

## Sondergutachten 2024

Erfassung von Fledermäusen (Chiroptera, Arten der Anhänge II und IV der FFH-Richtlinie) im VSG „Hauberge bei Haiger“ 2024“



Sondergutachten (SOGA): Erfassung von  
Fledermäusen (Chiroptera, Arten der Anhänge II  
und IV der FFH-Richtlinie) im VSG „Hauberge  
bei Haiger“ 2024

---

**Auftragnehmer**

trackIT Systems GmbH  
Unterm Bornrain 4  
35091 Cölbe  
015783538221  
info@trackit.systems  
<https://trackit.systems>

**AUFTRAGGEBER**

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Abteilung Naturschutz, Dezernat N2 -Arten  
Europastraße 10  
35394 Gießen

**BEARBEITUNG**

Dr. rer. nat. Jannis Gottwald  
Dr. rer. nat. Jonas Höchst  
Dr. rer. nat. Patrick Lampe  
Dr. rer. nat. Artur Sterz  
Msc. Tobias Petschinka

---



## Inhalt

<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>2</b>
<b>2 Aufgabenstellung</b>	<b>2</b>
<b>3 Material und Methoden</b>	<b>3</b>
3.1 Auswahl der Untersuchungsgebiete	3
3.2 Erfassungsmethodik	5
3.3 Validierung der Erfassung	9
<b>4 Ergebnisse</b>	<b>11</b>
4.1 Häufigkeitsverteilung basierend auf automatischen Erkennungen	17
4.4 Technische Probleme und Lösungen	18
<b>5 Diskussion</b>	<b>21</b>
5.1 Diskussion der Untersuchungsergebnisse	21
5.2 Offene Fragen und Anregungen	21
<b>6 Literaturverzeichnis</b>	<b>23</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Typische Vegetationsstruktur in den Niederwaldbereichen des VSG Hauberge bei Haiger	5
Abbildung 2: Lage der Erfassungseinheiten im Untersuchungsgebiet	6
Abbildung 3: audio:tracker	7
Abbildung 4 : Beispiel für die Ruferkennung mittels Objekt-Detektion	8
Abbildung 5: Aufnahmelogik des audio:trackers.	8
Abbildung 6: Beispiel für 10 Minuten Echtzeit-Visualisierung der erkannten Arten auf einer Station.	9
Abbildung 7: Hohe Anzahl an Detektionen des großen Abendseglers die sich größtenteils als Heuschreckenlaute herausstellten.	19
Abbildung 8: Typische Lautstruktur einer Heuschrecke die in Version 1 der KI als Großer Abendsegler erkannt wurde	20
Abbildung 9: Hohe Anzahl an Detektionen der in Hessen nicht vorkommenden Wimperfledermaus.	20
Abbildung 10: Typische elektronische Störung die in Version 1 der KI als Wimperfledermaus erkannt wurde	21

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Eindeutig nachgewiesene Arten sowie ihr Schutzstatus und Erhaltungszustand in Hessen	12
Tabelle 2: Artnachweise von Fledermäusen an 40 Stationen im VSG "Hauberge bei Haiger".	15

## 1 Zusammenfassung

Im VSG „Hauberge bei Haiger“ befindet sich das einzige als Niederwald bewirtschaftete Waldgebiet in Hessen. Die Bedeutung von Niederwäldern als Lebensraum für Fledermäuse ist weitgehend unbekannt. In der Hessischen Biodiversitätsdatenbank (HEBID) liegen für dieses Gebiet nur vergleichsweise wenige Fledermausnachweise vor, welche außerdem hauptsächlich aus Winterquartierzählungen stammen. Eine bereits durch HessenForst beauftragte Erfassung des Haseluhns, zu deren Zweck an 40 Standorten Vogelarten mittels eines neuartigen KI gestützten akustischen Monitorings erfasst wurden, wurde von Juli-Oktober 2024 ergänzt durch ein KI gestütztes Dauermonitoring zur Erfassung des Artenspektrums der Fledermäuse. Es wurden insgesamt 13 (15) Fledermausarten im VSG nachgewiesen.

## 2 Aufgabenstellung

Alle Fledermausarten Deutschlands sind im Anhang IV der europäischen Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) gelistet, einige davon zusätzlich in Anhang II, womit sie zu Arten von besonderem gemeinschaftlichen Interesse gehören, für deren Erhalt Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen. Aufgrund ihrer nächtlichen und heimlichen Lebensweise ist die Datenlage zu Fledermäusen weltweit ungenügend (18% Data deficient IUCN Red List, Frick et al. 2020)) und auch in Deutschland fehlen zu den meisten Arten verlässliche Informationen zu Populations-Trends und Vorkommen.

Das VSG „Hauberge bei Haiger“ ist eines der wenigen als Niederwald bewirtschafteten Waldgebiete Deutschlands und das einzige in Hessen. Bei dieser Form der Waldnutzung, der sogenannten Haubergswirtschaft, wird der Waldbestand in Zyklen von ca. 20 Jahren regelmäßig auf den Stock gesetzt. Es handelt sich also um junge Waldbestände, die regelmäßig geöffnet werden. Untersuchungen zur Avifauna haben dort in der Vergangenheit regelmäßig stattgefunden, Informationen zu Fledermäusen liegen aber kaum vor und wenn sie vorliegen, handelt es sich meist um Winterfunde. Es ist also unklar, ob das VSG bzw. der Lebensraum Niederwald regelmäßig von Fledermäusen genutzt wird und wenn ja, von welchen Arten.

Die akustische Erfassung von Fledermäusen gehört zu den wichtigsten Instrumenten für deren Erforschung. Insbesondere die Dauererfassung ermöglicht dabei die Analyse von Phänologie und Trends und erhöht die Wahrscheinlichkeit, seltene und leise rufende Arten zu erfassen. Das übliche Vorgehen bei allen am Markt erhältlichen Geräten ist die Konfiguration von Tages- bzw. Nachtzeiten, in denen erfasst werden soll. Anschließend wird entweder eine Daueraufnahme erstellt oder aber die Aufzeichnung wird durch Trigger-Events basierend auf Frequenzbereich und Lautstärke ausgelöst. Bei diesem Vorgehen fallen massenhaft Dateien an, die häufig auch durch Umgebungsgeräusche anstelle von Fledermäusen ausgelöst werden. Diese müssen dennoch im Gelände eingesammelt und mit viel Arbeit und Zeitaufwand im Nachhinein analysiert

werden. Bei saisonalen Erfassungen mit wiederkehrenden zweiwöchigen Installationen übersteigt die anfallende Datenmenge häufig schon das Leistbare. Dauerhafte Monitoringinstallationen über mehrere Jahre hinweg für die Erfassung beispielsweise von Populationstrends sind undenkbar.

Um dieses Problem zu lösen, hat trackIT Systems ein System entwickelt, das mittels einer kleinen und leistungsstarken künstlichen Intelligenz (KI) die Ruferkennung von allen in Deutschland vorkommenden Fledermausarten in Echtzeit auf einem Raspberry Pi-basierten autarkem Sensor direkt im Gelände ausführt (Gottwald et al. 2025). Dabei wird dauerhaft der eingehende Audiostream analysiert und die Arterkennung findet statt, bevor eine Audiodatei abgelegt wird. Dieses Vorgehen ermöglicht eine bewusste Entscheidung darüber, von welchen Arterkennungen und in welcher Menge Dateien zur Validierung abgelegt werden und damit eine massive Reduktion der anfallenden Datenmenge ohne Informationsverlust. Denn unabhängig davon, ob Dateien abgelegt werden sollen oder nicht, werden alle Erkennungen in nahezu Echtzeit an einen externen Server übertragen und dort gespeichert und visualisiert.

Das System wurde im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) an 40 Standorten im Vogelschutzgebiet „Hauberge bei Haiger“ von Ende Juli bis November 2024 zur gleichzeitigen Erkennung von Vogel- und Fledermausrufen installiert.

Ziel der hier beschriebenen Untersuchung war die Feststellung des Arteninventars der Fledermäuse im VSG. Auch wenn die Lauterkennung mit künstlicher Intelligenz immer zuverlässiger funktioniert, müssen die Ergebnisse nach wie vor von Fledermausexperten validiert werden. Zu diesem Zwecke wurde ein Teil der Aufnahmen in Form von Spektogrammen visualisiert und von einem Experten im Bereich Fledermausakustik (Helge Meischner, Bioplan Marburg GmbH) überprüft. Nur solche Erkennungen, die auch durch die Expertenmeinung bestätigt wurden, wurden als Nachweis gewertet.

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Auswahl der Untersuchungsgebiete**

Das Vogelschutzgebiet (VSG) „Hauberge bei Haiger“ liegt im Westen von Hessen, im Nordwesten des Lahn-Dill-Kreises im Grenzbereich zum Siegerland (Nordrhein-Westfalen), zwischen Landesgrenze und B 253. Es gehört zum Regierungsbezirk Gießen. Nach der naturräumlichen Gliederung von Klausning (1988) hat das Vogelschutzgebiet Anteil an zwei naturräumlichen Haupteinheiten, nämlich D 38 Bergisches Land, Sauerland, 333 Hochsauerland und D 39 Westerwald, 320 Gladenbacher Bergland 321 Dilltal. Geologisch ist das Vogelschutzgebiet dem Rheinischen Schiefergebirge zuzuordnen. Die am häufigsten vorkommenden Gesteine sind paläozoische Tonschiefer, Diabas/Eisenerz, Quarzite und Grauwacken, die oft mit Lößlehm überdeckt sind. Das Vogelschutzgebiet ist durch einen beständigen Wechsel von Talräumen und

Höhenzügen gekennzeichnet. Die Höhenlagen schwanken zwischen 350 m in der Gemarkung Oberroßbach und 667 m ü. NN nördlich vom Forsthaus Dietzhölzthal. Die großen Höhenunterschiede haben zwangsläufig Auswirkungen auf die klimatischen Gegebenheiten. Das Vogelschutzgebiet umfasst 7.681 ha, von denen im Jahr 2006 ca. 23% (1.777 ha) auf Niederwald (Hauberge) entfielen. (Text entnommen aus der Grunddatenerhebung des VSG (BFF 2006))



Abbildung 1: Typische Vegetationsstruktur in den Niederwaldbereichen des VSG Hauberge bei Haiger

Das Gebiet wurde ausgewählt, da bisher wenig über die Nutzung des Lebensraumtyps Niederwald durch Fledermäuse bekannt ist und für das untersuchte Gebiet kaum Daten zum Arteninventar vorliegen. Eine Abfrage der Hessischen Biodiversitätsdatenbank (HEBID) ergab insgesamt 55 Einträge in den letzten 30 Jahren, alle aus den Wintermonaten. Insgesamt wurden 8 Arten festgestellt: Braunes Langohr (*Plecotus auritus*), Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*), Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*), Bartfledermaus (*Myotis mystacinus/Myotis brandti*), Großes Mausohr (*Myotis myotis*), Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*), Großer Abendsegler (*Nyctalus noctula*) und Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*). Für weitere erwartbare Arten wie die Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*) oder Mücken- und Rauhautfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*, *Pipistrellus nathusi*) sowie die nyctaloiden Arten Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*) und kleiner Abendsegler (*Nyctalus leisleri*) fehlen bislang Nachweise.



Die 40 konkreten Standorte für das akustische Dauermonitoring wurden anhand von günstigen Habitatstrukturen für das Haselhuhn als wertgebende Art für den Lebensraumtyp Niederwald und Sonneneinstrahlung für die Solarversorgung der Stationen gewählt.

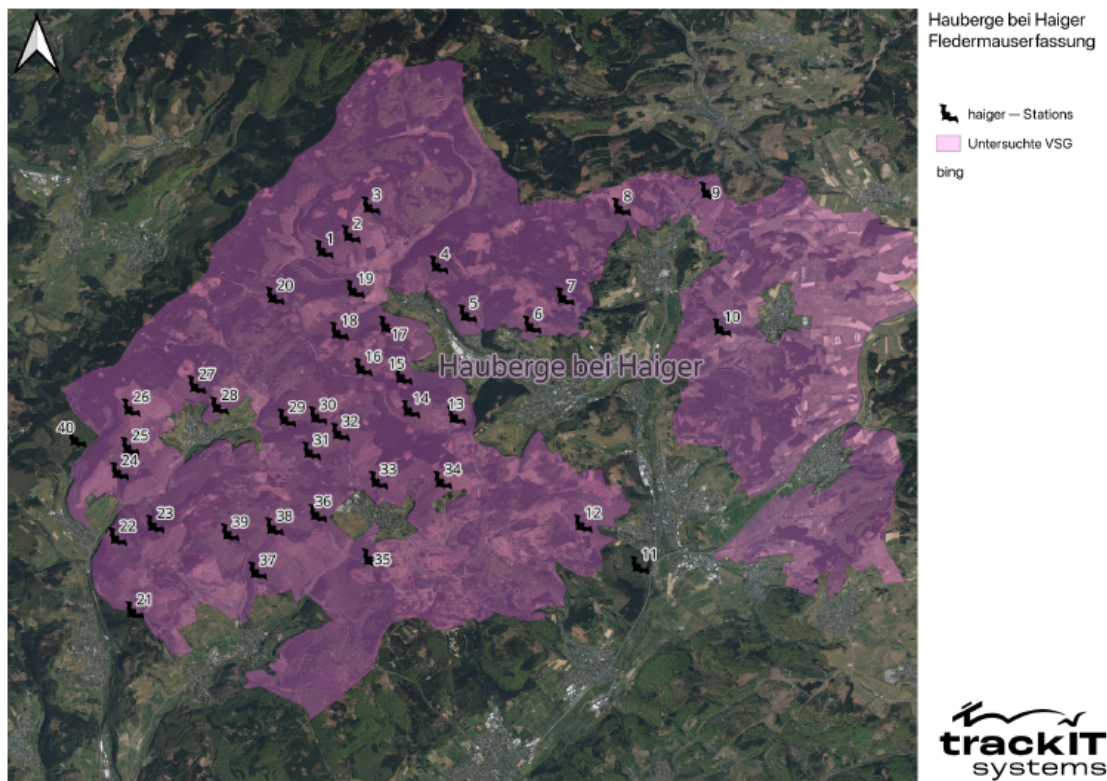


Abbildung 2: Lage der Erfassungseinheiten im Untersuchungsgebiet

### 3.2 Erfassungsmethodik

Zur Erfassung aller Fledermausarten wurden Aufnahmestationen von trackIT Systems, sogenannte audio:tracker, verwendet. Sie bestehen aus einem Ultraschallmikrofon (Knowles SPU0410LR5H-QB), einer Recheneinheit für die Auswertung der Daten (Raspberry Pi 4), sowie einer Batterie und einem Solarmodul, um eine dauerhafte Aufzeichnung zu ermöglichen (Abb. 3). Die Mikrofone werden mit einer Abtastrate von 384 kHz betrieben, was eine Aufnahmefrequenz von 192 kHz erlaubt.





Abbildung 3: audio:tracker

Auf den audio:trackern wird eine von trackIT Systems und der Universität Marburg (AG Prof. Bernd Freisleben) entwickelte und auf den Prinzipien der Objekterkennung in Bildern beruhende Audio-KI ausgeführt (yolobat v10), die die permanent durchgeführte Aufnahme in Echtzeit auf Fledermausrufe überprüft (analog zu Höchst et al. 2021). Diese KI wurde auf Daten trainiert, die von Planungsbüros zur Verfügung gestellt wurden. Diese bestehen aus insg. 1700 Dateien und ca. 45000 Rufen verteilt über 19 Arten. Die Performanz des Modells wurde auf einem unabhängigen Testdatensatz mit gutem Ergebnis validiert. Eine Publikation dazu ist in Vorbereitung. Zur Echtzeitanalyse wird das Mikrofon des audio:trackers kontinuierlich mit einer Samplerate von 384 kHz abgetastet. Sobald 384.000 Datenpunkte, also Audio mit einer Länge von einer Sekunde, vorliegen, wird dieses Sample von der KI analysiert. Wird ein Fledermausruf in diesem Abschnitt erkannt, wird der Aufnahme von der KI eine Art zugeordnet und gleichzeitig eine Konfidenz ermittelt, welche als Maß für die Güte der Artbestimmung angenommen werden kann. Dazu wird der Abschnitt zunächst

mittels einer Short-term Fourier Transformation in ein Spektrogramm umgerechnet, sodass die KI nach charakteristischen Rufformen suchen kann und diese anschließend wie beschrieben analysieren kann.

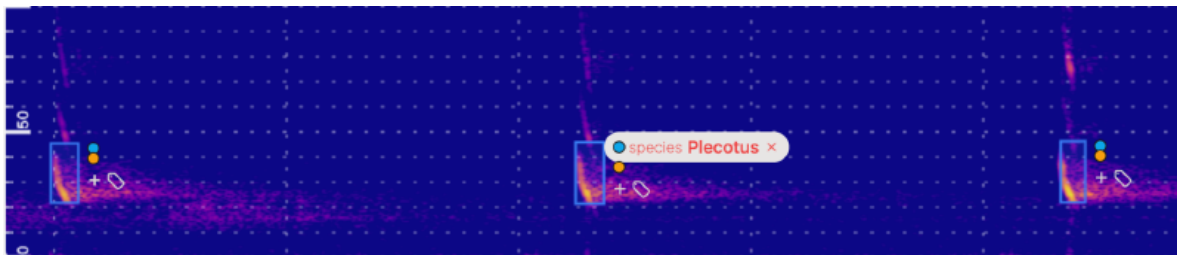


Abbildung 4 : Beispiel für die Ruferkennung mittels Objekt-Detektion

Eine Besonderheit der audio:tracker im Gegensatz zu vergleichbaren Produkten ist, dass audio:tracker, je nach Konfiguration, tatsächlich nur Tonaufnahmen abspeichern, wenn eine der vorher auf dem Gerät angegebenen Zielarten detektiert wurde. Nur wenn bei dieser Analyse eine der Zielarten mit einer konfigurierbaren Konfidenz erkannt wurde, wird eine Audiodatei angelegt und für weitere Analysen bereitgestellt.

### Echtzeiterkennung von Lautäußerungen im Untersuchungsgebiet mit dem audio:tracker

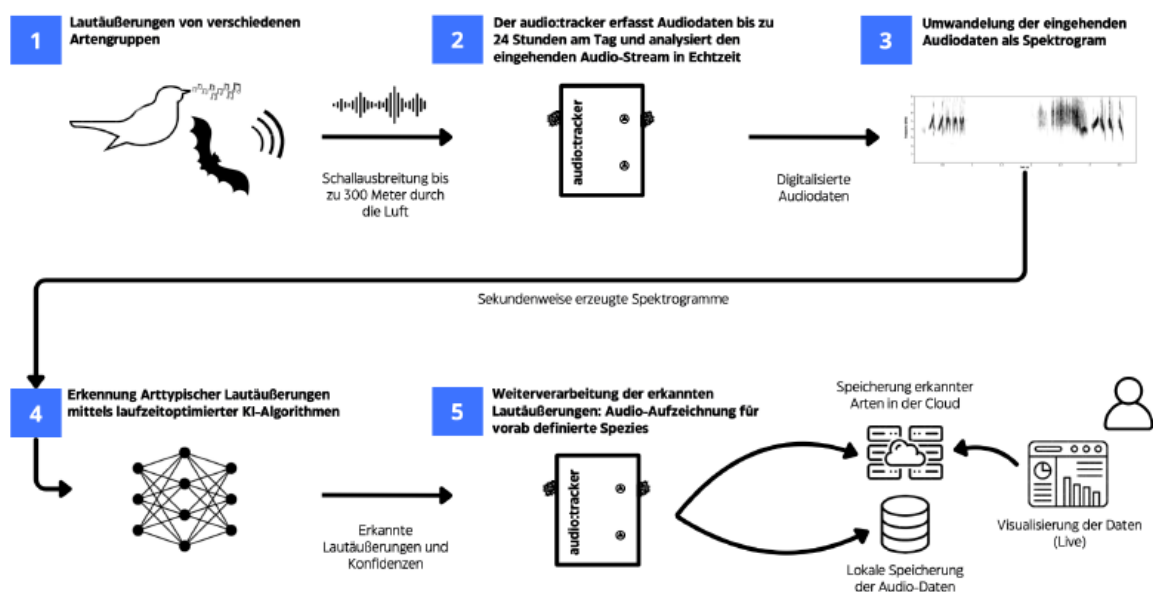


Abbildung 5: Aufnahmelogik des audio:trackers. Rufe verschiedener Artengruppen (1) werden in Echtzeit erkannt (2-4). Basierend auf den Erkennungen wird entschieden, ob eine Audiodatei für die spätere Verifizierung abgelegt werden soll (5). Alle Erkennungen werden an einen Cloud-Server geschickt.

Die bisher im akustischen Monitoring verwendete Aufnahmelogik basiert in der Regel auf Daueraufnahmen zu festgelegten Zeitpunkten oder schwellwertbasierten Ansätzen, bei denen eine Aufnahme ausgelöst wird, sobald eine definierte Lautstärke in einem definierten Frequenzbereich überschritten wird.

Bei diesen Ansätzen fallen um ein Vielfaches mehr Daten an, welche häufig keine relevanten Informationen enthalten, da sie entweder nicht die Zielarten erfassen

oder sehr viele Störgeräusche enthalten. Das Vorgehen der audio:tracker hat den Vorteil, dass die Datenmenge immens reduziert wird.

Auch wenn nur Aufnahmen mit bestimmten Kriterien abgespeichert werden, liegen die Ergebnisse der Klassifizierung in Gänze als Erkennung in einer Zeitreihendatenbank auf einem externen Server vor und werden dort auch in Echtzeit visualisiert (Abb. 6).



Abbildung 6: Beispiel für 10 Minuten Echtzeit-Visualisierung der erkannten Arten auf einer Station. Auf der Y-Achse ist die Konfidenz und auf der X-Achse die Uhrzeit der Erkennung abgebildet. Die Farbe zeigt die Art an (lila=Zwergfledermaus, grün=Bartfledermaus (Mmys/Mbra)).

Dabei waren die audio:tracker Stationen so konfiguriert, dass sie zwei mal täglich für je 6 Stunden und einmal täglich von 11:00 Uhr bis 11:15 Uhr für Wartungsarbeiten liefen. Die beiden je 6 stündigen Zeitfenster lagen einmal morgens, drei Stunden vor Sonnenaufgang bis 3 Stunden nach Sonnenaufgang und abends von drei Stunden vor Sonnenuntergang bis 3 Stunden nach Sonnenuntergang. In den Zeiten vor- und nach Sonnenuntergang wurde der Audiostream mittels KI auf Vogelarten analysiert. Während der jeweiligen nächtlichen Analysezeiträume wurden alle Fledermausrufe, die die KI detektiert hat in Echtzeit in eine Zeitreihendatenbank auf einem externen Server gespeichert und visualisiert. Audioaufnahmen hingegen wurden nur von bestimmten Arten und mit einer vorher konfigurierten Samplerate angelegt. Dabei wurden alle Rufe folgender Arten als Audioaufnahme abgelegt:

- *Plecotus auritus/Plecotus austriacus*
- *Myotis brandtii/Myotis mystacinus*
- *Myotis daubentonii*
- *Myotis alcathoe*
- *Myotis nattereri*
- *Myotis bechsteinii*
- *Eptesicus serotinus*
- *Barbastellus barbastellus*
- *Nyctalus noctula*
- *Nyctalus leisleri*
- *Rhinolophus ferrumequinum*
- *Rhinolophus hipposideros*
- *Myotis myotis*
- *Vespertilio murinus*



- *Myotis emarginatus*
- *Myotis dasycneme*

Darüber hinaus wurden folgende Arten der Gattung *Pipistrellus* nur als Audioaufnahme gespeichert, wenn die Konfidenz der KI über 60% lag:

- *Pipistrellus nathusii*
- *Pipistrellus pygmaeus*

Schließlich wurden Audioaufnahmen der Art *Pipistrellus pipistrellus* nur angelegt, wenn die Konfidenz 70% überstieg. Weiterhin wurde auch nur jeder 10. Ruf gespeichert, um die Datenmenge dieser sehr häufig vorkommenden Art weiter zu reduzieren.

### 3.3 Validierung der Erfassung

Künstliche Intelligenz macht nach wie vor Fehler bei der Bestimmung der Arten. Insbesondere Umweltgeräusche, die im Training nicht berücksichtigt wurden (Heuschrecken, elektronische Störgeräusche), können zu Fehlbestimmungen führen. Bei der Bestimmung von Fledermausrufen kommt erschwerend hinzu, dass sich die Rufe der Arten, insbesondere innerhalb der Gattungen *Myotis* und *Nyctalus/Eptesicus*, stark ähneln, sodass selbst geübte Experten und Expertinnen sich häufig nicht in der Lage sehen, eine Aussage über die Gattung hinaus zu treffen. Für einige Arten wird davon ausgegangen, dass sie sich akustisch gar nicht unterscheiden lassen (Langohrfledermäuse: *Plecotus auritus/Plecotus austriacus* (hier: *Plecotus*), Bartfledermäuse: *Myotis mystacinus/Myotis brandtii* (hier *Mbart*)).

Eine Überprüfung der durch die KI entstandenen Erkennungen der Zielarten ist daher unerlässlich, muss sich bei großen Projekten aber auf einen repräsentativen Teil des Datensatzes beschränken. In vergangenen Erhebungen wurden dafür immer die Datei mit der höchsten Bestimmungsgenauigkeit (Konfidenz) pro Station, Tag und Art herangezogen. Es hat sich aber gezeigt, dass die Betrachtung des zeitlichen Kontextes die Wahrscheinlichkeit erhöht, einen tatsächlichen Nachweis der Art zu finden (Singer et al. 2024). Um daher ein repräsentatives Sample der aufgezeichneten Daten zu erstellen, wurde folgendes Vorgehen entwickelt.

Im ersten Schritt wurden Verwechslungsgruppen definiert. Diese Gruppen ergeben sich zum einen aus den oben beschriebenen Ähnlichkeiten einzelner Arten (z.B. *Myotis mystacinus* und *Myotis brandtii*), aber auch aus eventuellen Unzulänglichkeiten der genutzten KI Version. So kann es beispielsweise vorkommen, dass leise Rufe einer *Myotis bechsteinii* von der KI als *Myotis daubentonii* klassifiziert werden. Aus diesen beiden Eigenschaften ergeben sich folgende Gruppen: 1. *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus pygmaeus* und *Pipistrellus nathusii*; 2. *Nyctalus leisleri*, *Nyctalus noctula*, *Vespertilio murinus*,

*Eptesicus nilsonii* und *Eptesicus serotinus*; 3. *Myotis mystacinus*/*Myotis brandtii* (*Mbart*), *Myotis bechsteinii*, *Myotis daubentonii*, *Myotis myotis* und *Myotis nattereri*; 4. *Plecotus auritus*/*Plecotus austriacus* (*Plecotus*), *Myotis myotis* und *Eptesicus serotinus*; 5. *Barbastella barbastellus* in einer Gruppe mit allen anderen Arten.

Im zweiten Schritt wurde für jede aufgezeichnete Datei die sog. dominante Art bestimmt. Das heißt, dass in jeder Datei alle Rufe pro aufgezeichneter Art gezählt wurden und die Art mit den häufigsten Rufen als dominant gekennzeichnet wurde. Rufe der anderen Arten in dieser Datei werden für die weitere Analyse nicht berücksichtigt. Die Einteilung in die oben beschriebenen Gruppen und die Kennzeichnung einer dominanten Art erlaubt es, die beschriebenen Effekte auszugleichen und die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass die zu überprüfende Art tatsächlich in der Datei vorzufinden ist.

Um nun die Anzahl der zu prüfenden Daten weiter zu reduzieren und gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit des Artnachweises pro Station zu erhöhen wurden die Dateien im dritten Schritt nach dominanter Art und Station sortiert und die 50 Dateien pro Art und Station herausgefiltert, die die häufigste Anzahl an Rufen der dominanten Art aufweisen. Somit stellen wir sicher, dass wir möglichst lange Rufreihen pro Datei haben, da dies die Bestimmung vereinfacht und robuster macht.

Schließlich wurde im vierten und letzten Schritt die Konfidenz der KI berücksichtigt. Dazu wurde die durchschnittliche Konfidenz der dominanten Art pro Datei berechnet, die Dateien pro Art und Station nach der Konfidenz sortiert und die zehn Dateien pro Art und Station mit der höchsten durchschnittlichen Konfidenz wurden zur Analyse und weiteren Bestimmung durch Experten und Expertinnen behalten.

Das Resultat dieser vierstufigen Vorauswahl sorgt dafür, dass häufig verwechselte Arten und Ungenauigkeiten der KI abgemildert werden und Experten und Expertinnen besonders gut geeignete Dateien (viele Rufe mit hoher Konfidenz) zur weiteren Bestimmung erhalten. Damit reduziert das Vorgehen den Datensatz auf die 10 Dateien pro Art und Station, die die höchste Wahrscheinlichkeit für einen erfolgreichen Nachweis aufweisen. Gleichzeitig wird nur ein kleiner Teil der Gesamtaufnahmen analysiert, was bei fehlendem Nachweis die Restunsicherheit zur Folge hat, dass sich die fehlende Art noch in den weiteren Dateien befinden könnte.

## 4 Ergebnisse

Insgesamt wurden 13 (15) Fledermausarten im VSG nachgewiesen, womit das gesamte in dem Naturraum erwartbare Artenspektrum abgedeckt ist. Mit den Nachweisen der Mopsfledermaus, des Großen Mausohrs sowie der Bechsteinfledermaus befanden sich darunter drei Anhang II Arten sowie fünf weitere Arten mit ungünstigem (unzureichendem) Erhaltungszustand in Hessen (HLNUG 2019).

*Tabelle 1: Eindeutig nachgewiesene Arten sowie ihr Schutzstatus und Erhaltungszustand in Hessen*

Wissenschaftlicher Artname	Deutscher Artname	Status FFH-Richtlinie sowie Erhaltungszustand in Hessen
Myotis nattereri	Fransenfledermaus	Anhang IV (günstig/stabil)
Nyctalus leisleri	Kleinabendsegler	Anhang IV (ungünstig-unzureichend/sich verschlechternd)
Pipistrellus nathusii	Rauhautfledermaus	Anhang IV (unbekannt, stabil)
Myotis mystacinus/Myotis brandtii	Kleine/Große Bartfledermaus	Anhang IV (ungünstig-unzureichend (beide)/stabil (Mbra), sich verschlechternd (Mmys))
Myotis daubentonii	Wasserfledermaus	Anhang IV (günstig/stabil)
Pipistrellus pipistrellus	Zwergfledermaus	Anhang IV (günstig/stabil)
Pipistrellus pygmaeus	Mückenfledermaus	Anhang IV Anhang IV (ungünstig-unzureichend/stabil)
Eptesicus serotinus	Breitflügelfledermaus	Anhang IV (günstig/stabil)
Myotis myotis	Großes Mausohr	Anhang II und IV (günstig/stabil)
Barbastella barbastellus	Mopsfledermaus	Anhang II und IV



		(ungünstig-schlecht/stabil)
Nyctalus noctula	Großer Abendsegler	Anhang II und IV (ungünstig-schlecht/sich verschlechternd)
Plecotus auritus/Plecotus austriacus	Braunes/Graues Langohr	Anhang IV (günstig/stabil (Paur), ungünstig-unzureichend /sich verschlechternd (Paus))
Myotis bechsteinii	Bechsteinfledermaus	Anhang IV (ungünstig-unzureichend/sich verschlechternd)

Die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*; Ppip), als die in Deutschland häufigste Fledermausart, wurde auch an allen Standorten als häufigste Art festgestellt. Die nah verwandte, aber in Hessen deutlich seltenere Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*; Pnat) wurde dennoch an 39 Standorten sicher und an einem weiteren mit unsicherem Nachweis festgestellt. Die Vorkommen der Art beschränken sich in Hessen vor allem auf Tiere, die in den Spätsommermonaten auf dem Zug Zwischenquartier beziehen und sich hier vermutlich auch Paaren (Schwartz 1994). Die Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*; Ppyg) wurde an 24 Standorten sicher und an weiteren 15 Standorten mit unsicheren Nachweisen belegt. Die Mückenfledermaus gilt in Hessen als seltene Art mit wenigen belegten Wochenstubenverbänden und unzureichender Datenlage für Trendabschätzungen. Die Rufstruktur bzw. Rufform von Pnat und Ppyg ähnelt der von Ppip stark und ist vor allem über Frequenzunterschiede abgrenzbar. Rufe im Überschneidungsbereich können nicht sicher zugeordnet werden, weshalb es für beide Arten an einigen Standorten unsichere Nachweise gibt.

Ähnliches gilt für die nyctaloiden Arten Kleinabendsegler (*Nyctalus leisleri*; Nlei), Großer Abendsegler (*Nyctalus noctula*; Nnoc) und Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*; Eser). Nlei wurde an 28 Standorten sicher und an 12 Standorten unsicher nachgewiesen. Für Nnoc gab es an 28 Standorten sichere und an 11 Standorten unsichere und für Eser 16 Standorte mit sicheren und 22 mit unsicheren Nachweisen.

Die Gattung *Myotis* gilt als besonders schwer akustisch zu identifizierende Gruppe wobei große Überschneidungen zwischen den akustisch nicht auseinanderzuhaltenden Bartfledermäusen (*Myotis mystacinus*/*Myotis brandtii*; Mbart), der Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*; Mdau) und der Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*, Mbec) bestehen, weshalb diese häufig als mittlere- und kleine *Myotis* (Mkm) zusammengefasst werden. Insbesondere die Bechsteinfledermaus gilt als akustisch sehr variabel, weshalb sie nur anhand

bestimmter diagnostischer Rufe angesprochen werden kann. Entsprechend wurde die Art auch nur an 6 Standorten sicher festgestellt. Demgegenüber wurden an 32 Standorten Aufnahmen verzeichnet, deren Rufstruktur einen Hinweis auf die Art gab, aber keine eindeutige Ansprache gelang, weshalb sie als unsichere Nachweise eingestuft werden mussten. Die Bartfledermäuse (Mbart) wurden an 30 Standorten sicher und an 10 Standorten unsicher festgestellt. Sie waren neben der Zwergfledermaus die Arten mit den häufigsten Nachweisen insgesamt. Für die Wasserfledermaus (Mdau) gelangen sichere Nachweise an 25 Standorten. An weiteren 15 Standorten gab es Aufzeichnungen, die das Vorkommen der Wasserfledermaus nicht ausschließen lassen.

Weitere festgestellte Myotis Arten waren die Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*; Mnat) mit sicheren Nachweisen an 30 Standorten und Hinweisen an weiteren 10 sowie das Große Mausohr (*Myotis myotis*; Mmyo) mit sicheren Nachweisen an 35 Standorten und nicht sicher bestimmbar Aufzeichnungen an 3 weiteren.

Die seltene und als einzige Art als ungünstig-schlecht bewertete Anhang 2 Art Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*; Bbar) wurde an 9 Standorten sicher und an weiteren 11 Standorten mit unsicheren Aufzeichnungen festgestellt.

Die akustisch nicht weiter zu differenzierenden Arten Braunes und Graues Langohr (*Plecotus auritus/Plecotus austriacus*; Plecotus) wurden nahezu allen Standorten sicher und an einem Standort mit unsicherem Nachweis festgestellt.

Tabelle 2: Artnachweise von Fledermäusen an 40 Stationen im VSG „Hauberge bei Haiger“. Für jede Station wurden pro Art Aufnahmen nach dem in 3.3 beschriebenen Schema ausgewählt und anschließend durch einen Fledermausexperten analysiert. Ja= eindeutiger Nachweis der Art, Unsicher= Die Art kann anhand der Aufnahmen weder bestätigt noch abgelehnt werden, Nein= Es sind keine Aufnahmen im Validierungsdatensatz vorhanden, die einen Hinweis auf die Arte geben.

Station	Mnat	Nlei	Pnat	Mbart	Mdau	Ppip	Eser	Mmyo	Ppyg	Bbar	Nnoc	Plecotus	Mbec
01	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Nein	Unsicher	Ja	Ja	Nein
02	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher
03	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Unsicher	Unsicher	Unsicher	Ja	Unsicher
04	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Unsicher
05	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Unsicher
06	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher
07	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher
08	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Nein	Ja	Ja	Unsicher
09	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Unsicher	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher
10	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher
11	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Unsicher	Unsicher	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher
12	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher
13	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher
14	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Nein	Ja	Ja	Unsicher
15	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Unsicher	Unsicher	Nein	Unsicher	Unsicher	Unsicher

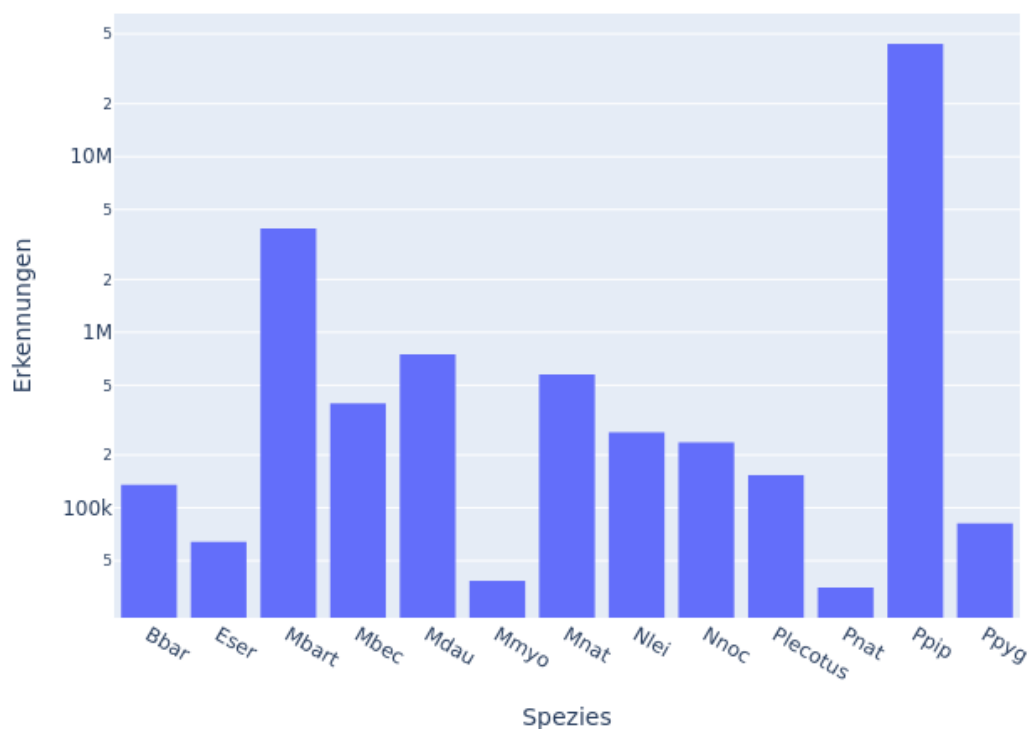


16	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
17	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Nein	Unsicher	Ja	Unsicher
18	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
19	Unsicher	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Nein	Nein	Ja	Unsicher
20	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Nein	Ja	Ja	Unsicher
21	Ja	Unsicher	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Nein	Unsicher	Ja	Ja
22	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Unsicher
23	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja
24	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Nein	Ja	Ja	Unsicher	Unsicher	Ja	Unsicher
25	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Nein	Ja	Ja	Unsicher
26	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Unsicher	Ja	Unsicher	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Unsicher
27	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Unsicher	Ja	Unsicher
28	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher
29	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher
30	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
31	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher
32	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Unsicher	Unsicher	Unsicher	Ja	Ja	Ja
33	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Unsicher	Nein	Unsicher	Ja	Unsicher

34	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Unsicher	Ja	Unsicher
35	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher
36	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Unsicher
37	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Unsicher	Ja	Unsicher
38	Ja	Jar	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
39	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher
40	Ja	Ja	Ja	Ja	Unsicher	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Unsicher

## 4.1 Häufigkeitsverteilung basierend auf automatischen Erkennungen

Im Folgenden werden, basierend auf den Erkennungen durch die KI, die absoluten Häufigkeiten der 13 (15) nachgewiesenen Arten dargestellt. Insgesamt wurden mehr als 50 Millionen Fledermausrufe registriert. Diese Daten wurden nur in Bruchteilen durch einen Experten für Fledermausakustik überprüft (Kapitel 3.3) und sind daher nur als Annäherung an die tatsächliche Verteilung der Rufhäufigkeiten zu verstehen. Erwartungsgemäß stellt die Zwergfledermaus (Ppip) mit knapp 44 Millionen registrierten Einzelrufen den größten Teil der Erkennungen. Von den beiden weiteren Arten der Gattung Pipistrellus (Rauhaut- und Mückenfledermaus; Pnat, Ppyg) wurden jeweils deutlich unter 50 Tausend Rufe registriert. Die Klasse Mbart, welche die Kleine- und Große Bartfledermaus zusammenfasst, wurde > 3.9 Millionen mal registriert und ist damit mit großem Abstand die zweithäufigste Klasse, gefolgt von Mdau (~750 Tausend), Mnat (575 Tausend) und Mbec (~394 Tausend). Innerhalb dieser Klassen kommt es regelmäßig zu Verwechslungen und insbesondere für Mbec liegen kaum sichere Nachweise vor. Die Nyctalus Arten Nlei und Nnoc wurden jeweils ca. 250 Tausend Mal registriert, während die weitere nachgewiesene Art des nyctaloiden Ruftyps Eser nur mit 64 Tausend Rufen registriert wurde. Die Gattung Plecotus wurde mit > 150 Tausend Rufen registriert, vergleichbar mit Bbar die knapp über 135 Tausend Rufen liegt. Gemeinsam mit Pnat stellt Mmyo die Klasse mit der geringsten Anzahl an Registrierungen dar (< 40 Tausend).



## 4.4 Technische Probleme und Lösungen

Nach dem Kenntnisstand der Autoren handelt es sich bei dem hier durchgeführten Projekt weltweit um das erste welches Vogel- und Fledermausstimmenerkennung mittels KI in Echtzeit auf den Rekordern im Gelände durchführt. Gleichzeitig handelte es sich auch um den ersten größer angelegten Feldtest des Systems über einen längeren Zeitraum. Entsprechend war mit technischen Problemen zu rechnen, die hier dokumentiert werden sollen.

Eines der Ziele des hier vorgestellten Monitoringkonzeptes war die deutliche Reduktion der aufgezeichneten Audiodateien, ohne dabei Information über die Fledermausaktivität zu verlieren. Das Projekt startete Ende Juli und fiel damit in die Hauptaktivitätszeit der meisten heimischen Heuschreckenarten. Direkt zu Beginn der Erfassung fiel über das Live-System eine ungewöhnlich hohe Dichte an Erfassungen des Großen Abendseglers (*Nyctalus noctula*) auf.

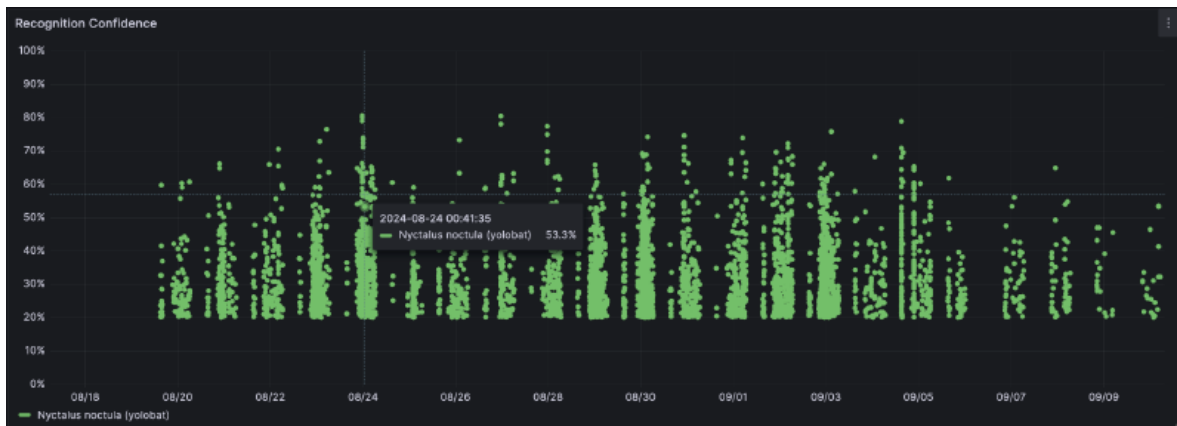


Abbildung 7: Hohe Anzahl an Detektionen des großen Abendseglers, die sich größtenteils als Heuschreckenlaute herausstellten.

Ein Download einiger Beispielaufnahmen über die Fernzugriffsoption auf das System zeigte, dass es sich bei den Erkennungen zu großen Teilen um Heuschreckenlaute handelte.

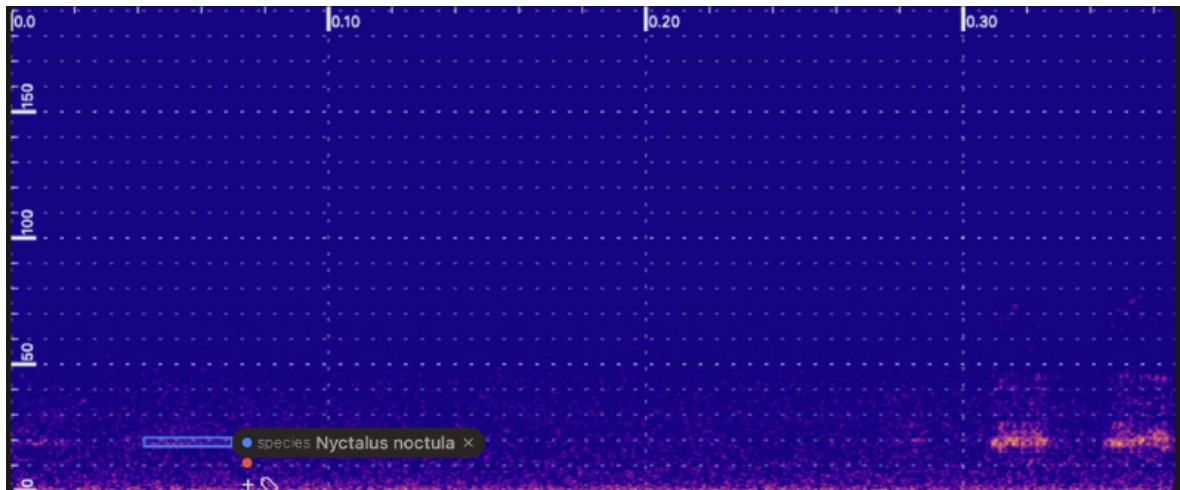


Abbildung 8: Typische Lautstruktur einer Heuschrecke, die in Version 1 der KI als Großer Abendsegler erkannt wurde

Eine weitere ungewöhnliche Beobachtung waren häufige Erkennungen der Wimperfledermaus (*Myotis emarginatus*), einer Art, deren Vorkommen in Hessen nicht bekannt ist.

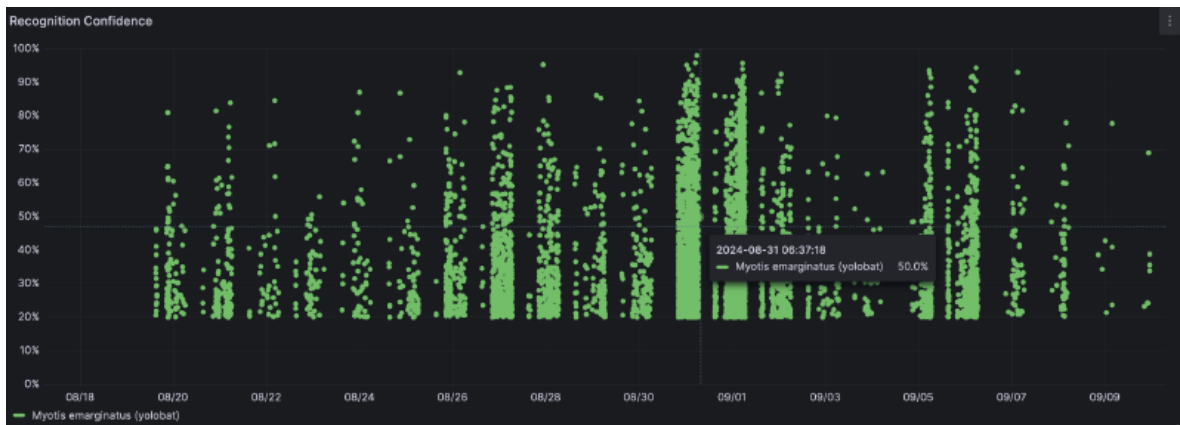


Abbildung 9: Hohe Anzahl an Detektionen der in Hessen nicht vorkommenden Wimperfledermaus.

Auch hier konnte die Herkunft der Falscherkennungen über den Fernzugriff verifiziert werden. Es handelte sich um elektronische Störgeräusche, die durch das LTE-Modem verursacht wurden.



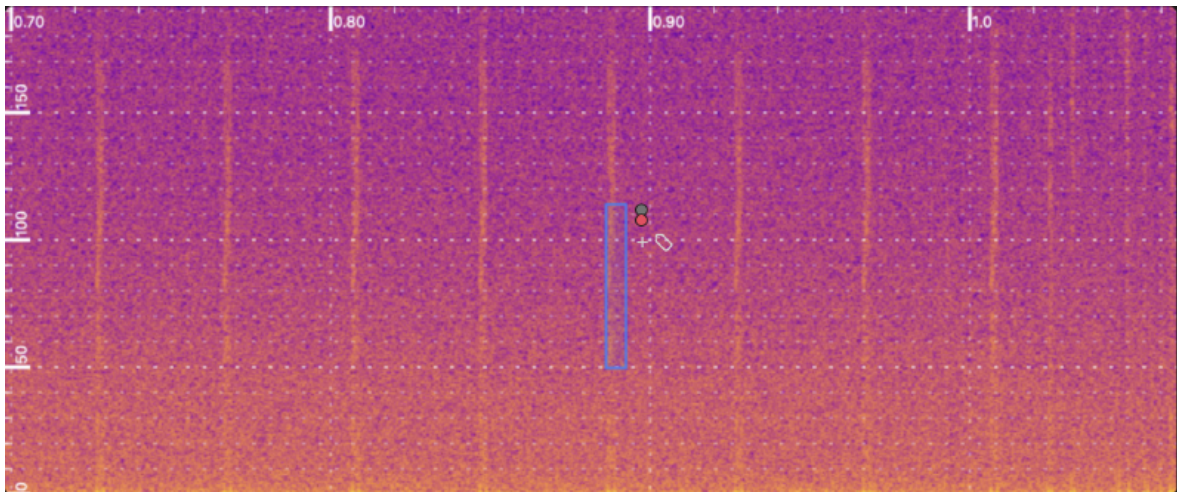


Abbildung 10: Typische elektronische Störung die in Version 1 der KI als Wimpernfledermaus erkannt wurde

Da die KI von den Auftragnehmern selbst entwickelt wird, konnten diese Daten in das Training mit aufgenommen werden, wodurch die Fehlerkennungen nahezu vollständig behoben werden konnten.

Ein weiteres Problem betraf den Energieverbrauch der Geräte insbesondere während der Schlechtwetterphasen im September und Oktober. Die Geräte standen größtenteils in dichter Niederwaldvegetation mit geringem Sonneneinfall. Da die Ausführung der KI viel Rechenleistung und damit Energie erfordert und sowohl tagsüber die Vögel als auch nachts die Fledermäuse erkannt werden sollten, gerieten einige der Geräte an ihre Grenzen. Eine Anpassung der Aufnahmezeiten von 24 Stunden am Tag zu 3 Stunden vor und nach Sonnenunter- und -aufgang und ein automatisches Abschalten der Geräte in den Phasen dazwischen konnte das Problem beheben.

Das verwendete Mikrofon entspricht der Mikrofontechnologie wie sie auch für die AudioMoth (Hill et al. 2019) verwendet und in vielen Anwendungen weltweit für das Monitoring von Fledermäusen und Vögeln eingesetzt wird. Während der Validierung stellte sich heraus, dass die Aufnahmequalität in einigen Fällen nicht ausreichend war, um Rufe der Gattung *Myotis* auf Artniveau zu bestimmen. Aktuell wird eine neue Lösung für die klanglich hochwertige Aufnahme sowohl von Vogel- als auch von Fledermaurufen entwickelt.

## 5 Diskussion

### 5.1 Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Im Rahmen dieser Untersuchung gelang der Nachweis von 13 (15) Fledermausarten im Untersuchungsgebiet. Damit sind alle Arten, die für den Naturraum zu erwarten sind, vertreten. Das Ergebnis überrascht insofern, als das sich die Standorte für die Erfassung in Optimalhabitaten für das Haselhuhn befanden, also in Niederwaldbereichen ohne ersichtliches Quartierpotential für waldbewohnende Fledermausarten. Eine mögliche Erklärung für die hohe Diversität insgesamt und hohe Dichte an Rufnachweisen bestimmter Arten (Ppip, Mbart, Plecotus) kann die Nutzung der Hauberge als Jagdhabitat sein. Insbesondere spätere Entwicklungsstadien des Niederwaldes werden mit einer erhöhten Diversität und Abundanz an Motten in Verbindung gebracht (Weiss et al. 2021), welche wiederum einer Vielzahl an Fledermausarten als Nahrung dienen (Hofstede und Radcliff 2016). Abgesehen von den Nyctaloiden kann die Anwesenheit der anderen Arten auch ein Effekt der Verfügbarkeit von Schwärm- und Überwinterungsquartieren sein. Der Lahn-Dill-Kreis und das angrenzende Siegerland blicken auf ca. 2500 Jahre Bergbaugeschichte zurück und im Lahn-Dill-Kreis befindet sich ein Großteil der bekannten Überwinterungsquartiere von Fledermäusen in Hessen (RP Gießen 2016). Zumindest die Arten der Gattung *Myotis* sowie das Braune Langohr (*Plecotus auritus*) wurden in der Vergangenheit in Stollen im Bereich des VSG nachgewiesen. Da die Untersuchung zur Schwärmzeit im Spätsommer und Herbst stattfand, kann hier nicht zwischen einem stationären Auftreten während der Reproduktionszeit und einer ausschließlichen Nutzung zur Schwärmphase unterschieden werden. Insbesondere für die Rauhautfledermaus als auch für die beiden Arten der Gattung *Nyctalus* ist ein erhöhtes Auftreten während der Zugzeiten wahrscheinlich.

Die Echtzeit-Klassifizierung der Fledermausrufe erlaubte eine Entscheidung hinsichtlich der zu speichernden Daten, wodurch eine Reduktion von > 50 Millionen gespeicherten Einzelrufen hin zu etwa 6 Millionen Rufen gelang. Dennoch war die gesammelte Datenmenge so groß, dass innerhalb des gesetzten Zeitrahmens nur ein Bruchteil der Aufnahmen evaluiert werden konnte. Der hierfür entwickelte Algorithmus für die Vorauswahl der zu validierenden Dateien war insofern erfolgreich, als alle zu erwartenden Arten nachgewiesen wurden. Da die akustische Arterkennung in vielen Fällen schwierig ist und bei weitem nicht alle Aufnahmen überprüft wurden, kann ein fehlender Nachweis nicht als ein Fehlen der Art an dem untersuchten Standort gewertet werden. Gleichzeitig kann die Beschreibung der Ruffichten einzelner Arten basierend auf den Erkennungen durch die KI nur als Annäherung an die tatsächliche Verteilung über die Arten gewertet werden. Zumindest bei den schwer unterscheidbaren Arten der Gattung *Myotis* sowie den Arten mit nyctaloidem Ruftyp ist hier Vorsicht geboten. Es muss aber abschließend festgehalten werden, dass die Analyse von 50 Millionen Fledermausrufen durch Fledermauserxpertinnen und Experten eine nicht zu leistende Aufgabe darstellt, weshalb die methodisch bedingten Unsicherheiten in Kauf genommen werden müssen.

## 5.2 Offene Fragen und Anregungen

Als Ergebnis dieser Untersuchung kann festgestellt werden, dass das VSG „Hauberge bei Haiger“ von nahezu allen in Hessen regelmäßig vorkommenden Fledermausarten genutzt wird. Um tiefere Einblicke in die Phänologie der Nutzung zu erhalten, wären Untersuchungen ab Ende der Überwinterungsphase im März bis zum Ende der Schwärmphase Ende Oktober notwendig. Für eine weitere Differenzierung der Artenpaare Braunes und Graues Langohr sowie Kleine und Große Bartfledermaus sind zudem Netzfänge notwendig.

Eine Kombination aus dem Vorhandensein von Strukturen für die Überwinterung und der Nähe zu ergiebigen Jagdhabitaten in der energetisch kritischen Phase der Überwinterung und des Zuges kann positive Effekte für die anwesenden Individuen haben (Frick et al. 2023). Ob eine solche Konstellation das VSG Hauberge bei Haiger zu einem bedeutsamen Rast- und Überwinterungsort für Fledermäuse macht, bedarf weiterer und vergleichender Untersuchungen.

## 6 Literaturverzeichnis

- BFF (2006) Grunddatenerfassung des EU – Vogelschutzgebietes „Hauberge bei Haiger“ (5115 – 401) (Lahn-Dill-Kreis). Büro für faunistische Fachfragen (BFF). Im Auftrag des Regierungspräsidiums Gießen.
- Frick WF, Kingston T, Flanders J. A review of the major threats and challenges to global bat conservation. *Ann N Y Acad Sci.* 2020 Jun;1469(1):5-25. doi: 10.1111/nyas.14045. Epub 2019 Apr 2. PMID: 30937915.
- Frick WF, Dzal YA, Jonasson KA, Whitby MD, Adams AM, Long C, Depue JE, Newman CM, Willis CKR, Cheng TL (2023): Bats increased foraging activity at experimental prey patches near hibernacula. *Ecological Solutions and Evidence*, 4, e12217. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12217>
- Gottwald J, Sterz A, Höchst J, Vogelbacher M (2025): Bats@edge: Automatic real-time detection of bat calls on autonomous sensors. Treffen der Deutschen Fledermausforschenden. 10.-12.01.2025, Blaubeuren
- Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) (2019). Bericht nach Art. 17 FFH-Richtlinie 2019 Erhaltungszustand der Arten.
- Hill AP, Prince P, Snaddon JL, Doncaster CP, Rogers A (2019): AudioMoth: A low-cost acoustic device for monitoring biodiversity and the environment. *HardwareX*, Volume 6, <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2019.e00073>.
- Hofstede HM, Ratcliffe JM (2026): Evolutionary escalation: the bat–moth arms race. *J Exp Biol* 1 June 219 (11): 1589–1602. doi: <https://doi.org/10.1242/jeb.086686>
- IUCN Red List of Threatened Species. The IUCN Red List of Threatened Species. Accessed November 19, 2018. <https://www.iucnredlist.org/en>.
- Regierungspräsidium Gießen (2019): Flyer Historischer Bergbau in Mittelhessen. Gießen. [https://rp-giessen.hessen.de/sites/rp-giessen.hessen.de/files/2022-01/flyer\\_hist\\_bergbau\\_2019\\_bf.pdf](https://rp-giessen.hessen.de/sites/rp-giessen.hessen.de/files/2022-01/flyer_hist_bergbau_2019_bf.pdf)
- Schwarting, H. (1994): Rauhautfledermaus, *Pipistrellus nathusii* (Keyserling & Blasius 1839). In: Arbeitsgemeinschaft für Fledermausschutz in Hessen (Hrsg.): Die Fledermäuse Hessens. – Remshalden-Buoch (Verlag Manfred Hennecke) S. 66-69.
- Singer D, Hagge J, Kamp J, Hondong H, Schuldt A (2024) Aggregated time-series features boost species-specific differentiation of true and false positives in passive acoustic monitoring of bird assemblages. *Remote Sens Ecol Conserv* 10:517–530.
- Weiss M, Kozel P, Zapletal M, Hauck D, Prochazka J, Benes J, Cizek L, Sebek P (2021): The effect of coppicing on insect biodiversity. Small-scale mosaics of successional stages drive community turnover. *Forest Ecology and Management*, Volume 483, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118774>.



## Impressum

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Abteilung Naturschutz  
Europastr. 10, 35394 Gießen

Tel.: 0641 / 200095 58

Web: [www.hlnug.de](http://www.hlnug.de)

E-Mail: [arten@hlnug.hessen.de](mailto:arten@hlnug.hessen.de)

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit schriftlicher Genehmigung des HLNUG

## Ansprechpartner Dezernat N2, Arten

Dr. Andreas Opitz 0641 / 200095 11  
*Dezernatsleitung*

Melanie Albert 0641 / 200095 23  
*Feldhamster, Fledermäuse*