



Bat@Edge

Automatische Echtzeit-Erkennung von
Fledermausrufen auf autonomen Sensoren

16. Tagung des Bundesfachausschusses Fledermausschutz im NABU

Jonas Höchst, Jannis Gottwald, Artur Sterz, Caro Kordges, Markus Vogelbacher

Motivation

Skalierbare Lösungen für die permanente Überwachung von Fledermäusen sind dringend erforderlich.

Akustische Überwachung ist DIE (nicht-invasive) Methode zur Überwachung von Fledermäusen, z.B. für **Artnachweise**, **Migrationstudien** aber auch für **Populationstrends**.

Problem: Automatische Aufnahmen führen zu riesigen Datenmengen, die nachträglich analysiert werden müssen.





Passive Akustische Erfassung Heute



Riesige Datenmengen

- ohne automatisierte Methoden kaum zu bewältigen
- Dauerhafte Erfassung über Jahre hinweg nicht realisierbar



Zeitlicher Aufwand

- großer manueller Aufwand in der Rufbestimmung notwendig
- Automatische Rufanalyse teilweise in nicht ausreichender Qualität, daher nachträgliche Analyse notwendig



Zeitlicher Verzug

- Datenauswertung oft erst Wochen bis Monate nach der Erfassung
- Erkenntnis verzögert mögliche Reaktion (z.B. Anpassung von Standorten)



Das Bat@Edge Konzept

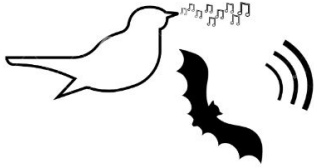
- **KI-Modelle** für die Echtzeit-Erkennung von Fledermäusen, Vögeln, Amphibien, Heuschrecken...
 - Schnell, präzise, effizient für den Einsatz im Gelände
- **Energieautonome Stationen** mit einer KI-fähigen Recheneinheit
- **Software** und Betriebssystem
 - Übertragung in Echtzeit
 - flexible Konfiguration zur Reduzierung der Datenmenge



Datenfluss auf den Geräten im Untersuchungsgebiet

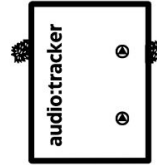


1 Lautäußerungen von verschiedenen Artengruppen



2

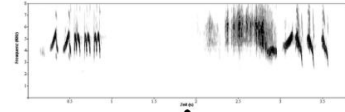
Der audio:tracker erfasst Audiodaten bis zu 24 Stunden am Tag und analysiert den eingehenden Audio-Stream in Echtzeit



Digitalisierte Audiodaten

3

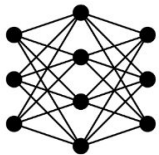
Umwandlung der eingehenden Audiodaten als Spektrogramm



Sekundenweise erzeugte Spektrogramme

4

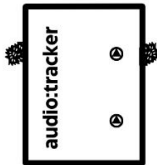
Erkennung Arttypischer Lautäußerungen mittels laufzeitoptimierter KI-Algorithmen



Erkannte Lautäußerungen und Konfidenzen

5

Weiterverarbeitung der erkannten Lautäußerungen: Audio-Aufzeichnung für vorab definierte Spezies



Speicherung erkannter Arten in der Cloud



Lokale Speicherung der Audio-Daten



Visualisierung der Daten (Live)



Live-Visualisierung während der Erfassung

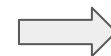
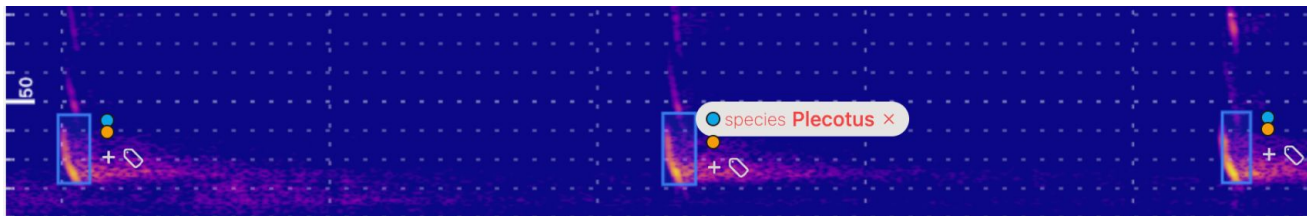


Erkannte Lautäußerungen werden per LTE vom Gerät auf einen Server übertragen und die erfassten Konfidenzen dargestellt.

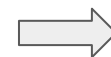
Einzelne erfasste Fledermausrufe deuten auf Fehlerkennungen hin.

Rufreihen (vertikal) bilden Transferflüge bzw. Jagdverhalten ab.

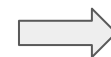
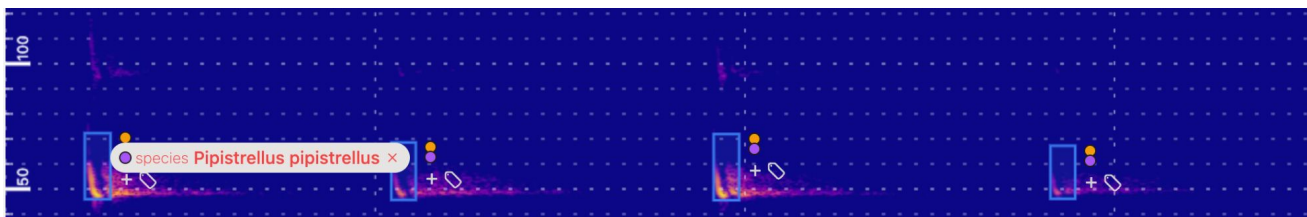
Regelbasierte Audio-Aufzeichnung



Zeichne alle
erkannten Rufe auf.



Zeichne alle Rufe
mit einer Konfidenz
>70% auf.



Zeichne 10% der
erkannten Rufe
dieser Spezies auf.

YOLObat: KI-Modell zur Erkennung von Fledermausrufen

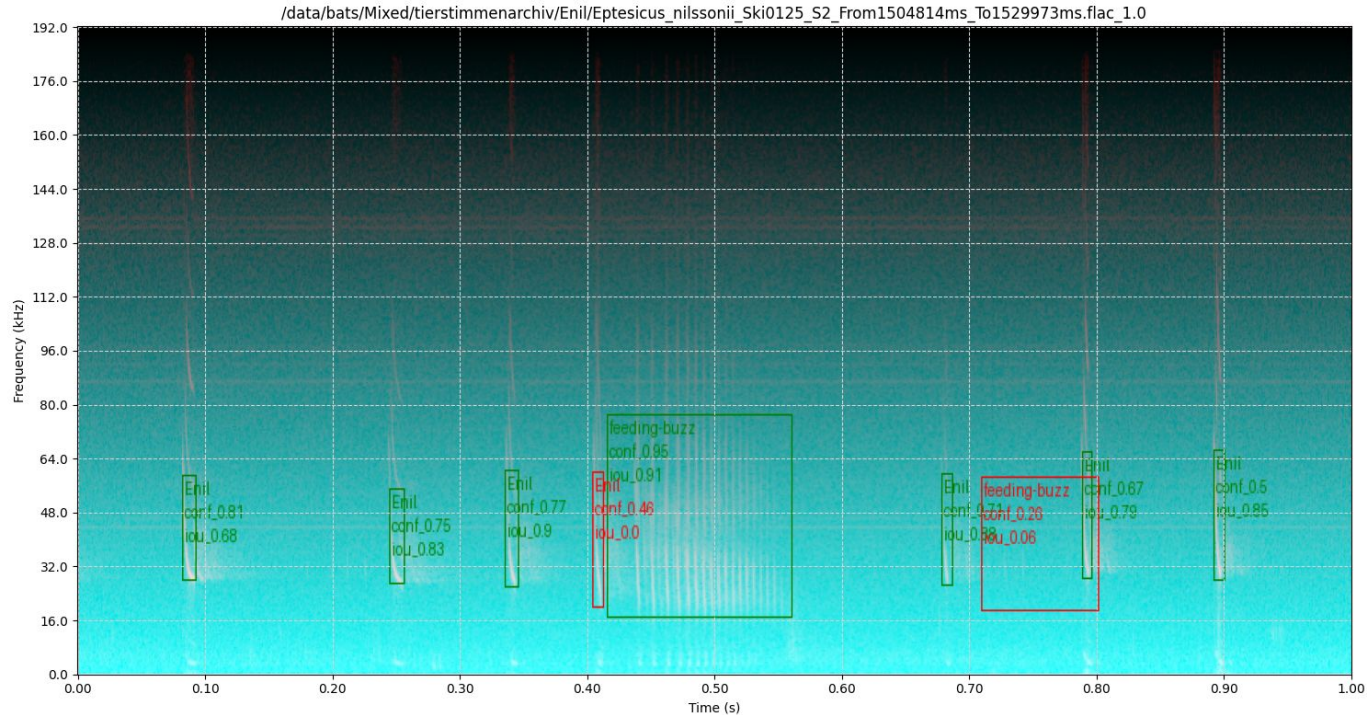


- Basierend auf YOLO v11 (Ultralytics)
 - “You Only Look Once”
 - aus dem Bereich der Computer Vision
 - Höchste Genauigkeit, Geschwindigkeit und Effizienz bei der Objekterkennung und -klassifizierung (2024)
- Umwandlung von Audio-Aufnahmen zu Spektrogrammen
 - 1 Sekunde
 - 384 kHz Sampling Rate
 - Optische Auflösung: 384 x 960 Pixel





YOLObat: Spektrogramme

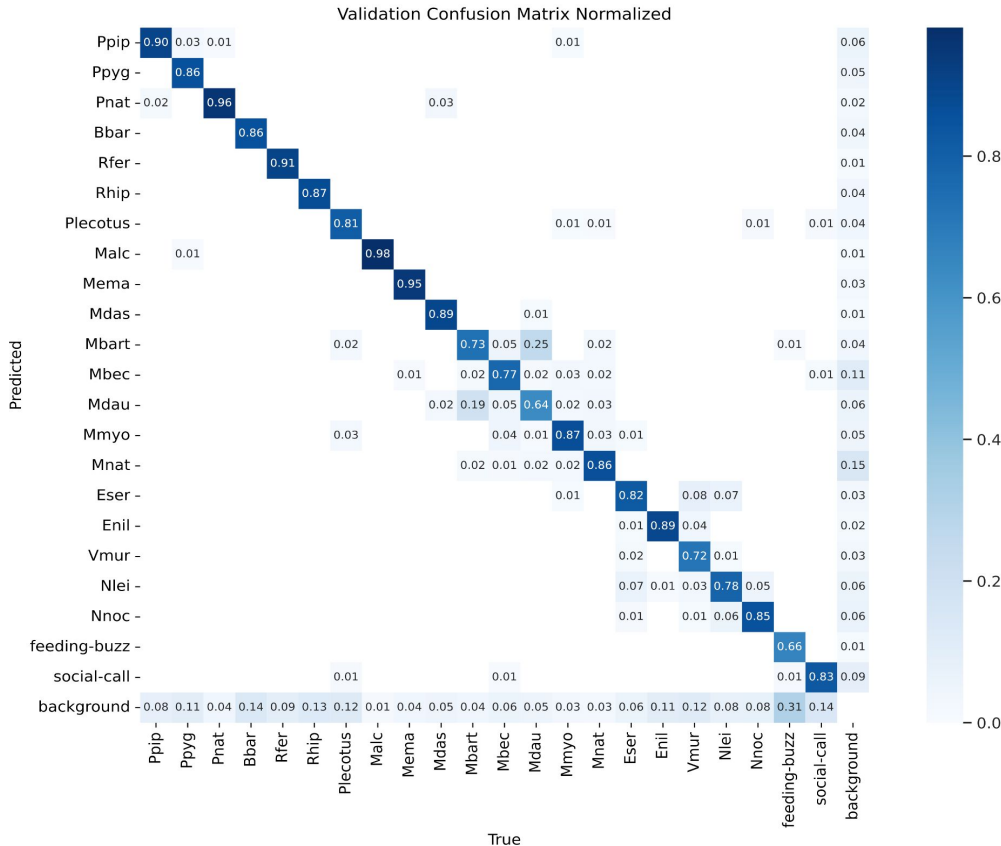


Kodierung von Frequenzinformationen in Blau- und Grünkanal.

Erkennung von Echoortungen nach Spezies.

Erkennung von Feeding Buzz und Sozialruf als separate Klasse.

YOLObat: Ergebnisse nach unkorrelierten Trainings- und Testdaten - dateibasierte Aufteilung des Datensatzes



Species	train	test	total
Ppip	11.755	2.694	14449
Ppyg	4.789	1.444	6233
Pnat	9.902	2.486	12388
Bbar	11.231	2.766	13.997
Rfer	1.422	293	1.715
Rhip	2.075	392	2.467
Plecotus	7.713	2.102	9.815
Malc	5.052	1.548	6.600
Mema	3.849	611	4.460
Mdas	2.529	605	3.134
Mbart	23.650	4.270	27.920
Mbec	12.347	3.429	15.776
Mdau	17.472	4.691	22.163
Mmyo	15.398	3.674	19.072
Mnat	21.906	5.339	27.245
Eser	13.546	2.859	16.405
Enil	2.323	549	2.872
Vmur	3.903	1.456	5.359
Nlei	8.996	2.169	11.165
Nnoc	6.924	1.426	8.350
feeding-buzz	528	118	646
social-call	4.744	1.163	5.907

YOLObat: Ständige Weiterentwicklung

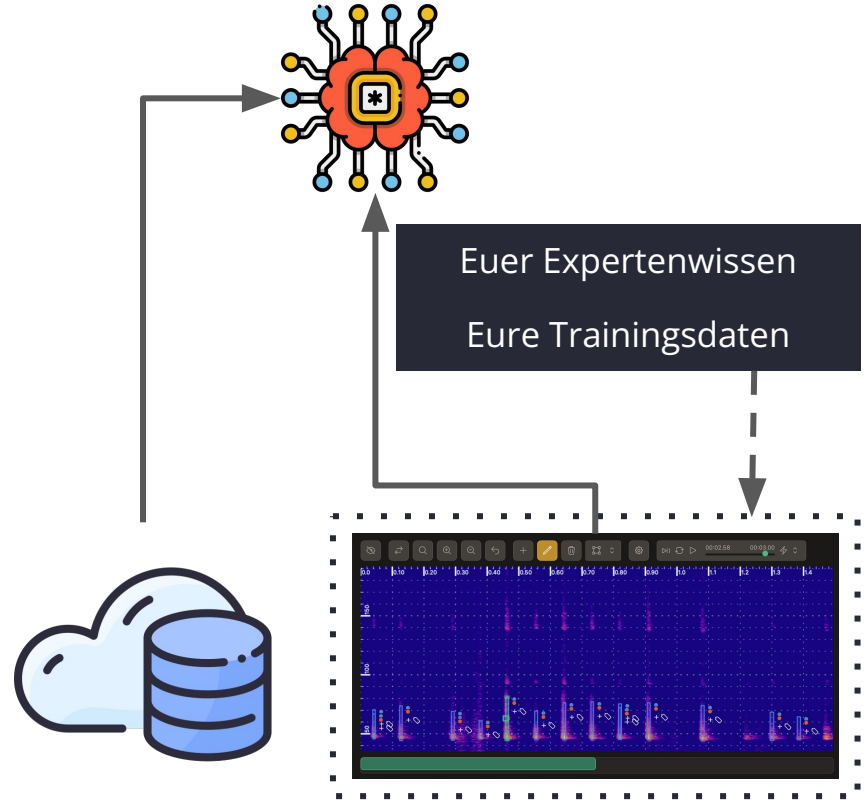


Aktueller Stand ist nicht Perfekt

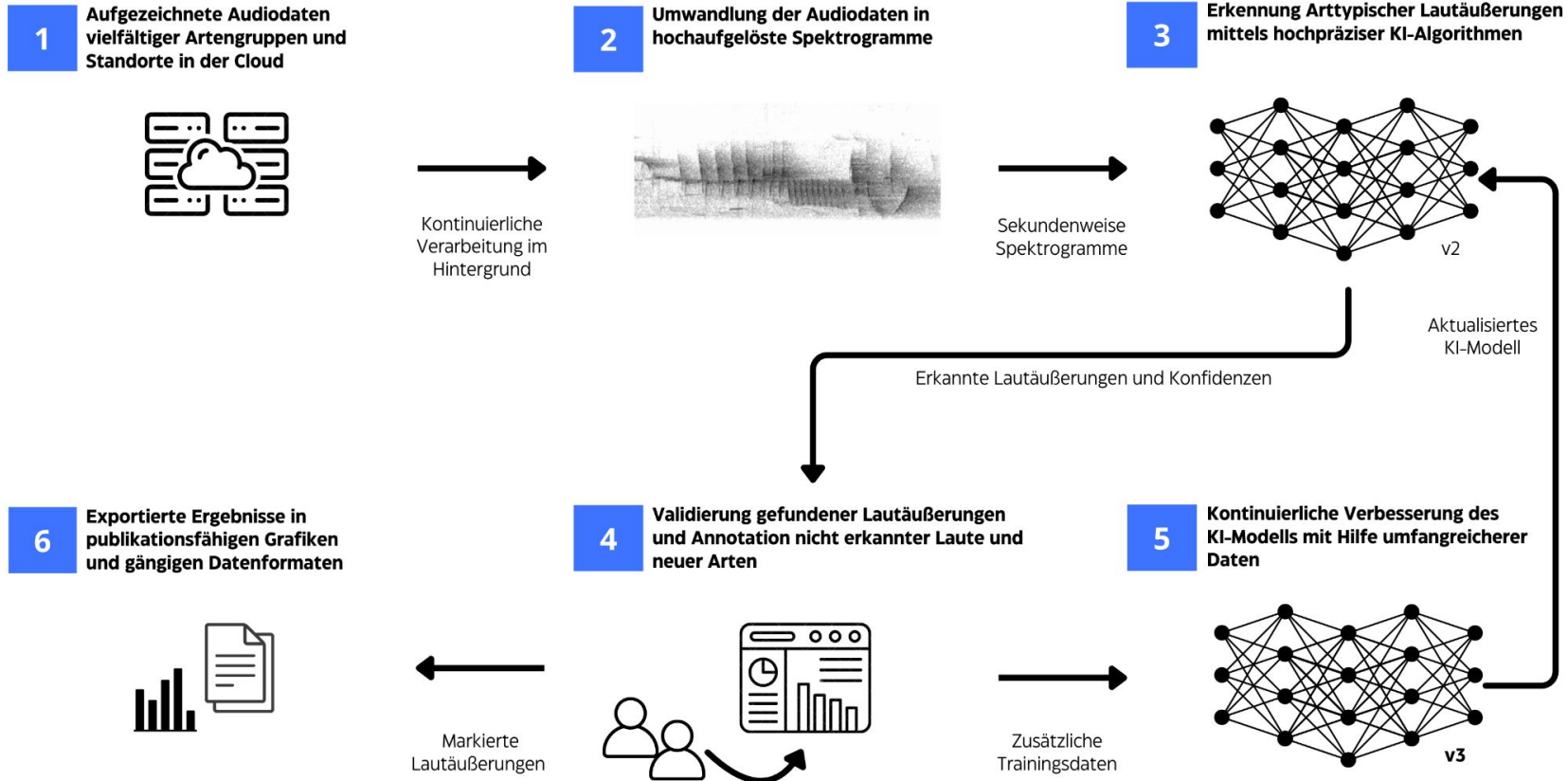
- ➡ Trainingsdaten → **Ihr!**
- ➡ Validierung durch Experten → **Ihr!**

Jetzt verfügbar

- On-device KI-Modell zur Klassifikation in Echtzeit
- Server KI-Modell für die Klassifikation von Audiodaten aus anderen Quellen (batcorder, BatLogger, AudioMoth...)
- Tool zur Validierung (Sonari)
 - Verifizierte Daten gehen ins Training der KI
 - Ständige Verbesserung der KI



Aktiver KI-Lernprozess durch automatische Erkennung und interaktive Validierung von Lautäußerungen



Feldtest 2024

40 audio:tracker für Vogel und Fledermausmonitoring im Natura2000 Gebiet "Hauberge bei Haiger"

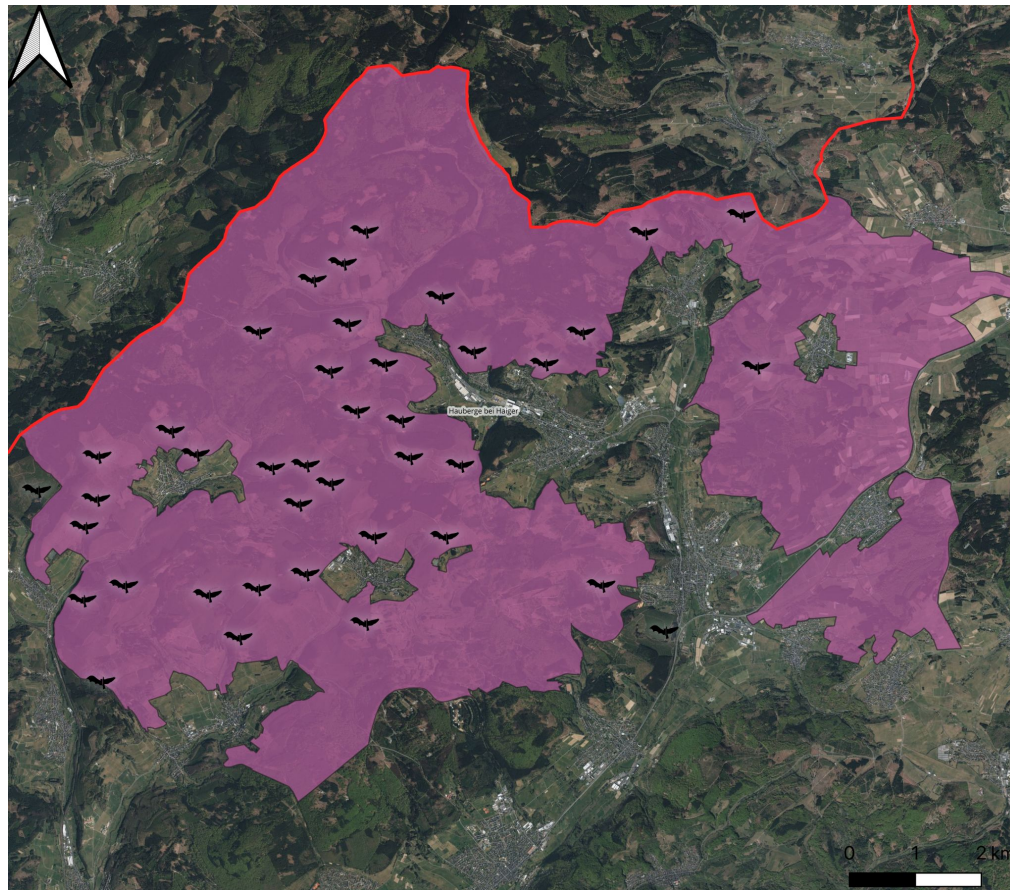
Lebensraumtyp Niederwald

- Tagsüber: Vogelerkennung
- Nachts: Fledermauserkennung

Finanziert von:



Für eine lebenswerte Zukunft



Feldtest 2024



13 (15) Spezies nachgewiesen

Barbastella barbastellus

Pipistrellus nathusii

Pipistrellus pipistrellus

Pipistrellus pygmaeus

Myotis brandtii/mystacinus

Myotis bechsteinii

Myotis daubentonii

Myotis nattereri

Myotis myotis

Nyctalus leisleri

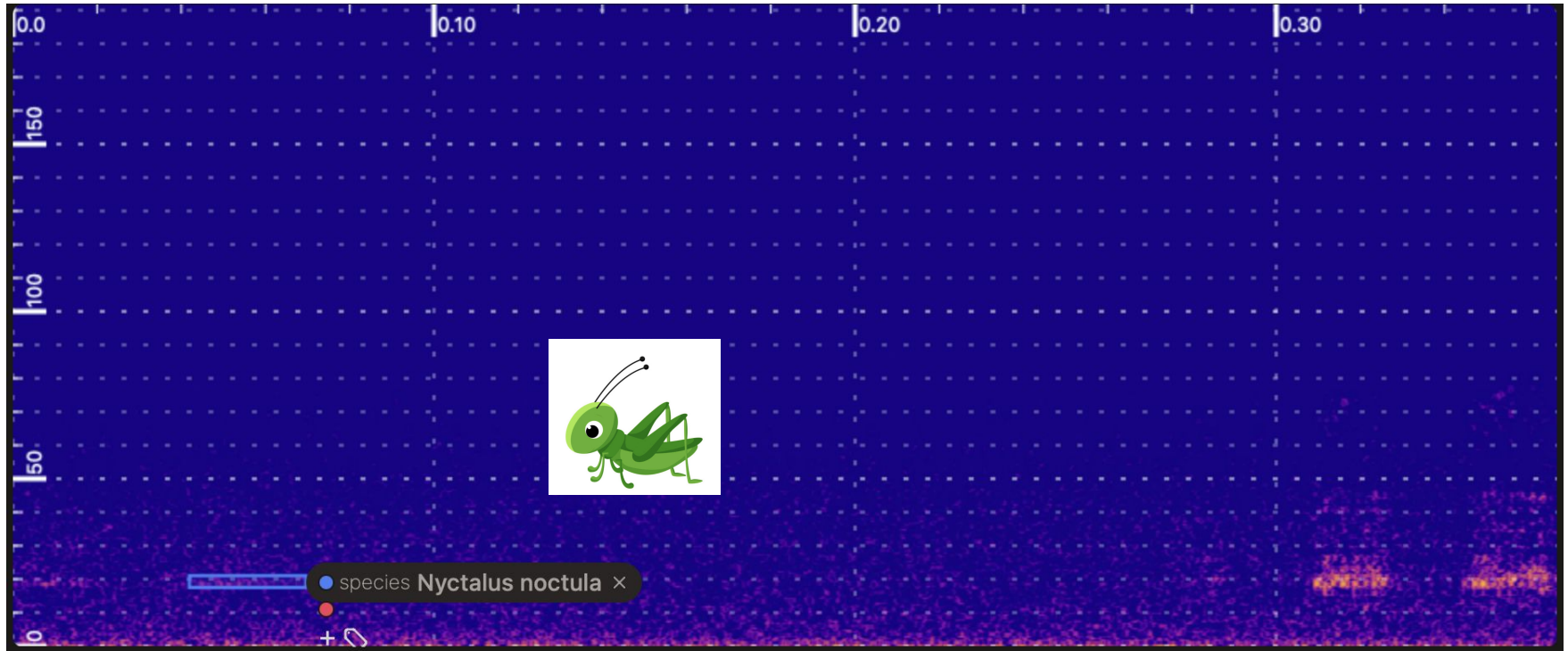
Nyctalus noctula

Eptesicus serotinus

Plecotus austriacus/auritus

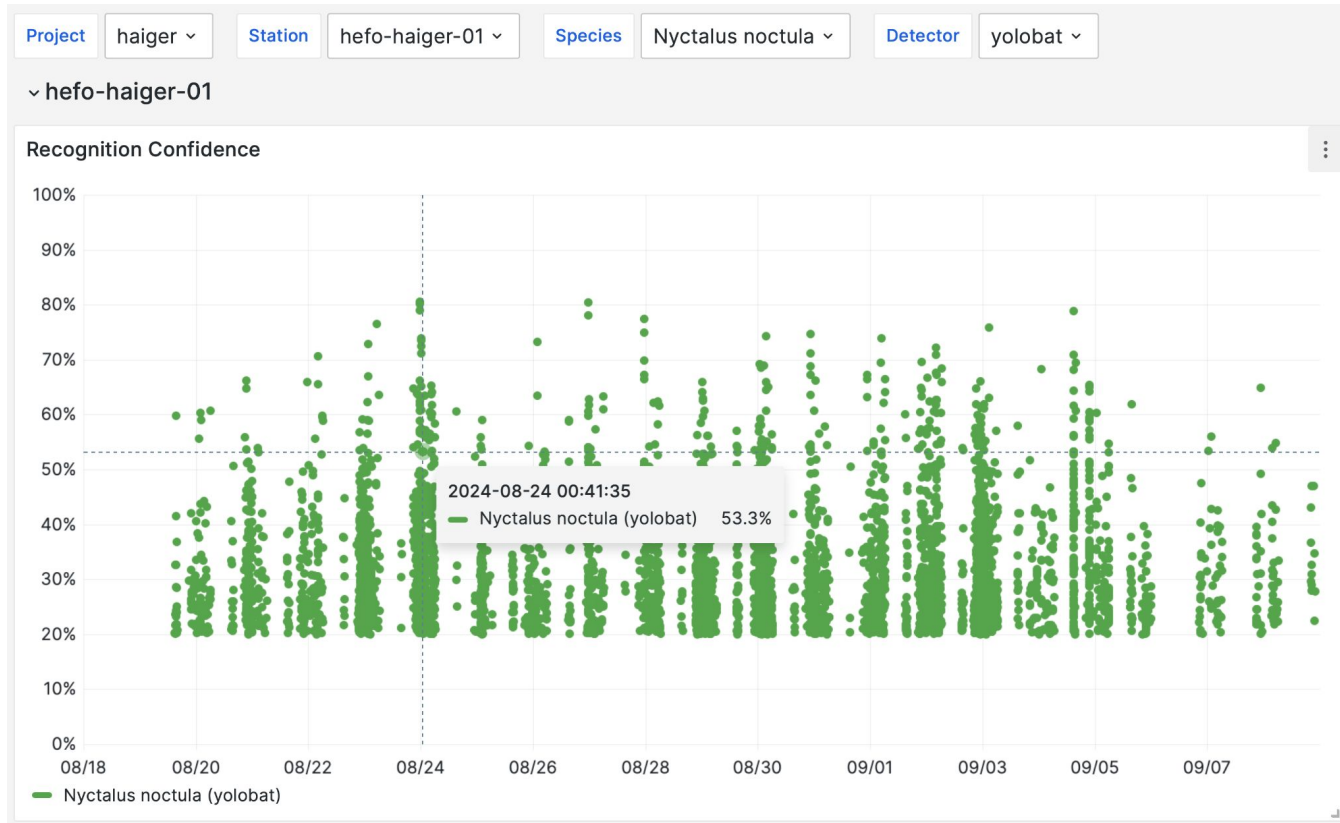


Feldtest 2024: Herausforderungen



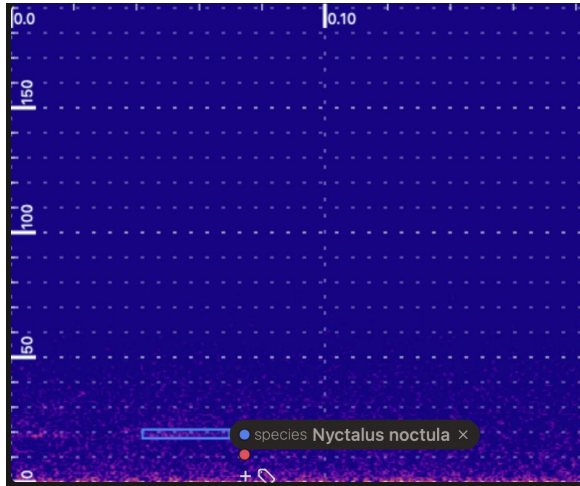


Feldtest 2024: Alles voller Heuschrecken!

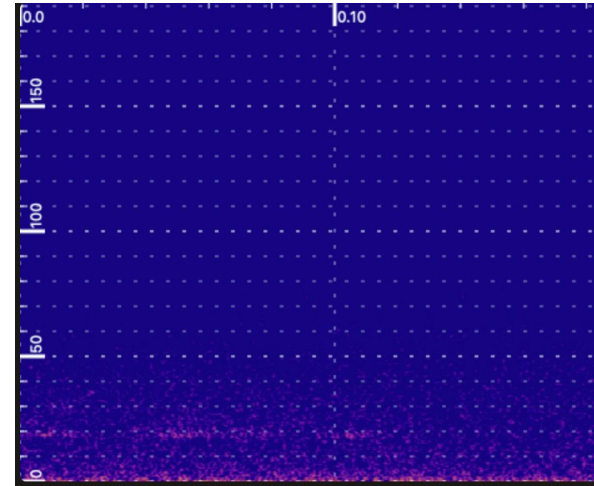




Verbesserung durch Anreicherung der Trainingsdaten



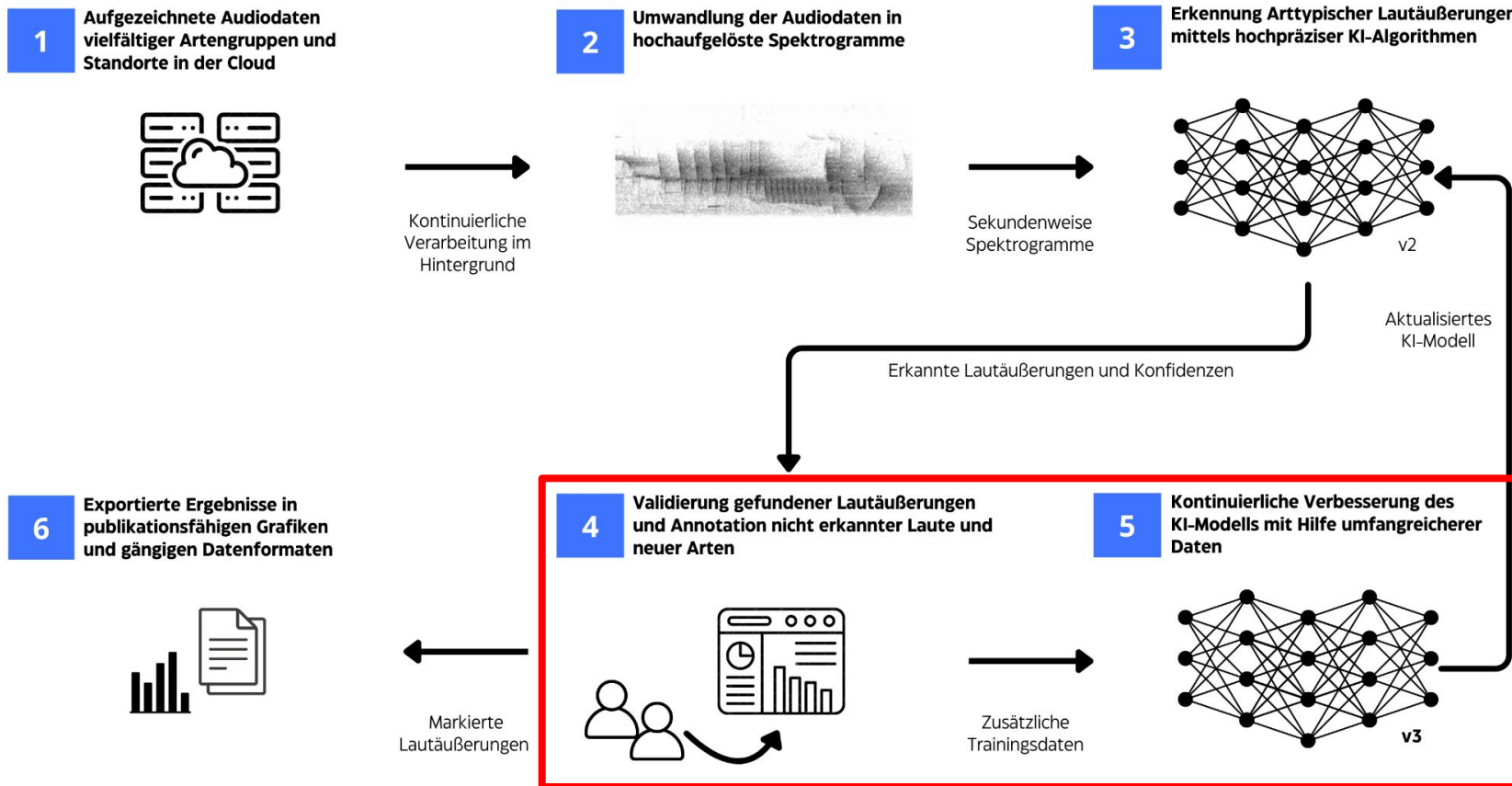
Alte Fehlerkennung



Vermiedene Fehlerkennung

Zusätzliche Aufnahmen von Heuschrecken in der Saison

Aktiver KI-Lernprozess durch automatische Erkennung und interaktive Validierung von Lautäußerungen



Fazit

Verarbeitung von Tierstimmen in Echtzeit...

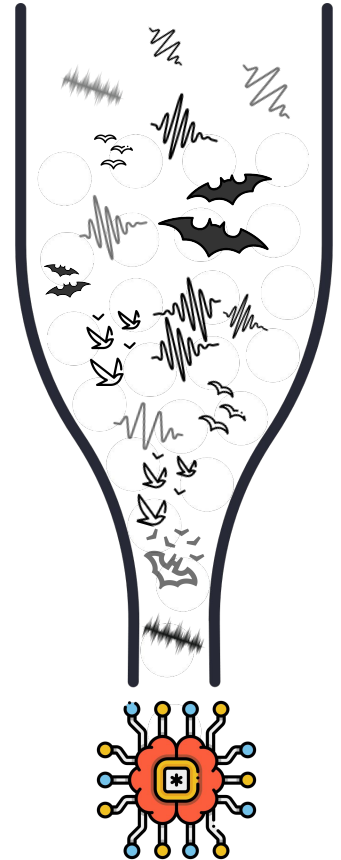
- ... **reduziert die** (unnötig) aufgezeichnete **Datenmenge** erheblich.
- ... ermöglicht **permanente Beobachtung**.
- ... ermöglicht die **rechtzeitige Erkennung** relevanter Ereignisse (z.B. Migration).

Muss weiter verbessert werden um noch bessere Qualität zu erreichen:

- Hohe **Genauigkeit**: Die erkannte Spezies ist Korrekt.
- Hohe **Präzision**: Jeder erkannte Ruf ist auch ein Ruf.
- Hohe **Wiedererkennung**: Jeder Ruf wird auch erkannt.

Weitere Schritte: Sammeln von...

- ... **weitere Rufe**: insbesondere Feeding Buzz und Social Calls
- ... **übliche Störgeräusche**: Heuschrecken, Mäuse, technische Geräusche (quietschende Autos, LTE Funksignale, ...)





Danke für zahlreiche Datenspenden!



Frank Adorf
Anja Bergmann
Anja Fritzsche
Birgit Gessner
Florian Gloza-Rausch
Sarah Heine
Jörn Horn
Mirjam Knörnschild
Kseniia Kravchenko
Thomas Meierkordt
Markus Milchram
Simon Ripperger
Bernd Ohlendorf
Bernadette Wimmer
Martin Winter

...

Danke!

Jonas Höchst

Kontakt hier oder via Jannis Gottwald

trackIT Systems

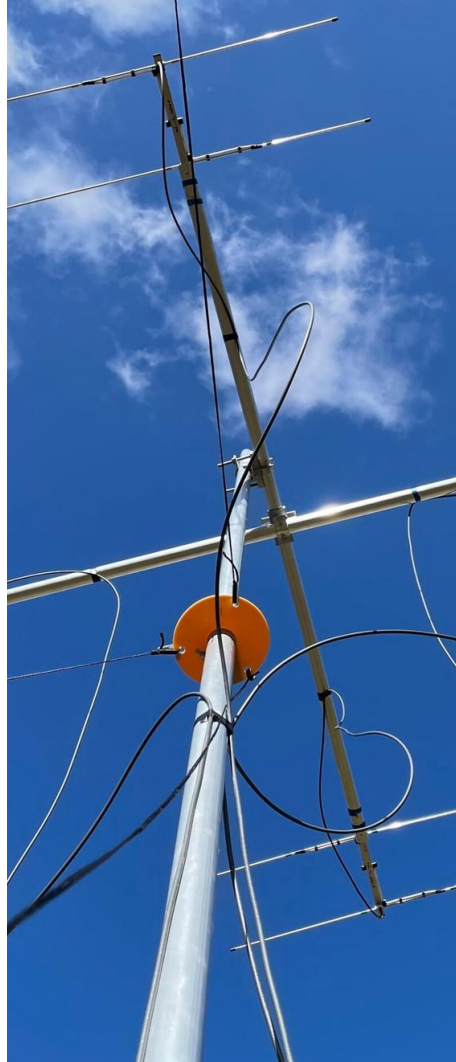
Unterm Bornrain 4

+49 157 83538221

35091 Cölbe

info@trackit.systems

<https://trackit.systems>



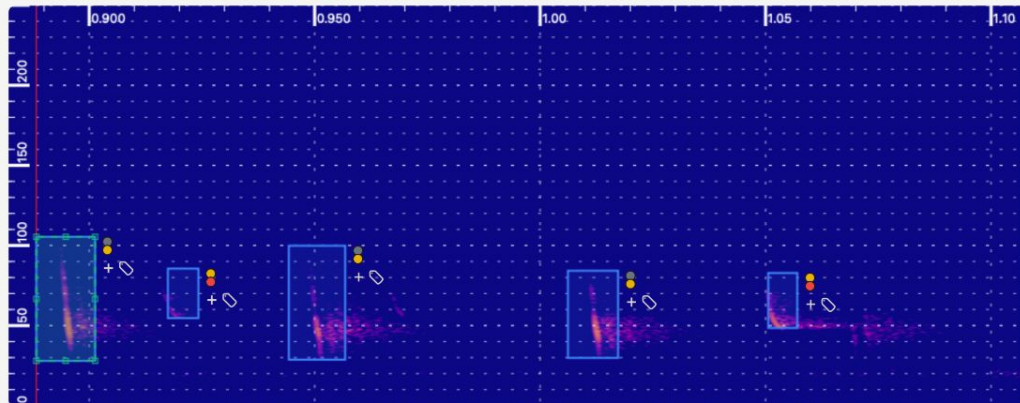


Current task: 7 Remaining tasks: 95 Total tasks: 96 Filters

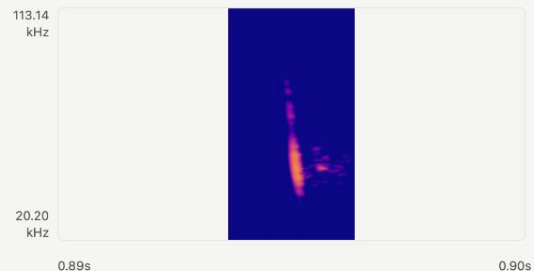


20240808-DU02W35037-062137.flac No location SR 500.000 Hz C 1

Audio player controls: mute, share, search, undo, play/pause, volume, progress (00:00.88 / 00:00.90), repeat, shuffle.



Sound Event Spectrogram



Sound Event Tags

~~x~~ species *Mbart* ~~x~~ type *echo*
[+ Add tags](#)

Sound Event Details

duration	low_freq	high_freq
0,013	27,947,781	105,399,478
bandwidth	detection_confidence	
77,451,697	0,792	

Clip Tags

No tags [+ add](#)

Clip Notes

All Sound Event Tags

[Replace](#) [Add](#)

~~x~~ species *Mbart* (19) ~~x~~ type *echo* (44) ~~x~~ species *Pipistrellus pipistrellus* (25)
~~x~~ type *social-call* (1)