in den einzelnen Struktureinheiten
- Die Abtragsrate durch Tiere, Verwesungsprozesse und abiotische Faktoren (wie Einschleppen nach Regenfällen)

Diese Parameter mussten zunächst ermittelt werden, um dann als Korrekturfaktoren in ein Eingabetool der Universität Hannover im Internet zur Bestimmung des Schätzwertes der Anzahl der verunfallten Fledermäuse eingesetzt zu werden (s.u.).

Nutzung und Absuchbarkeit an den jeweils zu untersuchenden WEA

Die Nutzung der abgesuchten Flächen um die WEA war neben den Stellflächen vorwiegend Grünland. Die Pflege der Flächen wurde von einem Landschaftsgärtner (Enno Darmstädter) durchgeführt (am Tag der Suche, nachdem die Suche beendet war), dem an dieser Stelle für die vorbildliche Pflege der Flächen herzlich gedankt werden soll.

Die Absuchbarkeit der Flächen variierte von Termin zu Termin durch immer wieder nachwachsende Vegetation und Rückschnitt durch die Bewirtschafter, um eine durchgängige Absuchbarkeit zu gewährleisten. Die in Tabelle 2b dargestellten Zahlen sind Mittelwerte aus den wechselnden Absuchbarkeiten. Die Kategorien „offen“ und „überwachsen“ wurden als gut absuchbar gewertet, die Kategorie „stark überwachsen“ als mäßig gut absuchbar.

Tab. 2a: Flächenanteile der Nutzung der untersuchten Flächen um die Anlagen (in Anteilen v.H.)

Nutzung	2018				2019	
	WEA 1	WEA 2	WEA 3	WEA 4	WEA 3	WEA 4
Grünland	0	0	16,0	0	75,0	80,0
Acker	74,0	87,0	62,0	87,0	0	0
Wege/Stellflächen	8,0	11,0	13,0	13,0	20,0	20,0
Unkraut, Gräben, Sandhügel, Pflützen	18,0	2,0	9,0	0	5,0	0

Tab. 2b: Flächenanteile der Absuchbarkeit der untersuchten Flächen um die Anlagen (in Anteilen v.H.)

Absuchbarkeit	2018				2019	
	WEA 1	WEA 2	WEA 3	WEA 4	WEA 3	WEA 4
offen	8,5	10,0	12,3	12,3	20,0	20,0
überwachsen	63,5	51,8	43,1	52,0	70,9	75,6
stark überwachsen	19,9	31,1	34,7	30,7	4,1	4,4
nicht absuchbar	8,1	7,1	9,9	5,0	5,0	0

Ermittlung der Sucheffizienz

Die Ermittlung der Sucheffizienz ist von zentraler Bedeutung, da nur auf diese Weise festgestellt werden kann, wie hoch der Prozentsatz der durch die Suchenden gefundenen bzw. übersehenen Tiere ist.

Am 29.9.2018 (Frau Schaper) und am 15.9.2018 (Herr Fischer), wurde die Sucheffizienz mit 20 Fledermausdummies (Attrappen) festgestellt. Bei Frau Schaper flog eine der Attrappen fort, so dass sie nur mit 19 Attrappen getestet wurde. Im Jahr 2019 wurde 15.9.2019 (Herr Fischer) die Sucheffizienz mit 20 Fledermausdummies (Attrappen) festgestellt.

Bei den Attrappen handelt sich hierbei um fledermausgroße Kunstfellknäule, die auch in Form und Farbe Fledermäusen nachgestellt waren.

Die Attrappen wurden von einer zweiten Person in den zu untersuchenden Flächen ausgelegt. Der Anteil der gefundenen Tiere je Sichtbarkeitsklasse gut bzw. mäßig absuchbar wurde ermittelt. Diese Versuche wurden i.d.R. neben der turnusmäßigen Suche durchgeführt.

Ermittlung der Abtragsrate

Neben der Sucheffizienz spielt die Abtragsrate eine wichtige Rolle bei der Hochrechnung der tatsächlichen Schlagopferzahlen (z.B. NIERMANN et al. 2011). Zur Bestimmung der Abtragsrate durch Prädatoren, Aasfresser oder abiotische Faktoren wurden tote Labormäuse liegen gelassen. Bei den Labormäusen handelt sich um so genannte „Futtermäuse“, die von Reptilienbesitzern gekauft und verfüttert werden. Die von uns verwendeten Tiere waren dunkelbraun bzw. schwarz und ähnelten somit den Fledermäusen optisch (hinsichtlich der Größe und Färbung) eher als andere denkbare Objekte. Zur Ermittlung der Abtragsrate wurden 20 bzw. 5 Labormäuse verwendet. Die gefrorenen, vor der Verwendung aufgetauten Kadaver wurden in den unterschiedlichen Vegetationsflächen an an WEA 1 bzw. WEA 3 (2019 nur an WEA 3) ausgelegt und eingemessen. Bei Kontrollen an den nachfolgenden drei Tagen wurde notiert, wann die Tiere abgetragen wurden. Anschließend

wurde über 9 Tage an den regulären Suchterminen kontrolliert, wie viele und welche der ausgelegten Tiere verschwunden waren. Die Tiere wurden am 1.9.2018 bzw. 27.8.2019 ausgelegt.

Berechnung des Schätzwertes zur Anzahl geschlagener Fledermäuse im Windpark

Vorabmerkung: Die Berechnung eines Schätzwertes beruht auf statistischer Wahrscheinlichkeitsrechnung. Dies bedeutet, dass der berechnete Wert nicht eine absolut zunehmende Zahl ergibt. Vielmehr soll der berechnete Wert eine Abschätzung der Größenordnung vermitteln, in der sich die tatsächliche Zahl an Schlagopfern bewegen kann.

Zur Bestimmung der potenziellen Anzahl verunfallter Tiere nutzen wir *normalerweise* ein internetbasiertes Eingab- und Berechnungstool der Universität Hannover verwendet, welches im Rahmen eines BMU-Projektes (BRINKMANN et al. 2011) entwickelt wurde.¹ Die Verwendung dieses Tools hat den Vorteil, dass es die Parameter detaillierter berücksichtigt und auf verfeinerte statistische Methoden zurückgreift (KORNER-NIEVERGELT et al. 2011). So wird die Absuchbarkeit in Ringen in 10m Abstand um die Anlage im Feld aufgenommen und im Tool berechnet (sog. Äquidistanzringe). Dies resultiert aus der Annahme, dass verunfallte Tiere nicht gleichverteilt unter der Anlage zu finden sind, sondern gehäuft in einem Abstand von ca. 40m (je nach Schwere der Tiere bzw. Windgeschwindigkeit bei Schlagereignis, NIERMANN et al 2011) um die Anlage liegen. Außerdem wird auch ein Ergebnis für Anlagen berechnet, die keine toten Tiere verzeichneten. Zudem ergibt das Ergebnis sogenannte Konfidenzintervalle, die eine gewisse Sicherheit bieten, in welchem Rahmen sich die Werte bewegen. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, dass man die Rechenschritte aufgrund der Kompliziertheit der zugrundeliegenden Formel nicht ohne vertiefte Statistikenkenntnisse nachvollziehen kann (vgl. KORNER-NIEVERGELT et al. 2011).

Dieses Tool ist allerdings seit Anfang des Jahres 2017 in Bearbeitung und bis heute nicht mehr funktionsfähig. Deswegen muss hier die einfache Hochrechnung erfolgen. Erfahrungsgemäß weichen die Werte aber nicht nennenswert voneinander ab.

Um den Schätzwert der Anzahl geschlagener Fledermäuse mit der einfachen Hochrechnung ermitteln zu können, müssen die oben genannten Parameter in einer Formel ausgedrückt werden, mit deren Hilfe sich dieser Wert berechnen lässt. Es wurde folgende Formel verwendet (BRINKMANN et al. 2006):

$$\mathbf{H = T \times S \times A \times F}$$

H = Hochrechnung /Schätzwert der Kollisionsopfer

T = Totfunde

S = Sucheffizienz (dieser Term setzt sich aus zwei Faktoren zusammen: a) der ermittelten prozentualen "Wiederfundrate" der Bearbeiter je Struktur, wobei die Prozentzahl der nicht gefundenen Tiere genommen wird (ausgedrückt als Faktor) und b) aus einem Flächenbezug, der sich aus dem Faktor des dazugehörigen Anteils der Fläche ergibt)

A = Abtragsrate (Faktor ergibt sich aus der gemittelten Abtragsrate über das Untersuchungsintervall, hier 3 Tage)

F = In den Flächenfaktor geht die Fläche ein, die man nicht absuchen konnte (also Multiplikation um den Anteil der nicht absuchbaren Flächen als Faktor ausgedrückt)

Die Faktoren werden jeweils aus 1 plus die Prozentzahl in Hundertstel gebildet (da es sich um eine Erhöhung handelt).

2.2.3 Wetterdaten

Die Wetterdaten (Temperatur und Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe) wurden direkt am Ort erhoben und stammen direkt aus den untersuchten WEA. Die Daten wurden uns freundlicherweise von ENERCON bzw. von Herrn Onno Poppinga (Windpark Georgshof) zur Verfügung gestellt und von Herrn Karsten Einnolf (energy analysis, Aurich) aufgearbeitet. Die Daten für die Saison 2019 wurden uns am 13.2.2020 zugeschickt

Die festgestellten Fledermausaktivitäten werden nachfolgend mit den hier gesammelten Wetterdaten (Windgeschwindigkeit und Temperatur) in Beziehung gesetzt.

¹ <http://www.kollisionsopfersuche.uni-hannover.de>

3. ERGEBNISSE

Aus Gründen der besseren Übersicht über die Aktivitätsunterschiede zwischen den Jahren werden im Folgenden die Ergebnisse aus allen drei Jahren dargestellt. Diese beziehen sich allerdings nur auf, für die ausstehenden Schlussfolgerungen wichtigen, Aktivitätsdaten und Ergebnisse der Schlagopferuntersuchungen. Im Kapitel 3.5. werden nur solche Wetterdaten ausgewertet und dargestellt, welche für die Erarbeitung der potentiellen Abschaltungen sinnvoll und notwendig sind. Für die Übersicht der Gesamtaktivität im Windpark wird zu Beginn die WEA 2 noch berücksichtigt, im weiteren Verlauf (Saisonalität, Wetterbedingungen) nicht mehr, da sie für die Erarbeitung möglicher Abschaltungen an der anderen WEA unwichtig ist.

3.1 Übersicht

Insgesamt konnten in allen Jahren sechs Fledermausarten plus die Artengruppe Langohr sicher nachgewiesen werden (vgl. Tab. 3). In einigen Fällen konnte akustisch nur ein „*Nyctaloid*“ bestimmt werden (Tab. 4a, b). Im Jahr 2019 wurden keine Langohren festgestellt.

Tab. 3: Im UG nachgewiesene Arten bzw. Artengruppe und ihr Gefährdungsstatus nach den Roten Listen Niedersachsens (NLWKN in Vorb.) und Deutschlands (MEINIG et al. 2009)

Art	Nachweisstatus	Rote Liste Nds.	Rote Liste Deutschland
Abendsegler (<i>Nyctalus noctula</i>)	Avisoft	3	V
Kleinabendsegler (<i>Nyctalus leisleri</i>)	Avisoft	G	D
Zweifarfledermaus (<i>Vespertilio murinus</i>)	Avisoft	D	D
Breitflügelfledermaus (<i>Eptesicus serotinus</i>)	Avisoft	2	G
Rauhautfledermaus (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	Avisoft	R	-
Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	Avisoft	-	-
Langohr (<i>Plecotus spec.</i>) ¹⁾	Avisoft	V/R	V/2

Legende: 2 = stark gefährdet 3 = gefährdet V = Arten der Vorwarnliste G = Gefährdung anzunehmen, Status aber unbekannt R = Art mit eingeschränktem Verbreitungsgebiet D = Daten defizitär

1) Die beiden Geschwisterarten *Plecotus auritus* / *austriacus* können aufgrund ähnlicher Rufcharakteristika im Freiland bisher nicht getrennt werden.

3.2 Gesamtaktivitätsdichte

Anders als z.B. bei avifaunistischen Untersuchungen sind die Beobachtungszahlen bei Bestandsaufnahmen von Fledermäusen nicht als absolute Häufigkeiten anzusehen. Die Daten des automatischen Monitorings werden als „Aktivitätsdichte“ angegeben. Um einen direkten Vergleich mit anderen Untersuchungen zu gewährleisten, in welchen ggf. andere Systeme zur Anwendung kommen, wird hier die Aktivität in 1-Minuten-Intervallen berechnet. Dies bedeutet, dass je 1-Minuten-Intervall nur jeweils eine Aktivität/Art zugeordnet wird, gleich wie viele Rufsequenzen in einer bestimmten Minute aufgezeichnet wurden. Sind auf einer Rufdatei deutlich 2 Tiere einer Art zu erkennen, entspricht dies zwei besetzten 1-Minuten-Intervallen bzw. 2 Aktivitäten!

Übersicht und Verteilung der Aktivität auf die einzelnen WEA

2017

Wie Tabellen 4a + b zeigen, konnten 2017 an vier untersuchten WEA insgesamt 503 besetzte Minuten-Intervalle von fünf Fledermausarten sicher nachgewiesen werden. Von dieser Kontaktzahl entfielen 440 (87,5%)

auf Aktivitäten auf Höhe der unteren Rotorspitze (Mitte). Die insgesamt dort häufigste Art war mit 63,9% der Abendsegler (281 besetzte Minuten-Intervalle), gefolgt von der Rauhautfledermaus (27,5%, 121 besetzte Minuten-Intervalle). Die dritthäufigste Art war die Breitflügel-fledermaus (32 besetzte Minuten-Intervalle oder 7,3%). Von der Gruppe Nyctaloid sind 3 besetzte Minuten-Intervalle ermittelt worden, von der Zwergfledermaus 2 besetzte Minuten-Intervalle, vom Langohr nur 1 besetztes Minuten-Intervall. In der Gruppe Nyctaloid sind nicht näher bestimmbare Tiere folgender Arten enthalten: Abendsegler, Kleinabendsegler, Breitflügel-fledermaus, Zweifarbfledermaus.

Tab. 4a: Verteilung der Aktivitäten erfasst mit Avisoft (Anzahl besetzter Minuten) auf die einzelnen WEA-Standorte 2017, 2018 und 2019 (WEA 1-4 Nabenhöhe)

	2017				2018				2019				Gesamt Nabenhöhe		
	WEA 1 Nabenhöhe	WEA 2 Nabenhöhe	WEA 3 Nabenhöhe	WEA 4 Nabenhöhe	WEA 1 Nabenhöhe	WEA 2 Nabenhöhe	WEA 3 Nabenhöhe	WEA 4 Nabenhöhe	WEA 1 Nabenhöhe	WEA 2 Nabenhöhe	WEA 3 Nabenhöhe	WEA 4 Nabenhöhe	Σ 2017	Σ 2018	Σ 2019
Anzahl Kontakte	76	3	3	25	48	30	5	37	6	-	161	7	107	120	174
Abendsegler	27	2	1	10	20	14	1	16	3		72		40	51	75
Breitflügel-fledermaus	2	1											3		
Nyctaloid								1			12	2		1	14
Rauhaut-fledermaus	8		2	9	1	2	4	6	1		7	1	19	13	9
Zwerg-fledermaus															
Langohr															
Gesamt Besetzte Minuten-Intervalle	37	3	3	19	21	16	5	23	4	-	91	3	62	65	98

Tab. 4b: Verteilung der Aktivitäten erfasst mit Avisoft (Anzahl besetzter Minuten) auf die einzelnen WEA-Standorte 2017, 2018 und 2019 (WEA 1-4 Mitte)

	2017				2018				2019				Gesamt Mitte		
	WEA 1 Mitte	WEA 2 Mitte	WEA 3 Mitte	WEA 4 Mitte	WEA 1 Mitte	WEA 2 Mitte	WEA 3 Mitte	WEA 4 Mitte	WEA 1 Mitte	WEA 2 Mitte	WEA 3 Mitte	WEA 4 Mitte	Σ 2017	Σ 2018	Σ 2019
Anzahl Kontakte	296	75	357	103	456	65	115	253	2334	-	392	15612	831	889	18338
Abendsegler	72	21	147	41	158	52	69	75	419		141	465	281	354	1025
Kleinabend-segler											2	21			23
Zweifarb-fledermaus									87		2	368			457
Breitflügel-fledermaus	14		14	4	2				7		61	10	32	2	78
Nyctaloid			3		3		1	2	88		50	676	3	6	814
Rauhaut-fledermaus	58	12	38	13	77	4	16	18	64		21	118	121	115	203
Zwerg-fledermaus			2		1				1				2	1	1
Langohr	1						2						1	2	
Gesamt Besetzte Minuten-Intervalle	145	33	204	58	241	56	89	96	666	-	277	1931	440	482	2874

Die Aktivität auf Gondelhöhe lag bei 62 besetzten Minuten-Intervalle von drei nachgewiesenen Arten. Bei den Aktivitäten auf Gondelhöhe insgesamt dominierten eindeutig die Abendsegler (40 besetzte Minuten-Intervalle oder 64,5%), gefolgt von der Rauhautfledermaus mit 19 besetzten Minuten-Intervallen (30,7%). Daneben trat dreimal die Breitflügelfledermaus auf. Insgesamt zeigt sich, dass die Aktivität auf Gondelhöhe nur etwa 1/7 der Aktivität auf Höhe der unteren Rotorspitze ausmacht (Tab. 4a, b, Abb. 3).

2018

Die Daten in den Tabellen 4a + b zeigen, dass die Saison 2018 eine etwas andere Aktivität mit sich brachte. Sowohl auf Nabenhöhe, als auch auf Höhe der unteren Rotorspitze (Mitte) nahm die Aktivität leicht zu. Dies gilt aber nicht generell für alle WEA (siehe auch Abbildung 3). Es zeigt sich, dass der Abendsegler im Jahr 2018 deutlich öfter präsent war, während die Rauhautfledermaus seltener auftrat. Auch die Breitflügelfledermaus trat zumindest auf Höhe der unteren Rotorspitze deutlich seltener auf. Damit macht der Abendsegler weiterhin den höchsten Anteil an der Aktivität aus (74 %), gefolgt von der Rauhautfledermaus (23,4%). Die Aktivität auf Nabenhöhe machte 2018 etwa 11% der Aktivität auf Höhe der unteren Rotorspitze aus.

2019

Das Untersuchungsjahr 2019 sah wiederum ganz anders aus als die beiden Vorjahre. Dies betrifft sowohl die Aktivität insgesamt, deren Verteilung auf Nabenhöhe und untere Rotorspitze als auch die saisonale Verteilung (siehe Abb. 6a-c). Betrachtet man zuerst nur die Gesamtaktivität auf Nabenhöhe, zeigt sich, dass diese seit 2017 stetig zugenommen hat (wobei 2019 sogar eine WEA weniger untersucht wurde). Im Detail betrachtet zeigt sich aber, dass die Aktivität im Jahr 2019 eigentlich nur auf die WEA 3 zurückgeht. Gerade WEA 3 zeigte in den beiden letzten Jahren aber die geringste Aktivität. Die beiden WEA 1 und 4, welche in der Vergangenheit die höchsten Aktivitäten aufwiesen, zeigen 2019 nahezu keine Aktivitäten an. Während sich die starken Unterschiede zwischen den WEA aus dem Jahr 2017 im Folgejahr 2018 annäherten, treten sie 2019 erneut auf, allerdings in geänderter WEA-Zusammensetzung. Auf Höhe der unteren Rotorspitze (Mitte) setzt sich diese Tendenz fort! Auch hier ändern sich die jeweiligen Aktivitäten von Jahr zu Jahr an den WEA. WEA 4, in den Vorjahren im Mittelfeld, zeigte 2019 die mit Abstand höchste Aktivität (siehe aber Kapitel 3.3!). An beiden anderen WEA nimmt die Aktivität zwar zu, aber sie fügen sich in die Verteilung der Vorjahre einigermaßen ein. Die jeweilige Verteilung der Aktivitäten an den WEA zwischen den Jahren zeigt sich auch anschaulich in Abbildung 3. Wie in den Vorjahren traten auf Nabenhöhe vor allem Abendsegler, gefolgt von der Rauhautfledermaus auf. Auf Höhe der unteren Rotorspitze wurden 2019 erstmalig Zweifarbfledermäuse und der Kleinabendsegler aufgenommen und erstere Art sogar in hoher Zahl. Während sich die Aktivität der Rauhautfledermaus verdoppelt hat gegenüber den beiden Vorjahren, hat sich jene der Nyctaloiden (beide Abendsegler, Zweifarb- und Breitflügelfledermaus, Gruppe Nyctaloid) etwa um den Faktor 7,6 vervielfacht.

Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Aktivitäten aller WEA in den drei Untersuchungsjahren. Dabei wird deutlich, dass die Aktivität auf Nabenhöhe nicht mit jener auf Höhe der unteren Rotorspitze korreliert. So nimmt die Aktivität an WEA1 auf Nabenhöhe stetig ab, auf Höhe der unteren Rotorspitze dagegen stetig zu. An WEA 4 nimmt die Aktivität auf Nabenhöhe und in der Mitte in den ersten beiden Jahren in vergleichbarer Weise zu,

im dritten Jahr aber zeigt sich eine entgegenschläufige Tendenz: Abnahme auf Nabenhöhe, Zunahme auf Höhe der unteren Rotorspitze. Auch an WEA 3 entwickelt sich die Aktivität unterschiedlich.

Insgesamt variiert die Aktivität auf Nabenhöhe ähnlich stark wie jene auf Höhe der unteren Rotorspitze. Auch ist kein genereller Zusammenhang zwischen der Aktivität auf Nabenhöhe und jener auf Höhe der unteren Rotorspitze erkennbar.

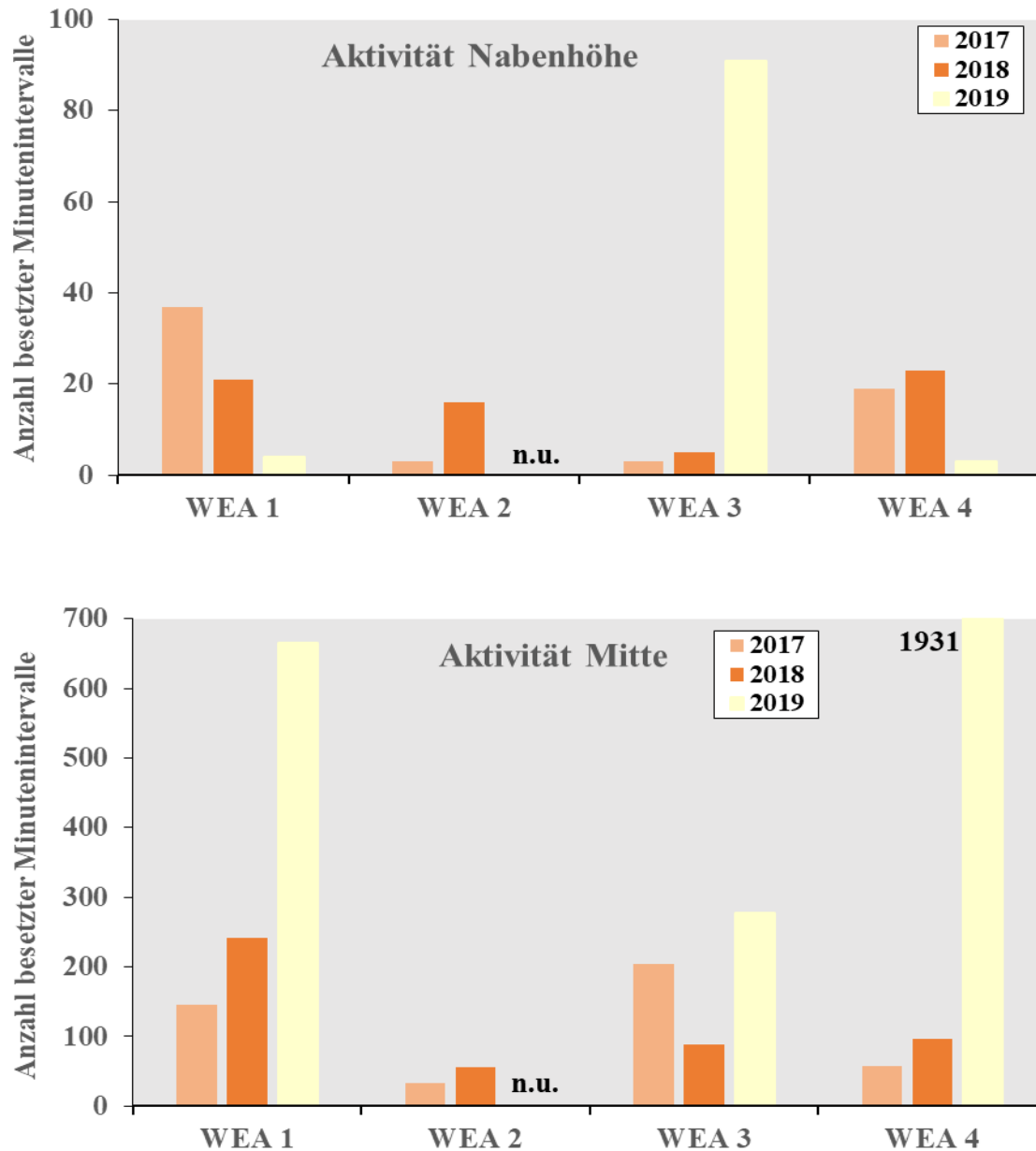


Abb. 3: Vergleich der Aktivität Mitte und der Aktivität auf Nabenhöhe aller Arten an den vier WEA im Jahr 2017, 2018 und 2019. Man beachte die unterschiedliche Skalierung.

3.3 Saisonale Verteilung der Gesamtaktivität

Im Folgenden werden die Ergebnisse von WEA 2 nicht dargestellt, da sie für die Erarbeitung möglicher Abschaltungen der anderen WEA nicht wichtig sind.

2017

Wie Abbildung 4a-c zeigen, verteilen sich die insgesamt wenigen Aktivitäten auf Nabenhöhe sehr unterschiedlich über die drei WEA. Während WEA 3 nur drei Aktivitäten verzeichnet, die sich über die gesamte Saison verteilen, verteilen sich die ebenfalls wenigen Aktivitäten an WEA 4 vor allem zur Frühjahrszugzeit Anfang bis Mitte Mai und auf Mitte September. An WEA 1 verteilen sich die Aktivitäten auf Nabenhöhe von Mitte Mai bis Mitte September mit einem unüblichen Schwerpunkt im Juni.

Auch auf Höhe der unteren Rotorspitze verteilen sich die Aktivitäten sehr unterschiedlich, allerdings anders als auf Nabenhöhe (Abb. 5a-c, Abb. 6a+b). So verteilt sich die Aktivität an WEA 1 vor allem auf die Zeit vor Juli (ohne Abschaltungen, 93 von 145 Aktivitäten) und auf den mit Abschaltungen versehenen September, von denen dazu noch ein großer Teil nach 24:00 Uhr lag (v.a. Rauhaufledermäuse). Ähnlich sieht die Situation an WEA 4 aus, vor allem im Frühjahr. Hier liegen 50 der 58 Aktivitäten außerhalb des vorsorglichen Abschaltungszeitraumes. Dagegen liegen die meisten Aktivitäten an WEA 2 innerhalb der Abschaltzeiten. An WEA 3 liegen 122 von 204 Aktivitäten (60%) innerhalb der Abschaltzeiträume. Auch die Verteilung der Arten ist an den einzelnen WEA sehr unterschiedlich. Generell überwiegt der Anteil an Abendseglern an allen WEA. Aber während an WEA 1 und 4 der Schwerpunkt der Abendsegleraktivitäten im Frühjahr zu finden ist, verteilt er sich an WEA 3 nahezu über die gesamte Saison mit leichtem Schwerpunkt im Juli und August. Rauhaufledermäuse treten an WEA 3 und 4 vornehmlich im Mai und September (WEA 3 auch August) auf. An WEA 1 treten sie im Frühjahr gleichverteilt bis Mitte Juni und konzentriert im Herbst im September auf.

2018

Im zweiten Untersuchungsjahr sieht die Aktivität sehr unterschiedlich aus. Während die Höhe der Aktivität unwesentlich zugenommen hat, unterscheidet sich die saisonale Verteilung sehr deutlich.

Auf Nabenhöhe zeigt sich, dass im Frühjahr 2018 bis Mitte Juni keine Aktivitäten auftreten (2017: 29 Aktivitäten). Dagegen nahm die Aktivität im Juli und August (WEA 1) zu. Ab Mitte September wurden auf Nabenhöhe, wie schon im Vorjahr, keine Fledermäuse mehr festgestellt.

Auch auf Höhe der unteren Rotorspitze verteilen sich die Aktivitäten anders als 2017. Auch hier ist, anders als im Jahr 2017, im Frühjahr bis etwa Mitte Mai nahezu keine Fledermausaktivität zu erkennen. Dagegen steigt die Aktivität ab Mitte Juni und im August an (WEA 1 + 4). Auffällig ist, dass der Herbstzug der Rauhaufledermaus, der 2017 stark konzentriert gegen Mitte/Ende September stattfand, in diesem Jahr deutlich weniger pointiert war, sondern sich über einen längeren Zeitraum (Mitte August-Mitte Oktober) zog.

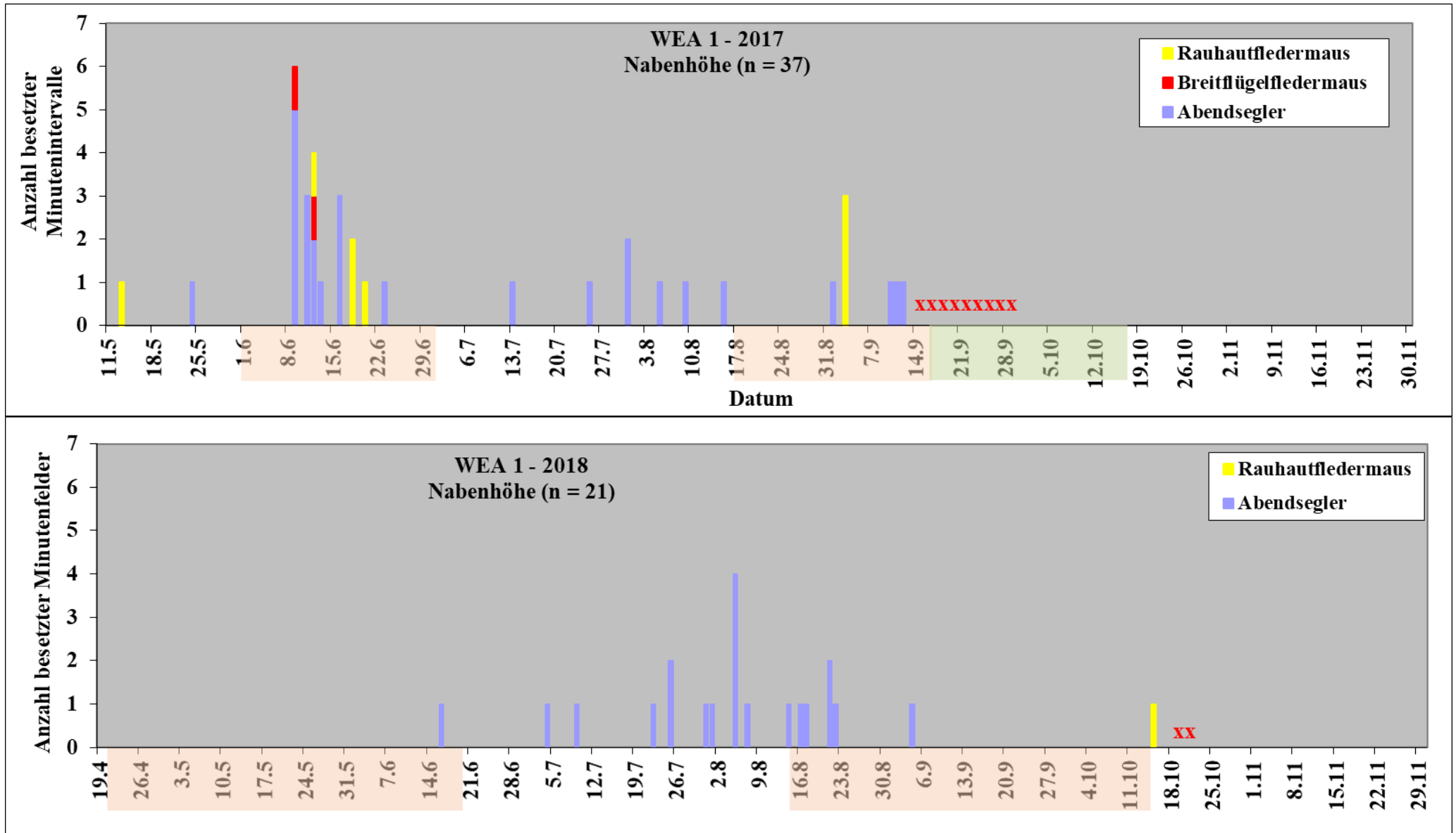


Abb. 4a: Jahreszeitliche Verteilung der Aktivität aller Arten an WEA 1 auf Nabenhöhe im Jahr 2017 + 2018. Man beachte die unterschiedliche Skalierung. (rote Markierung: Abschaltung von SU-SA, grüne Markierung: Abschaltung von SU bis Mitternacht, **XX** = technischer Ausfall)

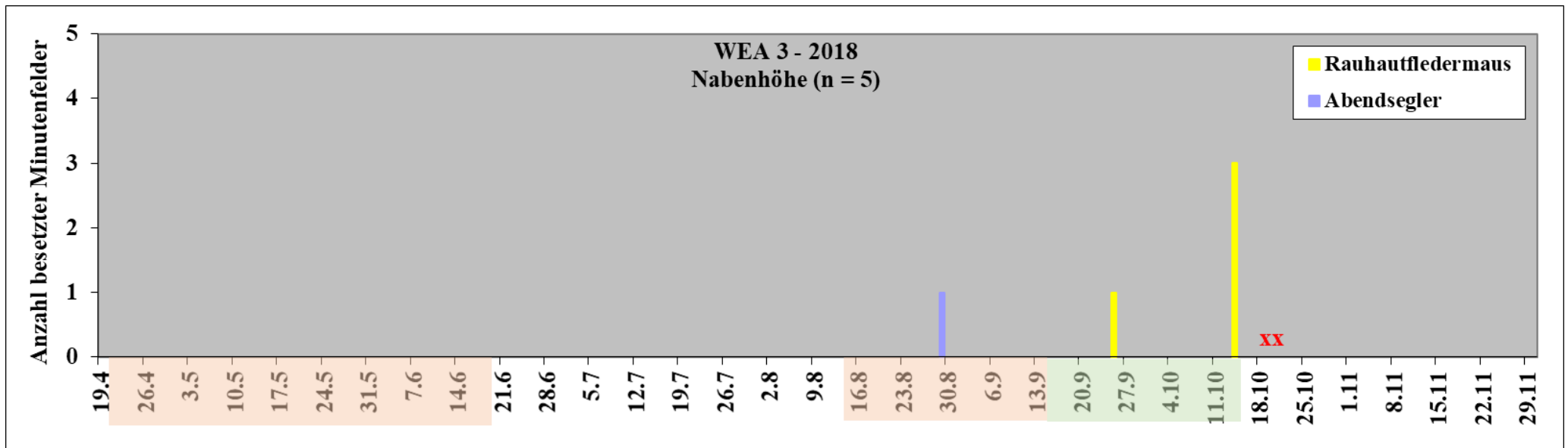
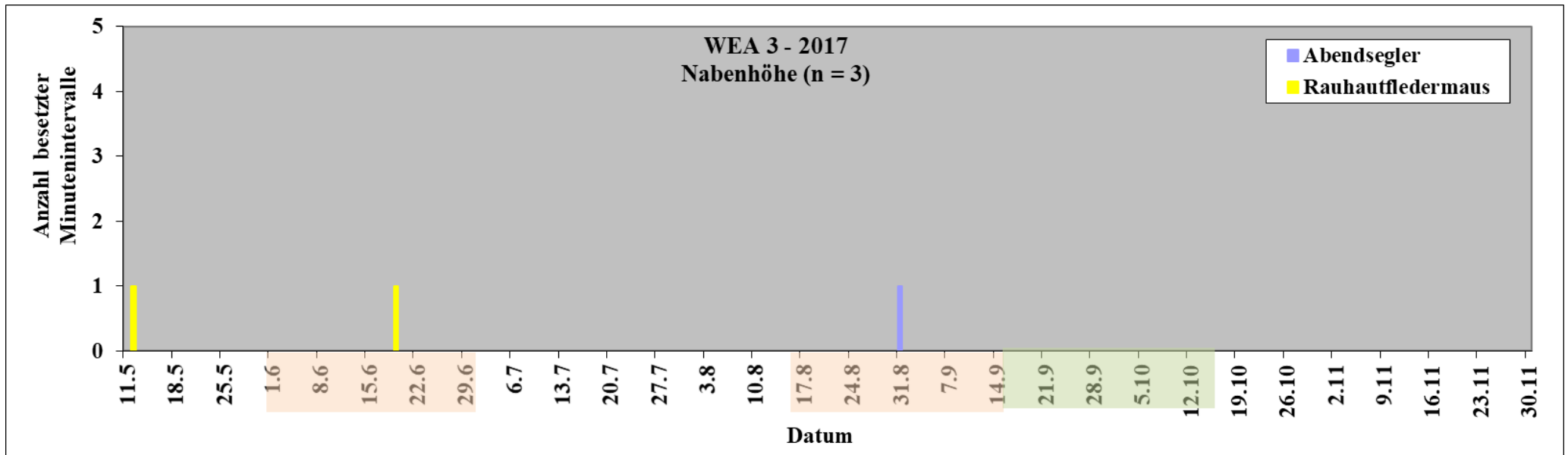


Abb. 4b: Jahreszeitliche Verteilung der Aktivität aller Arten an WEA 3 auf Nabenhöhe im Jahr 2017 + 2018. Man beachte die unterschiedliche Skalierung. (rote Markierung: Abschaltung von SU-SA, grüne Markierung: Abschaltung von SU bis Mitternacht, XX = technischer Ausfall)

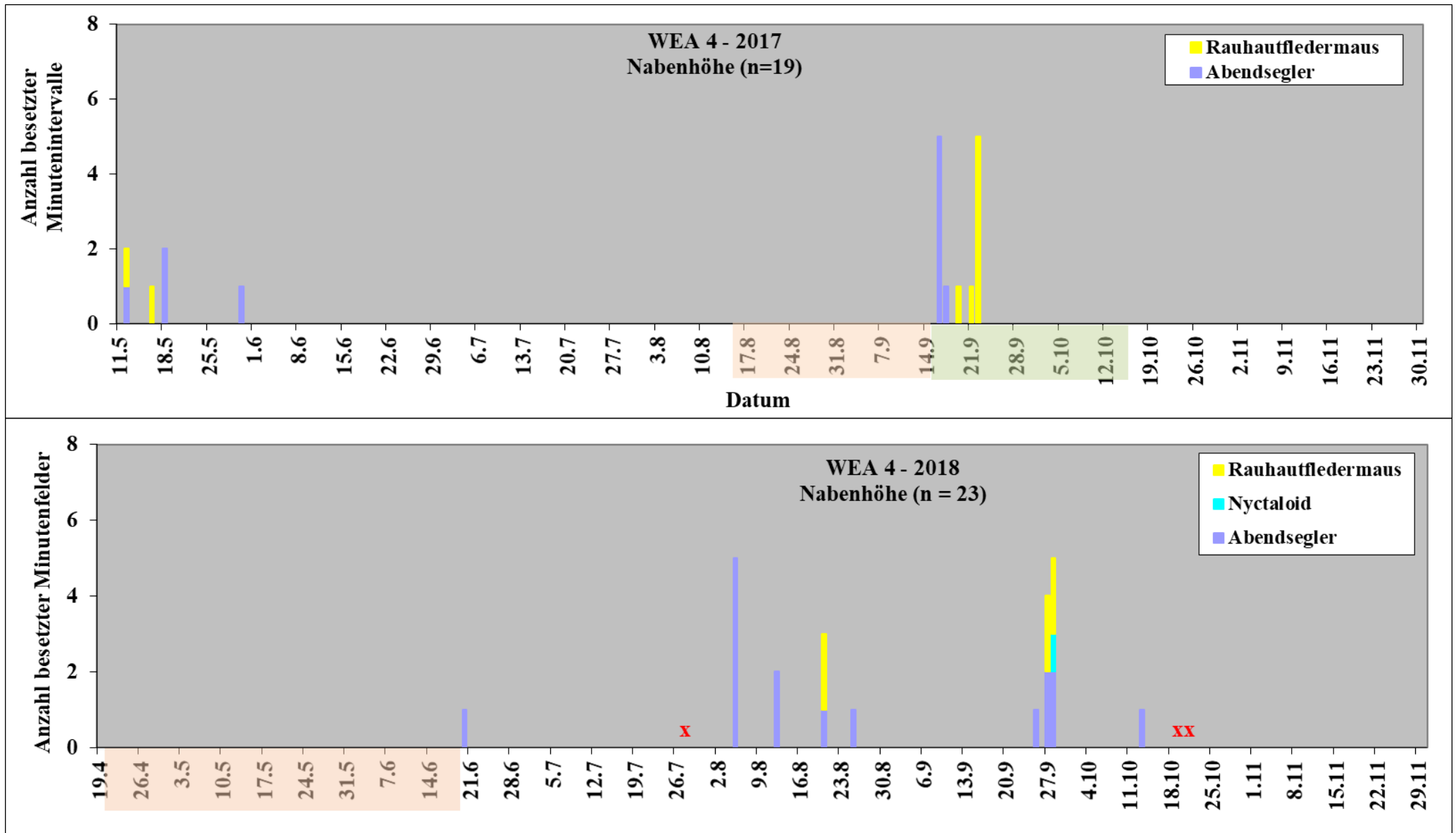


Abb. 4c: Jahreszeitliche Verteilung der Aktivität aller Arten an WEA 4 auf Nabenhöhe im Jahr 2017 + 2018. (rote Markierung: Abschaltung von SU-SA, grüne Markierung: Abschaltung von SU bis Mitternacht, **XX** = technischer Ausfall)

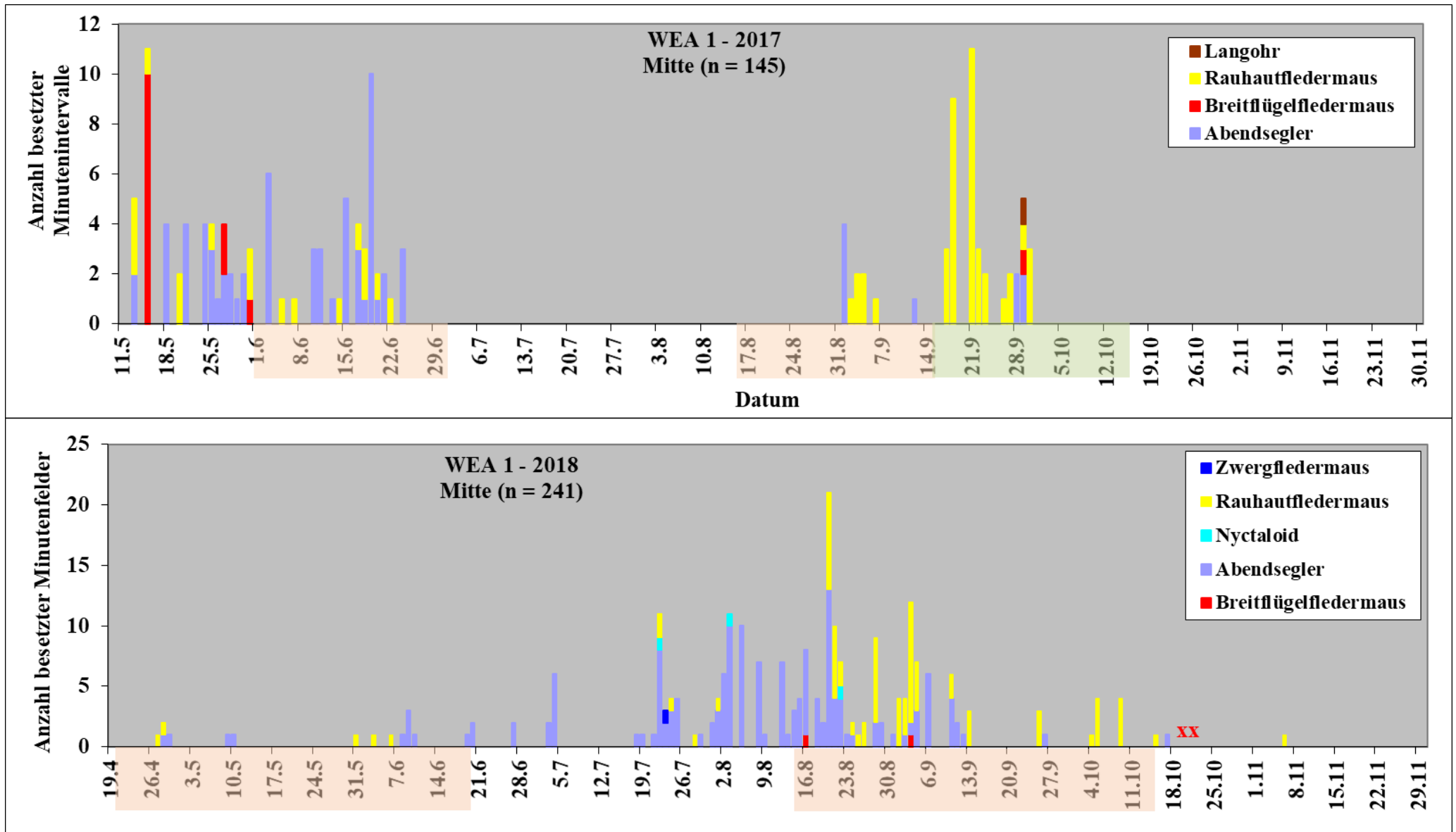


Abb. 5a: Jahreszeitliche Verteilung der Aktivität aller Arten an 1 auf Höhe der unteren Rotorspitze im Jahr 2017 + 2018. Man beachte die unterschiedliche Skalierung. (rote Markierung: Abschaltung von SU-SA, grüne Markierung: Abschaltung von SU bis Mitternacht, XX = technischer Ausfall)

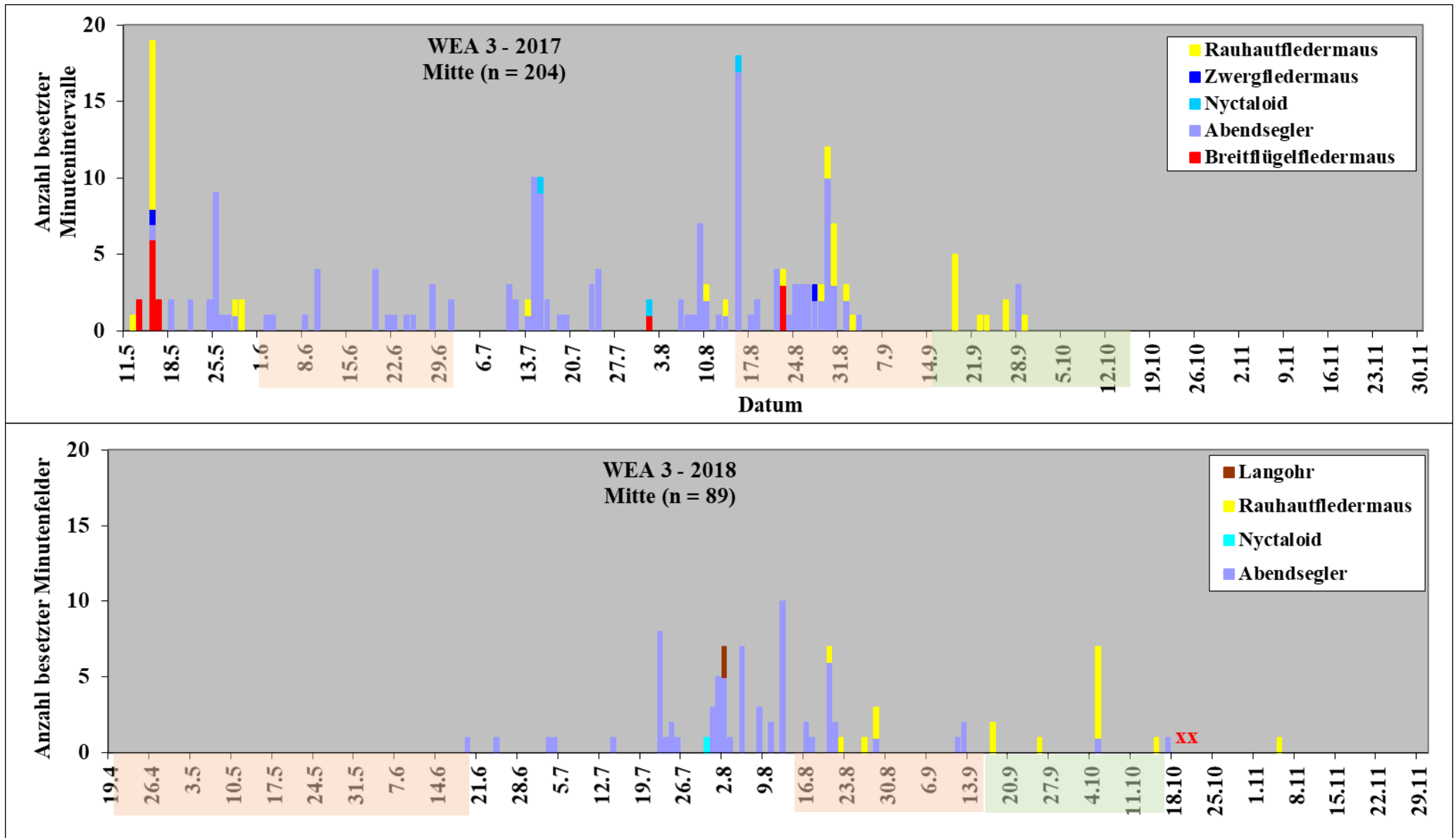


Abb. 5b: Jahreszeitliche Verteilung der Aktivität aller Arten an WEA 3 auf Höhe der unteren Rotorspitze im Jahr 2017 + 2018. Man beachte die unterschiedliche Skalierung. (rote Markierung: Abschaltung von SU-SA, grüne Markierung: Abschaltung von SU bis Mitternacht, **XX** = technischer Ausfall)

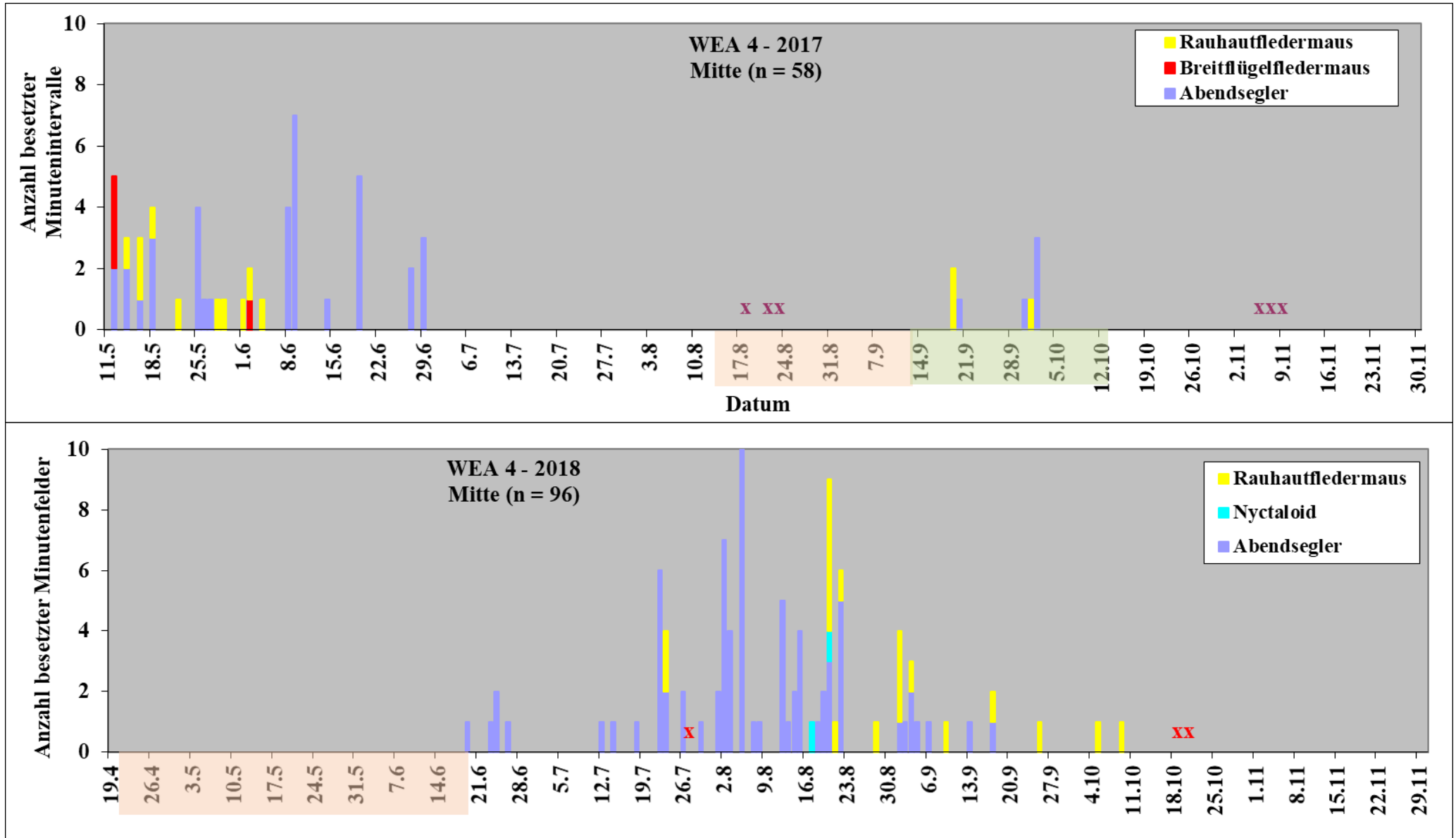


Abb. 5c: Jahreszeitliche Verteilung der Aktivität aller Arten an WEA 4 auf Höhe der unteren Rotorspitze im Jahr 2017 + 2018. Man beachte die unterschiedliche Skalierung. (rote Markierung: Abschaltung von SU-SA, grüne Markierung: Abschaltung von SU bis Mitternacht, **XX** = technischer Ausfall, **XX** = mögliche Maskierung von Rufen durch viele Störungen).

2019.

Im Folgenden werden in den Abbildungen 6a-c die Aktivitäten auf Nabenhöhe jenen auf Höhe der unteren Rotorspitze direkt gegenübergestellt. Die wenigen Aktivitäten an WEA 1 und 4 auf Nabenhöhe lassen sich nicht in einen saisonalen Zusammenhang stellen. An WEA 3 beschränkt sich die Aktivität ziemlich auf den Zeitraum 27.-31. August. Von vereinzelt Rauhautfledermausaktivitäten am 28.4. und 3.10. abgesehen, verteilen sich jeweils vereinzelte Aktivitäten des Abendseglers im Juni und Juli.

Diese konzentrierte Aktivitätsphase spiegelt sich auch an den WEA auf Höhe der unteren Rotorspitze wider. Gemeinsam ist allen WEA, dass sich die Hauptaktivitätsphasen jeweils zwischen dem 27. und 31. August befinden! In der übrigen Zeit unterscheiden sich die einzelnen WEA jedoch zum Teil stark. An WEA 1 verteilen sich Abendsegler über den Zeitraum Juli und August, während Rauhautfledermäuse einen kleinen weiteren Schwerpunkt Mitte bis Ende September aufweisen. An WEA 3 zeigt sich ein ähnliches Muster auf unteren Rotorspitze wie auf Nabenhöhe: Abendsegler verteilen sich neben der Hauptaktivitätsphase vor allem auf die Monate Juni und Juli. Die relativ wenigen Rauhautfledermäuse verteilen sich dagegen stärker auf Mitte September und Mitte Oktober. Eine vergleichbare Verteilung der Rauhautfledermaus findet sich an WEA 4 (Mitte September bis Mitte Oktober). Im Gegensatz zu den übrigen WEA treten an WEA 4 (86% der Aktivität in 4 Nächten Ende August) ab Mitte Juli jede Nacht regelmäßig wenige Aktivitäten diverser Arten auf.

Gegenüberstellung der drei Untersuchungsjahre

Es hat sich gezeigt, dass die Untersuchungsjahre sich sowohl von den Witterungsbedingungen, als auch von der Verteilung der Fledermausaktivität deutlich unterscheiden. Zeiten, die 2017 so intensiv von Fledermäusen genutzt wurden, dass für das Folgejahr Abschaltzeiten eingerichtet wurden (Frühjahr bis Mitte Juni), wurden 2018 nahezu nicht mehr genutzt. Dagegen hat die sommerliche Aktivität zugenommen. Relativ gut abgedeckt war die Zugzeit der Rauhautfledermaus im Spätsommer/Herbst. Eine Ausnahme hierzu bildet allerdings WEA 4, wo die vorsorglichen Abschaltzeiten im Spätsommer/Herbst nach dem ersten Untersuchungsjahr aufgehoben wurden, im zweiten Untersuchungsjahr aber die Aktivität vor allem im August und der Zug der Rauhautfledermaus im September deutlich auftrat, so dass hier die WEA im Abschaltmodus hätten laufen sollen. Für 2019 ist das Spezifikum ganz klar die Beschränkung der Hauptaktivität auf 4-5 Nächte Ende August.

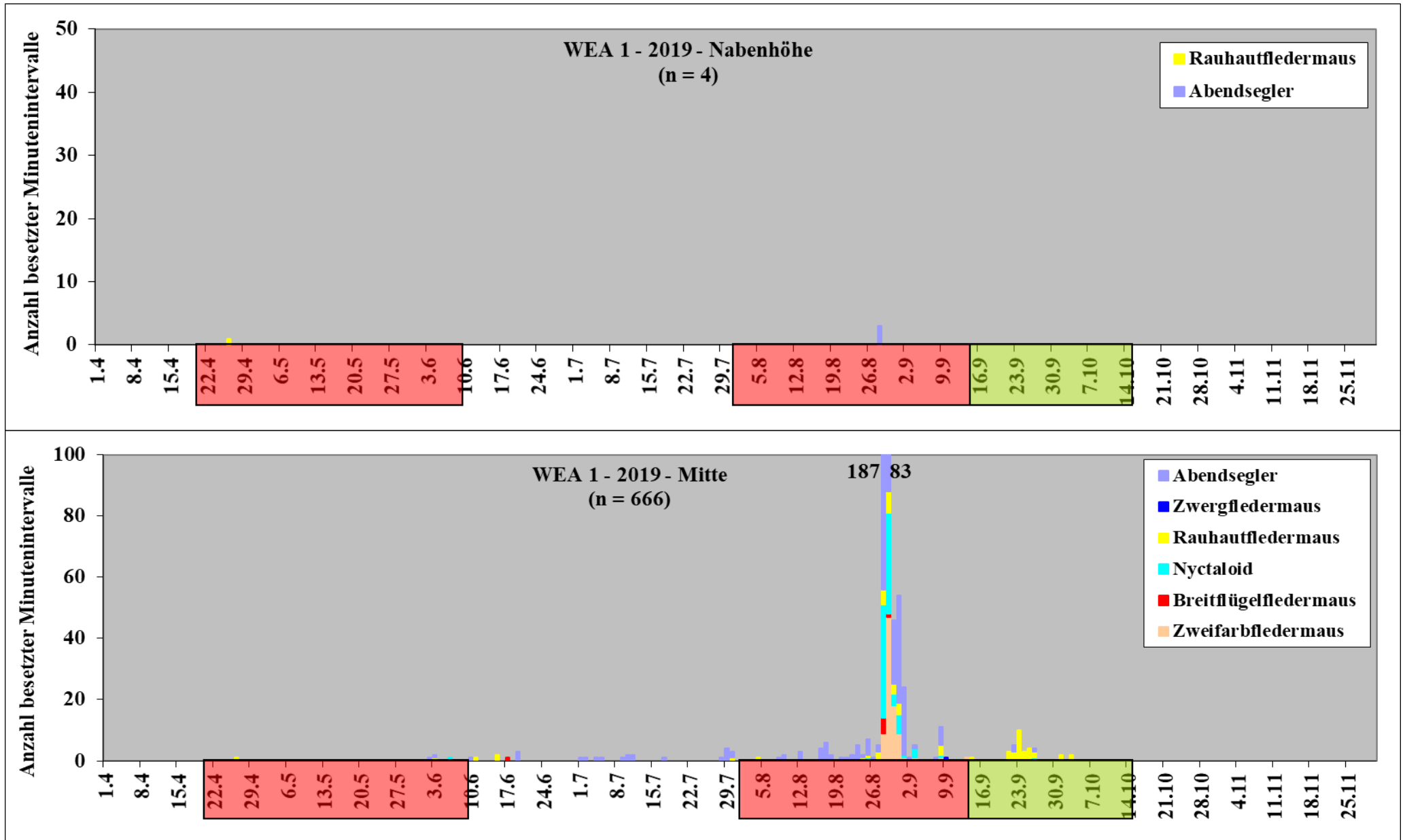


Abb. 6a: Jahreszeitliche Verteilung der Aktivität aller Arten an WEA 1 auf Höhe der unteren Rotorspitze im Jahr 2019. Man beachte die unterschiedliche Skalierung. (rote Markierung: Abschaltung von SU-SA, grüne Markierung: Abschaltung von SU bis Mitternacht)

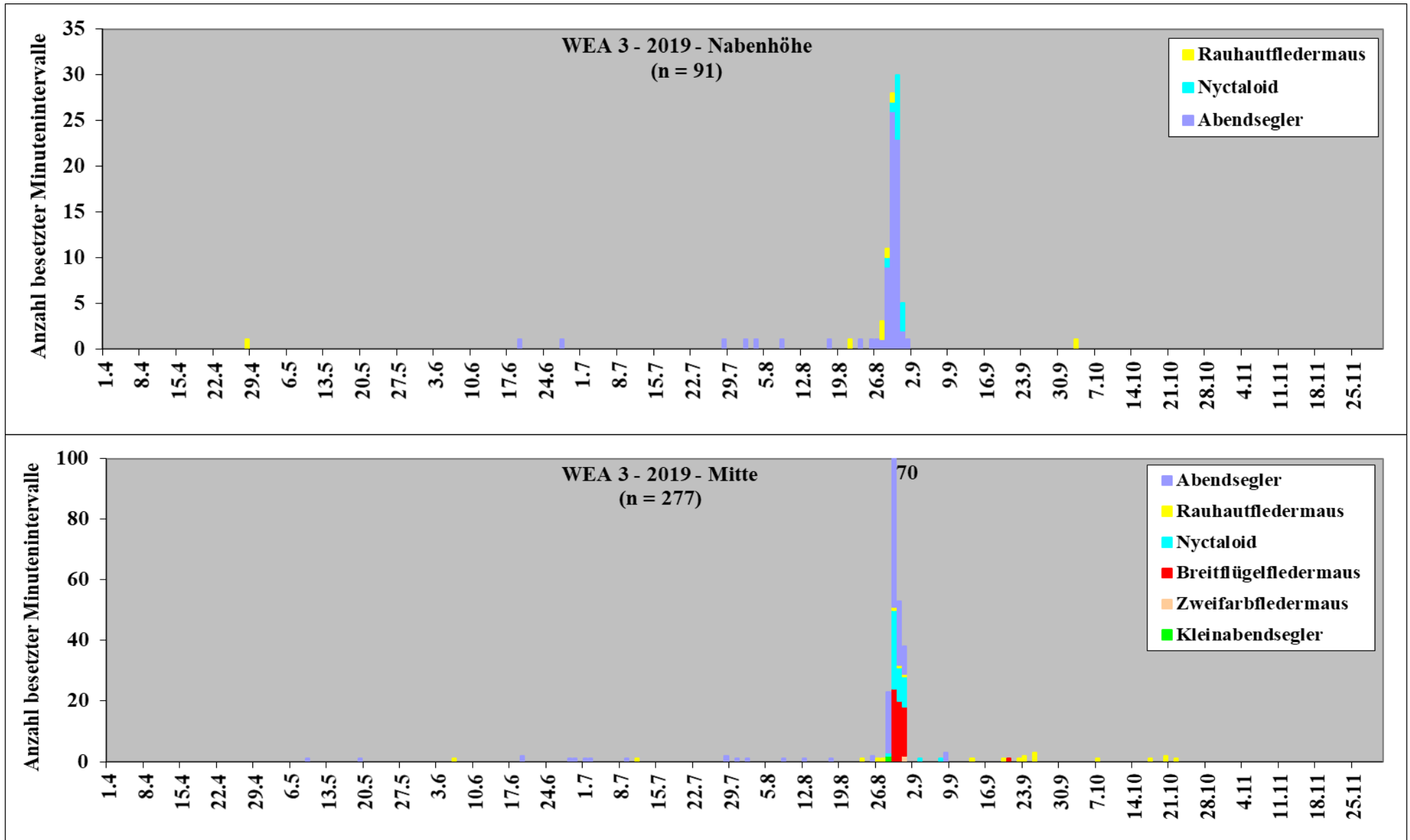


Abb. 6b): Jahreszeitliche Verteilung der Aktivität aller Arten an WEA 3 auf Höhe der unteren Rotorspitze im Jahr 2019. Man beachte die unterschiedliche Skalierung.

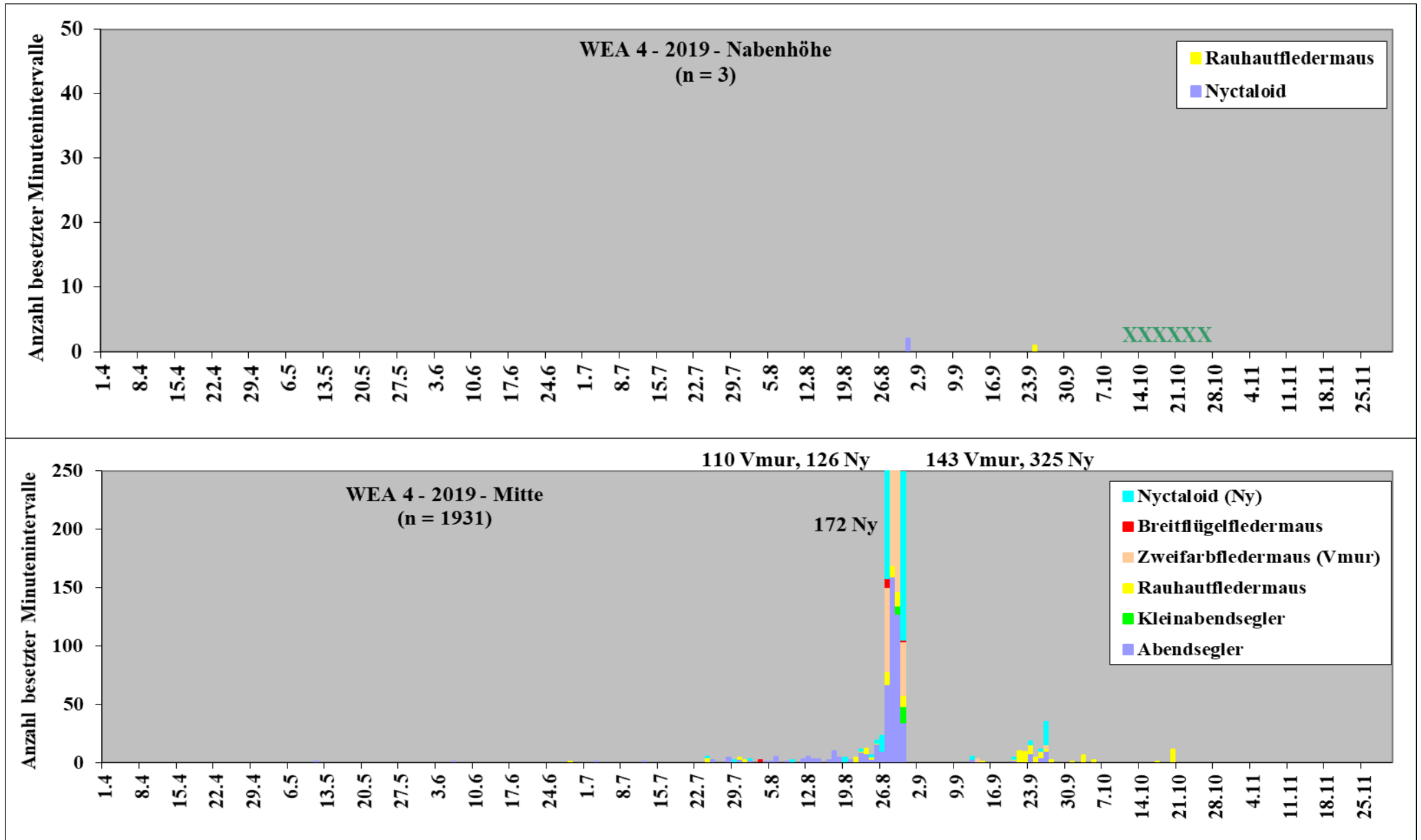


Abb. 6c: Jahreszeitliche Verteilung der Aktivität aller Arten an WEA 4 auf Höhe der unteren Rotorspitze im Jahr 2019. Man beachte die unterschiedliche Skalierung (XXXX: mögliche Maskierung von Rufen durch viele Störungen)

3.4 Aktivitätsverteilung der Arten über die Nacht

Nachfolgend werden die Aktivitäten aller drei untersuchten WEA zusammengefasst betrachtet.

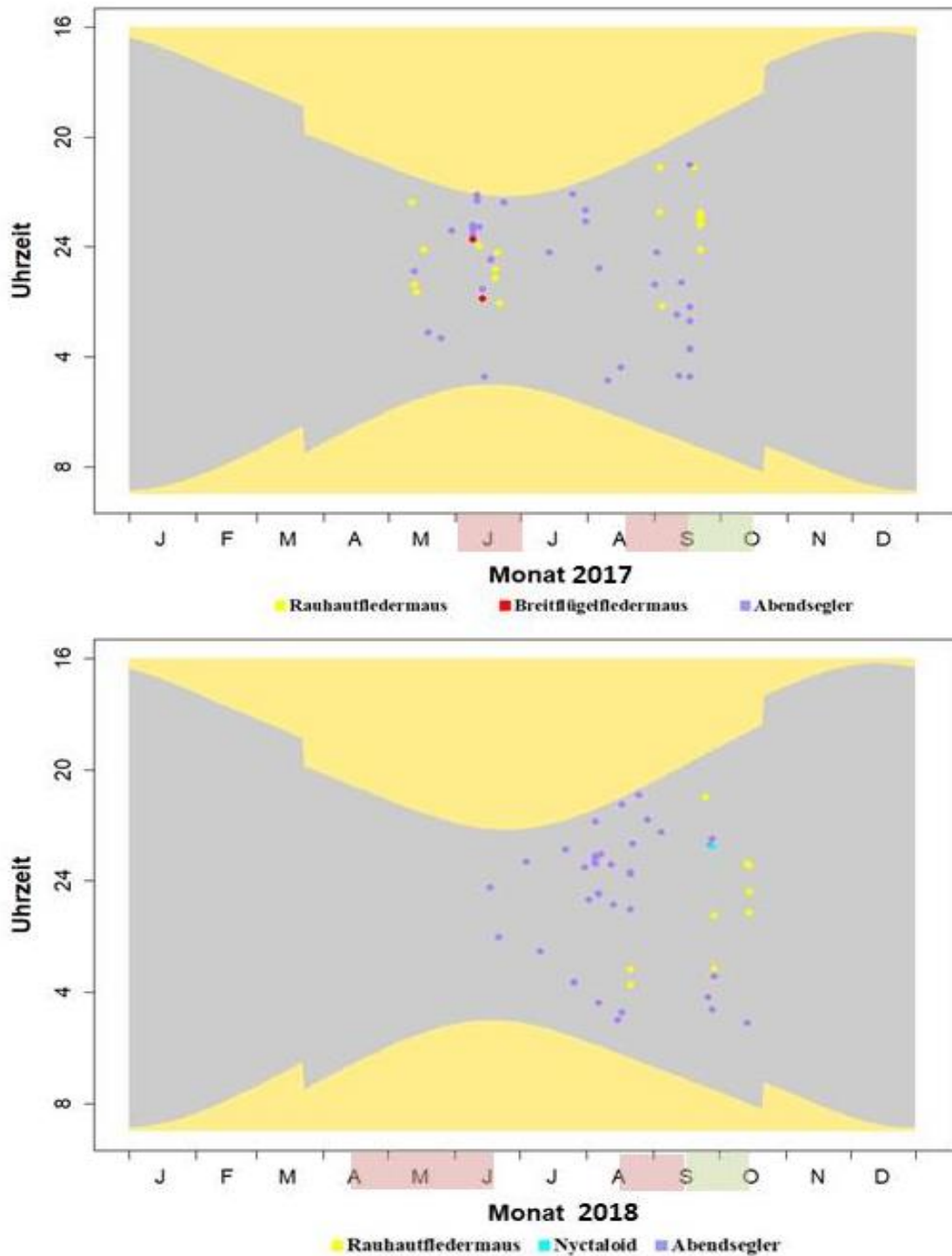


Abb. 7a: Nächtlicher Aktivitätsverlauf auf Nabenhöhe im Saisonverlauf 2017 + 2018 ohne WEA 2 (rote Markierung: Abschaltung von SU-SA [Juli 2017: nur an WEA 1+3, Herbst 2018: halbnächtige Abschaltungen an WEA 3, keine Abschaltungen an WEA 4], grüne Markierung: Abschaltung von SU bis Mitternacht)

Der Abendsegler zeigt 2017 auf Nabenhöhe kein typisches zweigipfliges Verteilungsmuster (typisch für diese Art ist eine erhöhte Abend- und Morgenaktivität), sondern die Aktivitäten verteilen sich über die gesamte Nacht

(Abb. 7a). Im Jahr 2018 dagegen zeigt er zumindest ab August eine zweigipflige Aktivität. Erstaunlicherweise ist seine Aktivität im Ende September/Oktobre eher auf die zweite Nachthälfte (v.a. 2017) konzentriert. Die Rauhautfledermaus zeigt auf Nabenhöhe in beiden Jahren eine eher kontinuierlich über die Nacht bis etwa 3:00-4:00 Uhr verteilte Aktivität, dies gilt 2017 vor allem für den Mai und Juni und 2018 vor allem für den August/September. Zudem startet ihre Aktivität später als beim Abendsegler. Diese Befunde sind typisch für diese Art. Die wenigen Aktivitäten von Breitflügelfledermaus verteilten sich 2017 über die gesamte Nacht (Abb. 6a). Beide Zugzeiten der Rauhautfledermaus bilden sich nur relativ schlecht ab; im Jahr 2018 wird hier eigentlich nur die herbstliche Zugzeit deutlich. Es zeigt sich, dass der größte Teil der Aktivität des Abendseglers 2017 im Zeitraum ab Mitte September nicht durch Abschaltzeiten abgedeckt war, 2018 aber deutlich besser, wobei nunmehr verstärkt Abendsegler auch schon ab Anfang August auftraten.

Abbildung 7b zeigt die nächtliche Aktivität aller WEA auf Höhe der unteren Rotorspitze. Hier verteilt sich die Abendsegler-Aktivität im Jahr 2017 auf die typischen Abend- und Morgenspitzen. Dies gilt allerdings nicht für das Jahr 2018 (im Gegensatz zur Aktivität auf Nabenhöhe); nun verteilen sich die Abendsegler über die komplette Nacht. Die Aktivitäten der Rauhautfledermaus beginnen 2017 Anfang/Mitte Mai bis Anfang Juni, wo sie nahezu ganznächtlich fliegen. Dieser Zeitraum, der mit dem Frühjahrszug dieser Art übereinstimmt, fehlt aber nahezu im Jahr 2018. Anschließend jagen sie selten im Juni und Juli. Im Herbst zeigt sich in beiden Jahren ein verstärktes ganznächtiges Auftreten der Rauhautfledermaus wiederum vor allem in der Zugzeit, ab Mitte/Ende August bis Ende September/Anfang Oktober (2017) bzw. Mitte Oktober im Jahr 2018. Breitflügelfledermäuse konzentrieren sich vor allem im Mai auf die erste Nachthälfte. Die übrigen Arten (Zwergfledermaus, Langohr) verteilen sich mit vereinzelt Nachweisen über die ganze Nacht bis etwa 3:00 Uhr. Es zeigt sich, dass 2017 der größte Teil der Aktivität der Rauhautfledermaus im Zeitraum ab Mitte September nicht durch Abschaltzeiten abgedeckt war, wohl aber im Jahr 2018.

Im Jahr 2019 (Abb. 7c) traten Aktivitäten auf Nabenhöhe an den drei untersuchten WEA vornehmlich in einem sehr engen Zeitfenster auf: Ende August-Anfang September, siehe auch Abb. 6a-c). In diesen Nächten trat die Aktivität ganznächtlich auf, während die wenigen Aktivitäten vorher und nachher vorwiegend in der ersten Nachthälfte festgestellt wurden. Auf Höhe der unteren Rotorspitze verteilen sich die Aktivitäten von Abendsegler, Gruppe Nyctaloid und Rauhautfledermaus ab Mitte Juni bis Ende September über die gesamte Nacht. Nachfolgend jagen die Tiere, nun fast ausschließlich Rauhautfledermäuse, nur in der ersten Nachthälfte. Auch die Zweifarbfledermaus, welche nur in wenigen Nächten Ende August/Anfang September auftrat, jagte die ganze Nacht über.

Vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang konnten keine Aktivitäten festgestellt werden.

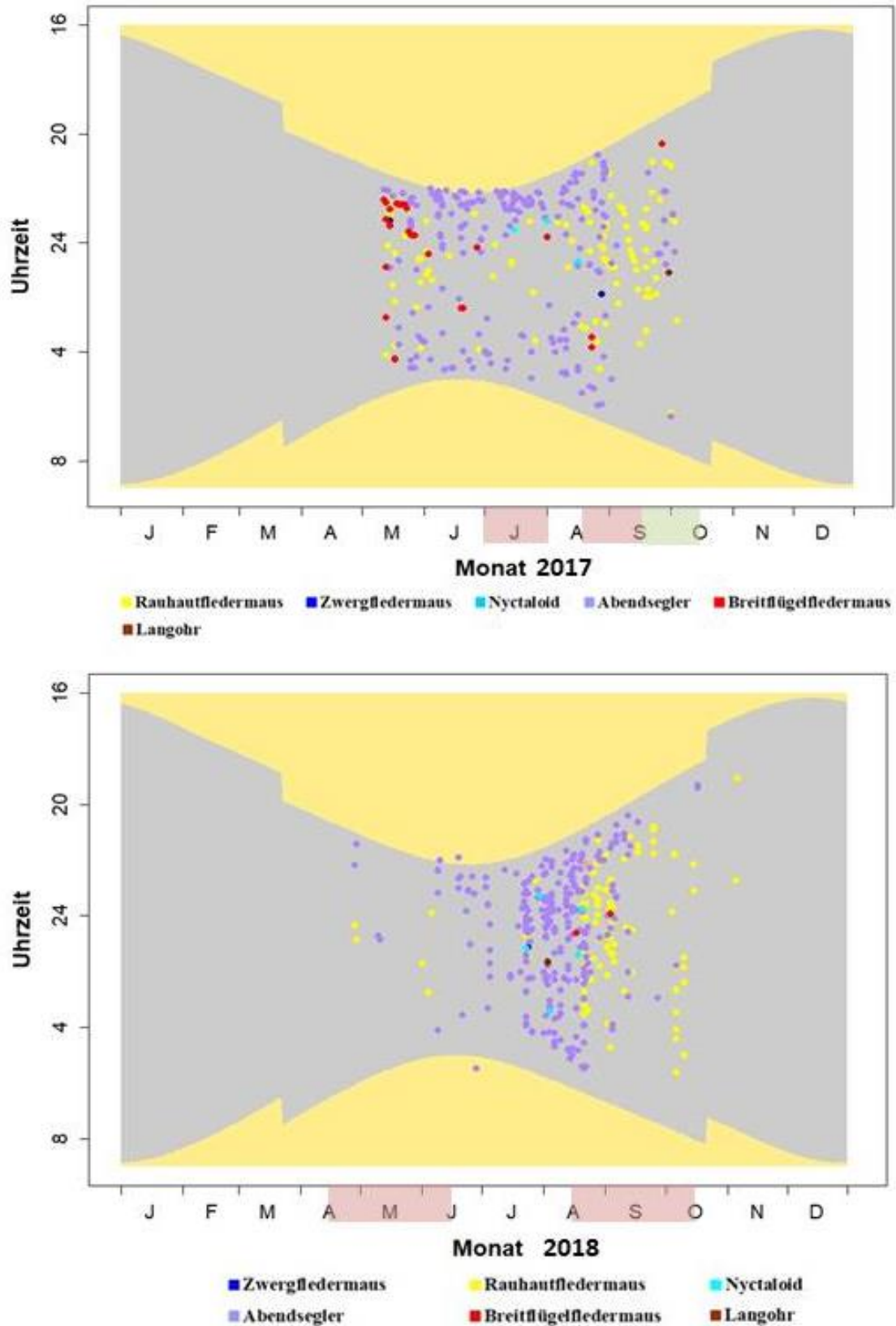


Abb. 7b: Nächtlicher Aktivitätsverlauf auf Höhe der unteren Rotorspitze im Saisonverlauf 2017 + 2018 ohne WEA 2 (rote Markierung: Abschaltung von SU-SA [Juli 2017: nur an WEA 1+3, Herbst 2018: halbnächtige Abschaltungen an WEA 3, keine Abschaltungen an WEA 4], grüne Markierung: Abschaltung von SU bis Mitternacht)

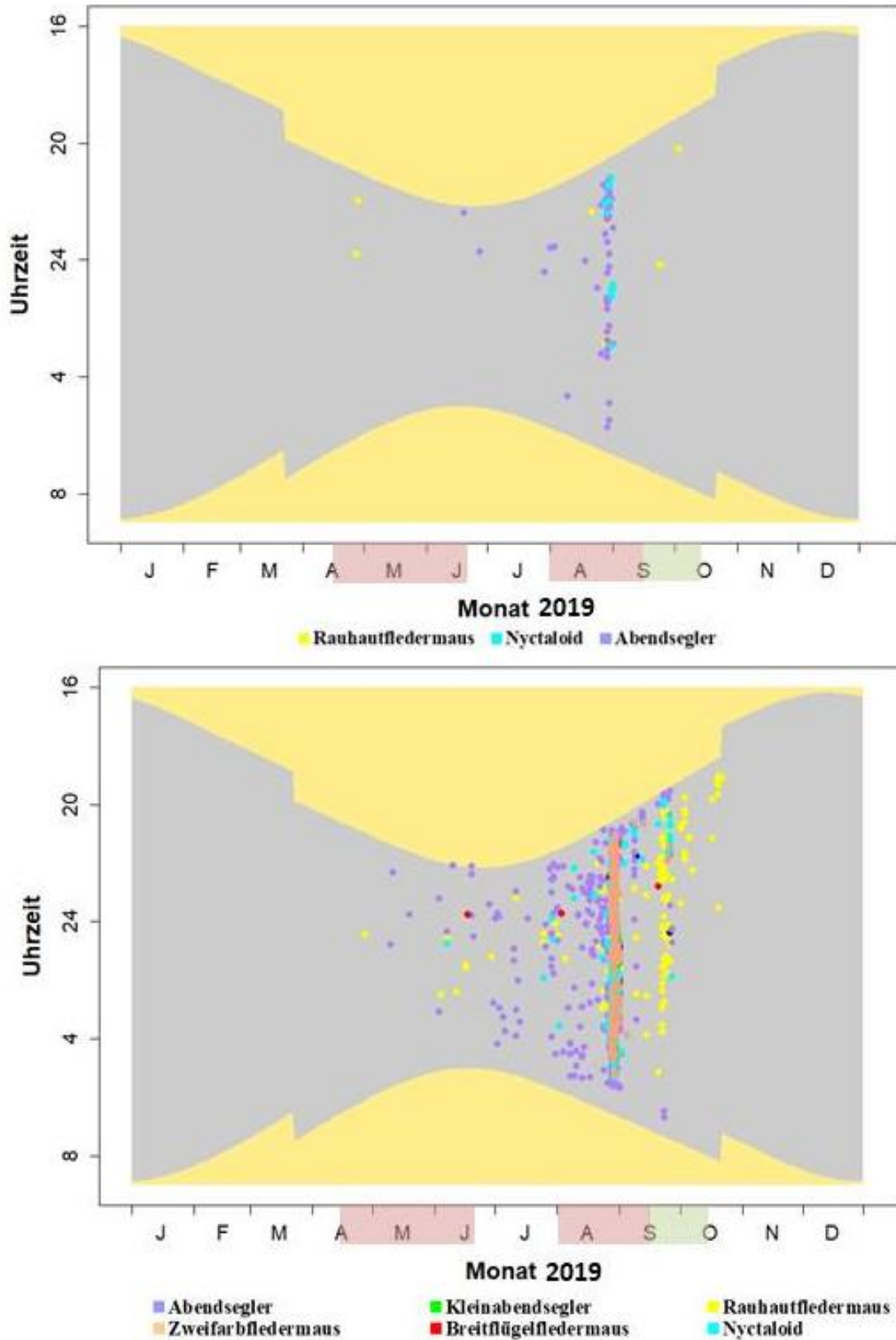


Abb. 7c: Nächtlicher Aktivitätsverlauf im Saisonverlauf 2019; oben: Nabenhöhe, unten: Höhe der unteren Rotorspitze (rote Markierung: Abschaltung von SU-SA [nur an WEA 1], grüne Markierung: Abschaltung von SU bis 4:00 Uhr [nur an WEA 1])

3.5 Witterungseinfluss

Neben unterschiedlichen Standortfaktoren spielen vor allem Witterungsbedingungen für die Verteilung der Aktivität eine Rolle, vor allem die Wind- und Temperaturverhältnisse. Die Wetterdaten stammen aus den jeweiligen untersuchten WEA und wurden auf Nabenhöhe gemessen.

Dabei ist zu bedenken, dass die Temperaturen ggf. von der Abwärme der Kanzeln verfälscht werden. Trotzdem sollen diese Temperaturwerte genutzt werden, da ein möglicher späterer Abschaltalgorithmus seine Temperaturdaten ebenfalls aus diesen Werten berechnet.

Generelle Verteilung der Wind-, Temperatur- und Regenverhältnisse im Jahresverlauf

Das Jahr **2017** (Abb. 8a) war relativ kühl und windig. Besonders das Frühjahr bis Mitte Mai war für die Jahreszeit zu kühl. Ab Mitte Mai stiegen die Temperaturen an, verblieben aber die ganze Saison über auf einem vergleichbaren Niveau bei etwa 15-20°C, richtige Hitzeperioden wie im Jahr 2018 blieben aus. Anfang September fielen die Temperaturen auf ein durchschnittliches Niveau von ca. 12-15°C. Das Jahr 2017 war geprägt von Perioden, in denen es über einen längeren Zeitraum sehr windig bis stürmisch war. Insbesondere 8.-14. September und 1.-8. Oktober gab es solche stürmischen Phasen. Aber auch davor, die ganze Saison über, lagen die Windgeschwindigkeiten immer wieder (wenn auch kurzzeitiger) über 10m/s.

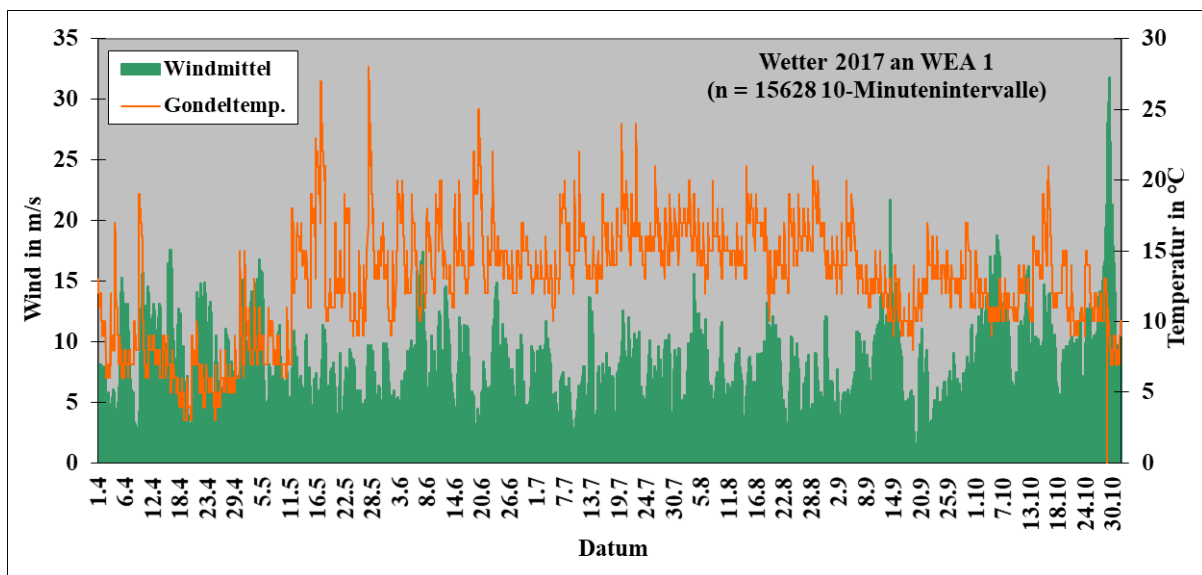


Abb. 8a: Jahreszeitlicher Verlauf der nächtlichen Temperatur-, Windverteilung 2017 (exemplarisch aus WEA 1)

Das Jahr **2018** (Abb. 8b) war insgesamt deutlich wärmer als 2017, allerdings lagen die Temperaturen ab Mitte Oktober deutlich tiefer. Zwischen Anfang Mai und Ende September wurden nur in Ausnahmefällen Temperaturen unter 10°C erreicht. Gegen Ende November wurden dann aber auch Minusgrade gemessen. Insgesamt war es noch windiger als 2017, im September und Oktober über längeren Zeitraum sehr windig. Dieses Phänomen trat 2017 nur Mitte September und Anfang Oktober auf.

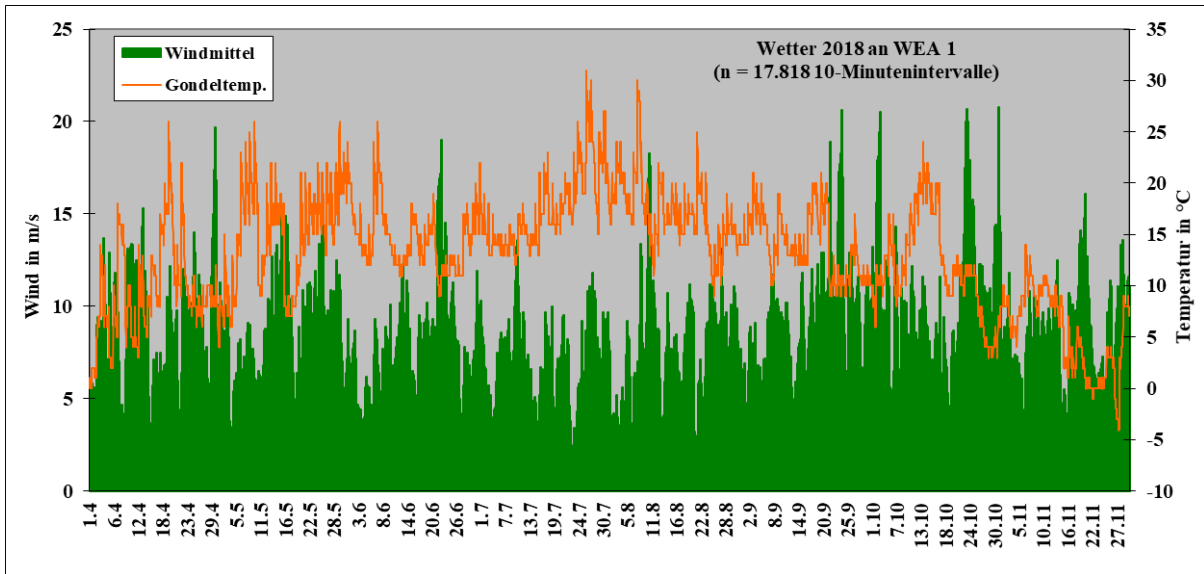


Abb. 8b: Jahreszeitlicher Verlauf der nächtlichen Temperatur-, Windverteilung 2018 (exemplarisch aus WEA 1)

Das Jahr **2019** war im Frühjahr deutlich kühler als 2018 (Abb. 8c). Auch im Juni lagen die Temperaturen etwas unter jenen aus 2018, allerdings wurde gegen Mitte bis Ende Juni schon die ersten sehr hohen Temperaturen erreicht (bis 35°C). Nachfolgend sanken die Temperaturen wieder leicht, um Mitte Juli erneut anzusteigen. Im August blieben die Temperaturen um die 15-20°C und stiegen Mitte bis Ende August noch einmal auf bis zu 30°C an. Ab September sanken die Temperaturen langsam aber stetig bis zum Ende hin ab. Im November erreichten sie kaum noch die 10°C-Grenze. Der Wind schwankte bis etwa Ende Juli nur wenig und lag auf einem etwas höheren Niveau als 2018. Erst im August traten stärkere Schwankungen auf. Der September und Oktober zeichneten sich durch höhere Windgeschwindigkeiten aus.

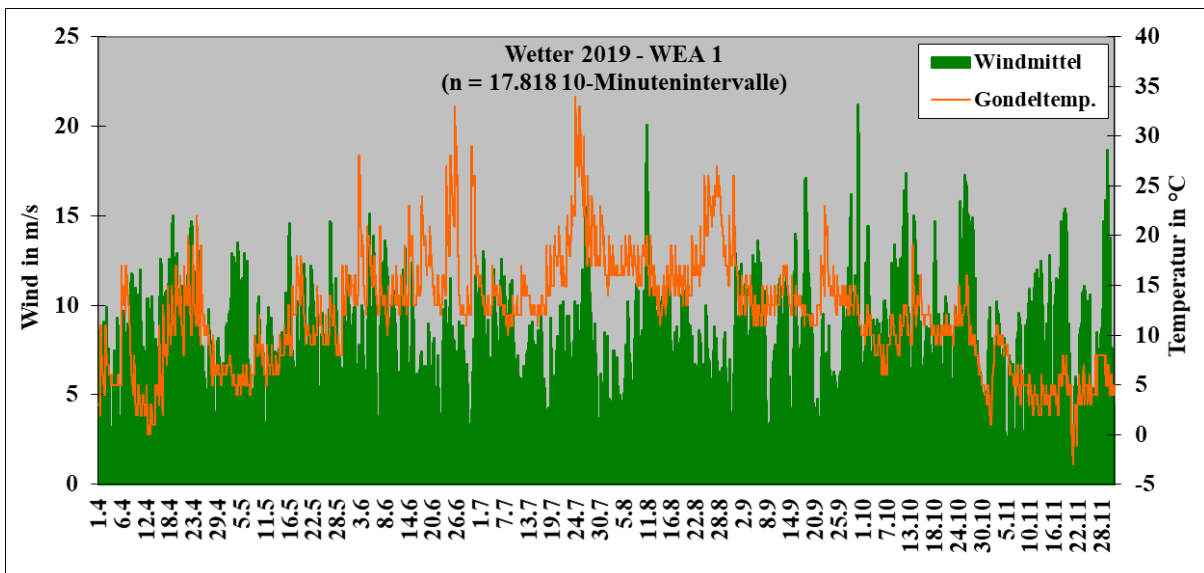


Abb. 8c: Jahreszeitlicher Verlauf der nächtlichen Temperatur-, Windverteilung 2019 (exemplarisch aus WEA 1)

Fledermausaktivitäten in Abhängigkeit von den Windverhältnissen

An dieser Stelle soll die Verteilung der registrierten Aktivitäten (auf Gondelhöhe sowie in Bodennähe) den auf Nabenhöhe gemessenen Windgeschwindigkeiten gegenübergestellt werden.

Die allgemeine Windverteilung im Jahr **2017** zeigt keine Normalverteilung (s. Abb. 9a). Vielmehr steigt der Anteil der Windgeschwindigkeiten ab etwa 2,5 m/s deutlich an, um dann auf etwa dem gleichen Niveau bis etwa 7 m/s zu verharren und dann ganz langsam abzufachen. Erstaunlich ist, dass der prozentuale Anteil an Windintervallen bei 9,3m/s ähnlich hoch ist wie etwa 2,5-3m/s. Erst oberhalb etwa 10m/s nimmt der Anteil an Windintervallen deutlich ab. Vergleicht man die Verteilung der Fledermausaktivität auf die Windgeschwindigkeiten, so fällt für die Aktivität der Fledermäuse auf Gondelhöhe auf, dass etwa 53% der Aktivität ≤ 5 m/s lag (Abb. 9a). Auf der anderen Seite liegen etwa 10,2% der Aktivität zwischen 9 und 9,3 m/s. Allerdings ist die Stichprobengröße von insgesamt 59 besetzten Minutenintervallen zu gering, um hier statistische Aussagen über die Windverteilung der Fledermausaktivität und der Gesamt-Windverteilung zu machen. Die Aktivität in Höhe der unteren Rotorspitze (Mitte; n=407 besetzte Minutenintervalle) liegt mit etwa 72,2% ebenfalls ≤ 5 m/s. Allerdings flogen noch 6,9% oberhalb von 7,5 m/s (28 besetzte Minutenintervalle).

Im Jahr **2018** verteilten sich die Aktivitäten deutlich stärker auch in höhere Windgeschwindigkeiten. So lagen zwar 55% der Aktivität auf Gondelhöhe $\leq 4,6$ m/s (Abb. 9b) und damit niedriger als 2017, aber die weiteren Aktivitäten verteilten sich dann gleichmäßiger über die Windgeschwindigkeiten. Insgesamt lagen 77,5% der Aktivität auf Gondelhöhe $\leq 6,9$ m/s. Anschließend fiel die Aktivität deutlich ab. Die Aktivität in Höhe der unteren Rotorspitze liegt mit etwa 69,5% ebenfalls ≤ 5 m/s und damit ähnlich 2017.

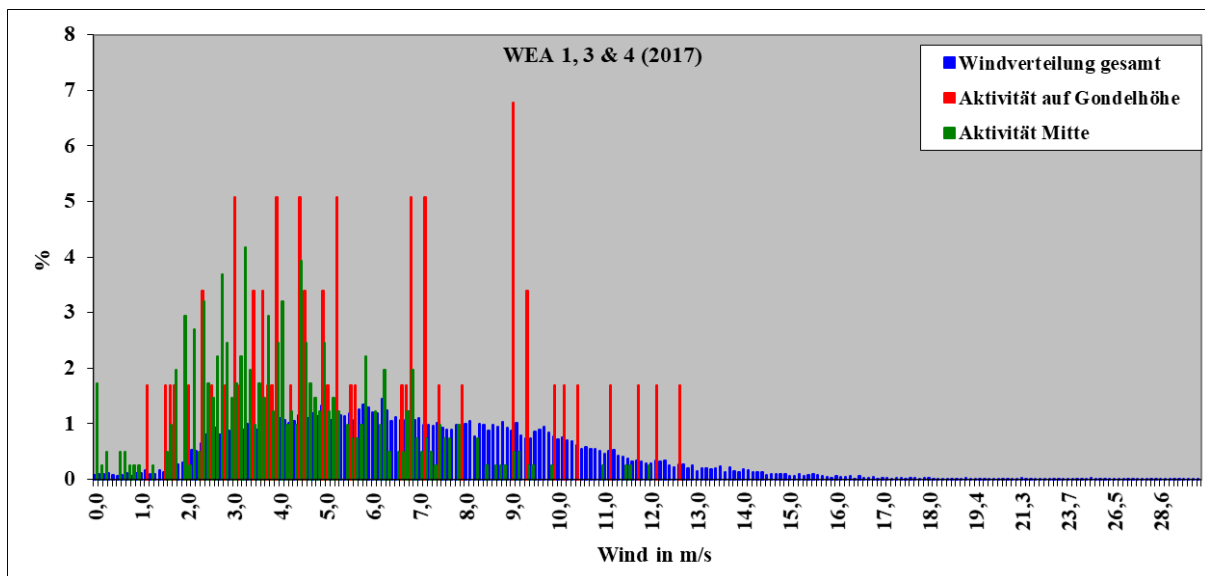


Abb. 9a: Prozentuale Verteilung der Windgeschwindigkeit und der Gesamtaktivität an WEA 1,2 und 4 im Jahr 2017

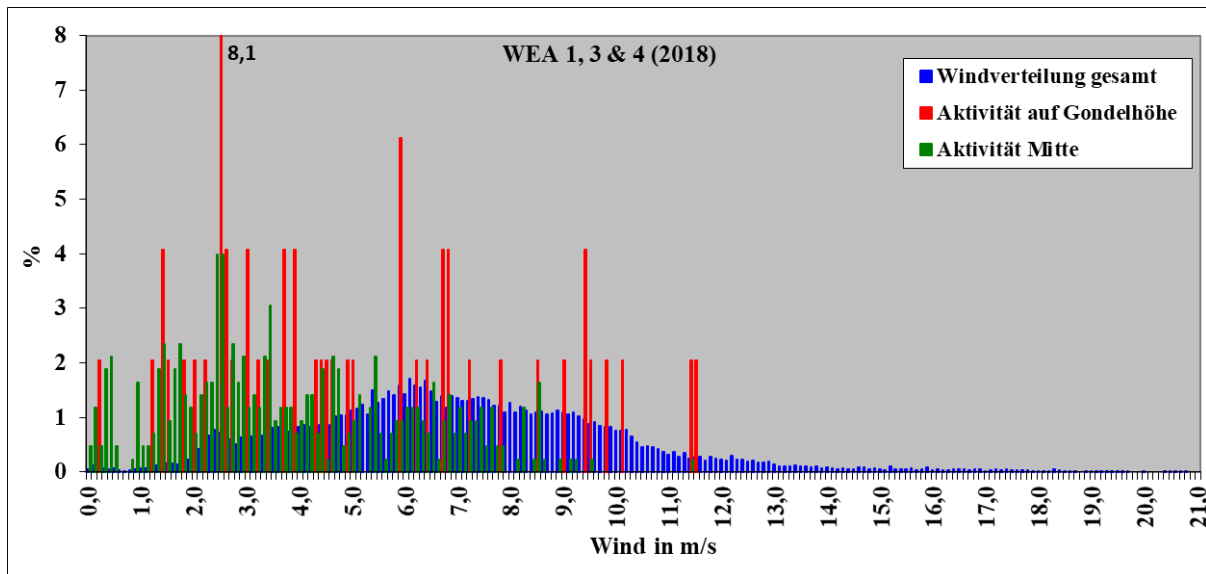


Abb. 9b: Prozentuale Verteilung der Windgeschwindigkeit und der Gesamtaktivität an WEA 1, 2 und 4 im Jahr 2018

Im Jahr 2019 finden wir nahezu eine Wind-Normalverteilung mit einem Maximum bei etwa 6,5 m/s (Abb. 9c). Im Gegensatz dazu verteilen sich die Aktivitäten ganz deutlich auf die niedrigen Windgeschwindigkeiten. Auf Nabenhöhe lagen 55% der Aktivitäten (n = 98) bei Windgeschwindigkeiten $\leq 2,4$ m/s, was von den Ergebnissen der Vorjahre deutlich abweicht. Auf Höhe der Unteren Rotorspitze entfallen 50% der Aktivitäten (n = 2815) auf Windgeschwindigkeiten $\leq 3,4$ m/s (95% der Aktivitäten $\leq 6,8$ m/s), ebenfalls deutlich unterhalb der Werte der Vorjahre.

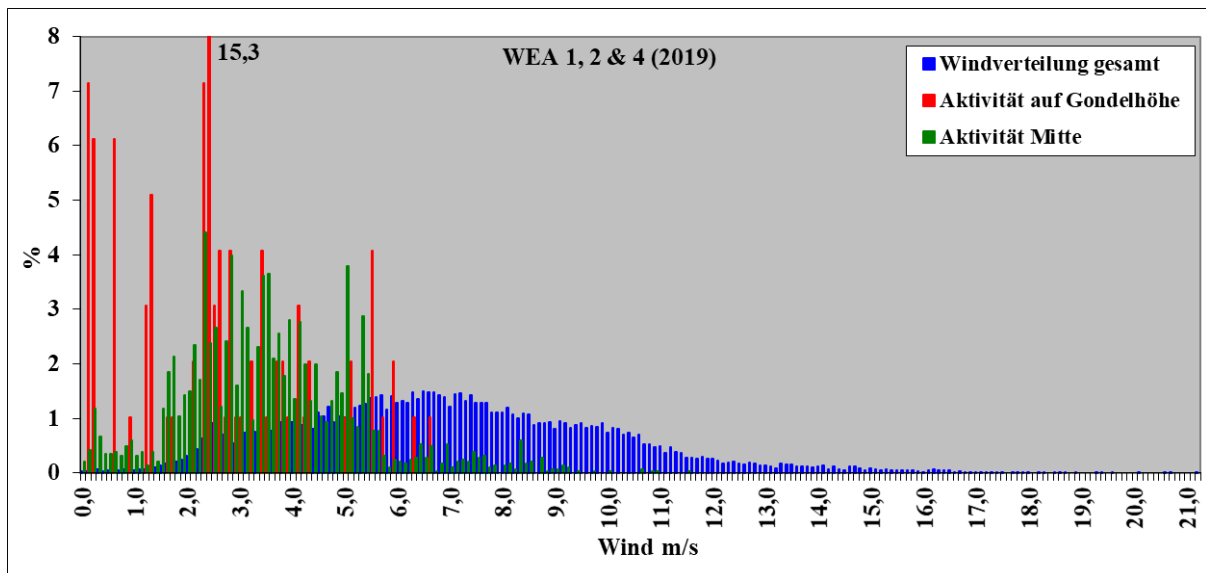


Abb. 9c: Prozentuale Verteilung der Windgeschwindigkeit und der Gesamtaktivität an WEA 1, 2 und 4 im Jahr 2019

Aktivität in Relation zur Windgeschwindigkeit und Temperatur

In der nachfolgenden Abbildung 10 wird die Aktivität aller untersuchter WEA aus beiden Untersuchungsjahren nach Gondelhöhe und Mitte getrennt in Bezug zum Faktorenkomplex von Windgeschwindigkeit und Temperatur dargestellt.

2019

Die Aktivitätsverteilung auf Gondelhöhe (Abb. 10) ist mit Vorsicht zu betrachten, weil insgesamt nur 98 besetzte Minuten-Intervalle mit Fledermausaktivität von drei Arten/Artengruppen festgestellt wurden. Dies ist vergleichsweise gering, gerade auch wenn man sich die Aktivitäten an den nahegelegenen WEA 1 und 3 anschaut (Tab. 4a, Abb. 6a, c). So lässt sich sagen, dass die überwiegende Aktivität auf Gondelhöhe bis etwa 5,5m/s auftrat und in der Regel über ≥ 15 °C. Dies entspricht einem Wert von etwa 95% der Aktivität der 98 besetzten Minuten-Intervallen.

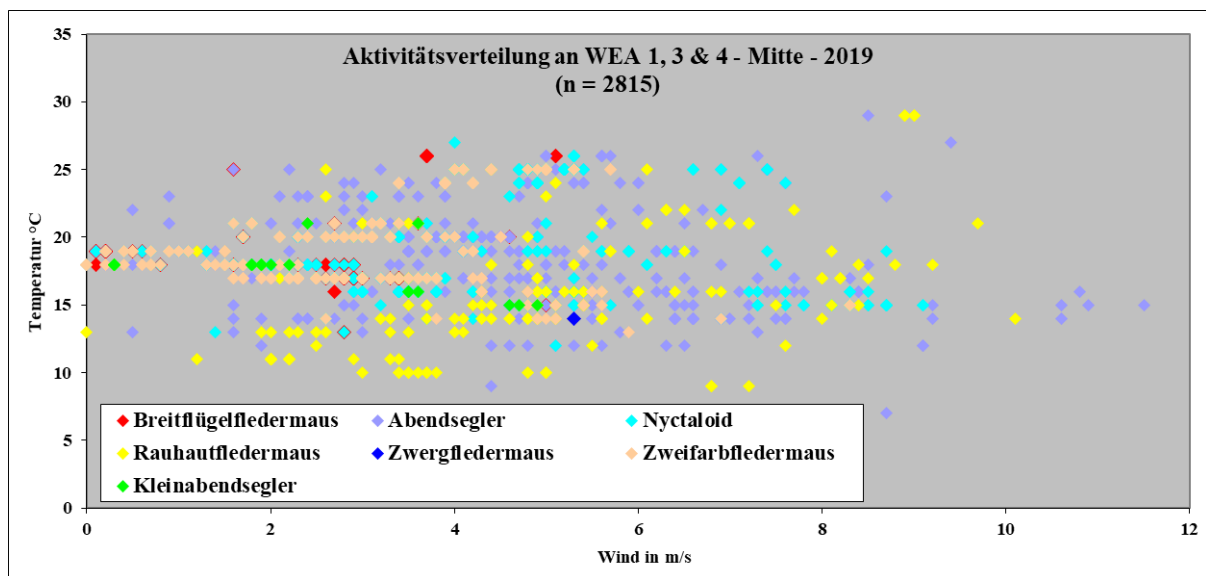
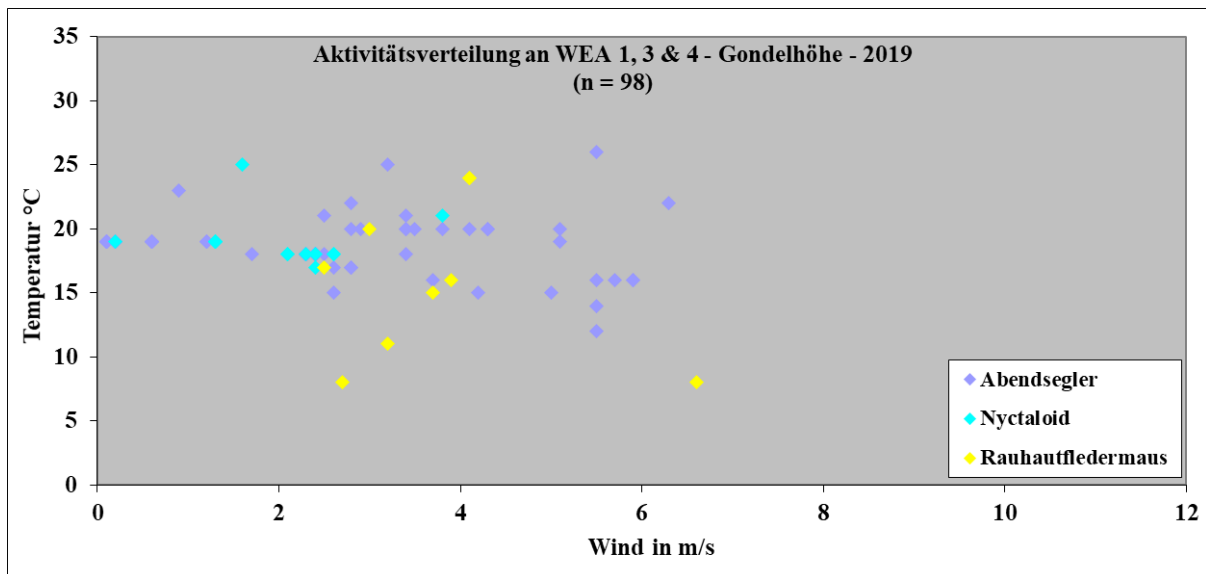


Abb. 10: Verteilung der Aktivitäten verschiedener Arten bzw. Artengruppen in Relation zu den Windgeschwindigkeiten und Temperatur an WEA 1, 3 und 4 im Jahr 2019.

Auf Höhe der unteren Rotorspitze waren die Aktivitäten deutlich höher (Tab. 4b, Abb. 10). Die hauptsächliche Aktivität spielte sich in einer Spanne von bis zu 8 m/s und einer Temperatur oberhalb von 12°C ab. Abendsegler und Rauhauffledermäuse wurden aber regelmäßig noch bei höheren Windgeschwindigkeiten und mit etwa 18 Aktivitäten bei niedrigeren Temperaturen aufgezeichnet. Die Minimaltemperatur für Aktivität die Rauhauffledermaus betrug 9°C, für den Abendsegler 7°C. Der Abendsegler erreichte sowohl einen höheren

Maximalwert bei der Windgeschwindigkeit, als auch eine größere Anzahl der Aktivitäten (23 Aktivitäten) oberhalb 8m/s als die Gruppe Nyctaloid (21 Aktivitäten) und die Rauhaufledermaus (16 Aktivitäten). Zweifarbfledermäuse (n = 457 besetzte Minuten-Intervalle) treten dagegen vornehmlich ab etwa 14°C und bis zu einer Windgeschwindigkeit von 5,6m/s auf.

Nicht alle Aktivitäten des Mast-Mikrofons auf Höhe der unteren Rotorspitze können zur Findung eines Wind- und Temperaturwertes für den Abschaltmodus gewertet werden, da davon auszugehen ist, dass nicht alle erfassten Aktivitäten auch im Einflussbereich des Rotor stattfinden. Zudem überlappt sich der Aufnahmebereich beider Mikrofone im Falle des Abendseglers, so dass bei dieser Art Doppelzählungen zu vermeiden sind. Nimmt man eine Reichweite der Detektoren von 24m für die Rauhaufledermaus und 59m für den Abendsegler an (WEBER et al. 2018), und einen Rotorgefährdungsbereich von Rotorlänge plus 10m (wegen des Barotraumaeffektes), so kommt man bei der E101 mit einer Nabenhöhe von 135m und einer Anbringung des Mastmikrofons auf 73m dazu, dass von den insgesamt 203 Aktivitäten der Rauhaufledermaus (erfasst auf Höhe der unteren Rotorspitze) nur etwa 50% gewertet werden dürfen (vgl. Anhang Erfassungsbereiche Abendsegler + Rauhaufledermaus). Für den Abendsegler und die Gruppe Nyctaloid liegt der Prozentsatz bei etwa 10%. Die zu nutzenden Aktivitäten werden mit Excel zufallsverteilt ausgewählt! Da die übrigen Arten meist bei geringeren Windgeschwindigkeiten unterwegs sind (siehe Abb. 9) als Abendsegler, die Gruppe Nyctaloid und Rauhaufledermaus, werden sie durch eine Festlegung der Windgeschwindigkeit der beiden betrachteten Arten mit geschützt und müssen nicht gesondert dargestellt werden.

In Abbildung 11 wird für den Abendsegler, die Gruppe Nyctaloid und die Rauhaufledermaus die Aktivitätsverteilung aller im Jahr 2019 auf Nabenhöhe gemessenen Aktivitäten und der zufallsverteilte anteilige Prozentsatz der jeweiligen Aktivitäten auf Höhe der unteren Rotorspitze (s.o.) in Bezug zum Faktorenkomplex von Windgeschwindigkeit und Temperatur dargestellt. Dabei zeigt sich gegenüber Abbildung 9, dass sich in der generellen Verteilung diese Arten/Artengruppe nicht viel ändert.

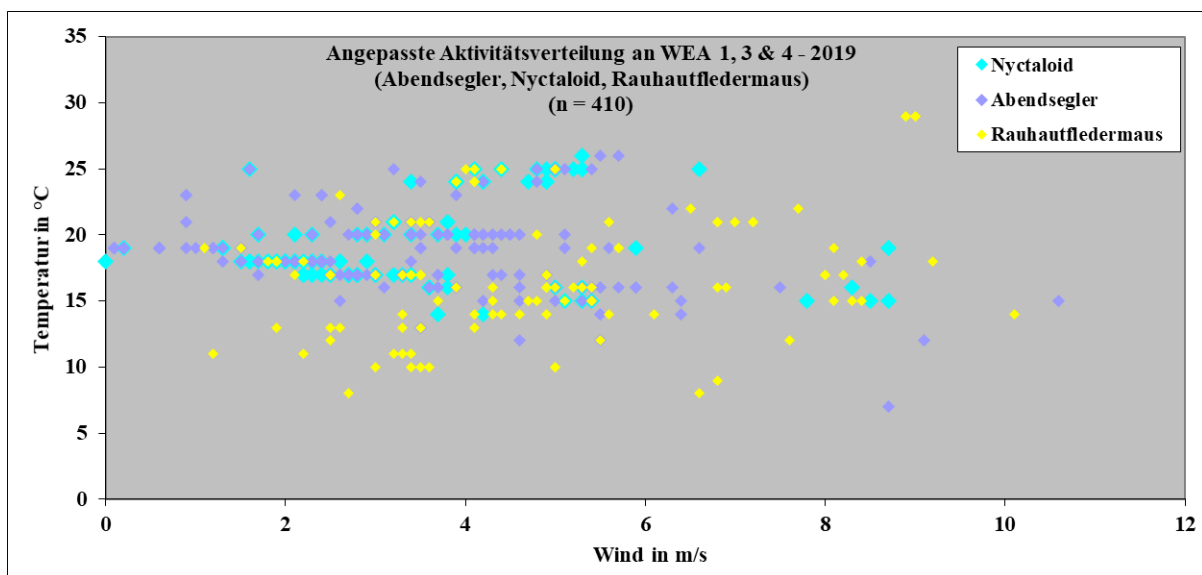


Abb. 11: Verteilung aller Aktivitäten gemessen auf Nabenhöhe und 50% der Aktivitäten der Rauhaufledermaus bzw. 10% des Abendseglers und der Gruppe Nyctaloid gemessen auf Höhe der unteren Rotorspitze in Relation zu den Windgeschwindigkeiten und Temperatur an WEA 1, 3 & 4 im Jahr 2019

Da sich aus den „angepassten Werten“ die möglichen Grenzwerte einer möglichen Abschaltung ergeben sollen, sollen an dieser Stelle die Daten aller drei untersuchten WEA (WEA 1, 3 & 4) aus allen drei untersuchten Jahren (2017-2019) zusammengefasst und dargestellt werden (Abb. 12). Da die Vorauswertung der saisonalen Verteilung der Aktivitäten ergeben hat, dass die beiden Monate August und September die konfliktträchtigsten sind (i.d.R. höchste Aktivität) und bekannt ist, dass die Tiere zu unterschiedlichen Jahreszeiten unterschiedliche Präferenzen betreffend Temperatur und Wind haben, werden in Abb. 12 nur die Aktivitäten der Monate August und September mit Wetterdaten verschnitten!

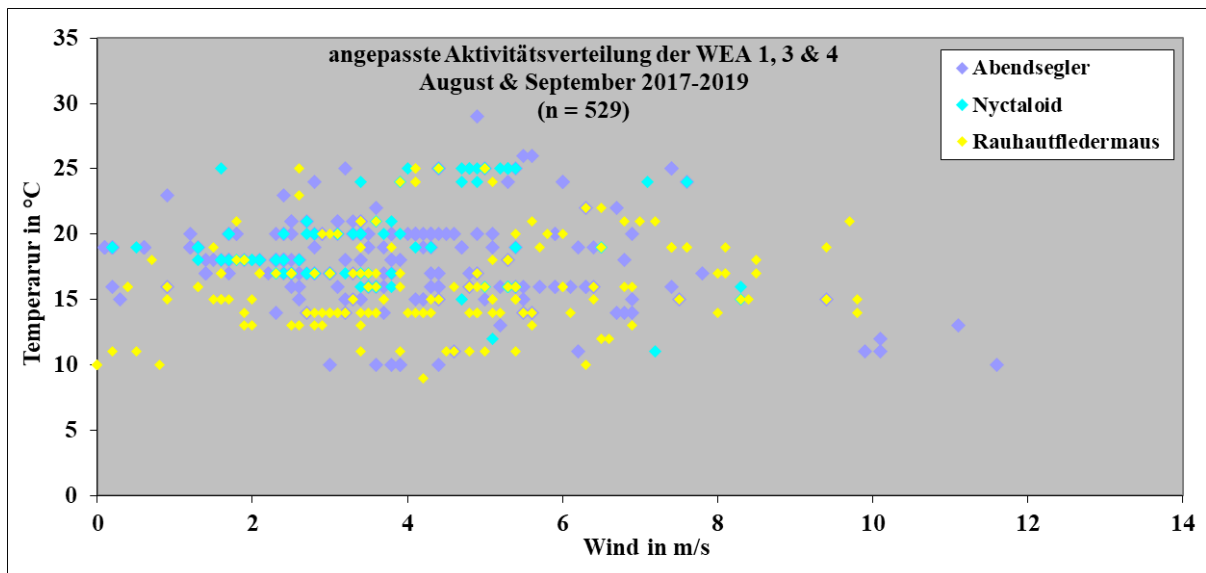


Abb. 12: Verteilung aller Aktivitäten gemessen auf Nabenhöhe und 50% der Aktivitäten der Rauhautfledermaus bzw. 10% des Abendseglers und der Gruppe Nyctaloid gemessen auf Höhe der unteren Rotorspitze in Relation zu den Windgeschwindigkeiten und Temperatur an WEA 1, 3 & 4 im Jahr 2017-2019

An dieser Stelle sollen verschiedene prozentuale Anteile der Aktivität dargestellt werden (Tab. 5). Hierzu werden alle in Abb. 12 verwandten Aktivitäten (Gondelhöhe und Mitte) der Rauhautfledermaus (n = 175), des Abendseglers (n = 244) und Nyctaloiden (n = 110) zusammengezählt. Dabei zeigt sich, dass 95% der Aktivität der Rauhautfledermaus $\leq 8,1\text{m/s}$ und $\geq 9^\circ$ liegt. Für den Abendsegler betragen die Werte $\leq 6,9\text{m/s}$ und $\geq 10^\circ\text{C}$ (Tab 5). Entsprechend findet 80% der Aktivität der Rauhautfledermaus bei $\leq 6,0\text{m/s}$ und $\geq 9^\circ\text{C}$ statt. Dies entspricht etwa 89% der Aktivität des Abendseglers und 95% der Aktivität der Nyctaloiden.

Tab. 5: Prozentuale Anteile der Aktivität in Abhängigkeit von Wind und Temperatur

Art alle Jahre	prozentualer Aktivitäts-Anteil	Grenzwert Wind in m/s	Grenzwert Temperatur in °C	verbleibende Aktivität
Rauhautfledermaus	95%	≤ 8,1	≥ 9	9
	90%	≤ 7,4	≥ 10	17
	90%	≤ 7,3	≥ 9	19
	87%	≤ 6,9	≥ 10	22
	85%	≤ 6,6	≥ 10	26
	85%	≤ 6,5	≥ 9	26
	80%	≤ 6,2	≥ 10	34
	80%	≤ 6,0	≥ 9	34
	70%	≤ 5,3	≥ 9	52
Abendsegler	95%	≤ 6,9	≥ 10	15
	90%	≤ 6,2	≥ 10	24
	89%	≤ 6,0	≥ 9	27
	85%	≤ 5,5	≥ 10	36
	80%	≤ 5,0	≥ 10	47
Nyctaloide	95%	≤ 6,4	≥ 10	6
	95%	≤ 6,0	≥ 9	6
	85%	≤ 5,1	≥ 9	17

Etwaige Abschaltmodi sollten sich an der Aktivität der Rauhautfledermaus orientieren.

3.6 Schlagopfersuche

3.6.1 Anzahl der gefundenen Fledermäuse

Bei den insgesamt 110 Suchen (2018, 2 Anlagen á 33 Termine/Jahr, 2 Anlagen á 22 Termine/Jahr) und bei den insgesamt 2019 88 Suchen (2019, 2 Anlagen á 44 Termine/Jahr) wurden in beiden Jahren keine Fledermäuse oder Vögel gefunden.

3.6.2 Sucheeffizienz

Wie oben beschrieben (Kapitel 2.2.2) wurden Experimente zur Ermittlung der Sucheeffizienz getrennt für die zwei relevanten Sichtbarkeitsklassen durchgeführt (siehe Tab. 6). Es wurden 20 Dummies (s. Kap. 2.2.2) ausgelegt.

Tab. 6: Ermittlung der Sucheeffizienz 2018 und 2019

2018	Sucher A	Sucher B
Sucheffizienz gut absuchbar	100%	100%
Sucheffizienz mäßig/schlecht absuchbar	77,8%	90%

2019	Sucher B
Sucheffizienz gut absuchbar	100%
Sucheffizienz mäßig/schlecht absuchbar	90%

3.6.3 Abtragsrate

Die Abtragsrate beschreibt den Anteil der Tiere, die im Verlauf der Zeit von den Flächen verschwinden. Diese Rate wurde an einer untersuchten Windenergieanlage ermittelt (WEA 3).

Abbildung 13 zeigt, dass im Jahr 2019 bereits nach 5 Tagen alle Tiere abgetragen waren. Für die Nachsuche, die alle drei Tage stattfindet, ist allerdings das andere Ende der Skala von Interesse.

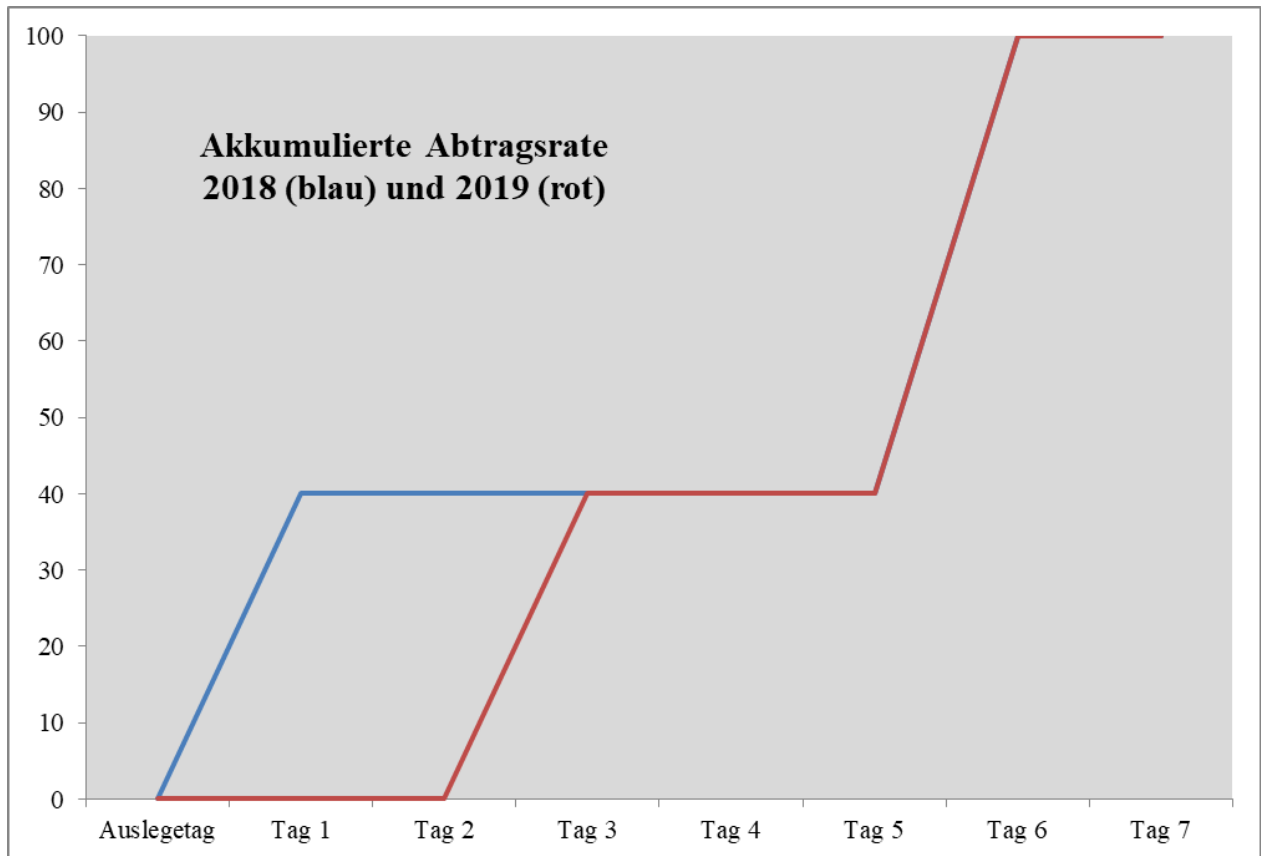


Abb. 13: kumulierter Abtrag unter allen Anlagen im Untersuchungsjahr 2018 (n=20) und 2019 (n=5)

2018 (4 WEA): Es wurden am ersten Tag zunächst 40% abgetragen, danach verschwanden keine Tiere. Diese Werte gingen in die Abschätzung der tatsächlichen Kollisionsopferzahlen ein: Dafür ist ein Mittel jener akkumulierten Abtragsraten zu bilden, die bis zum dritten Tag zu verzeichnen sind. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Abtragsrate auch jene Tiere mitberücksichtigt, die im Zeitraum zwischen den beiden Kontrollen angefallen sind und die jeweils mit der entsprechenden Abtragsrate in die Berechnung eingehen. Für die Kontrolle ergibt sich somit im Jahr 2018 eine Abtragsrate von 40,0% (Mittelwert aus 3 x 40% der ersten drei Kontrolltage). Dies ergibt den Faktor 1,4, der in die untenstehenden Berechnungen eingeht.

2019 (2 WEA): Es wurden am ersten Tag und zweiten Tag keine Tiere abgetragen, am dritten Tag verschwanden 2 Tiere. Diese Werte gingen in die Abschätzung der tatsächlichen Kollisionsopferzahlen ein: Dafür ist ein Mittel jener akkumulierten Abtragsraten zu bilden, die bis zum dritten Tag zu verzeichnen sind. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Abtragsrate auch jene Tiere mitberücksichtigt, die im Zeitraum zwischen den beiden Kontrollen angefallen sind und die jeweils mit der entsprechenden Abtragsrate in die Berechnung eingehen. Für die Kontrolle ergibt sich somit im Jahr 2019 eine Abtragsrate von 13% (Mittelwert

aus 0%, 0% und 40% der ersten drei Kontrolltage), Dies ergibt den Faktor 1,13, der in die untenstehenden Berechnungen eingeht.

3.6.4 Abschätzung der tatsächlichen Kollisionsoffer

Das wesentliche Ziel der Quantifizierung der methodischen Fehlerquellen ist es, einen möglichst genauen Blick auf die voraussichtlichen Schlagopferzahlen zu bekommen. Hierzu findet die im Methodik-Teil (Kap. 2.2.2) angegebene Formel Anwendung. Wichtig ist es zu betonen, dass die Hochrechnung nur eine Näherung an eine Zahl darstellt. Die angegebenen Zahlen spiegeln nicht notwendigerweise exakt die tatsächliche Anzahl der geschlagenen Fledermäuse wider.

Aufgrund der Arithmetik ergibt die Hochrechnung für Anlagen ohne Totfunde keine Schlagopfer. In Tabelle 8 wurde daher für die WEA ohne Schlagopfer ein hypothetischer Fund eingesetzt, um die Größenordnung der Wahrscheinlichkeit, dass ein Tier übersehen wurde, anzugeben.

2018: Für die vier WEA ergibt sich eine hochgerechnete Zahl von insgesamt ca. 2,9 Tieren, die „übersehen“ wurden. Dies berechnet sich aus der addierten Hochrechnung (Tab. 7a) der WEA ohne Totfunde minus der in die Formel eingesetzten hypothetischen 5 Tiere ($6,9 - 4 = 2,9$). Auf den gesamten Windpark hochgerechnet ergibt sich somit ein Wert von 0,7 Tiere /WEA /Jahr.

2019: Für die zwei WEA ergibt sich eine hochgerechnete Zahl von insgesamt ca. 0,4 Tieren, die „übersehen“ wurden. Dies berechnet sich aus der addierten Hochrechnung (Tab. 7a) der WEA ohne Totfunde minus der in die Formel eingesetzten hypothetischen 2 Tiere ($2,4 - 2 = 0,4$).

Auf den gesamten Windpark hochgerechnet, ergibt dies für 2019 0,2 Tiere/WEA/Jahr.

Tab. 7: Hochrechnung der Kollisionsoffer auf Basis der nachgewiesenen Schlagopfer und der quantifizierten methodischen Fehler (Jahr 2018 und 2019)

WEA 2018	T- Totfunde	F - Flächenfaktor	A- Abtragsfaktor	S- Sucheffizienz	H- Hochrechnung
WEA 1	0	1,09	1,4	1,14	(1,7)
WEA 2	0	1,07	1,4	1,15	(1,7)
WEA 3	0	1,11	1,4	1,21	(1,9)
WEA 4	0	1,05	1,4	1,12	(1,6)
				Summe:	(6,9)
WEA 2019	T- Totfunde	F - Flächenfaktor	A- Abtragsfaktor	S- Sucheffizienz	H- Hochrechnung
WEA 3	0	1,06	1,13	1,07	(1,3)
WEA 4	0	1,004	1,13	1,07	(1,1)
				Summe:	(2,4)

4. BEWERTUNG DER BEFUNDE

4.1 Akustisches Monitoring - Aktivitätsverteilung

Artenvorkommen und Aktivitätsverlauf im Jahresverlauf

Die Aktivitätsverläufe auf Nabenhöhe in den drei untersuchten Jahren sind sehr unterschiedlich. Zog sich die Aktivität 2017 mit jeweils wenigen Aktivitäten über das gesamte Jahr hin, so fiel im Jahr 2018 nahezu jegliche Aktivität im Frühjahr aus und erst ab Juli wurden Aktivitäten, vor allem des Abendseglers aufgenommen. Im Jahr 2019 spitzte sich die Situation noch einmal zu, indem nur in 5 Nächten im Übergang August/September erwähnenswerte Aktivitäten auftraten.

Auf Höhe der unteren Rotorspitze zeigt sich ein ähnliches Bild, wobei sich die Aktivitäten im Jahr 2018 und 2019 nicht so deutlich unterscheiden. Trotzdem zeigt sich auch hier, dass die WEA in den letzten beiden Jahren im Frühjahr deutlich weniger angefliegen werden. Auch ergeben sich zeitliche Verschiebungen der Rauhautfledermausaktivität. Im Jahr 2017 trat diese Art vor allem von Anfang September bis Mitte Oktober auf, 2018 dagegen schon von Mitte August bis Anfang September. Nach einer Pause flog sie dann noch einmal verstärkt Anfang/Mitte Oktober. Im Jahr 2019 trat sie dann ganz konzentriert gegen Ende August auf, wobei einige Tiere bis Mitte Oktober an den WEA flogen. Vergleichbare Ergebnisse zeigen sich bei Fledermauszuguntersuchungen auf der Insel Mellum, wobei hier in den drei Jahren schon relativ viele Rauhautfledermäuse im August auftreten (eigene unveröff. Daten). Auf Höhe der unteren Rotorspitze zeigte sich zudem eine kurzzeitige starke Aktivität der Zweifarbfledermaus, was sich auch an anderen WEA im Umfeld feststellen ließ. Diese Art trat in den Vorjahren nicht oder nur sehr selten in Erscheinung.

Infolge der Diskrepanz zwischen Aktivität und Schlagrate im küstennahen Bereich mit verstärktem Auftreten der Rauhautfledermaus in den letzten Jahren, wurde von der zuständigen UNB gefordert, dass etwa auf Höhe der unteren Rotorspitze ein weiteres Mikrophon angebracht wird, welche die dortige, schon im Wirkradius der Rotoren befindliche Aktivität misst. Die Ergebnisse aus diversen Windparks zeigen, dass die Artenzusammensetzung in beiden Höhen gleich ist, die Aktivität auf Höhe der unteren Rotorspitze aber zwischen 1 bis 215-mal höher ist als auf Gondelhöhe (BACH et al. in Druck). Im WP Georgshof fallen die Unterschiede nicht so stark aus (2017: Durchschnitt: 7,1; Rauhautfledermaus: 6,4; 2018: Durchschnitt: 7,1; Rauhautfledermaus: 8,8; 2019: Durchschnitt: 29,3; Rauhautfledermaus: 22,6), wobei der Unterschied im Jahr 2019 deutlich höher war als in den Vorjahren. Die deutlich erhöhte Aktivität erklärt vermutlich die oben beschriebene Diskrepanz zwischen Schlagrate und Aktivität. Bei der Aktivität auf Höhe der unteren Rotorspitze muss bedacht werden, dass das Mikrophon waagrecht aus dem Mast heraus aufnimmt. Dies bedeutet, dass sich nicht alle aufgenommenen Aktivitäten zwingend im direkten Wirkkreis der Rotoren befinden. So können sich Abendsegler aufgrund ihrer Erfassungsreichweite von 60m auch weitab des Rotors aufgehalten haben. Im Falle der Rauhautfledermaus (Erfassungsreichweite etwa 24m, WEBER et al. 2018) ist aber davon auszugehen, dass sich nur etwa 50% im direkten Wirkungsbereich des Rotors (inklusive des das Barotrauma hervorrufende Druckumfeldes) befunden hat. Aus diesem Grunde wird im Falle der Rauhautfledermaus, die auch der vornehmliche Grund des Mastmikrofones ist, die Hälfte der dortigen Aktivitäten zum Gefährdungsbereich gezählt (bei Abendsegler, Kleinabendsegler, Zweifarbfledermaus und der Gruppe Nyctaloid beträgt dies 10%). Die hier hauptsächlich vorkommenden Arten sind der Abendsegler und die Rauhautfledermaus, welche damit auch die Phänologie dominieren. Vom Abendsegler gibt es Quartierfunde im Wald bei Arle und im Schlosspark

von Dornum, also aus dem näheren Umfeld des Windparks. Die Rauhautfledermaus kommt üblicherweise in küstennahen Gebieten oder entlang der großen Flüsse Elbe, Weser oder Ems (BACH et al. 2009, BACH & BACH 2011a, 2014) vor, auch sie hat Sommerquartiere in Ostfriesland. Typisch für diese Art ist eine Zunahme der Aktivität im August und im September, wie hier auch an den meisten WEA festgestellt wurde, wobei der Fledermauszug im Jahr 2017 und 2019 etwa drei Wochen später eintrat als üblich.

Das Aktivitätsmuster der Jahre 2017-2019 findet seine Entsprechung im Groben in der Literatur. Aus etlichen Quellen ist bekannt, dass der Juli und vor allem der August bzw. teilweise September zu den Monaten hoher Aktivität und damit auch zu den schlagträchtigsten Monaten im Jahr zählen (z.B. BEHR et al. 2011, DÜRR & BACH 2004, DÜRR 2007, RYDELL et al. 2010, BACH & NIERMANN 2010). Es gibt mehrere Faktoren, die diese Zunahme von Fledermauskontakten verursachen können. So können einerseits das Auftreten der flüggen Jungtiere und andererseits die Insektenverteilung in der Landschaft hierfür verantwortlich sein. Auch andere bodennahe Untersuchungen für verschiedenste geplante Windparks und Höhenuntersuchungen auf Nabenhöhe in weiteren Windparks (z.B. BACH & BACH 2010, 2011b, BACH & NIERMANN 2010) zeigen, dass die Aktivität im Offenland ab Mitte Juli stark ansteigt.

Problematisch für die Bewertung und Festlegung von sinnvollen Abschaltzeiten ist, dass das alle drei Jahre eine stark abweichende Aktivität aufweisen (s.o.).

Nächtlicher Aktivitätsverlauf der Fledermäuse

Auf Gondelhöhe zeigt sich 2017 für alle Arten eine eher abendliche Verteilung (bis 2:00 Uhr). Lediglich der Abendsegler hatte in den Morgenstunden einen weiteren kleinen Schwerpunkt. Dies zeigte sich für den Abendsegler wieder im Jahr 2018, aber nicht für die Rauhautfledermaus, die sich dieses Jahr stärker über die gesamte Nacht verteilte. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass die Aktivität auf Nabenhöhe insgesamt sehr gering ist. Auf Höhe der unteren Rotorspitze zeigte sich 2017 eine deutliche Zweigipfligkeit der Aktivität, die sich 2018 und 2019 nicht mehr abbildet.

Auch hier zeigt sich, dass das zweite Mikrofon auf Höhe der unteren Rotorspitze ein anderes, ergänzendes Bild zur Aktivitätsverteilung im Wirkungsbereich der Rotoren bringt als die alleinige Erfassung auf Gondelhöhe (vgl. auch BACH et al. im Druck).

4.2 Akustisches Monitoring - Witterungseinfluss

Die Beziehung zwischen Fledermausaktivität und Witterungseinfluss, die hier diskutiert werden soll, ist schwierig darzustellen. Es zeigt sich ganz allgemein, dass im Gegensatz zu anderen Untersuchungen (z.B. im WP Südmoor, LK Wittmund; BACH & BACH 2018b) die Tiere auf Gondelhöhe und Höhe der unteren Rotorspitze (Mitte) eine relativ ähnliche Verteilung der Aktivität aufweisen. Im Fall der hier untersuchten WEA ist die Aktivität sowohl oben als auch im mittleren Bereich bis etwa 6m/s (2017, 2019) bzw. 7m/s (alle Jahre) nur wenig von der Windgeschwindigkeit beeinflusst. Bezüglich der Temperatur jagte ein relativ hoher Anteil der Rauhautfledermäuse auch unter 11°C. Auch der Abendsegler trat regelmäßig unter 10-11°C auf, sowohl auf Gondelhöhe als auch auf Höhe der unteren Rotorspitze. Damit stellen sich beide Arten (Rauhautfledermaus, Abendsegler) als relativ temperaturtolerant heraus.

In den vorliegenden Ergebnissen aller drei Jahre hat sich die Rauhautfledermaus, gefolgt vom Abendsegler nicht unerwartet als windtoleranteste Art herausgestellt, deren Hauptaktivität zu 95% bei einer Windgeschwindigkeit von $\leq 8,1/s$ und $\geq 9^{\circ}C$ liegt. Beim Abendsegler beträgt dieser Wert 6,9m/s und $\geq 10^{\circ}C$. Vergleicht man die

Aktivitäten in Relation zur Windgeschwindigkeit mit den Ergebnissen der ersten beiden Jahre (BACH & BACH 2019), so zeigt sich, dass die Tiere 2019 bei deutlich geringeren Windgeschwindigkeiten geflogen sind (siehe auch Abb. 9a-c). Andere Untersuchungen (z.B. BEHR et al. 2007, GRUNWALD & SCHÄFER 2007, BACH & BACH 2009, 2016) zeigen ähnliche Ergebnisse wie die hier vorgestellten. Im Falle des Abendseglers und der Rauhaufledermaus entsprechen sich alle Ergebnisse in der Weise, dass hier oberhalb einer Windgeschwindigkeit von etwa 7,5m/s die Aktivität der Arten abnimmt. BEHR et al. (2011) geben an, dass 85% ihrer Gesamtaktivität unterhalb einer Grenze von 5m/s liegt. Dies deckt sich nicht mit den Ergebnissen in der vorliegenden Untersuchung, da die Tiere hier deutlich windtoleranter sind. BEHR et al. (2011) beschreibt die Rauhaufledermaus als deutlich windtoleranter als Zwerg- und Breitflügelfledermäuse, was sich mit unseren Ergebnissen deckt. Als die von Schlag am häufigsten betroffene Art ist ihr besonders Rechnung zu tragen.

4.3 Schlagopfersuche

Die Nachsuche nach verunfallten Tieren ergab keine Schlagopfer, weder Fledermäuse noch Vögel. Kennzeichnend für die Schlagopfersuche im hier vorliegenden Gutachten ist eine vergleichsweise intensive Bearbeitung. In Anbetracht der zu erwartenden Aktivität wurden die Schlagopfersuchen mit einem Nachsuchintervall von drei Tagen durchgeführt (vgl. NIERMANN et al. 2011). Insgesamt wurden durchschnittlich etwa 93% (2018) bzw. 98% (2019) der Fläche eines 50m-Radius abgesucht. Dies stellt im Vergleich zu anderen Untersuchungen einen ausgesprochen guten Wert dar. Je größer die absuchbare Fläche ist, desto geringer wird die statistische Unsicherheit bei der Hochrechnung der Schlagopfer.

Die Feldversuche ergaben zudem, dass die Abtragsrate in Georgshof mit 40% (2018) bzw. 13% (2019) in den ersten drei (relevanten) Nächten stark schwankte. Diese Spannweite fand sich auch im Vergleich mit anderen Abtragsraten aus dem norddeutschen Raum (z.B. BACH & NIERMANN 2010, BACH et al. 2011, BACH & BACH 2014). Im Rahmen des BMU-Projektes wurde für Ostfriesland und Oldenburgische Geest eine mittlere Abtragsrate von etwa 20% ermittelt (NIERMANN et al. 2011), also etwa entsprechend unserem Ergebnis von 2019. In anderen Projekten sind zum Teil erheblich höhere Abtragsraten festgestellt worden. So stellten BEHR & v. HELVERSEN 2006 am Standort „Fröhnd“ fest, dass am zweiten Tag bereits 78% der dunklen Mäuse verschwunden sind. KERNS (2005) registrierten am Standort „Mountaineer“ eine Schwundrate von 88% am dritten Tag. Beispiele mit geringen Schwundraten sind ebenfalls dokumentiert (KERNS et al. 2005 am Standort „Meyersdale“, BEHR & v. HELVERSEN 2005 am Standort „Freiburg“).

Die Sucheeffizienz lag auf einem relativ über dem üblichen Mittel liegenden Niveau (vgl. ARNETT et al. 2011). Für die WEA ohne Schlagopfer ergibt die Hochrechnung der Schlagopferzahlen aus Georgshof einen Wert von ca. 0,7 bzw. 0,2 Tiere/WEA/Untersuchungszeitraum, was vor allem an den günstigen Suchbedingungen lag. Diese Zahl liegt deutlich unterhalb der im BMU-Bericht landesweit angegebenen Quote von 9,5 Tieren/WEA/Jahr (NIERMANN et al. 2011), und dem Wert von 1,2 Tiere/WEA/Jahr für England. Sie lag in etwa in den von RYDELL et al. 2010 angegebenen Werte von 0,4 Tiere/WEA/Jahr in Nordwestdeutschland (aber bis zu 3,1 Tiere/WEA/Jahr an der Küste). Eine Zusammenstellung verschiedener Windparks in Nordwestdeutschland mit einem vergleichbaren Untersuchungsrahmen ergab eine durchschnittliche Zahl von 3,5 toten Fledermäusen/WEA/Untersuchungszeitraum (BACH et al. 2015).

4.4 Fazit

Grundlage für eine Bewertung der Ergebnisse und möglicher Abschaltungen sind die Erkenntnisse aus dem BMU-Projekt RENEBA (BRINKMANN et al. 2011, BEHR et al. 2015), wonach etwa alle 100 Kontakte auf Gondelhöhe mit einem Schlagopfer des Abendseglers zu rechnen ist. Da in beiden Studien keine verwertbaren Korrelationen bezüglich der Rauhautfledermaus und Abendsegler im Küstenbereich erfolgen konnten (BEHR et al. 2015), sollen hierzu allerdings eigene Auswertungen zum Schlagrisiko hinzugezogen werden. Diese besagen, dass etwa alle 27 Kontakte (besetzte Minutenintervalle) auf Gondelhöhe mit einem Schlagopfer der Rauhautfledermaus zu rechnen ist (verändert nach BACH et al. im Druck b). Von der UNB gilt als grobe Vorgabe, dass die sich im Betrieb befindlichen WEA keinen oder einen Schlag von etwa 0,5 Tiere/WEA/Jahr aufweisen dürfen, um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen.

An den drei WEA wurden in den beiden Untersuchungsjahren insgesamt folgende Aktivitäten (besetzte Minutenintervalle) windempfindlicher Arten erfasst:

- 50 Abendsegler/Kleinabendsegler/Nyctaloide und 10 Rauhautfledermäuse an der WEA 1
- 86 Abendsegler/Kleinabendsegler/Nyctaloide und 13 Rauhautfledermäuse an der WEA 3
- 26 Abendsegler/Kleinabendsegler/Nyctaloide und 16 Rauhautfledermäuse an der WEA 4

Würden die drei WEA ohne Abschaltungen laufen, müsste man laut BRINKMANN et al. (2011) bzw. BACH et al. (2019) mit folgenden Schlagopfern/WEA/Jahr rechnen:

- ca. 0,2 Abendseglern/Nyctaloiden und ca. 0,1 Rauhautfledermäusen an WEA 1
- ca. 0,3 Abendseglern/Nyctaloiden und ca. 0,2 Rauhautfledermäusen an WEA 3
- ca. 0,1 Abendseglern/Nyctaloiden und ca. 0,2 Rauhautfledermäusen an WEA 4

Nach den ermittelten Daten wird lediglich an WEA 3 die 0,5 Schlagopfer/WEA/Jahr-Grenze erreicht, aber auch nicht überschritten. Die beiden anderen WEA liegen mit der jeweiligen Schlagrate unterhalb der 0,5-Signifikanzgrenze.

Aus diesem Grunde sind keine Abschaltungen der WEA notwendig. Diese Befunde stimmen überein mit den Ergebnissen der Schlagopfersuche.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Im Jahr 2017, 2018 und 2019 wurde an vier WEA (2019 nur drei WEA) im Windpark Georgshof ein Fledermaus-Monitoring, bestehend aus akustischer Aktivitätserfassung in Nabenhöhe und etwa auf Höhe der unteren Rotorspitze (schon im Wirkungsbereich der Rotoren) durchgeführt. Insgesamt wurden sechs Arten (Abendsegler, Kleinabendsegler Breitflügel-, Zweifarb-, Rauhaut-, Zwergfledermaus) und die Artengruppe Langohr im UG nachgewiesen, der Kleinabendsegler und die Zweifarbfledermaus erstmalig im Jahr 2019. Zusätzlich wurden einige wenige, nicht näher bestimmbare Minuten-Intervalle der Artengruppe Nyctaloid (bestehend aus Abendsegler, Kleinabendsegler, Zweifarb-, Breitflügelfledermaus) festgestellt. Die akustisch dominierenden Arten waren der Abendsegler und die Rauhautfledermaus.

Im Jahr 2019 war die Aktivität auf Gondelhöhe bei der WEA 3 höher als in den vorangegangenen Jahren, bei der WEA 1 etwas niedriger und bei der WEA 4 gleichbleibend auf niedrigem Niveau. Dieses Untersuchungsjahr zeichnete sich dadurch aus, dass die Aktivität in der Höhe der unteren Rotorspitze etwas höher (WEA 4) bis deutlich höher lag, als die Jahre zuvor. Dies zeigt sich auch im Verhältnis der beiden Mikros. So liegt das Verhältnis zwischen Mitte und Gondelhöhe bei WEA 3 nur bei dem 3fachen, aber bei WEA 4 bei den 644fachen. Hierzu muss beachtet werden, dass gerade an WEA 4 86% der Aktivität auf unterer Rotorspitze an drei Tagen Ende August stattfand (s.u.)

Die saisonalen Aktivitäten an den drei untersuchten im Jahr 2019 WEA (1, 3 und 4) variierte sehr stark zwischen den Jahren, die Verteilung der Aktivitäten über die Nacht schwankte weniger stark.

Im Jahr 2019 waren die Fledermäuse auf Gondelhöhe bei geringeren Windgeschwindigkeiten aktiv auf Höhe der unteren Rotorspitze. Eine Verschneidung beider Aktivitäten (Nabenhöhe und Höhe unterer Rotorspitze) der drei WEA aus allen drei Jahren mit Windgeschwindigkeit und Temperatur ergab, dass die meisten Aktivitäten bis etwa 6-7m/s und oberhalb 10°C an den WEA geflogen sind.

Die Nachsuche nach verunfallten Tieren ergab keine Funde. Die durch die Absuchbarkeit, Sucheffizienz und Abtragsrate ermittelte Hochrechnung ergab im Jahr 2018 den Wert von 0,7 Tiere /WEA /Jahr (WEA 1-4) bzw. im Jahr 2019 den Wert von 0,2 Tiere/WEA/Jahr, die übersehen worden sein könnten.

Infolge der geringen Aktivitäten und der Ergebnisse der Schlagopfersuche liegt die Schlagopferate je WEA \leq 0,5 Tiere/WEA/Jahr. Damit sind keine Abschaltzeiten vorzusehen.

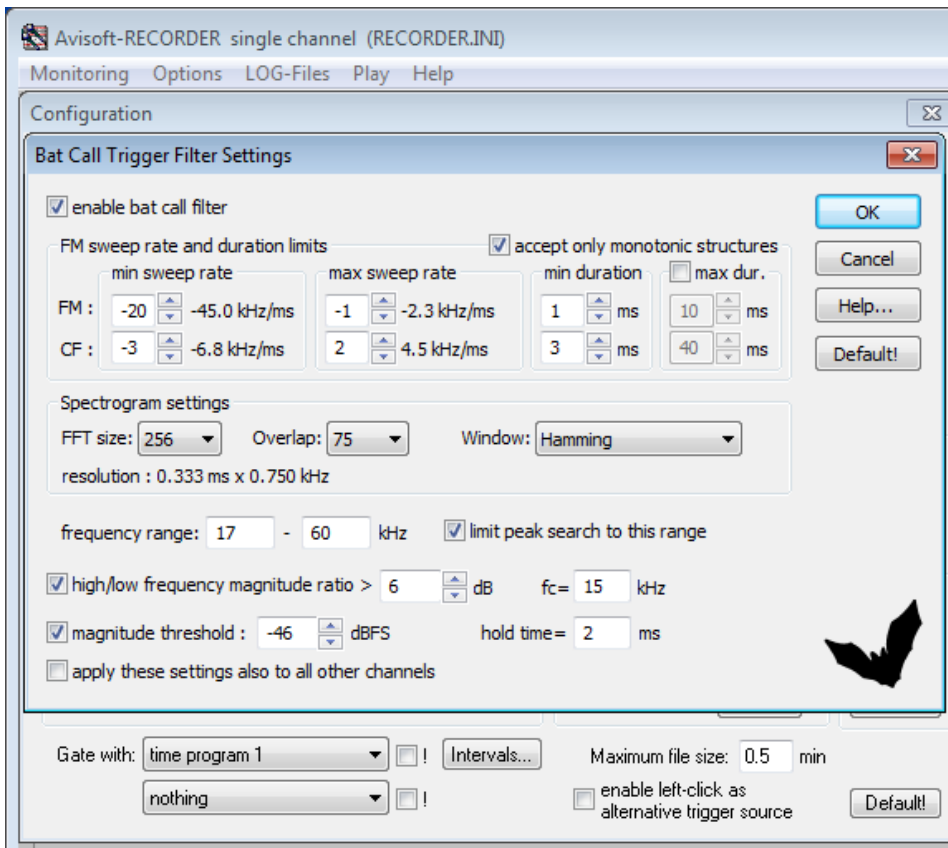
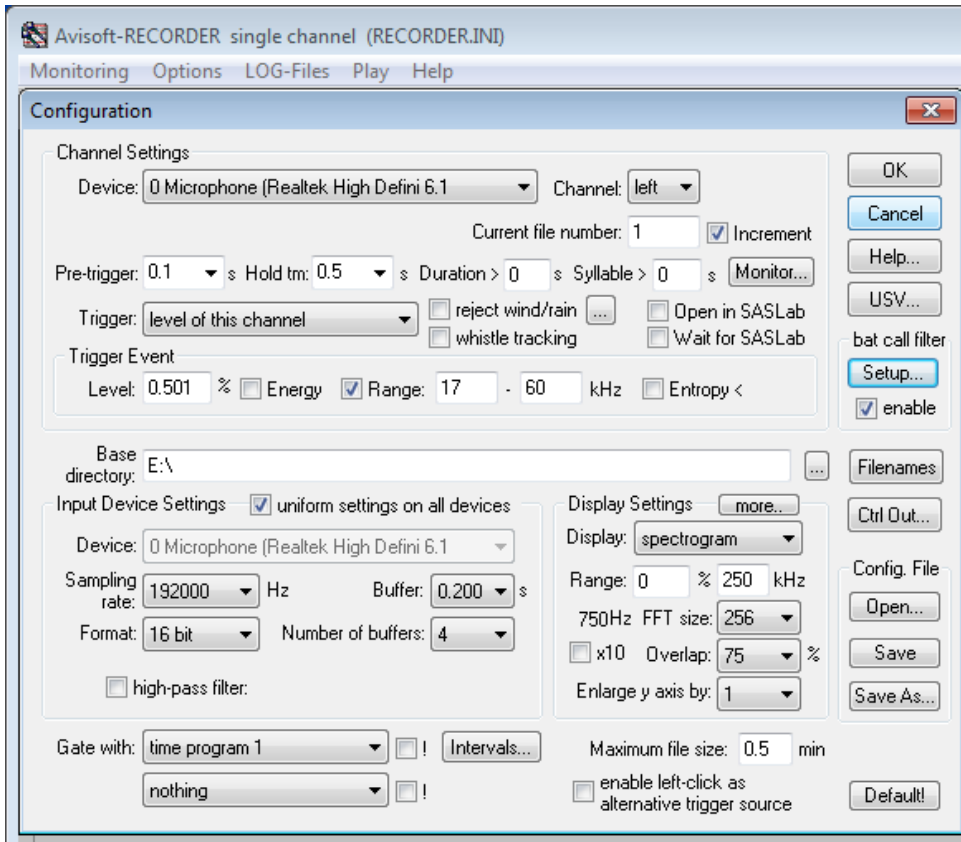
6. LITERATUR

- Ahlén, I. & H. J. Baagøe (1999):** Use of ultrasound detectors for bat studies in Europe – experiences from field identification, surveys and monitoring. *Acta Chiropterologica*, 1:137-150.
- Arnett, E., W.K. Brown, W.P. Erickson, J.K. Fiedler, B.L. Hamilton, T.H. Henry, A. Jain, G.D. Johnson, J. Kerns, R.R. Koford, C.P. Nicholson, T.J. O’Connel, M.D. Piorkowski & R.D. Tankersley (2008):** Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. - *J. Wildl. Manag.* 72(1): 61-78.
- Bach, L. & P. Bach (2009):** Einfluss der Windgeschwindigkeit auf die Aktivität von Fledermäusen. – *Nyctalus* 14, Heft 1-2: 3-13.
- Bach, L. & P. Bach (2010):** Fachbeitrag Fledermäuse zum potentiellen Windparkstandort Großefehn. – unveröff. Bericht i.A. Gemeinde Großefehn: 1-122.
- Bach, L. & P. Bach (2011a):** Fachstellungnahme Fledermäuse zur Windparkplanung Schottwarden. – unveröff. Gutachten i.A. IBL: 59 Seiten.
- Bach, L. & P. Bach (2011b):** Fachstellungnahme Fledermäuse Windparkplanung Midlum. – unveröff. Gutachten i.A. BIC Wind Midlum GmbH & Co. KG: 1-56.
- Bach, P. & L. Bach (2014):** Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Ellenserdammsiel, Zwischenbericht 2012 – unveröff. Gutachten i.A. MAIBARA GmbH & Co. KG: 34 Seiten.
- Bach, L. & P. Bach (2016):** Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Spolsen Gondelmonitoring und Schlagsuche - Endbericht 2015 – unveröff. Gutachten i.A. Planungsbüro Diekmann & Mosebach: 40 Seiten.
- Bach L., P. Bach & W. Dormann (2014a):** Fachbeitrag Fledermäuse zum Windparkstandort Schütting. – Gondelmonitoring und Schlagsuche - unveröff. Gutachten i.A. FPJ Windpark Schütting Netz und Wege GmbH & Co. KG: 32 Seiten.
- Bach, P. & L. Bach, F. Sinning (2014b):** Monitoring der Fledermausaktivität und Schlagopfersuche im Windpark Thransheide, Endbericht 2013 - unveröff. Gutachten i.A. Windfarm Thransheide GmbH & Co. KG: 46 Seiten.
- Bach, L. & P. Bach (2018):** Fledermausmonitoring im Windpark Südmoor, - Bericht 2017 – unveröff. Gutachten i.A. Norderland Naturstrom GmbH: 30 Seiten.
- Bach, L. & P. Bach (2019):** Fledermausmonitoring im Windpark Georgshof, - Endbericht 2018 – unveröff. Gutachten i.A. Windpark-Georgshof II GmbH & Co. KG: 35 Seiten.
- Bach, L. & I. Niermann (2010):** Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Langwedel – Endbericht 2010.- unveröff. Gutachten i.A. PNE Wind AG: 1-72.
- Bach, P., L. Bach & K. Eckschmitt (2015):** Activities and fatalities of *Nathusius’ pipistrelles* at different wind farms in Northwest Germany. - Vortrag auf der CWW2015, 110.-12. March 2015, Berlin, Germany, Book of Abstracts: 16.
- Bach, L., P. Bach, A. Helge, K. Maatz, V. Schwarz, M. Teuscher & J. Zöller (2009):** Fledermauszug auf Wangerooge – erste Ergebnisse aus dem Jahr 2008. – *Natur- und Umweltschutz (Zeitschrift Mellumrat)* Band 8, Heft 1: 10-12.
- Bach, L., P. Bach & R. Kesel (2019):** Akustisches Monitoring von Raufhautfledermaus an Windenergieanlagen: Ist ein zweites Ultraschallmikrofon am Turm notwendig? - In: *Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben* (Hrsg. Voigt, C.C.).
- Behr, O. & O. von Helversen (2005):** Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen. Wirkungskontrolle zum Windpark „Roskopf“ (Freiburg i. Br.). – unveröff. Gutachten: 37 Seiten + Karten.
- Behr, O. & O. von Helversen (2006):** Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen. Wirkungskontrolle zum Windpark „Roskopf“ (Freiburg i. Br.) im Jahre 2005. – Unveröff. Gutachten: 32 Seiten + Karten.
- Behr, O., R. Brinkmann, I. Niermann & F. Korner-Nievergelt (2011):** Akustische Erfassung der Fledermausaktivität 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, 177-286, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Behr, O., R. Brinkmann, F. Korner-Nievergelt, M. Nagy, I. Niermann, M. Reich & R. Simon (2015):** Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT II). – Institut für Umweltplanung, Hannover, Umwelt und Raum Bd. 7: 386 S.

- Brinkmann, R., H. Schauer-Weissahn & F. Bontadina (2006):** Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. – Unveröff. Gutachten für das Regierungspräsidium, 66 S.
- Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich (Hrsg.) (2011):** Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. – Umwelt und Raum Bd. 4, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Dürr, T. (2007):** Die bundesweite Kartei zur Dokumentation von Fledermausverlusten an Windenergieanlagen – ein Rückblick auf 5 Jahre Datenerfassung. – Nyctalus Bd. 12 Heft 2-3 S. 108-115
- Dürr, T. & L. Bach (2004):** Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen – Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. – Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz Band 7: 253-264.
- Grunwald, T. & F. Schäfer (2007):** Aktivität von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen am bestehenden WEA in Südwestdeutschland. - Nyctalus 12(2-3): 182-198.
- Hochradel, K., U. Adomeit, N. Heinze, M. Nagy, F. Stiller & O. Behr (2015):** Wärmeoptische 3D-Erfassung von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen. – In: Behr, O., R. Brinkmann, F. Korner-Nievergelt, M. Nagy, I. Niermann, M. Reich & R. Simon (Hrsg.): Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT II). – Umwelt und Raum Bd. 7, 81-100, Institut für Umweltplanung, Hannover.
- Kerns, J. (2005):** Preliminary fatality results – mountaineer wind energy center, WV. Unveröff. Präsentation BCI Meeting 2005 Austin, Texas
- 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., 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, 323-353, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Kulzer, E., H.V. Bastian & M. Fiedler (1987):** Fledermäuse in Baden-Württemberg – Beih. Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Ba.-Württ. 50: 1-152.
- Meinig, H., P. Boye & R. Hutterer (2009):** Rote Liste und Gesamtartenliste der Säugetiere (Mammalia) Deutschlands – Stand Oktober 2008. In: Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (1): 115-153.
- Niermann, I., R. Brinkmann, F. Korner-Nievergelt & O. Behr (2011):** Systematische Schlagopfersuche – Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. – 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, 40-115, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- NLWKN (in Vorb.):** Rote Liste der Fledermäuse Niedersachsens.
- Roer, H. (1977):** Zur Populationsentwicklung der Fledermäuse (Mammalia, Chiroptera) in der Bundesrepublik Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Situation im Rheinland – Z. f. Säugetierkunde 42: 265-278.
- Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M-J., Green, M., Rodrigues, L. & A. Hedenström (2010):** Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. – Acta Chiropterologica 12(2): 261-274.
- Skiba, R. (2003):** Europäische Fledermäuse. – Die Neue Brehmebücherei Heft 648, Westarp Wissenschaften: 212 Seiten.
- 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.: 31-58.

ANHANG

I. Screenshot der Einstellungen im Avisoft-Detektor-System



II. Suchtermine 2018 und 2019

Mai	Juni	August	September	Oktober
	03.06.2018		01.09.2018	01.10.2018
	06.06.2018		04.09.2018	04.10.2018
	09.06.2018		07.09.2018	07.10.2018
	12.06.2018		10.09.2018	10.10.2018
	15.06.2018	14.08.2018	13.09.2018	13.10.2018
	18.06.2018	17.08.2018	16.09.2018	16.10.2018
	21.06.2018	20.08.2018	19.09.2018	
	24.06.2018	23.08.2018	22.09.2018	
	27.06.2018	26.08.2018	25.09.2018	
31.05.2018	30.06.2018	29.08.2018	28.09.2018	

April	Mai	Juni	August	September	Oktober
	02.05.2019	01.06.2019	03.08.2019	02.09.2019	02.10.2019
	05.05.2019	04.06.2019	06.08.2019	05.09.2019	05.10.2019
	08.05.2019	07.06.2019	09.08.2019	08.09.2019	08.10.2019
	11.05.2019	10.06.2019	12.08.2019	11.09.2019	11.10.2019
	14.05.2019	13.06.2019	15.08.2019	14.09.2019	14.10.2019
	17.05.2019	16.06.2019	18.08.2019	17.09.2019	
	20.05.2019		21.08.2019	20.09.2019	
23.04.2019	23.05.2019		24.08.2019	23.09.2019	
26.04.2019	26.05.2019		27.08.2019	26.09.2019	
29.04.2019	29.05.2019		30.08.2019	29.09.2019	

III. Erfassungsradien Abendsegler

VI. Erfassungsradien Rauhautfledermaus

