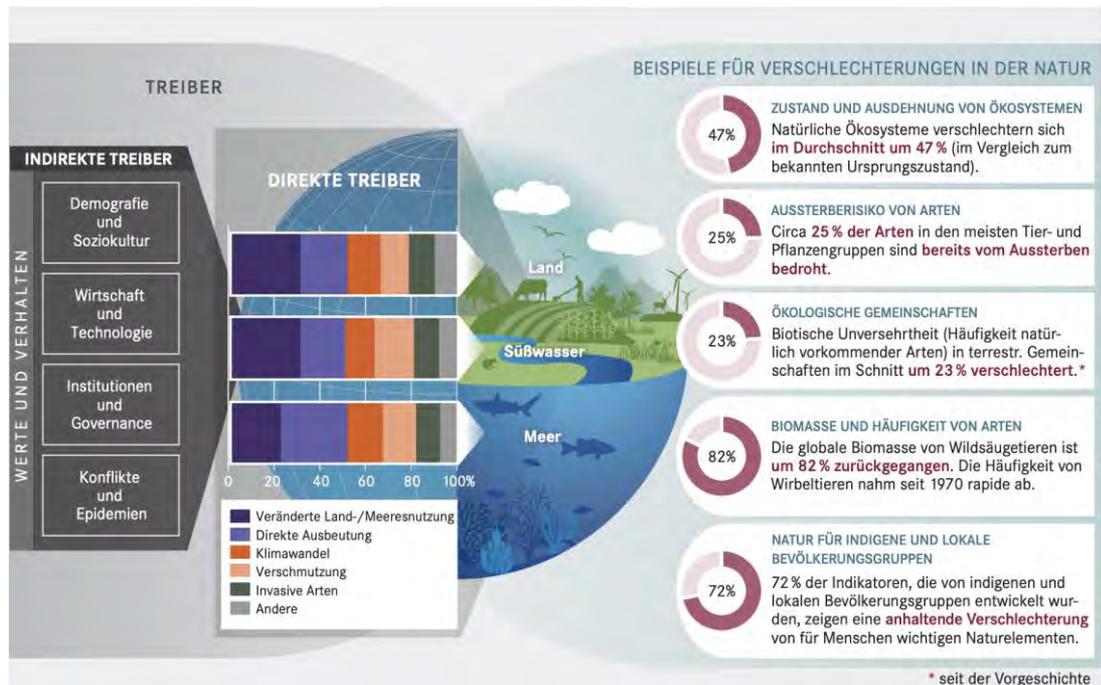
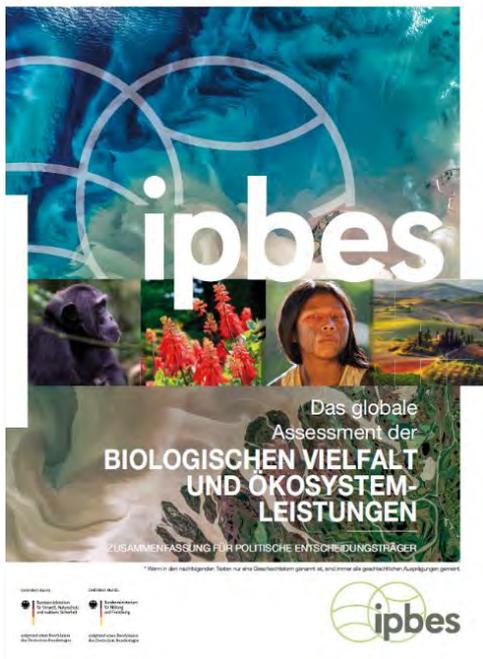




# Globales Assessment des UN-Biodiversitätsrats



# Nationale Bestandsaufnahme



- **60%** der FFH Lebensräume mit unzureichenden oder schlechten Erhaltungszustand
- **40%** der Biotoptypen mit negativer Entwicklung



- **1/3** der Arten sind bestandsgefährdet
- **Negative Artentrends** viel häufiger als Abnahmen
- v.a. Agrar- und Offenland; artenreiche Gruppen



- Trends (> 15 Jahre) **häufiger negativ**
- Eher negativ: Agrar- und Offenland; artenreiche Gruppen
- Eher positiv: Wirbeltiere im Wald und in Gewässerbiotopen
- **Flächen- und Gefährdungstrends machen sich bemerkbar**



# Politische Reaktionen



© Diliff, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons



**Antenvielfalt**  
Die Hessische Biodiversitätsstrategie

Die Biodiversität – die Vielfalt an Lebensräumen, Tier- und Pflanzenarten sowie ihren genetischen Variabilität – ist die essentielle Voraussetzung einer intakten Natur. Sie bildet die Lebensgrundlage für uns Menschen.

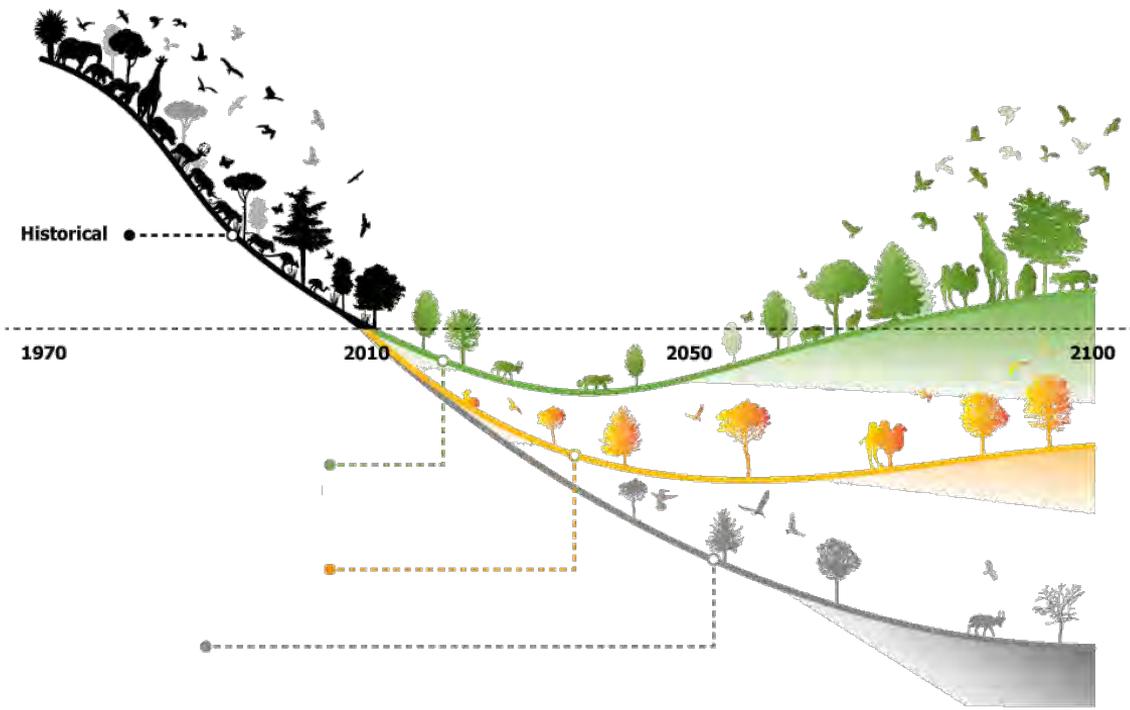


 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

**Aktionsprogramm**  
**Natürlicher Klimaschutz**  
Natur stärken – Klima schützen



# Trendwende schaffen



# Limitierende Faktoren | Datenerfassung und -analyse



# In situ Datenerfassung | Expert:innen

Ilka Mai, Biodiversitätsexploratorien

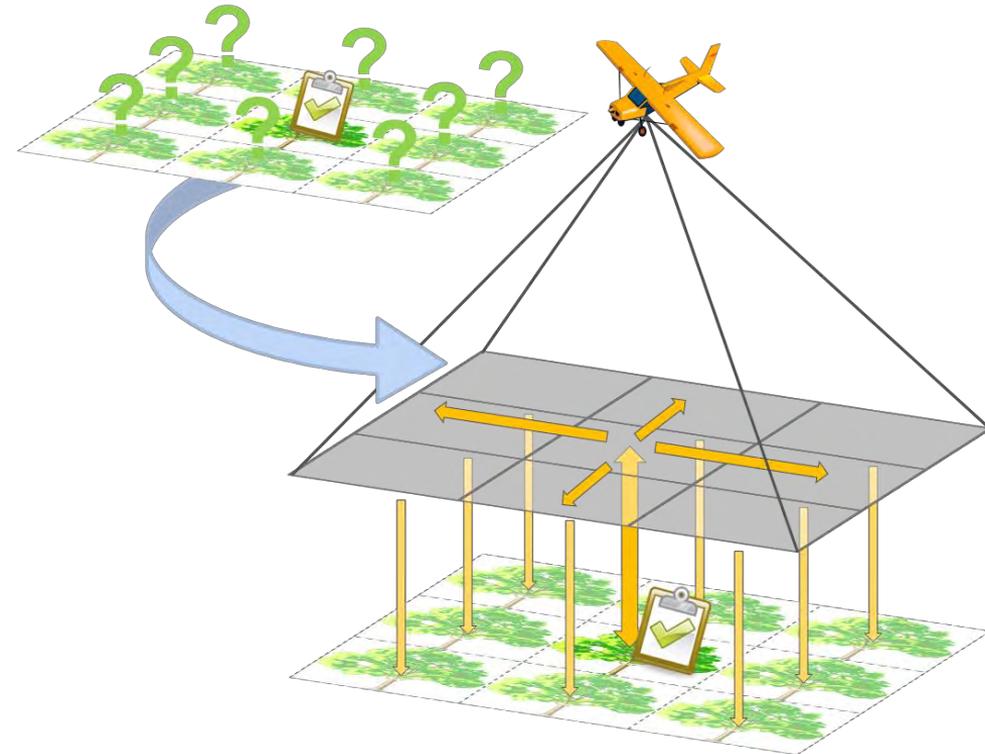


Kompromiss zwischen  
Detailgrad  
Abdeckung  
Wiederholung

Beispiel: Projekt *phenodiv*  
20 Tage, 150 Plots, 3 Standorte  
60 Personentage für Blütezeitpunkt



# Fernerkundung | Satelliten, Flugzeuge, Drohnen



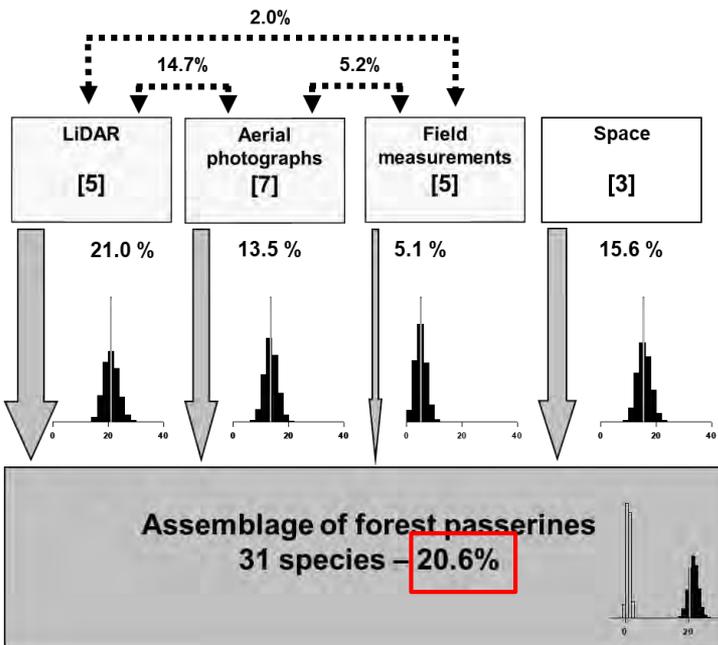
Struktur, Funktion  
Landnutzung  
Fragmentierung  
Phänologie  
Biomasse

Population, Diversität  
Artenvorkommen  
Artendiversität  
Arteneigenschaften



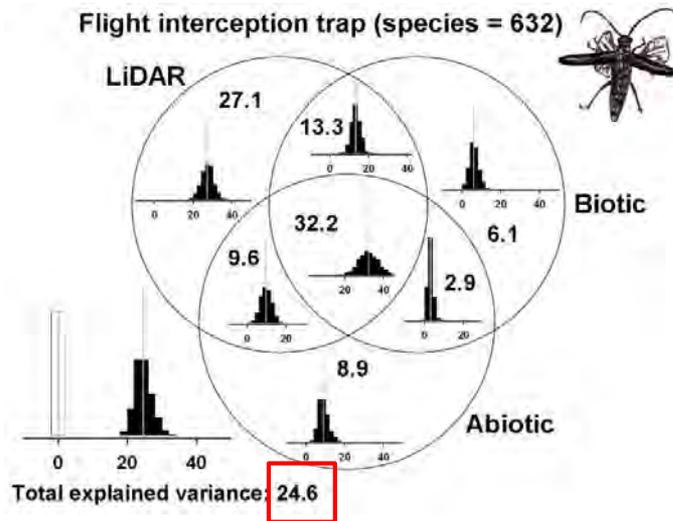
# Fernerkundung | Erklärung

## Waldvögel



Müller et al. 2011

## Fluginsekten



Müller & Brandl 2009

# Naturschutzmonitoring | Forschungsbedarf

(WMO)



Bartos et al. 2017



- Luftverkehr (Zivil / Militär)
- Landwirtschaft
- Klimaforschung

- Trinkwasser
- Landwirtschaft
- Katastrophenschutz

- Arten
- Populationen
- Interaktionen
- Ökosystemprozess



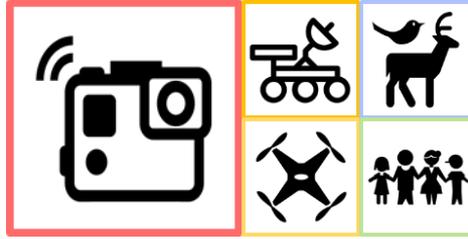
# Natur 4.0 | Leitidee und Ziel

Expert:innen



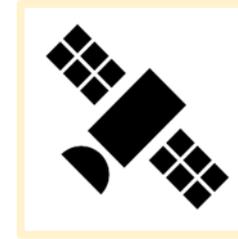
Fachliche Expertise

Sensornetzwerk



Verdichtung der in situ Beobachtung

Fernerkundung



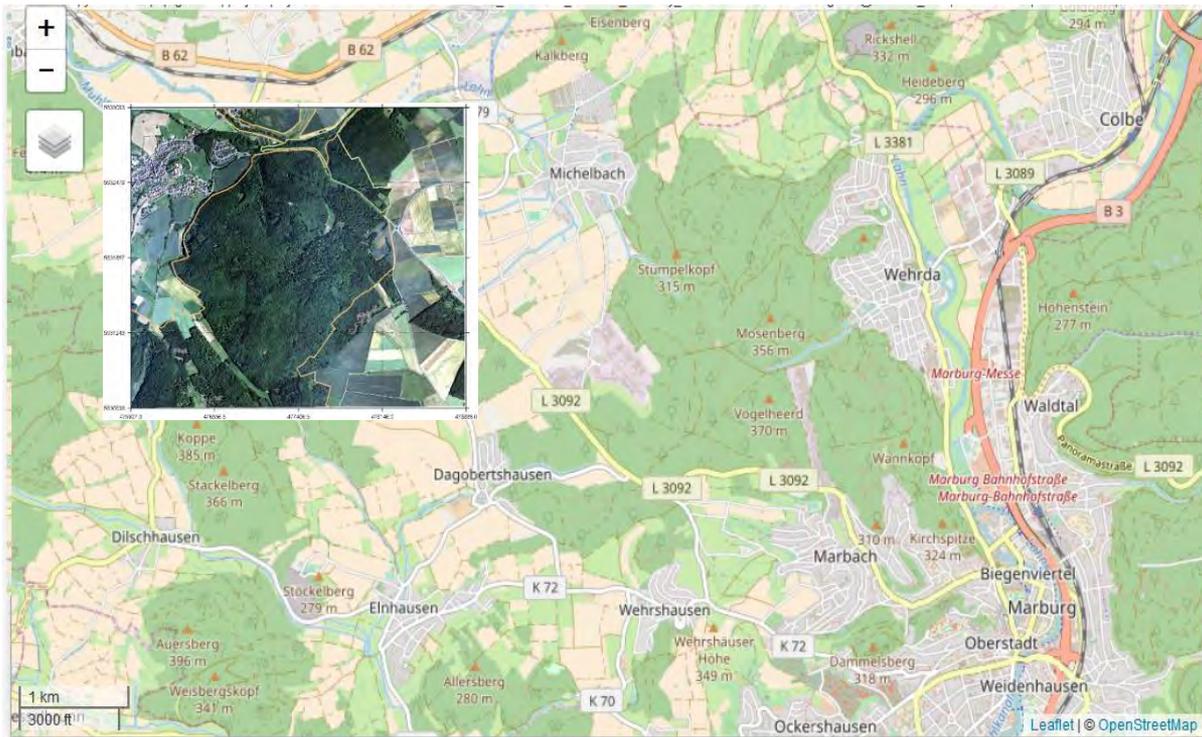
Räumliche Abdeckung

Effizientes Monitoring durch automatisierte in situ Erfassung und integrative Analyse

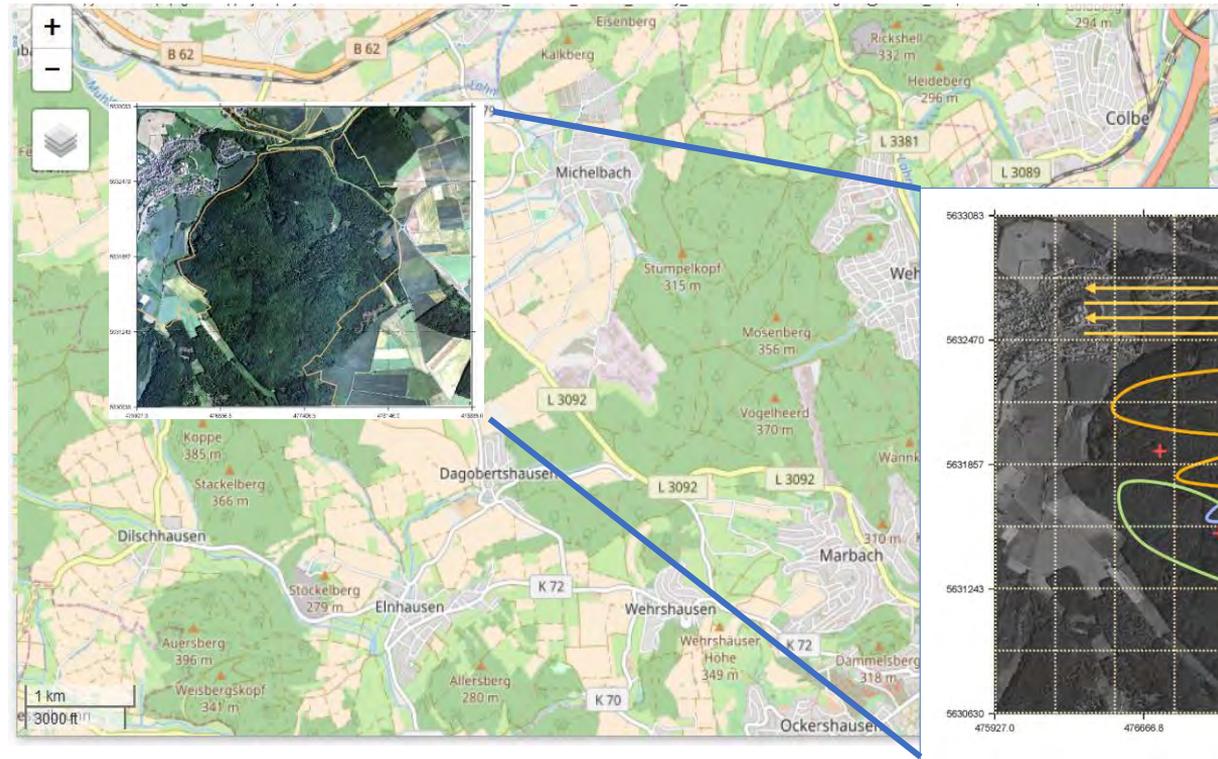
- Sensornetzwerk und bürgerwissenschaftliche Aktivität
- Integrierendes Datenbankmodul
- Automatische Datenverarbeitung und nutzerspezifische Analyse



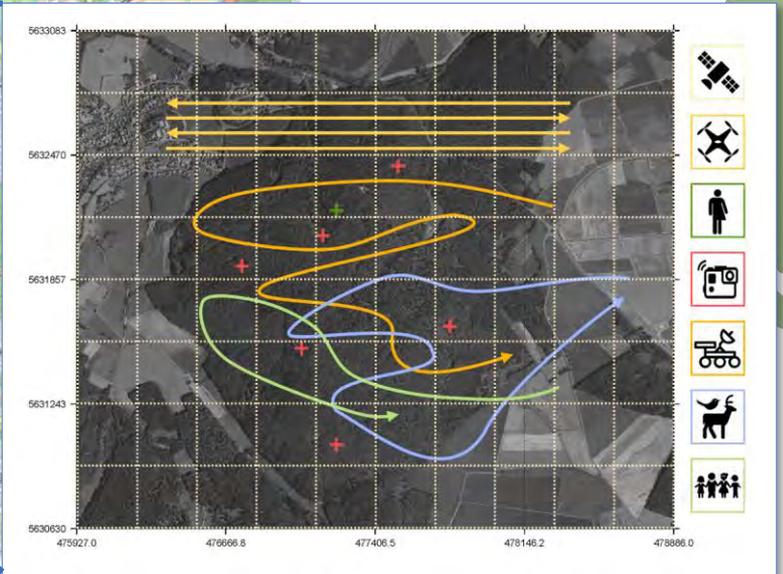
# Natur 4.0 | Testgebiet



# Natur 4.0 | Testgebiet



Raum-zeitliche  
Vorhersage  
1 m x 1 m  
1 Tag (Tag, Nacht)





# Natur 4.0 | Verfolgung

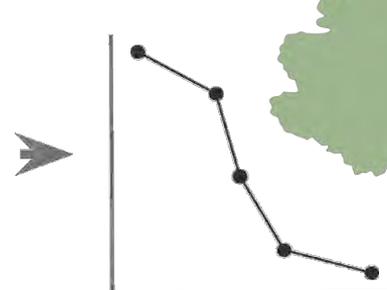
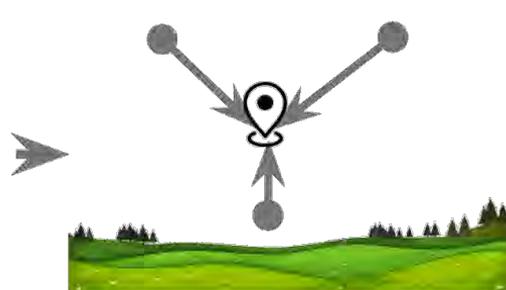
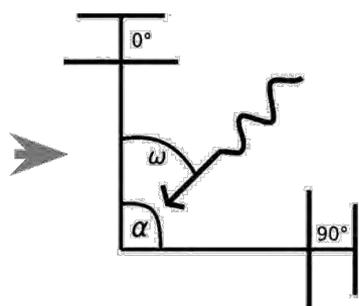
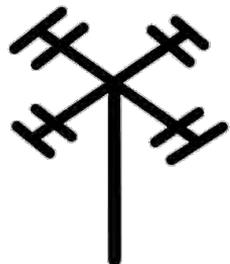


Stationen mit COTS Hard-  
und Open-Source Software

Winkelberechnung anhand  
von Signalstärken

Vektoren pro Station  
(aus Distanz und Winkel)

Positionen



Gottwald et al. 2019, Höchst et al. 2021

# Natur 4.0 | Verfolgung



Gottwald et al. 2022

# trackIT Systems | Automatische Erfassung von Wildtieren in Echtzeit



- Räumlicher Fehler < 40m
- Hohe zeitliche Auflösung
- Visualisierung der Daten in Echtzeit

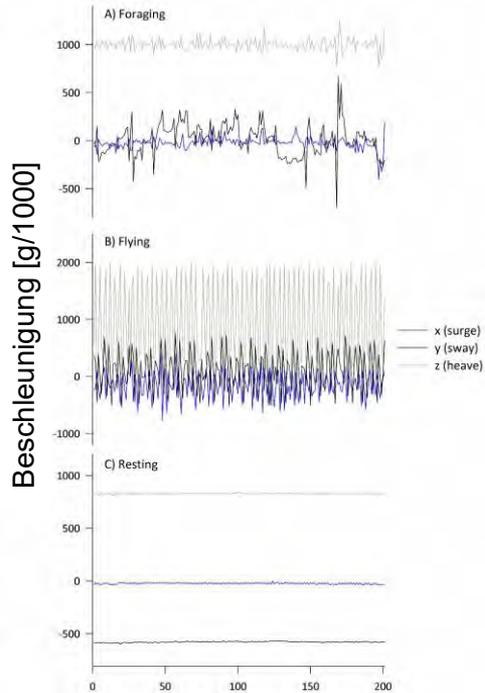


# Natur 4.0 | Verfolgung (Ringeltaube)

18 Tiere in Wäldern und Städten, Hessen, 7 Tieren aus Städten in Portugal



*Columba palumbus*

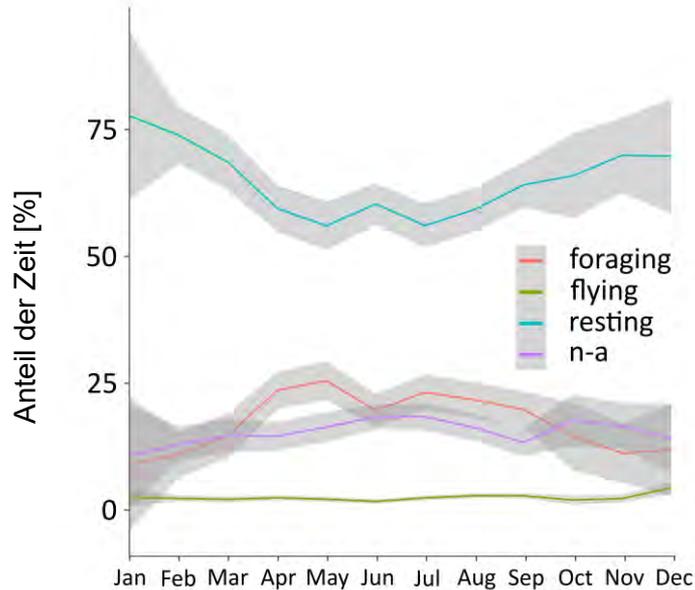


- 1,225,228 GPS Punkte (Solar GPS-GSM/GPRS)
- >130,000,000 3-Axen Beschleunigungspunkte

## Klassifikation des Verhaltens

- Foragieren
- Fliegen
- Ruhen

# Natur 4.0 | Verfolgung



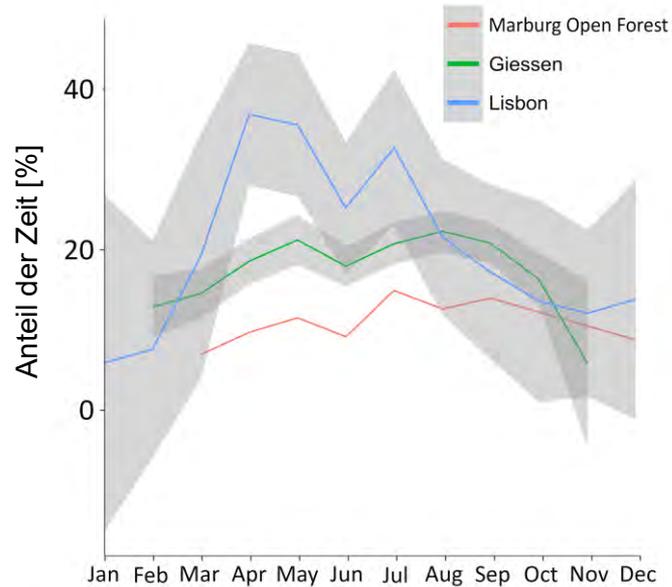
- Im Januar (**Winter**) kaum **Foragieren** (7%) hauptsächlich **Ruhen** (80%)
- Im Mai (**Brutzeit**) hauptsächlich **Foragieren** (26%) kaum **Ruhen** (56%)
- Kontinuierlich 1-5% Fliegen



*Columba palumbus*

Masello et al. 2023

# Natur 4.0 | Verfolgung



- Zeitliche Anteil für Foragieren **geringer im Wald** als in Städten
- Verhaltensmechanismus, um mit Umweltwandel inkl. Urbanisierung umzugehen

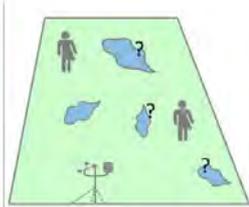


*Columba palumbus*

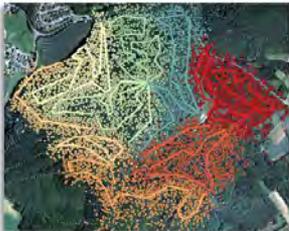
Masello et al. 2023



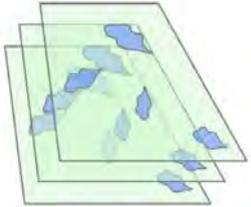
# Natur 4.0 | Erfassung



Felderfassung, zeit- und kostenintensiv



Südbeck et al. (2005)



Automatisiertes Monitoring



biomoth



Lindner et al. in Revision



# Natur 4.0 | Erfassung

AUDIO ≡ BROWSE 📍 mof\_cst\_00001 📅 2020-06-24 🕒 21:35:00 👤

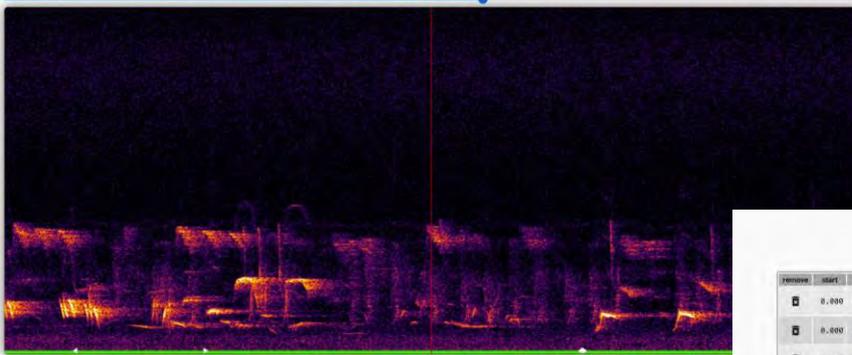
33.803 / 60.000

⏸ 0:34 / 1:00 🔊

📄 METADATA

⚙️ SETTINGS

📄 LABEL DEFINITIONS



▶️ START LABEL

press [SPACE] key to play / pause audio  
press [ENTER] key to mark start / mark end / save label  
press [LEFT/RIGHT ARROW] key to move back/forward in time  
on spectrogram hold [left mouse button] and [move mouse left/right] to move in time



press [SPACE] key to play / pause audio  
press [ENTER] key to mark start / mark end / save label  
press [LEFT/RIGHT ARROW] key to move back/forward in time  
on spectrogram hold [left mouse button] and [move mouse left/right] to move in time

remove	start	end	generated	label	more	in	comment
🗑	0.000	4.000	Singdrossel		🔍		
🗑	8.000	9.000	Singdrossel   Fichtenkreuzschnabel   Gelbkehlert   Nachtigal   Moenchsgrasmücke		🔍		
🗑	9.000	10.000	Singdrossel   Moenchsgrasmücke   Waldkauz   Nachtigal   Schwarzspecht		🔍		
🗑	8.000	13.000	Singdrossel		🔍		
🗑	10.000	15.000	Singdrossel   Waldkauz   Weidenmeise   Moenchsgrasmücke   Tannenmeise		🔍		
🗑	14.000	19.000	Singdrossel		🔍		
🗑	15.000	20.000	Singdrossel   Kleiber   Waldkauz   Mittelspecht   Eichelhäher		🔍		
🗑	17.000	22.000	Kleiber		🔍		
🗑	20.000	25.000	Singdrossel   Kleiber   Mittelspecht   Amsel   Gartenbaumläufer   Singdrossel		🔍		
🗑	23.000	29.000	Singdrossel		🔍		
🗑	25.000	30.000	Singdrossel   Kleiber   Mittelspecht   Sumpfhöhler   Moenchsgrasmücke		🔍		
🗑	26.000	31.000	Kleiber		🔍		
🗑	30.000	35.000	Singdrossel   Kleiber   Gartenbaumläufer   Moenchsgrasmücke   Mittelspecht		🔍		

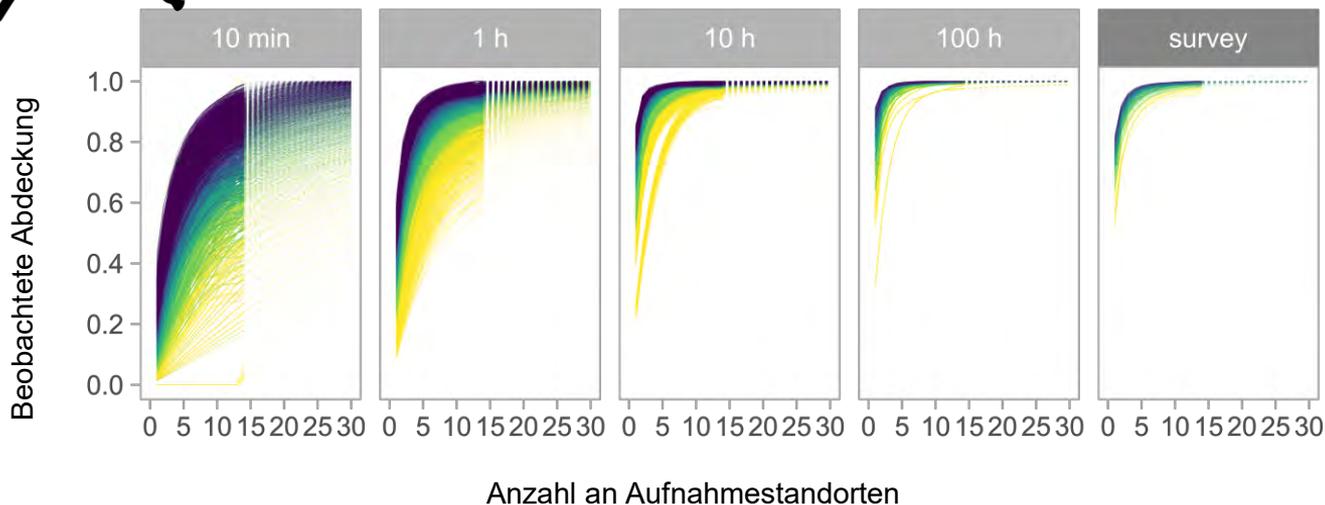
Wöllauer et al. In Vorbereitung



# Natur 4.0 | Erfassung



Anzahl an Aufnahmeintervallen

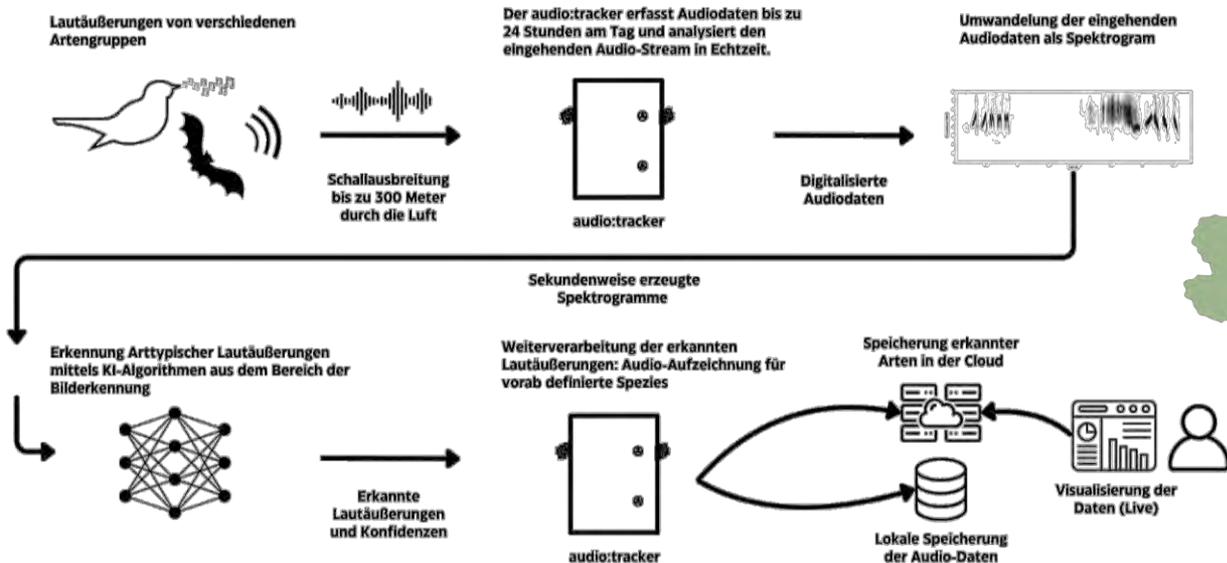


Lindner et al. in Revision

# Natur 4.0 | Erfassung

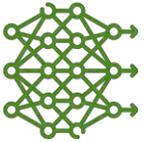


## KI-basierte Tierstimmen-Erkennung in Echtzeit



Höchst et al. 2022, Bellafkir et al. 2023

# Natur 4.0 | Erfassung

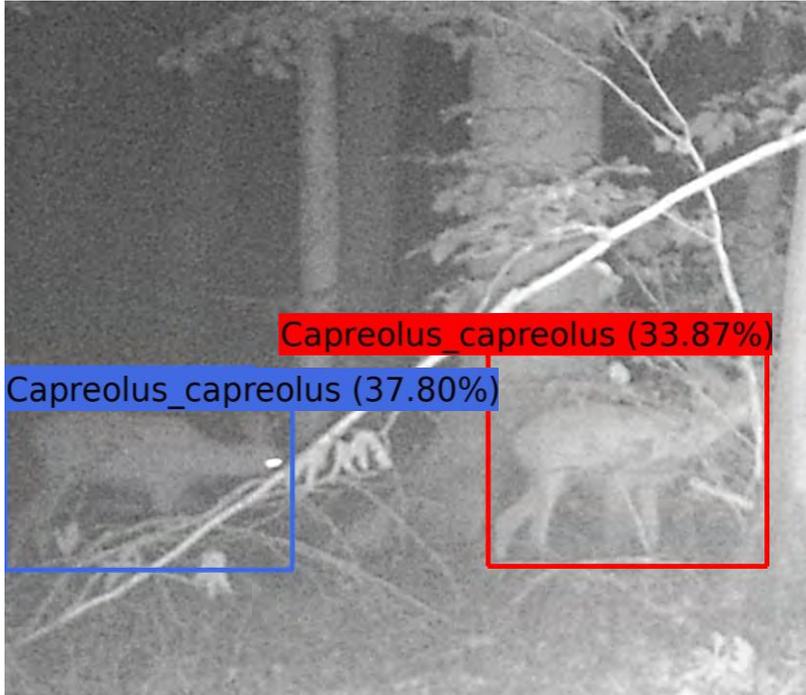
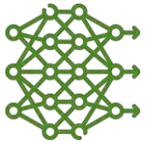


## Tiererkennung

- Microsoft MegaDetector v5a
- Ausschneiden des Bilds mit Tieren

Schneider et al. 2020

# Natur 4.0 | Erfassung



## Tiererkennung

- Microsoft MegaDetector v5a
- Ausschneiden des Bilds mit Tieren

## Artidentifizierung

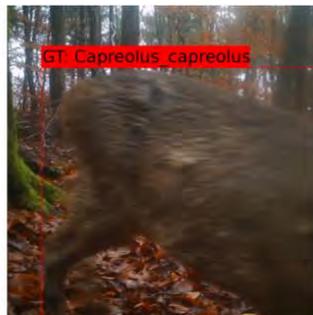
- Säuger- und Vogel-Klassifizierer
- Artnamenableitung auf Basis höchster Konfidenz

Schneider et al. 2020

# Natur 4.0 | Erfassung



Correct Top 1



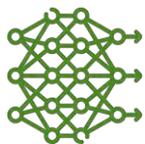
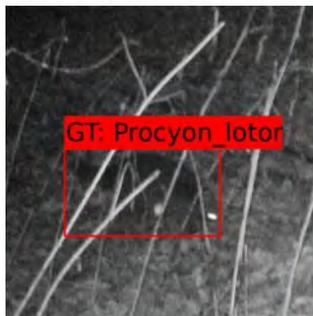
Correct Top 5



Correct Top 10



Incorrect Top 10



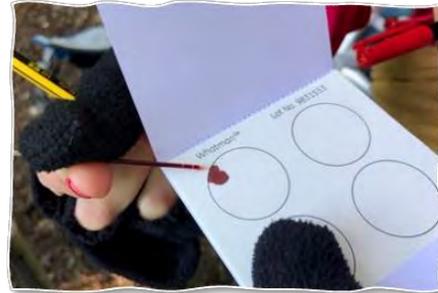
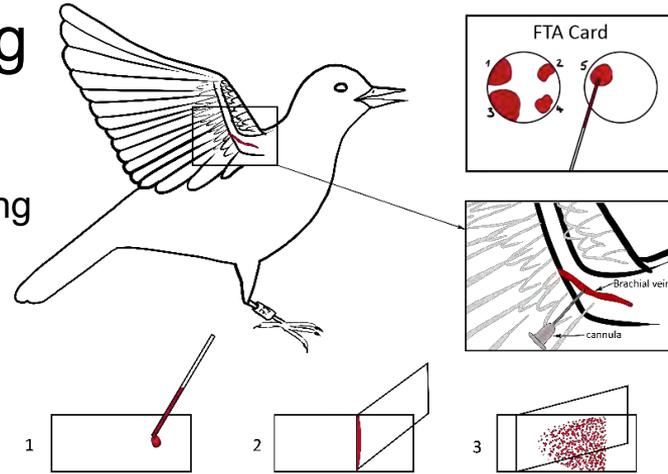
Schneider et al. 2020



# Natur 4.0 | Erfassung

## Blutprobe: Relative Stressbelastung

- Fixieren und Färben
- Einscannen

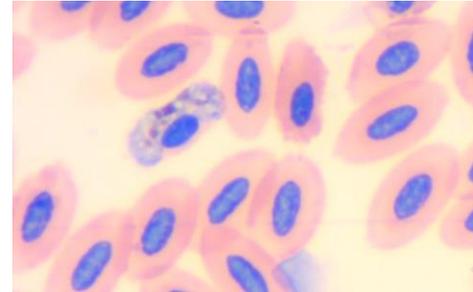
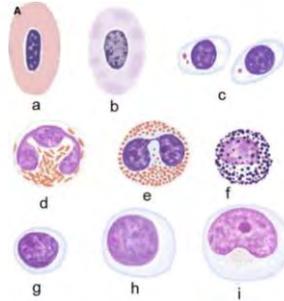
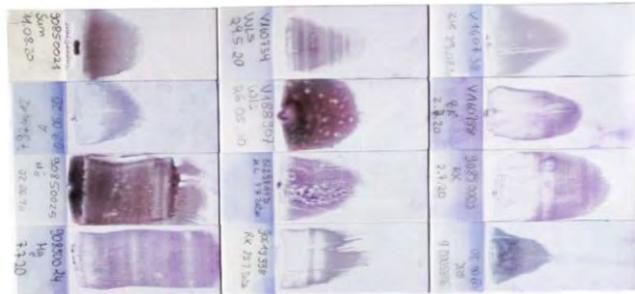


Vogelbacher et al. 2024

# Natur 4.0 | Erfassung

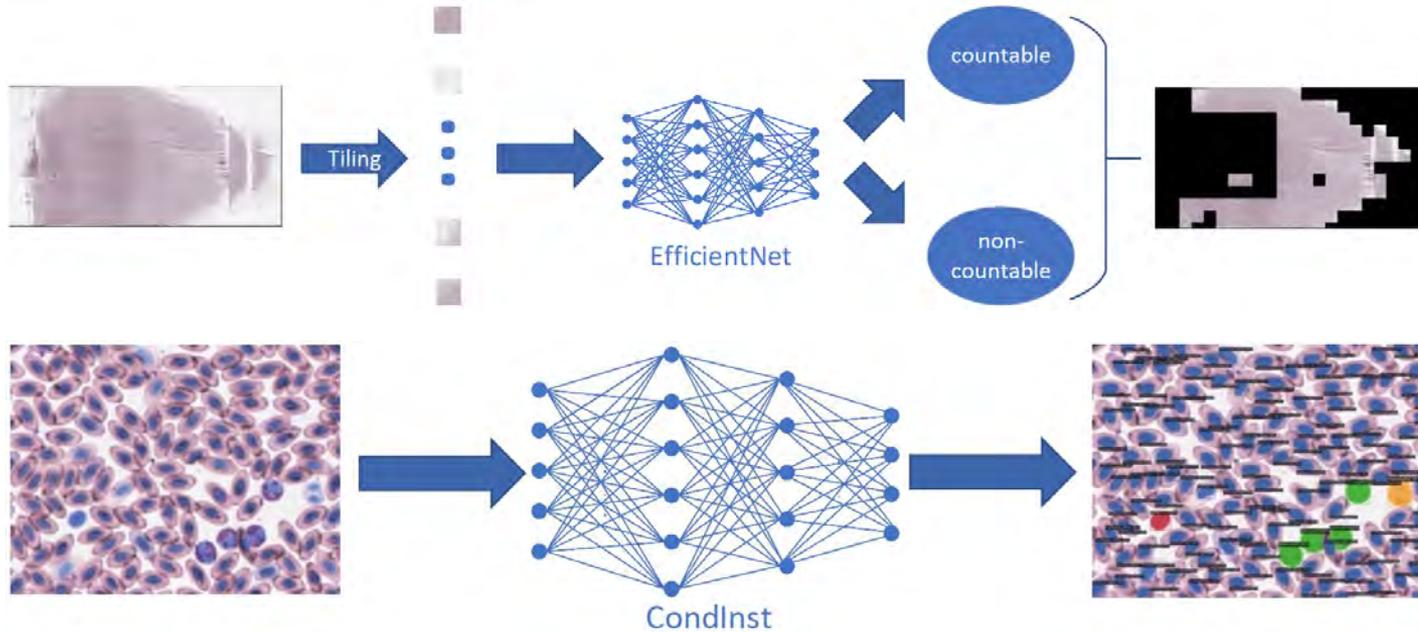
## Blutprobe: Relative Stressbelastung

- Fixieren und Färben
- Einscannen



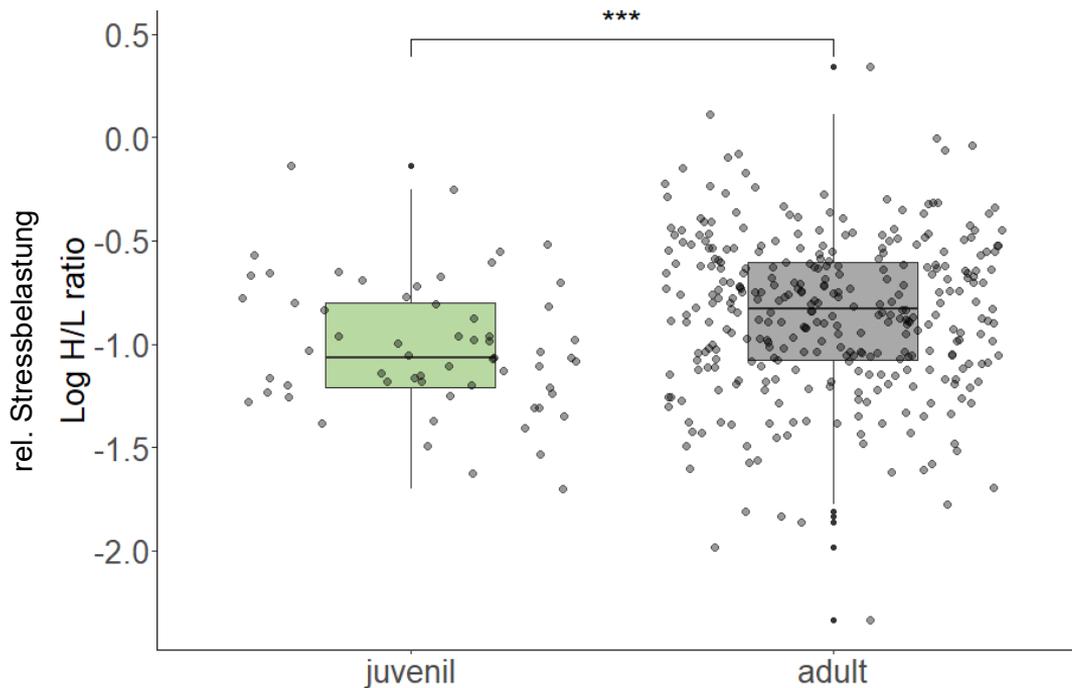
Vogelbacher et al. 2024

# Natur 4.0 | Erfassung



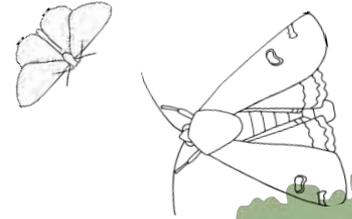
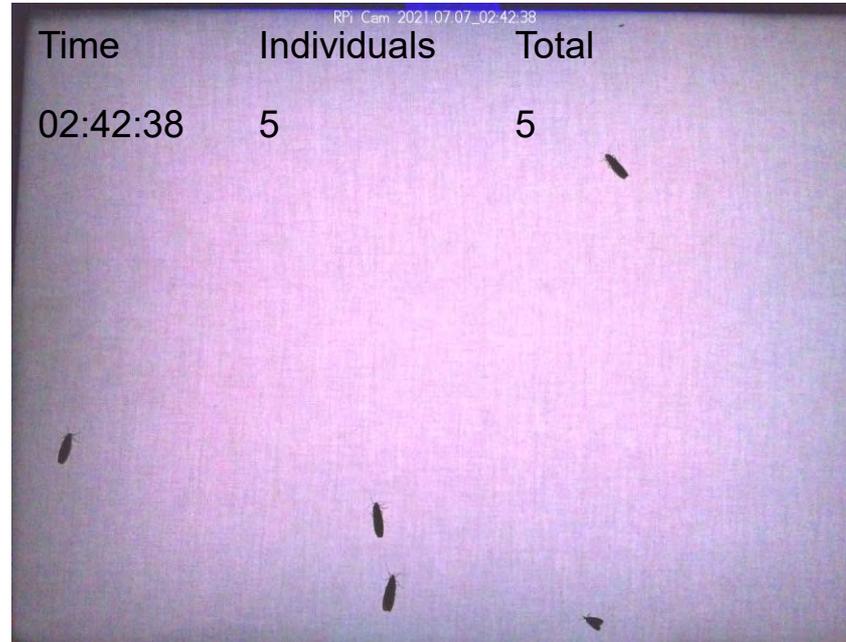
Vogelbacher et al. 2024

# Natur 4.0 | Erfassung



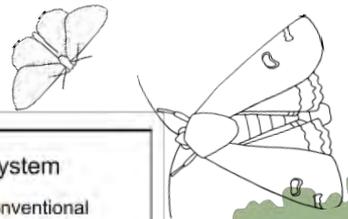
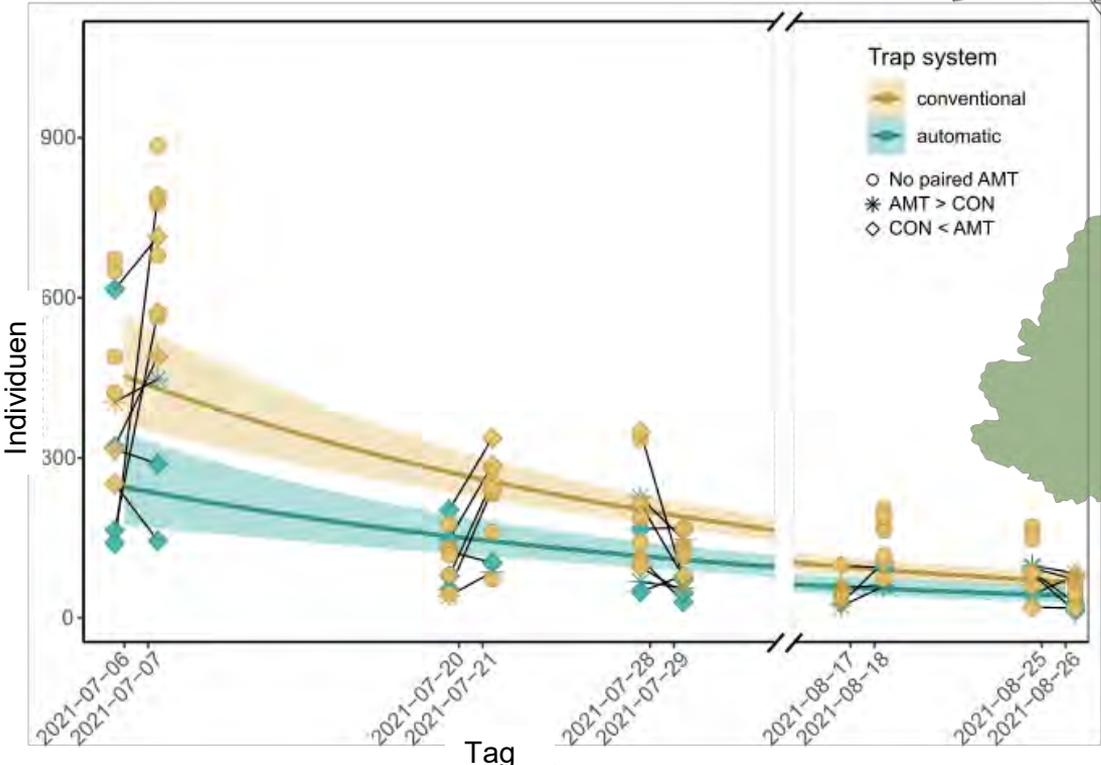
Strehmann et al. In Revision

# Natur 4.0 | Erfassung



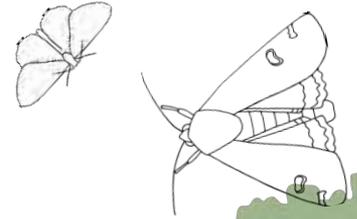
Mielke-Möglich et al. 2023

# Natur 4.0 | Erfassung



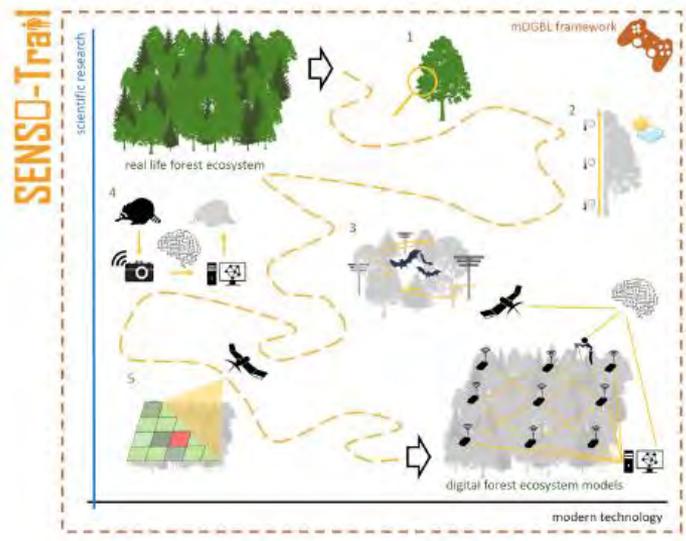
Mielke-Möglich et al. 2023

# Natur 4.0 | Messung



Noskov et al. 2023

# Natur 4.0 | Beteiligung



Bengel & Peter 2023



# Ausgründung | Automatische Erfassung von Wildtieren in Echtzeit



Dr. Patrick Lampe



Dr. Jonas Höchst



Dr. Jannis Gottwald



## Cloudbasierte Lösung

Metadatenbank für die Verwaltung von Projektdaten (EcoHub) und Echtzeit-Visualisierung der erfassten Daten



## Datenanalyse

Echtzeit-Analyse der eingehenden Daten sowie Auswertungen nach Erfassungsende



## Automatische Radiotelemetrie

Zeitlich und räumlich hochaufgelöste Erfassung von Tierbewegungen und deren Verhalten in Echtzeit



## KI-gestützte Tierstimmenerfassung

Tierstimmenerkennung in Echtzeit auf den Sensoren



# Ausgründung | Automatische Erfassung von Wildtieren in Echtzeit



## Wiesenbrüterschutz

Austernfischer, Großer Brachvogel,  
Kiebitz, Uferschnepfe, Rotschenkel.  
Verschiedene Gebiete von der  
Nordsee bis Bayern (LBV, NABU,  
NUVD)

## Projekte zur Auswilderung von Tieren und Expositionsstudien mit Singvögeln

Feldsperling, Rotkehlchen,  
Meisen...  
Dupont's Lerche in Spanien  
(Eurofins)

## Fledermäuse in Eingriffsverfahren

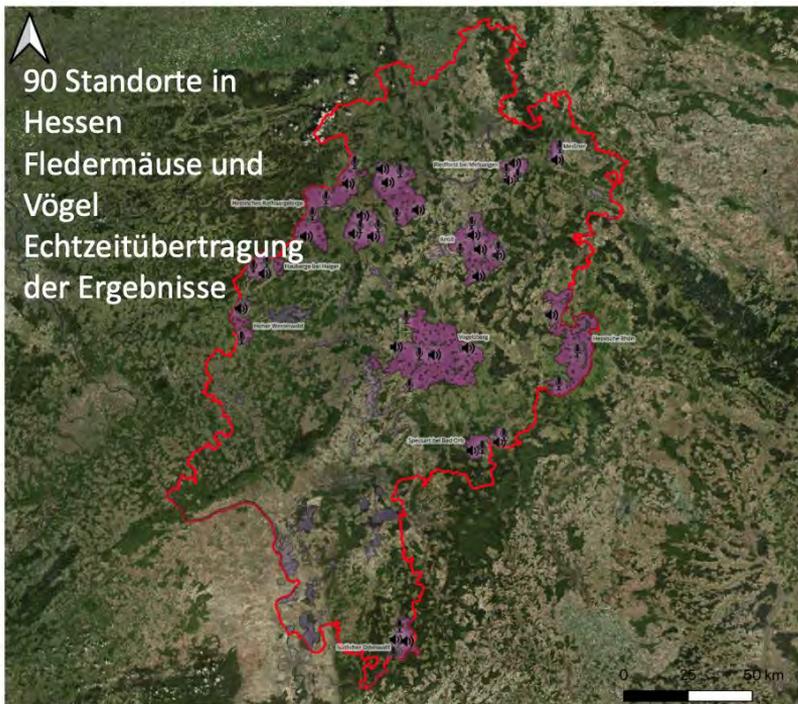
> 500 Individuen  
aus 15 Arten seit  
Anfang 2023 (BFL,  
FOEA, Enviro-  
plan...)

## Umsiedlungsexperiment Schlangen

Schlingnatter, Ringelnatter,  
Kreuzotter  
(Landschaftsökologie Moritz)

Igel, Siebenschläfer... (Tier- und Artenschutzstation Sachsenhagen)

# Ausgründung | Automatische Erfassung von Wildtieren in Echtzeit



Kleineulenerfassung in  
Vogelschutzgebieten

Legende

- Aufnahmen
  - Aufnahmen mit KA
  - Untersuchte VSG
  - Vogelschutzgebiete
  - Hessen - Landesgrenze
- bing

trackIT  
systems



# Zusammenfassung



- Modulare Struktur ermöglicht Flexibilität & Skalierung im Monitoring
- Statische & mobile Sensoren erfassen Arten, Populationen, Eigenschaften & Gemeinschaften
- Große Datensätze ermöglichen Trainieren & Testen von maschinellen Lernverfahren



	Südm- & Ostdeutsch	Wald	Klimengrenzbereich & Alpen	Küste & Küstengebiet	Urbane Räume
Säuget	↓	↑	↑	↑	↑
Vögel	↑	↑	↑	↑	↑
Amphibien	↓	↓	↓	↓	↓
Reptilien	↓	↓	↓	↓	↓
Fläche	—	—	↓	↑	↑
Arthropoden	↑	↑	↑	↑	↑
Übrige Wirbellose	↓	↓	↓	↓	↓
Pflanzen	↓	↑	↑	↑	↑
Mikroorgan	—	—	—	↑	↑
Pilze	—	—	—	↑	↑
Flechten	↓	↓	↓	↓	↓

**Rotz-Liste-Trend**  
 ↑ Bessering  
 ↓ Verschlechterung  
 — Keine Information

**Biodiversitätstrend**  
 ↑ Positiv  
 ↓ Negativ  
 — Keine Information

# Vielen Dank für's Zuhören!

Received: 6 June 2023 | Revised: 13 October 2023 | Accepted: 26 October 2023

DOI: 10.1111/gcb.17056

TECHNICAL ADVANCE



## Nature 4.0: A networked sensor system for integrated biodiversity monitoring

