

---

## Erfassung von Fledermäusen im Gut Krauscha



### 1. Zwischenbericht (Saison 2023)

---

**Ein Projekt im Auftrag von:**

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



Freistaat  
**SACHSEN**

Leipzig, November 2023

**Auftraggeber:** Sächsisches Landesamt für Umwelt,  
Landwirtschaft und Geologie  
Pillnitzer Platz 3  
01326 Dresden

**Auftragnehmer:** hochfrequent – Meisel & Roßner GbR  
Paul-Heyse-Str. 1  
04347 Leipzig

**Bearbeitung:** Dipl.-Geogr. Marco Roßner (Koordination, Erfassung/Analyse, Bericht)  
Dipl.-Biol. Sarah Roßner (Erfassung)

**Bearbeitungszeitraum:** 01.05.2023 – 30.11.2023

**Datum/Unterschrift:** 30.11.2023



---

# Inhalt

<b>1 Anlass u. Aufgabenstellung .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Methodik.....</b>	<b>4</b>
2.1 Vorgehensweise/Termine .....	4
2.2 Erfassungsstandorte .....	5
2.3 Datenerfassung/-analyse .....	8
2.3.1 Erfassungstechnik .....	8
2.3.2 Rufanalytik .....	8
2.3.3 Aktive Minuten .....	9
2.3.4 Rufgilden.....	9
2.3.5 Datenhaltung .....	10
<b>3 Ergebnisse.....</b>	<b>11</b>
3.1 Artenspektrum .....	11
3.2 Vergleich Aktivitätsdichten .....	13
3.3 Phänologie .....	15
<b>4 Ausblick.....</b>	<b>17</b>
<b>5 Literatur .....</b>	<b>17</b>

# 1 Anlass u. Aufgabenstellung

Begleitend zur Errichtung einer bifazialen Agro-Photovoltaikanlage auf Flächen eines Ökobetriebes in Klein-Krauscha (Gemeinde Neißeau, Landkreis Görlitz) werden die Auswirkungen auf Tier- und Pflanzenarten durch das LfULG untersucht.

Bei der Artengruppe der Fledermäuse steht dabei die Frage im Raum, ob die vertikal aufgestellten Solarmodule...

- A) ... die **Jagdaktivität** der Tiere signifikant beeinflussen (z.B. durch Veränderungen bei Biomasse/Zusammensetzung der Arthropoden-Fauna, Windschatten-Effekte), und/oder ...
- B) ... die künstlichen Objekte als faktische **Leitstrukturen** dienen und damit die Aktivität v.a. der stärker strukturgebundenen Fledermausarten<sup>1</sup> nach Fertigstellung ggf. steigt.

Im Gegensatz zur Windenergieanlagen (WEA) sind die **Auswirkungen von Photovoltaik-Anlagen (PVA) auf Fledermäuse** bislang nur sehr rudimentär erforscht. Das dürfte u.a. daran liegen, dass PVA bislang nicht im Verdacht standen, betriebsbedingte Individuenverluste in erheblichem Ausmaß zu verursachen. Zudem wurden PVA bislang i.d.R. im Freiland realisiert. Waldflächen als besonders wertgebende Fledermauslebensräume blieben ausgespart, sodass essenzielle Nahrungs- und Quartierhabitate bis dato zumeist nur bei der Umnutzung ehemaliger Industrie- und Militäranlagen zur Disposition standen. Die schnellstmögliche Dekarbonisierung der Energieversorgung wird die Flächenkonkurrenz und damit auch mögliche Artenschutzkonflikte aber voraussichtlich verschärfen, sodass auch für diese Energieversorgungsart dringend evidenzbasierte Erkenntnisse zur Wirkung auf die streng geschützte und in Teilen stark bedrohte Artengruppe erforderlich werden.

In den wenigen hierzu verfügbaren Feldstudien aus Ungarn (SZABADI ET AL. 2023) und England (TINSLEY ET AL. 2023) wird im Vergleich zu Kontrollstandorten auf geringere Aktivitäten über bzw. an PVA für mehrere Arten/Gattungen hingewiesen. Die Erfassungen basieren dabei jeweils auf kurzen Aufzeichnungsperioden von 1 – 7 Nächten pro Standort in der zweiten Jahreshälfte, sodass große Teile der Hauptaktivitätsphase der Tiere bisher unberücksichtigt sind. Auch gibt es keine stichhaltigen Erkenntnisse zur Wirkung unterschiedlicher Aufständungen der Module. Das Projekt in Krauscha hat also durchaus Modellcharakter, indem es Informationen für eine aktuell weniger verbreitete Variante der Modulinstallation liefern wird. Gleichzeitig wird versucht, durch die Wahl einer angepassten Methodik fachlich und statistisch wesentlich belastbarere Aussagen zu generieren (siehe Kap. 2).

Die **Erfassungssaison in 2023** sollte in diesem Zusammenhang als Testphase dienen, um Handling, Betreuungsaufwand und Datenqualität der gewählten Methodik zu testen sowie erste Basisinformationen zum Artenspektrum und den zu erwartenden Aktivitätsniveaus zu erhalten. Der vorliegende **Zwischenbericht** stellt hierzu Vorgehensweise, methodische Details und erste Ergebnisse in zusammengefasster Form vor.

## 2 Methodik

### 2.1 Vorgehensweise/Termine

Gemäß abgestimmter Aufgabenstellung werden Fledermäuse im Projekt mit systematischen **bioakustischen Daueruntersuchungen** während der Hauptaktivitätsperiode von April – Oktober auf der zukünftigen PV-Fläche (Standort „KRA01“) und einer nahegelegenen Referenzfläche („KRA02“) erfasst. Dieses Untersuchungsdesign soll einerseits statistisch belastbare Vergleiche unter Einbeziehung der parallelen Insekten-Erfassung ermöglichen, gleichzeitig aber auch der phänologischen Variabilität bei Raumnutzung und Aktivitäten der Fledermäuse Rechnung tragen.

Die Dauererfassungsmethodik wird seit 2013 durch die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und

<sup>1</sup> Arten, die morphologisch und sensorisch stärker auf den Flug in hindernisreichen Umgebungen angepasst sind, dafür offene Lebensräume ohne entsprechende Vegetations-/Leitstrukturen aber eher selten nutzen

Landwirtschaft (BfUL) in einem bioakustischen Messnetz (*BioMess*) in Zusammenarbeit mit den Bearbeitenden erprobt und sukzessive für den Einsatz im FFH-Monitoring standardisiert. Das *BioMess* der BfUL besteht aktuell aus 5 Stationen. Weitere Standorte sind über den Staatsbetrieb Sachsenforst im Wermsdorfer Wald (3 Stck. seit 2019) und im Nationalpark Sächsische Schweiz (4 Stck., seit 2022) im Betrieb, sodass die Daten aus Krauscha jeweils auch mit Ergebnissen aus anderen Naturräumen und Biotopen (Fließgewässer, Wald) verglichen werden können.

Bisherige Daten aus dem *BioMess* zeigen klar, dass sich die Länge der Erfassungsperiode positiv auf die qualitative Nachweiswahrscheinlichkeit akustisch weniger auffälliger und/oder seltener Arten auswirkt (siehe z.B. letzter Jahresbericht, HOCHFREQUENT GBR 2023). Mit Blick auf die hier zu analysierenden Einflüsse der PV-Anlage bieten reine Präsenz-/Absenz-Daten aber keine ausreichende Grundlage für stichhaltige Aussagen bzgl. positiver oder negativer Wirkungen. Erst eine +/- durchgängige Aufzeichnung über die gesamte Saison erlaubt die quantitative Einordnung von Aktivitätswerten sowohl innerhalb einer Erfassungsperiode als auch zwischen unterschiedlichen Jahren. Im *BioMess* sind durchaus starke Schwankungen der Messwerte zu beobachten. Hier spielt einerseits die Witterung in bestimmten Phasen eine große Rolle. Aber auch andere, quantitativ bislang noch nicht hinreichend isolierten Faktoren beeinflussen die Aktivitätsdichten enorm. Dieses noch recht hohe „Rauschen“ in den Daten muss daher durch lange Erfassungszeiten und große Datenmengen nivelliert werden, um Trendaussagen zuzulassen.

Der aktuelle Stand der Technik macht akustische Dauererfassungen dafür aber auch in größerem Maßstab praktikabel. Die auch in der gutachterlichen Tätigkeit heutzutage zum Standard gehörenden Geräte arbeiten zuverlässig und – gerade an sonnenexponierten Standorten – in hohem Maße autark. Durch automatisierte Voranalysen mit der zugehörigen Software sind auch größere Datenmengen noch gut beherrschbar.

Die nachfolgenden Kapitel geben Detailinformationen zur Erfassungsmethodik und Datenanalyse.

## 2.2 Erfassungsstandorte

In enger Abstimmung mit dem LfULG wurden die Standorte auf den beiden Untersuchungsschlägen so angelegt, dass die Messwerte möglichst wenig von den Feldrandstrukturen beeinflusst werden.

Waldränder und lineare Elemente im Offenland sind attraktive Jagdhabitats und Leitstrukturen, sodass hier regelmäßige höhere Aktivitäten zu erwarten sind als in der umliegenden Landschaftsmatrix (ENTWISTLE ET AL. 1996; VERBOOM & HUITEMA 1997; DOWNS & RACEY 2006; FREY-EHRENBOLD ET AL. 2013; KELM ET AL. 2014; HEIM ET AL. 2015). Im Umkehrschluss sinkt die nachweisbare Artenvielfalt und Aktivitätsdichte im Offenland in zunehmender Entfernung von solchen Elementen. Vor allem die stärker strukturgebundenen Arten, die auf die Insektenjagd im Randbereich („edge-space“) bzw. in der Vegetation („narrow-space“) mit unterschiedlichen Strategien spezialisiert sind (DENZINGER & SCHNITZLER 2013), sind daher bereits in Entfernungen von > 50 m deutlich seltener aktiv (KELM ET AL. 2014). Bei den heimischen Fledermäusen gehören hierzu vor allem die Arten aus den Gattungen *Plecotus*, *Myotis*, *Barbastella*, *Pipistrellus* und *Eptesicus*. Arten mit Anpassung an den Flug im freien Luftraum („open-space-forager“, Gattungen *Nyctalus* u. *Vespertilio*) sind dagegen auch in Entfernungen von > 100 m häufiger aktiv, wobei hier die umgebende Landschaftsstruktur inkl. Waldanteil Einflüsse auf die Aktivitätshöhe hat.

Mit diesen Informationen im Hintergrund wurden die Standorte auf den beiden Untersuchungsplots in Entfernungen von mind. 120 m zur nächstgelegenen Waldrand-/Heckenstruktur angelegt (siehe **Abbildung 1**). Demzufolge sind vorab sehr geringe Aktivitäten strukturgebundener Arten zu erwarten, während Arten des freien Luftraums die Aufzeichnungen dominieren dürften. Einflüsse der späteren „künstlichen Strukturierung“ der PV-Fläche sollten sich so möglichst isoliert untersuchen lassen.



Abbildung 1 Übersichtskarte Standorte



**Abbildung 2**

Untersuchungsaufbau PV-Fläche mit batCorder an Teleskopmast, im Hintergrund der Waldrand südlich des Standortes



**Abbildung 3**

räumlicher Kontext batCorder und Malaise-Falle auf der PV-Fläche



**Abbildung 4**

Untersuchungsaufbau Referenzschlag mit Malaise-Falle und batCorder in direkter Nachbarschaft

## 2.3 Datenerfassung/-analyse

### 2.3.1 Erfassungstechnik

Für Dauererfassungen werden Systeme vom Typ **batCorder** (ecoObs GmbH) eingesetzt. Diese sind als automatisierte Horchboxen auf den Dauereinsatz angepasst und werden auch im *BioMess* standardmäßig eingesetzt. Im Vergleich zu anderen marktüblichen Ultraschalldetektoren zeichnet sich der batCorder durch eine sehr hohe Aufnahmequalität (Samplerate 500 kHz) aus, was sich positiv auf Nachweiswahrscheinlichkeiten und Bestimmungssicherheiten für schwieriger zu trennende Arten auswirkt. Auch das Software-Ökosystem mit „bcAdmin“ (Datenbank zur Verwaltung), batIdent (statistische Voranalyse/Artbestimmung) und bcAnalyze (manuelle Rufbestimmung/Nachkontrolle) hat sich im *BioMess* als praktikabel für den Umgang mit großen Datenmengen erwiesen.

Der Aufbau in den beiden Untersuchungsfeldern erfolgte mittels Teleskopmasten, an denen die Aufzeichnungsgeräte inkl. Schutzbox und Solarpanel auf einer Höhe von 4 m über Gelände montiert werden (**Abbildung 2**). Durch diesen Abstand zum Boden werden Echos der Ultraschalllaute in den Aufzeichnungen verringert. Die Teleskopmechanik erlaubt eine einfache Zugänglichkeit für Wartung und Datenauslese. Die Geräte werden auf **feste Start-/Stopp-Zeiten** pro Nacht vorprogrammiert und arbeiten danach automatisiert. Grundlegende Informationen zu Stromversorgung, verbleibendem Speicherplatz und Mikrofonsensitivität werden über tägliche Status-SMS versendet, sodass Betreuungstermine auf ein Minimum reduziert werden können. Die gerätespezifischen **Aufnahme-Parameter**<sup>2</sup> gleichen denen des *BioMess*, um Vergleichbarkeit und eine spätere Integration der Ergebnisse zu gewährleisten. Parallel wurden die **Lufttemperaturen** mit einem **Datenlogger** vom Typ HOBO® U23 Pro (Fa. Onset) im Umfeld (Schattenseite einer Hecke) erfasst, um die akustischen Aufzeichnungen mit einem grundlegenden Witterungsparameter referenzieren zu können. Auch dieses Vorgehen gleicht der *BioMess*-Methodik.

Insgesamt lief die **Erfassung** lief in der „Testseason“ 2023 im **Zeitraum 20.06. – 31.10. (= 134 Nächte)**. Erfreulicherweise sind **keine technischen Ausfälle** aufgetreten, sodass mithin vollständige Datensets zur Verfügung stehen.

### 2.3.2 Rufanalytik

Die oben angesprochene automatisierte Rufanalyse des batCorder-Systems hat den Vorteil, dass die (z.T. sehr zahlreichen) Aufnahmen bereits sehr effektiv vorsortiert werden. Experimentelle Studien zeigen, dass Automatik mit einer „Trefferquote“ von ~ 75 % bereits die korrekte Artzuweisung vornimmt (BRABANT ET AL. 2018). Für Monitoring-Programme mit großen Datenmengen und langen Bezugszeiträumen sind solche Unschärfen weniger entscheidend als bei räumlich/zeitlich kleiner angelegten Studien. Dennoch werden die Daten in einem zweiten Schritt manuell geprüft. Das dient insbesondere zur Bereinigung einiger bekannter systematischer Fehler, zur Validierung des Artenspektrums und zur allgemeinen Qualitätskontrolle. Im Zuge der Methodenentwicklung des *BioMess* wurde hierzu eine aufwandsoptimierte Vorgehensweise mit folgenden Korrekturschritten erarbeitet, die auch im vorliegenden Projekt zum Einsatz kommt:

1. **Prüfung/Korrektur** der im Naturraum nicht in Frage kommenden, bislang nicht nachgewiesenen bzw. sehr seltenen Arten für die jeweiligen Daten unter Nutzung einschlägiger Bestimmungsliteratur (SKIBA 2003; BARATAUD ET AL. 2015; BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (LFU) 2021, 2022; RUSS 2021).
2. **Stichprobenkontrolle** der häufigen, weit verbreiteten Arten auf **Bestimmungsqualität**. Ebenso Stichproben-Prüfung (ca. 10%) von Sequenzen mit automatischer Zuordnung als „*Spec.*“ und „*Pipistrelloid*“ zur Einschätzung der Datenqualität (systematische Fehler +/- konstant?).
3. **Zeitliche Normierung** der Aufnahmen-Summen für jede Standort-Datum-Kombination auf **aktive Minuten ( $A_{min}$ )** als Messgröße der **Aktivitätsdichte**.

<sup>2</sup> Quality = 20; Threshold = -27dB; Posttrigger = 600 ms, Critical Frequency = 16 kHz

### 2.3.3 Aktive Minuten

Die im Punkt 3 benannte zeitliche Normierung ist ein entscheidender Schritt der Daten-Aggregation, der v.a. methodische und physikalische Limitierungen behandelt. Ultraschallerfassungen haben auch bei systematischer Vorgehensweise immer einen nicht zu unterschätzenden Stichprobencharakter. Fledermäuse agieren trotz traditioneller Bindung an bestimmte Habitate oder Verbundstrukturen mitunter sehr opportun (z.B. Nutzung temporärer Insektenvorkommen, Reaktion auf Artgenossen, Nutzung Windschatten hinter Gehölzreihen...). Kleinräumige Verlagerungen tatsächlicher Flugwege und eine mitunter diffus wirkende Raumnutzung sind nicht untypisch. Daher schwanken die reinen Kontakt-/Aufnahmezahlen zwischen den Begehungsterminen i.d.R. auch bei konstanter Präsenz der Tiere in einem bestimmten Habitat<sup>3</sup>. Hinzu kommt, dass die verschiedenen Arten **unterschiedlich laute Ortungsrufe** besitzen. Leise rufende Arten (z.B. Bechsteinfledermaus, Kleine Hufeisennase, Braunes/Graues Langohr, Fransenfledermaus) sind gegenüber den „lauten“ Arten (z.B. Großer Abendsegler, Zwergfledermaus, Breitfügfledermaus) bei Erfassungen daher i.d.R. unterrepräsentiert - die Habitatbedeutung kann auf Grund sehr weniger Aufzeichnungen daher schnell unterschätzt werden. Letztlich sind die **Detektoren** selbst ein Faktor, da der eingesetzte Gerätetyp, die Qualität und Kalibrierungsstatus des Mikrofons sowie einige Geräte-Einstellungen die Anzahl der registrierten und aufgenommenen Fledermauskontakte entscheidend beeinflussen.

Anstelle unspezifischer „Aufnahmezahlen“ oder „Rufkontakte“ wird daher die **„aktive Minute“** ( $A_{\min}$ ) als **Grundeinheit für die Aktivitätsdichte** genutzt. Als  $A_{\min}$  gilt eine Minute, in der mindestens ein Ultraschallkontakt (Einzelruf oder Rufsequenz) als Beleg für einen Überflug einer Fledermaus am jeweiligen Standort aufgezeichnet wurde. Mehrere Kontakte oder Rufsequenzen innerhalb einer Minute werden auf diese Weise zusammengefasst. Längere Aufenthalte an einem Standort als Indiz für Jagdaktivitäten sind dabei weiterhin mit erhöhten  $A_{\min}$ -Werten erkennbar. Kurzzeitige Aktivitäten, die i.d.R. Regel auf diffuse Nutzung des Habitats oder Transferflüge zwischen Teillebensräumen hindeuten, führend dementsprechend zu niedrigeren Werten. Diese Vorgehensweise hilft auch, die stark abweichenden Nachweiswahrscheinlichkeiten für die unterschiedlich laut rufenden Arten auszugleichen: So hat Überflug einer Zwergfledermaus, bei dem meist mehrere Aufnahmedateien innerhalb einer Minute entstehen, denselben Wert im Aktivitätsindex ( $= 1 A_{\min}$ ), wie die Einzelaufnahme des mit wesentlich geringerer Wahrscheinlichkeit detektierbaren Braunen Langohrs.

### 2.3.4 Rufgilden

Für einige vergleichende Analysen werden Aktivitäten in **Rufgilden** wie von Frey-Ehrenbold et al. (2013) vorgeschlagen zusammengefasst. Diese Gilden bilden „Wahrnehmungsreichweiten“ verschiedener Arten und damit die grundsätzlichen Strategien zum Nahrungserwerb ab.

Ausgehend von der durchschnittlichen Reichweite der Ortungslaute werden **LRE** („*long-range-echolocators*“), **MRE** („*mid-range-echolocators*“) und **SRE** („*short-range-echolocators*“) unterschieden. Die Einteilung ähnelt zwar den im bcAdmin vorgeschlagenen Rufgruppen, verbessert aus Sicht der Bearbeitenden aber einerseits entscheidend den Umgang mit Daten zu Arten wie Mopsfledermaus und der Gattung Langohren und macht die Erstellung einfach zu überblickender bioakustisch-ökologischer Standortprofile („offen“ oder „geschlossen“ + Mischformen) möglich.

Der Einsatz hat sich im *BioMess* als fachlich sinnvoll und vom Aufwand her handhabbar erwiesen. Auf die artspezifischen Daten besteht im Bedarfsfall weiter problemlos Zugriff, da alle gildenbezogenen Analysen außerhalb der bcAdmin-Datenbank stattfinden. **Tabelle 1** fasst die Gildenbildung in der Übersicht zusammen.

<sup>3</sup> Nach (FISCHER ET AL. 2009) können Kontaktzahlen am gleichen Standort um insgesamt bis zu 50 % pro Nacht schwanken. Davon werden 20 % als „normale nächtliche Variabilität“ (bedingt durch Witterung, Insektenverfügbarkeit etc.) und 30 % aber auch als „nicht systematisch erklärbar“ und damit im weitesten Sinne als „verhaltensinduziert“ erklärt.

**Tabelle 1** Einteilung der Nachweisarten und Rufgruppen in Gilden, Kürzel  
(Farbgebung wird auch in nachfolgenden Tabellen und Diagrammen genutzt)

Rufgilde	Arten	Kürzel
<b>LRE</b>	Großer Abendsegler ( <i>Nyctalus noctula</i> ), Kleinabendsegler ( <i>Nyctalus leisleri</i> ), Breitflügel-Fledermaus ( <i>Eptesicus serotinus</i> ), Nordfledermaus ( <i>Eptesicus nilsonii</i> ), Zweifarbfledermaus ( <i>Vespertilio murinus</i> )  Gruppe Nyctaloid (alle o.g. Arten, nicht bis auf Gattungs- bzw. Artniveau bestimmt)	Nnoc, Nlei, Eser, Enil Vmur Nyctaloid, Nycmi Nyctief
<b>MRE</b>	Zwergfledermaus ( <i>Pipistrellus pipistrellus</i> ), Rauhautfledermaus ( <i>P. nathusii</i> ) Mückenfledermaus ( <i>Pipistrellus pygmaeus</i> ), Alpenfledermaus ( <i>Hypsugo savii</i> )  Gruppe Pipistrellus (alle o.g. Arten, nicht auf Artniveau bestimmt)	Ppip, Pnat Ppyg, Hsav  Phoch, Pmid, Ptief
<b>SRE</b>	Großes Mausohr ( <i>Myotis myotis</i> ), Wasserfledermaus ( <i>Myotis daubentonii</i> ) Kleine/Große Bartfledermaus ( <i>Myotis mystacinus/brandtii</i> ) Fransenfledermaus ( <i>Myotis nattereri</i> ), Nymphenfledermaus ( <i>Myotis alcathoe</i> ) Bechsteinfledermaus ( <i>Myotis bechsteinii</i> ), Teichfledermaus ( <i>Myotis dasycneme</i> ) <i>Myotis spec.</i> (nicht auf Artniveau bestimmbar) Mopsfledermaus ( <i>Barbastella barbastellus</i> ), Langohren ( <i>Plecotus spec.</i> ) Kleine Hufeisennase ( <i>Rhinolophus hipposideros</i> )	Mmyo, Mdau Mbart Mnat, Malc Mbec, Mdas Myotis, Mkm Bbar, Plecotus Rhip

### 2.3.5 Datenhaltung

Die eigentlichen Aufzeichnungsdaten werden im Verwaltungsprogramm bcAdmin in einer Projektdatenbank vorgehalten und zusammen mit den Aufnahme-dateien (\*.raw-Format des batCorder-Systems, jederzeit umwandelbar in \*.wav-Dateien) redundant gesichert. Somit besteht jederzeit Zugriff auf die Rohdaten, um einzelne Aspekte auch unabhängig von nachfolgenden Aggregations-schritten jederzeit prüfen zu können.

Die aggregierten Aktivitätsdaten (tägliche  $A_{min}$ -Summe je Standort und Art/Rufgruppe + Gilde) werden in einer separaten SQL-Datenbank (Postgres) gespeichert, in der auch die bisherigen Ergebnisse des *BioMess* vorgehalten werden. In dieser Datenbank sind zudem Standortinformationen und zukünftig auch die Witterungsparameter gespeichert, sodass zentraler Zugriff aus einschlägigen Analyseumgebungen wie Excel, R oder Python heraus besteht. Entsprechende Analyse-Skripte können bei Bedarf mit übergeben werden.

Analog zum *BioMess* wird auch für die Daten aus Krauscha ein jährlicher Eintrag für in MultiBaseCS erstellt und an die zentrale Artdatenbank ZenA übergeben. In Abstimmung mit BfUL/LfULG werden hier die jährliche Aktivitätssummen jeder zweifelsfrei nachgewiesenen Art mit einer eigenen Klassifizierung im Anzahlfeld gespeichert.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Artenspektrum

Schon in der verkürzten Testseason sind mit der akustischen Methodik mind. **13 Arten** bzw. Artpaare nachgewiesen. Das Spektrum unterscheidet sich zwischen den beiden Standorten nicht, was angesichts der räumlichen Nähe zu erwarten war. **Tabelle 2** stellt die Ergebnisse in der Übersicht dar, die Abbildungen auf den Folgeseiten zeigen typische Rufsequenzen ausgewählter Arten.

Bezugnehmend auf den hier betrachteten Naturraum und die Erfassungssituation ist das Spektrum zweifelsohne repräsentativ. Von den insgesamt 22 in Sachsen bis dato nachgewiesenen Arten fehlen diejenigen mit geographisch eingeschränktem Areal und/oder extrem seltenem Vorkommen (Nordfledermaus, Kleine Hufeisennase, Alpenfledermaus, Weißbrandfledermaus, Teichfledermaus) sowie die stark an alte Wälder gebundenen Habitatansprüchen (Nymphenfledermaus, Bechsteinfledermaus). Für die akustisch nicht sicher trennbaren Artpaare der Bartfledermäuse und Langohren sind mit Blick auf die bekannte Fundsituation – zuletzt im Überblick veröffentlicht in HAUER ET AL. (2009) – jeweils beide Vertreter im Naturraum verbreitet. Ein Gesamtwert von **15 Arten** ist daher plausibel.

**Tabelle 2** Übersicht bisherige Artnachweise inkl. Schutzstatus

Art	Nachweis		FFH-RL	RL D	RL SN	EHZ (2013-18)	
	KRA01	KRA02				D	SN
<b>Mopsfledermaus</b> <i>Barbastella barbastellus</i>	✘	✘	II	2	2	UZ	UZ
<b>Großes Mausohr</b> <i>Myotis myotis</i>	✘	✘	II	*	3	G	G
<b>Fransenfledermaus</b> <i>Myotis nattereri</i>	✘	✘	IV	*	V	G	G
<b>Große/Kleine Bartfledermaus</b> <i>Myotis brandtii/mystacinus</i>	✘	✘	IV	*	3	UZ	UZ
			IV	*	2	UZ	UZ
<b>Wasserfledermaus</b> <i>Myotis daubentonii</i>	✘	✘	IV	*	*	G	G
<b>Braunes/Graues Langohr</b> <i>Plecotus auritus/austriacus</i>	✘	✘	IV	3	V	G	G
			IV	1	2	S	UZ
<b>Zwergfledermaus</b> <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	✘	✘	IV	*	V	G	G
<b>Rauhautfledermaus</b> <i>Pipistrellus nathusii</i>	✘	✘	IV	*	3	UZ	UZ
<b>Mückenfledermaus</b> <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	✘	✘	IV	*	3	UZ	??
<b>Großer Abendsegler</b> <i>Nyctalus noctula</i>	✘	✘	IV	V	V	UZ	UZ
<b>Kleinabendsegler</b> <i>Nyctalus leisleri</i>	✘	✘	IV	D	3	UZ	UZ
<b>Breitflügel fledermaus</b> <i>Eptesicus serotinus</i>	✘	✘	IV	3	3	UZ	UZ
<b>Zweifarb fledermaus</b> <i>Vespertilio murinus</i>	✘	✘	IV	D	3	UZ	UZ

**Rote Liste (RL)**

- 1 = vom Aussterben bedroht
- 2 = stark gefährdet;
- 3 = gefährdet
- V = Arten der Vorwarnliste

- R = extrem seltene Arten / Arten mit geographischer Restriktion
- D = Daten defizitär
- \* = nicht in RL geführt (kein Status)
- G = Gefährdung anzunehmen, Status aber unbekannt

**Erhaltungszustand (EHZ)**

- S = schlecht
- UZ = unzureichend

- G = günstig
- ?? = unbekannt

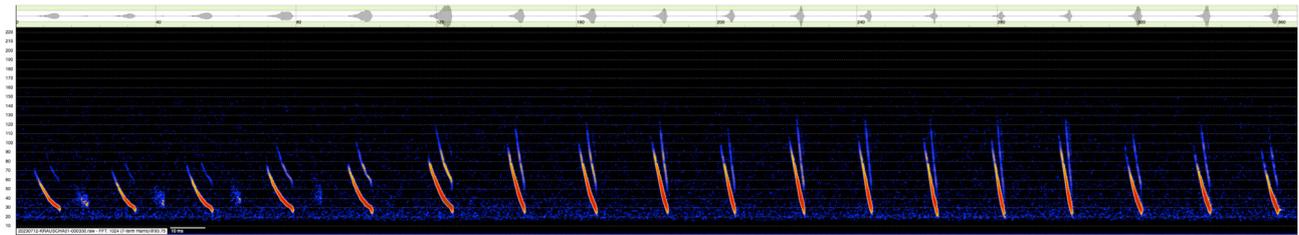


Abbildung 5 Rufsequenz **Großes Mausohr** mit Übergang von Such-/Orientierungslauten (1. Drittel) zur Nahortung mit kürzeren Rufen und „steilerem“ Rufverlauf

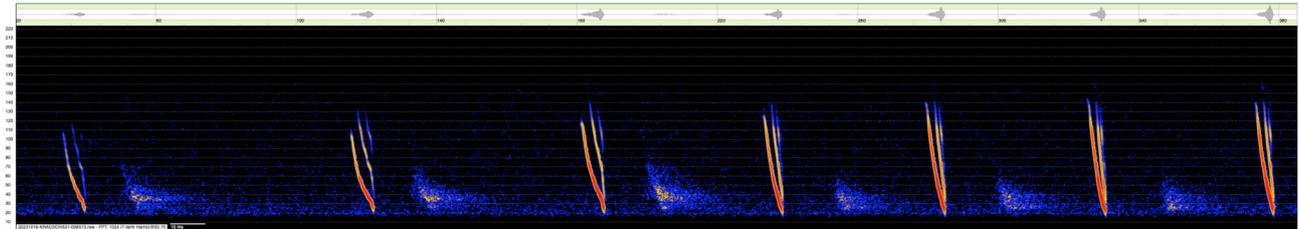


Abbildung 6 Rufsequenz **Fransenfledermaus**, ebenfalls mit Übergang von Such-/Orientierung zu Nahortung

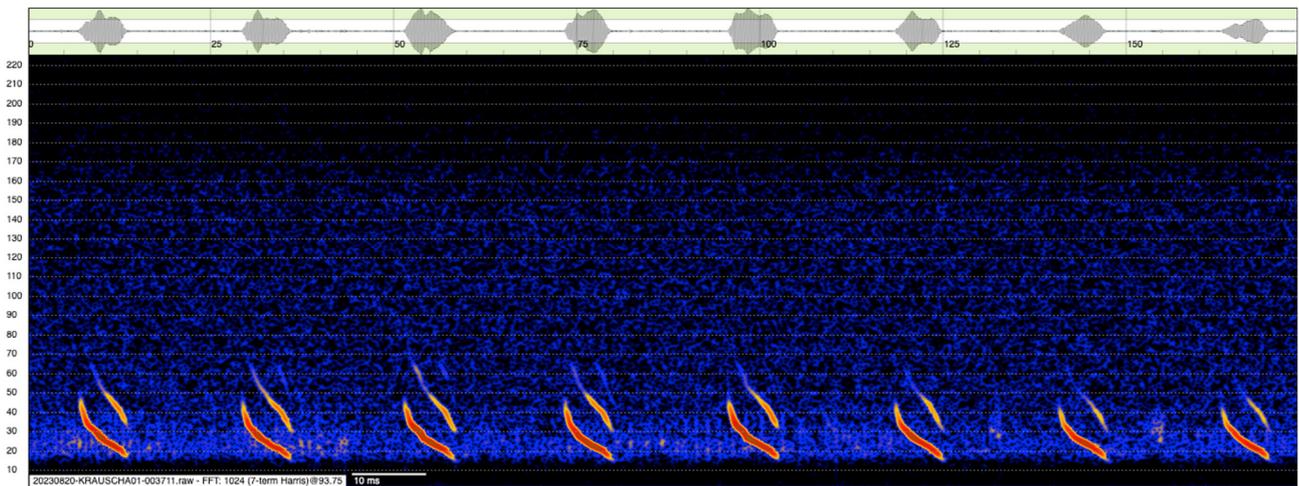


Abbildung 7 Rufsequenz für die **Gattung Langohren** mit nasalen, niedrigfrequenten Rufen, akustisch sind die beiden Vertreter Braunes/Graues Langohr nicht sicher zu trennen, beide kommen im Naturraum vor

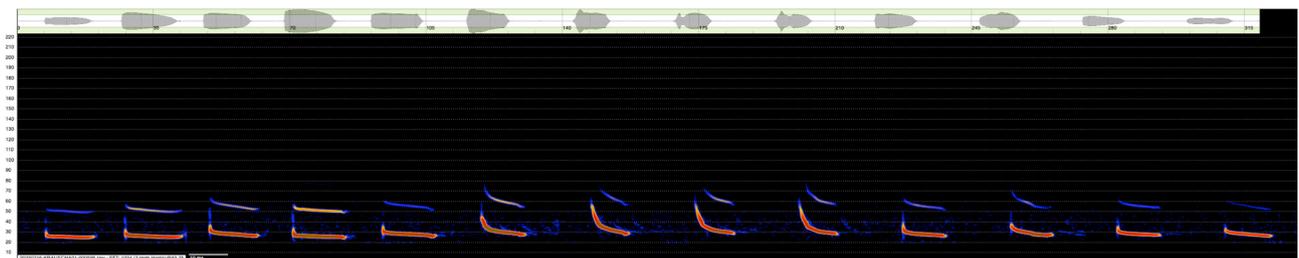


Abbildung 8 Rufvariabilität des **Kleinabendseglers**

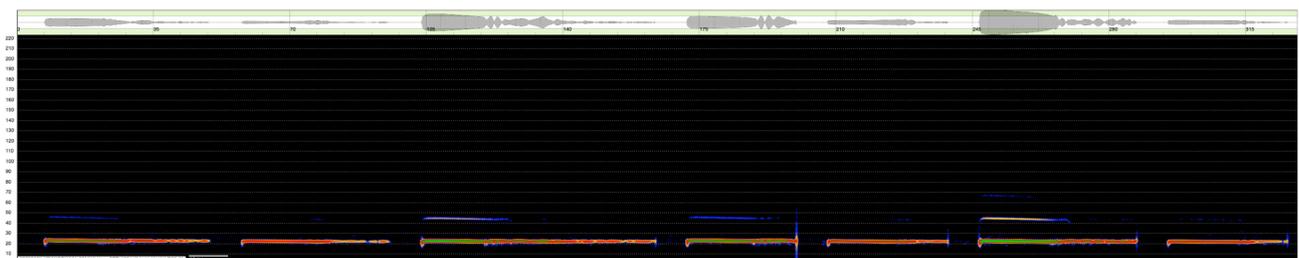
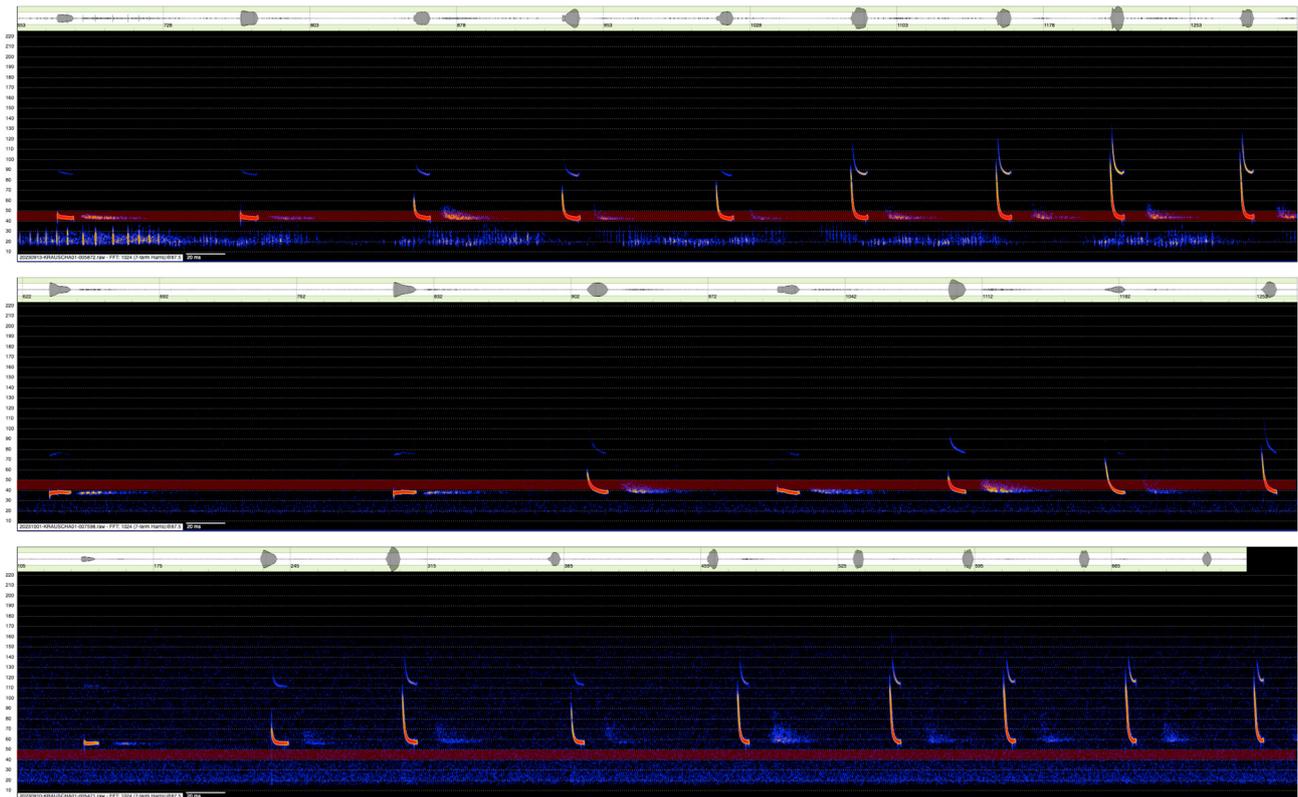


Abbildung 9 arttypische, tieffrequente und langgezogene Rufe der **Zweifarbflodermas** im Überflug



**Abbildung 10** Rufsequenzen der Vertreter der Gattung *Pipistrellus* mit jeweils sehr ähnlicher Form, aber unterschiedlichen Haupt-Frequenzbereichen; rot markiert ist das Frequenzband 40 – 50 kHz  
oben: Zwergfledermaus (Hauptfrequenz ~ 45 kHz)  
Mitte: Rauhautfledermaus (Hauptfrequenz < 40 kHz)  
unten: Mückenfledermaus (Hauptfrequenz > 52 kHz)

### 3.2 Vergleich Aktivitätsdichten

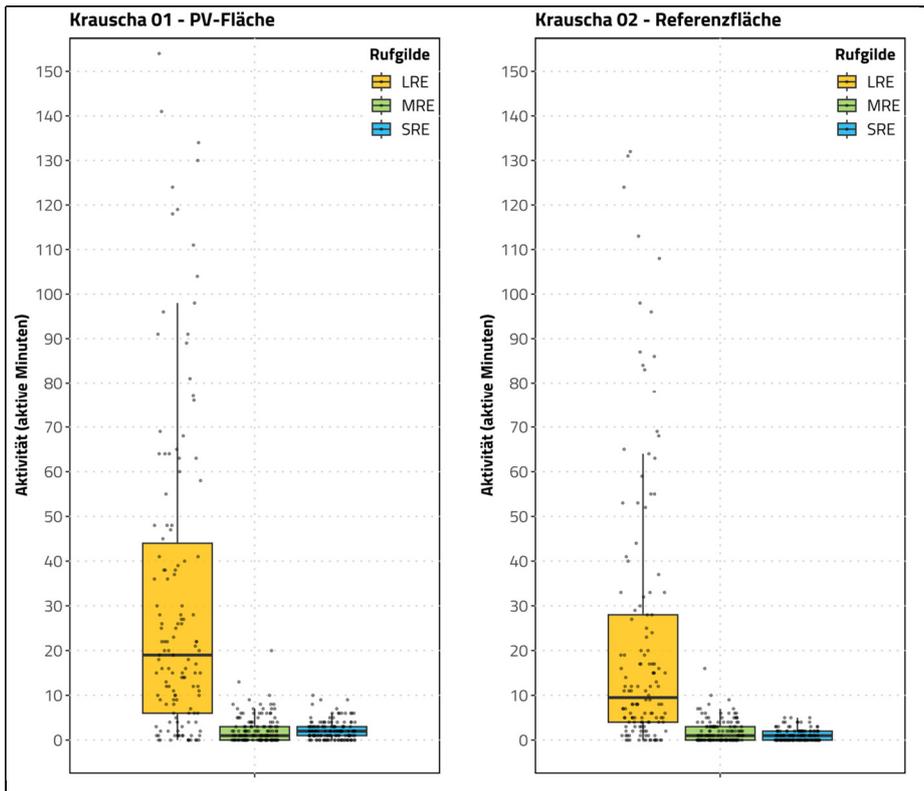
Anhand der synchronen Aufzeichnungen an beiden Standorten lassen sich die gemessenen Aktivitätsdichten quantitativ vergleichen. Dazu wurden zunächst die gem. Kap. 2.3.3 gebildeten aktiven Minuten ( $A_{min}$ ) für die Rufgilden (Kap. 2.3.4) je Erfassungsnacht summiert und mit statistischen Kennwerten in **Tabelle 3** und zugehörigen Boxplots in **Abbildung 11** (Folgeseite) dargestellt.

Schon anhand der Summenwerte (Tabelle 3, Spalte 1) sind klare Unterschiede erkennbar, die auch statistisch signifikant sind<sup>4</sup>. Insgesamt sind an am Standort KRA01 etwa 45 % mehr Fledermausaktivitäten verzeichnet als am Vergleichsplot. Erwartungsgemäß sind die Arten der Gilde „LRE“ auf Grund ihrer Anpassung an den offenen Luftraum an beiden Messpunkten mit den absolut höchsten Anteilen vertreten (jeweils ~88 %). Jeweils >50 % der aktiven Minuten sind dabei dem Großen Abendsegler zuzuschreiben.

**Tabelle 3** Statistische Kennwerte der Aktivitätserfassungen an beiden Standorten

Station	GESAMT			Gilde LRE			Gilde MRE			Gilde SRE		
	$\Sigma$	Med.	$\sigma$	$\Sigma$	Med.	$\sigma$	$\Sigma$	Med.	$\sigma$	$\Sigma$	Med.	$\sigma$
KRA01	4.982	22,0	39,9	4.376	19,0	37,8	315	1	3,0	291	2	2,1
KRA02	3.435	12	32,3	3.035	9,5	30,5	261	1	2,6	139	1	1,3

<sup>4</sup> Wilcoxon-Test für Datenreihen der nächtlichen Aktivitätssummen alle Gilden (inkl. log+1-Transformation für Normalverteilung), W = 10.976, p < 0.01



**Abbildung 11**

Verteilung der nächtlichen Gildenaktivitäten an beiden Standorten

(Boxplots mit Median u. Quartilen ohne Darstellung der Ausreißer; Einzelwerte als Punkte)

Die Aktivitäten der Gilden MRE und SRE liegen mit Anteilen von 4 – 8 % dagegen eine Größenordnung darunter. Auf Grund ihrer strukturgebundenen Lebensweise und der dementsprechend weniger „diffusen“ Raumnutzung war auch dies angesichts der Standortwahl zu erwarten. Gleichsam eignen sich diese Arten besser als Indikatoren beim Standort-Vergleich, da ihre (wiederholte/kontinuierliche) Präsenz stärker an strukturelle Ausstattung, Vernetzung und attraktive Nahrungsangebote geknüpft ist. Da die Strukturparameter beider Standorte als vergleichbar gelten können, dürfte dem Nahrungsangebot hier die entscheidende Rolle als „Pull“-Faktor zukommen.

Und tatsächlich sind zwischen den beiden Untersuchungsplots Unterschiede erkennbar, die sich mit der Vegetation und dem Nahrungsangebot in Verbindung bringen ließen. So wurden gerade die Arten mit der **stärksten** Strukturbindung (Gattungen *Myotis/Plecotus*, Gilde SRE) durchweg öfter am Standort KRA01 dokumentiert als auf dem Ackerschlag der Referenzfläche (siehe Diagramm in **Abbildung 12** für grafische Gegenüberstellung). Auffällig sind dabei insbesondere die Aktivitäten des **Großen Mausohrs**: Als Hauptjagdgebiet dieser Art gelten unterwuchsarme Laubwälder (Typus Buchen-Hallenwald), in denen v.a. **Laufkäfer** im niedrigen Flug über dem Waldboden erbeutet werden. Offenland hat nach derzeitigem Kenntnisstand dagegen untergeordnete Bedeutung und wird über große Strecken (bis 25 km) entlang von Leitstrukturen gequert. Insofern waren die regelmäßigen Aktivitäten an beiden Messpunkten in diesem Umfang *per se* nicht zu erwarten. Umso erstaunlicher ist der Vergleich mit den Daten des *BioMess*: Hier übertrifft KRA01 sowohl die dedizierten Waldstandorte (Wermisdorfer Wald, Auwald Wartha) als auch die Stationen im nahen Umfeld bekannter Wochenstubenquartiere (Golzern u. Nossen) deutlich<sup>5</sup>. Die Blühfläche der zukünftigen PV-Anlage ist also augenscheinlich ein **hochattraktives Nahrungshabitat** für die Art.

Ähnliche Tendenzen sind erkennbar bei der **Mopsfledermaus** (Nahrungsspezialisierung auf nachaktive Kleinschmetterlinge) sowie bei **Fransen-** und **Bartfledermäusen** (breiteres Beutespektrum v.a. aus Ordnungen *Coleoptera*, *Diptera* und *Lepidoptera*). Hier werden die Ergebnisse des Insektenmonitoring wertvolle Einblicke geben. Gerade auch im Bezug auf den jahreszeitlichen Verlauf und die Flexibilität von Fledermäusen bei der Nutzung zeitlich begrenzt verfügbarer Ressourcen ist die hier skizzierte Ausgangssituation demnach hochspannend für die folgenden Erfassungsperioden.

<sup>5</sup> Normierung auf  $\emptyset A_{\text{min}}/\text{Nacht}$  zum Ausgleich unterschiedlicher Stichprobengrößen

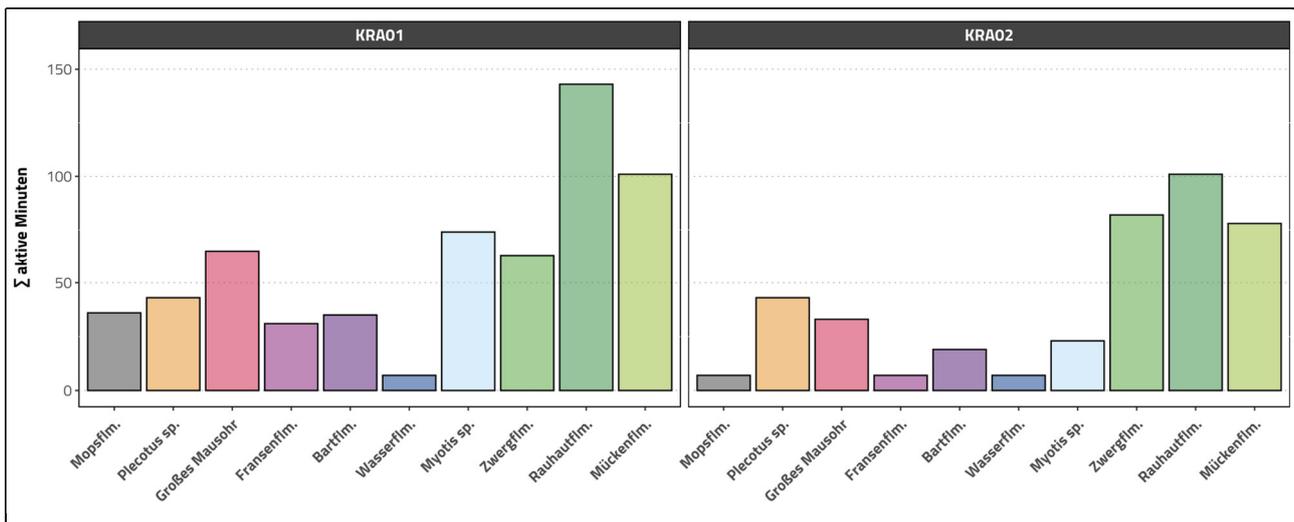


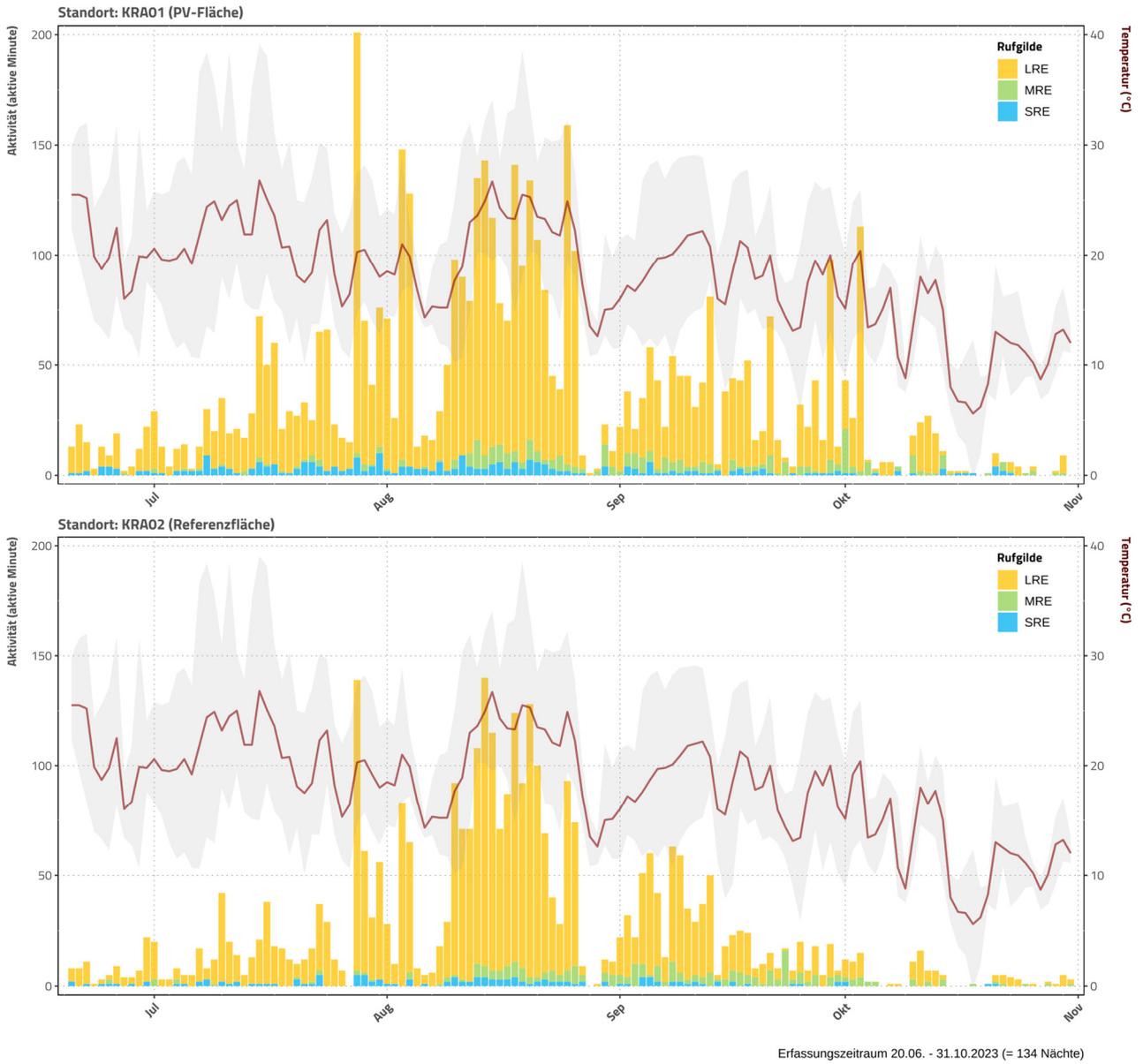
Abbildung 12 Standortvergleich der Aktivitätssummen von Arten der Gilden SRE + MRE

### 3.3 Phänologie

Der phänologische Verlauf der Aktivitäten ist in den Diagrammen der **Abbildung 13** im Zusammenhang mit den synchron erfassten Temperaturen dargestellt.

Auch hier entspricht das Bild insofern den Erwartungen, als dass beide Messpunkte einen stark vergleichbaren Jahresgang zeigen. Die Peakphase höchster Aktivitäten liegt jeweils in einem mild-heißen August-Abschnitt, in dem über eine längere Zeit Tagesmittel über 20°C und nächtliche Minimaltemperaturen von deutlich über 10°C aufgezeichnet worden sind. In dieser Periode zeichnet sich auch der Beginn der Migrations- und Paarungsphase 2023 ab, die von erhöhter nächtlicher Mobilität (größere Streifgebiete nach Ende der Jungtieraufzucht, Suche nach Paarungsgelegenheiten und neuen Quartieren) und temporär steigende Individuendichten in Mitteleuropa (= durchziehende Tiere) gekennzeichnet ist. Das betrifft sowohl die beide Abendsegler-Arten und die Rauhautfledermaus. Letzteres lässt sich in den Diagrammen anhand der ab etwa Mitte August zunehmenden Anteile der Gilde „MRE“ gut ablesen. Das Wechselspiel günstiger Temperaturen mit höheren Aktivitäten ist auch in der Folge im September/Oktober weiter nachvollziehbar, bis die Hauptphase mit ersten kalten Nächten Mitte Oktober beendet ist.

Anhand der Darstellung lässt sich also nachvollziehen, dass Aktivitäten an beiden Messpunkten zu gleichen Zeiten gehäuft auftreten, sich der absolute Umfang aber unterscheidet. Die Abweichung ist vor allem ab der Septemberhälfte gut erkennbar, in der aktivere Einzelnächte (v.a. Gilde LRE) an KRA01 einem sukzessive abnehmendem Niveau an KRA02 gegenüberstehen. Die Tiere scheinen den Standort 01 also positiv zu selektieren. Das kann mit der oben angesprochenen Nahrungsverfügbarkeit zusammenhängen, die über der in dieser Zeit abgeernteten Ackerfläche deutlich niedriger zu erwarten wäre als im Bereich der Blühfläche. Bei höher fliegenden Arten spielen in dieser Jahreszeit aber auch die Windverhältnisse und damit Luv-/Lee-Effekte eine Rolle. Für den späteren Vorher-Nachher-Vergleich wäre dieser Faktor anhand von verfügbaren Winddaten (DWD) einer Station aus der Umgebung zu prüfen.



**Abbildung 13** Aktivitätsverlauf an beiden Standorten und Jahresgang der Temperaturen (Tagesmittel = rote Linie, täglicher Max/Min-Bereich als graue Schattierung)

## 4 Ausblick

Die als Testphase geplante 1. Saison kann als vollumfänglicher Erfolg bewertet werden. Die Stationen liefen auch in diesem exponierten Umfeld sehr zuverlässig und sind vom Handling und Betreuungsaufwand her absolut praktikabel. Bei der Datenqualität gibt es keine Einschränkungen – eher fördern die hindernisarmen Messpunkte gute Aufnahmen ohne starke Echos und Störgeräusche.

Demzufolge können bereits nach den ersten 134 Nächten repräsentative Artenspektren und Aktivitätsprofile mit erwartbaren Verläufen vorgelegt werden. Sehr positiv ist herauszustellen, dass diese erste Stichprobe bereits deutliche Unterschiede zwischen beiden Untersuchungsplots offenbart, die mit der unterschiedlichen Behandlung/Bewirtschaftung in Verbindung stehen könnten. Die Verschneidung mit den Insektendaten wird hier hoffentlich zu wertvollen neuen Erkenntnissen führen, die auch das Monitoring im *BioMess* der BfUL informieren dürften. Gleichzeitig sind die Voraussetzungen für einen belastbaren Vorher-Nachher-Vergleich auf der PV-Fläche als sehr günstig eingeschätzt.

Die Saison 2024 wird mit dem Aufbau der Stationen voraussichtlich in der letzten Märzwoche beginnen und dann erstmals eine gesamte Hauptaktivitätsphase umfassen.

Im zweiten Zwischenbericht wird zusätzlich noch etwas verstärkt auf die Landnutzungsstruktur im Umfeld der Standorte eingegangen werden (Landnutzungsanteile in unterschiedlichen Pufferradien). Auch soll versucht werden, zusätzliche Wetterdaten aus öffentlich verfügbaren Quellen in die Auswertung zu integrieren (v.a. Wind, Niederschlag). Und letztlich ergibt sich anhand der dann vollständigen Saison-daten die Möglichkeit für Vergleiche mit anderen Stationen aus dem *BioMess*.

## 5 Literatur

- [1] BARATAUD M., Y. TUPINIER, H. LIMPENS, A. COCKLE, H.-U. SCHNITZLER & I. AHLÉN (2015): Acoustic ecology of European bats: species identification, study of their habitats and foraging behaviour. – Mèze Paris Biotope éditions Publications scientifiques du Muséum.
- [2] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (LFU) (Hrsg) (2021): Akustische Suche nach der Nymphenfledermaus (*Myotis alcaethoe*) in Wäldern Frankens 2019 und 2020. – 39 S. Augsburg.
- [3] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (LFU) (2022): Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen - Teil 2: Gattung *Myotis*. – In: – S. 46 Augsburg.
- [4] BRABANT R., Y. LAURENT, U. DOLAP, S. DEGRAER & B.J. POERINK (2018): Comparing the results of four widely used automated bat identification software programs to identify nine bat species in coastal Western Europe. – *Belgian Journal of Zoology*, **148**/2.
- [5] DENZINGER A. & H.-U. SCHNITZLER (2013): Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. – *Frontiers in physiology*, **4**: 164. doi: 10.3389/fphys.2013.00164.
- [6] DOWNS N.C. & P.A. RACEY (2006): The use by bats of habitat features in mixed farmland in Scotland. – *Acta Chiropterologica*, **8**/1: 169–185. doi: 10.3161/1733-5329(2006)8[169:TUB-BOH]2.0.CO;2.
- [7] ENTWISTLE A., P.A. RACEY & J. SPEAKMAN (1996): Habitat exploitation by a gleaning bat, *Plecotus auritus*. – *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, **351**/1342: 921–931. doi: 10.1098/rstb.1996.0085.
- [8] FISCHER J., J. STOTT, B.S. LAW, M.D. ADAMS & R.I. FORRESTER (2009): Designing Effective Habitat Studies: Quantifying Multiple Sources of Variability in Bat Activity. – *Acta Chiropterologica*, **11**/1: 127–137. doi: 10.3161/150811009X465749.

- 
- [9] FREY-EHRENBOLD A., F. BONTADINA, R. ARLETTAZ & M.K. OBRIST (2013): Landscape connectivity, habitat structure and activity of bat guilds in farmland-dominated matrices. – *Journal of Applied Ecology*, **50**/1: 252–261. doi: 10.1111/1365-2664.12034.
- [10] HAUER S., H. ANSORGE, U. ZÖPHEL, K. HERTWECK & SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (Hrsg) (2009): Atlas der Säugetiere Sachsens. – 416 S. Dresden Zentraler Broschürenverband der Sächsischen Staatsregierung.
- [11] HEIM O., J.T. TREITLER, M. TSCHAPKA, M. KNÖRNSCHILD & K. JUNG (2015): The Importance of Landscape Elements for Bat Activity and Species Richness in Agricultural Areas. – *PLOS ONE*, **10**/7: e0134443. doi: 10.1371/journal.pone.0134443.
- [12] HOCHFREQUENT GBR (2023): Bioakustisches Messnetz Fledermäuse in Sachsen. Erfassungssaison 2022. – Abschlussbericht, Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL).
- [13] KELM D.H., J. LENSKI, V. KELM, U. TOELCH & F. DZIOCK (2014): Seasonal Bat Activity in Relation to Distance to Hedgerows in an Agricultural Landscape in Central Europe and Implications for Wind Energy Development. – *Acta Chiropterologica*, **16**/1: 65–73. doi: 10.3161/150811014X683273.
- [14] RUSS J. (Hrsg) (2021): Bat calls of Britain and Europe: a guide to species identification. – 462 S. Exeter, UK Pelagic Publishing.
- [15] SKIBA R. (2003): Europäische Fledermäuse: Kennzeichen, Echoortung und Detektoranwendung. 1. Aufl. – 212 S. Hohenwarsleben Westarp-Wiss.
- [16] SZABADI K.L., A. KURALI, N.A.A. RAHMAN, J.S.P. FROIDEVAUX, E. TINSLEY, G. JONES, T. GÖRFÖL, P. ESTÓK & S. ZSEBŐK (2023): The use of solar farms by bats in mosaic landscapes: Implications for conservation. – *Global Ecology and Conservation*, **44**: e02481. doi: 10.1016/j.gecco.2023.e02481.
- [17] TINSLEY E., J.S.P. FROIDEVAUX, S. ZSEBŐK, K.L. SZABADI & G. JONES (2023): Renewable energies and biodiversity: Impact of ground-mounted solar photovoltaic sites on bat activity. – *Journal of Applied Ecology*, **60**/9: 1752–1762. doi: 10.1111/1365-2664.14474.
- [18] VERBOOM B. & H. HUITEMA (1997): The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. – *Landscape Ecology*, **12**/2: 117–125. doi: 10.1007/BF02698211.