

Akustische Vogelerfassung und automatisierte Artbestimmung

Dr. Hendrik Reers, OekoFor GbR

Die **OekoFor GbR** hat sich 2018 gegründet, mit dem Ziel ökologische Zusammenhänge innovativ zu erforschen und die Ergebnisse unserer Forschung auch praktisch anzuwenden. Daraus leiten sich die drei Hauptschwerpunkte unserer Arbeit ab: Forschung, data science und die Entwicklung automatisierter Erfassungsgeräte. Im Kern geht es um biologische Fragestellungen und mögliche technische Lösungen.

Bedingt durch den enormen technischen Fortschritt ist Technik leichter zugänglicher geworden, Hardware-Komponenten immer kostengünstiger und Software-Tools einfacher nutzbar (z.B. open-source Projekte). Zudem existiert eine weltweite, gut vernetzte Community, die auf technische Fragen (multiple) Lösungsansätze bieten kann. Dadurch, und aufgrund erwähnter open-source Software, sind u.a. auch komplexe Programmierungen aus dem Bereich der KI (künstliche Intelligenz), wie maschinelles Lernen, einem immer größeren Anwenderkreis zugänglich geworden.

Bezogen auf biologische Fragestellungen eröffnet diese Entwicklung grundlegend neue Herangehensweisen. Der menschliche Beobachter ist kein limitierender Faktor mehr, wobei es nicht darum geht, ihn zu „ersetzen“, sondern vielmehr darum, Möglichkeiten auszubauen. Vor dem Hintergrund neuer Datenerfassungstechniken und Auswertungsmethoden können Hypothesen anders gestellt und untersucht werden, mit dem Ziel, fundiertere Aussagen zu treffen und letztlich Untersuchungen bzw. Forschungen noch belastbarer zu machen. Eine wesentliche Rolle spielen dabei **große Datenmengen die generier-, verwalt- und auswertbar** sein müssen.

Die logische Folge sind automatisierte Daten-Erfassungen und automatisierte Daten-Auswertungen. Im Bereich der **automatisierte Daten-Erfassung** bietet der Markt mittlerweile sehr viele hilfreiche und kostengünstige Basis-Komponenten: sogenannte System-on-a-Chip (SoC) Einheiten (z.B. RaspberryPi und Arduino), elektronische Datenspeicher (z.B. SD-Karten bis 1 TB), Cloud-Service (z.B. für externe Datenspeicher, Datenverwaltung und externen Zugriff auf Programmierereinstellungen) und die Möglichkeit einer autarken Stromversorgung (z.B. via Solar-Panel). Aber auch die Realisierung einer **automatisierten Daten-Auswertung** ist durch die breitere Anwendung von KI im Bereich maschinelles Lernen (machine learning) leichter geworden. Vereinfacht geht es bei maschinellem Lernen um Mustererkennung durch Computer, basierend auf einem Trainingsdatensatz. Mittlerweile sind viele verschiedene Programmierumgebungen (sog. Frameworks) für maschinelles Lernen verfügbar, z.B. TensorFlow.

Basierend auf den genannten Möglichkeiten haben wir ein **energie-autarkes Gerät zur automatisierten, akustischen Erfassung von Vogelstimmen** entwickelt, den **ecoPi:Bird**. Der ecoPi:Bird besteht aus einer kompakten, wasserdichten Kunststoffbox (25x16 cm), an dessen unteren Außenseite sich das Aufnahme-Mikrofon befindet. Im Inneren der Box befindet sich das Herzstück des ecoPi:Bird, ein Raspberry Pi Einplatinencomputer (RPI, Raspberry Pi Foundation), der die Vogelrufe speichert und verarbeitet. In Kombination mit einem Erweiterungsmodul kann der RPI außerdem u.a. zeitlich gesteuert werden. Diese Funktion ist einerseits vor dem Hintergrund der entsprechenden Fragestellung wichtig. Und andererseits auch essenziell, wenn eine autarke Stromversorgung und kein Dauerbetrieb gewünscht sind. Die autarke Stromversorgung wird über ein Solar-Panel und eine 12 V Blei-Gel-Batterie sichergestellt.

Aktuell kommt der ecoPi:Bird im **BfN** (Bundesamt für Naturschutz) **Forschungsvorhaben „Betriebsmonitoring von WEA (Windenergieanlagen) im Wald im Hinblick auf die Avifauna“** zum Einsatz. Bei diesem Projekt geht es im Kern um die Fragestellung, ob Vögel Waldbereiche um WEA meiden. Der ecoPi:Bird soll hier u.a. entsprechende Daten liefern, wobei akustische Langzeiterfassungen mit 100 ecoPi:Bird Rekordern über zwei Jahre (2019 und 2020) hinweg durchgeführt werden. Sämtliche Geräte wurden von uns gebaut, vor Ort installiert sowie gewartet. Das Projekt wird in Kooperation mit der ARSU (Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung) GmbH realisiert. Zurzeit werden die Daten ausgewertet, abschließenden Aussagen können noch nicht gemacht werden. Den kompletten Projekthintergrund sowie detaillierte Informationen zu diesem Projekt finden sich unter dem unten aufgeführten Link¹. Außerdem besteht die Möglichkeit, ausgewählte Aufnahmen der Rekorder über den Online-Musikdienst Sound-Cloud anzuhören². Die gute Aufnahmequalität der Geräte wird dabei deutlich. Neben den Zielvogelarten konnten durch die Langzeiterfassungen auch andere Tiere akustisch erfasst werden, dabei sind interessante Aufnahmen gelungen.

In einem weiteren Projekt wird der ecoPi:Bird in abgewandelter Form im Neeracher Ried³, einem Feuchtgebiet in der Schweiz, eingesetzt. Im Auftrag von **BirdLife Schweiz** sollen hier Rallen akustisch erfasst werden. Dabei geht es einerseits um das Erfassen des Artenspektrums, aber auch um die Verortung der Vögel im Gebiet via **Stereoaufnahmen**. Für den **ecoPi:Bird2D** wurde der ursprüngliche Rekorder umgerüstet und ein zweites Mikrofon verbaut, welches die Aufnahme der Rufe in Stereo-Qualität erlaubt. Akustische Laufzeitdifferenzen zwischen den Mikrofonen ermöglichen es, den Winkel der Schallquelle zu bestimmen. Liegt die Information für die Richtung einer Schallquelle an zwei verschiedenen Standorten vor, so kann mittels Triangulation die Position des rufenden Vogels berechnet werden. Technisch konnten wir beim ecoPi:Bird2D auch einen Fernzugriff via GSM-Modul umsetzen. Dieser ermöglicht einerseits eine Funktionskontrolle und andererseits eine Aktualisierung der Systemzeit. Die erste Erfassungssaison 2020 konnte bereits erfolgreich abgeschlossen werden, eine weitere Erfassungssaison für das Jahr 2021 ist in Planung. Die Aufnahmequalität der Daten ist sehr gut und wird den Erwartungen gerecht. Zur Auswertung der Daten kann zum jetzigen Zeitpunkt aber noch keine Aussage gemacht werden, da die Daten erst noch entsprechend aufbereitet werden müssen.

Bei beiden Projekten werden riesige Datenmengen generiert. Mehrere zehntausend Aufnahmestunden müssen gesichtet werden, die nur mit enormem, personellem Aufwand „händisch“ auswertbar wären. Eine **automatisierte Auswertung** ist die logische Konsequenz. Dafür bietet sich der Einsatz von **maschinellem Lernen** an, mit dem Ziel, ein System derart zu „trainieren“, dass es automatisiert Vogelstimmen erkennt und bestimmt. In Anlehnung an die von Herrn Dr. Stefan Kahl & Team (TU Chemnitz/ Cornell Lab of Ornithology) entwickelte App zur Vogelbestimmung (**BirdNET**, <https://birdnet.cornell.edu/>), wird ein eigenes neuronales Netz zur automatisierten Erkennung und Bestimmung von Zielvogelarten entwickelt. Anhand der Ergebnisse soll das akustische Aktivitätsniveau dieser Zielvogelarten bestimmt werden.

Langfristig wird eine Live-Erkennung der Arten und eine entsprechende Live-Datenübermittlung angestrebt. Mit der Möglichkeit einer direkten Ergebnisübertragung bereits während der laufenden Erfassungen, wäre ein sehr flexibler Einsatz der Geräte möglich und, je nach Fragestellung, könnten Untersuchungen schneller abgeschlossen werden (bspw. Nachweise seltener Arten an spezifischen Standorten). Zudem erlaubt eine Live-Datenübermittlung auch eine regelmäßige Funktionskontrolle der Geräte aus der Ferne, ohne Wartungsarbeiten vor Ort.

Der ecoPi ist als **modular umrüstbare Einheit** aus technischen Bauteilen aufgesetzt worden, die je nach Fragestellung anpassbar- und/oder erweiterbar ist. Neben dem Umbau vom Mono-Aufnahmegerät (ecoPi:Bird) zum Stereo-Aufnahmegerät (ecoPi:Bird2D) haben wir nach dem gleichen Grundbauplan zusätzlich zwei weitere Erfassungseinheiten umgesetzt. Den ecoPi:Bug sowie den ecoPi:Bleep. Beide Geräte kommen jeweils in einem verschiedenen Projekt zur Anwendung.

Der **ecoPi:Bug** ist Teil eines weiteren **BfN Forschungsvorhabens „NatForWINSSENT II“**. Bei diesem langjährigen Projekt werden u.a. naturschutzfachliche Untersuchungen auf einem Windtestfeld durchgeführt. In diesem Zuge soll auch die vorherrschende Insektendichte untersucht und der Zusammenhang mit dem Auftreten von Fledermäusen an Windenergieanlagen geklärt werden. Die Insektendichte wird mit Hilfe des ecoPi:Bugs erfasst, wobei unser Ziel war, eine nicht-invasive und wartungsarme (v.a. hinsichtlich der aufwändigen Installation an Windmessmasten in bis zu 100m Höhe) Methode zu entwickeln. Das Ergebnis ist eine Insektenfotofalle, die Insekten einerseits durch UV-Licht anlockt und fotografiert, gleichzeitig aber auch den freien Luftraum um die Fotofalle fotografisch erfasst. Somit besteht der ecoPi:Bug aus diversen Kamera- und Lichtbauteilen, ähnelt im Grundprinzip aber dem bereits beschriebenen ecoPi:Bird. Bei diesem Projekt konnte bereits ein Fernzugriff umgesetzt werden. Aufnahmen durch die Insektenfotofallen können via Cloud direkt an uns übermittelt werden. Außerdem sind Änderungen in der Programmierung auf diese Weise gut möglich (z.B. Änderung der Anlockzeiten etc.). Da sich das Gerät noch in der Testphase befindet, sind diese flexiblen Einstellungsanpassungen von besonderer Bedeutung. Die Auswertung der Bilder wird hier ebenfalls automatisiert erfolgen. Das wesentliche Prinzip ist dabei, dass Helligkeitsunterschiede der Pixel zwischen Bildern verglichen werden und dadurch der Bedeckungsgrad der Anlockfläche mit Insekten bestimmt werden kann. Auf diese Weise wird letztlich ein Wert für die Insektenabundanz bestimmt, der dann mit anderen erhobenen Daten (Fledermausaktivität, Wetterdaten etc.) verschnitten werden kann. Das Projekt ist derzeit in einem laufenden Prozess, weshalb noch keine abschließenden Ergebnisse vorliegen. Informationen zu diesem Projekt finden sich unter dem unten aufgeführten Link⁴.

Der **ecoPi:Bleep** wurde in einem **Straßenbau-Projekt** in Norddeutschland, im Auftrag der **ARSU GmbH** eingesetzt. Hintergrund dieser Untersuchung war, häufige Flugwege von Fledermäusen im geplanten Trassengebiet zu lokalisieren, um entsprechende naturschutzfachliche Maßnahmen ableiten zu können. Klassischerweise wird bei solchen Fragestellungen eine Telemetrie von einzelnen Tieren durchgeführt, die mit hohem personellem Aufwand umgesetzt werden muss. Kostenbedingt liefern diese Art Untersuchungen daher meist nur eine geringe Datenmenge. Ziel war es demnach, einen Untersuchungsansatz umzusetzen, bei dem mehrere Tiere gleichzeitig erfasst werden können. Basierend auf dem open-source Projekt Radio-Tracking.eu⁵ konnte schließlich eine kostengünstige Telemetrie-Einheit, der ecoPi:Bleep, entwickelt werden. Auch hier ähnelt der Aufbau des ecoPi:Bleep sehr dem oben beschriebenen ecoPi:Bird. Im Gegensatz zu diesem besitzt der ecoPi:Bleep aber anstelle des Mikrofons eine Empfängerantenne. Durch die Installation einer entsprechenden Anzahl an ecoPi:Bleep Erfassungsgeräten, konnte das Raumnutzungsverhalten der Fledermäuse lokal untersucht werden. Die fest installierten Empfängerstationen gaben dabei Auskunft über die Flugwege und die Flugrichtung der Tiere innerhalb des Untersuchungsgebiets. Auf diese Weise konnten Schwerpunkte einer potenziellen Trassenkreuzung durch Fledermäuse identifiziert und entsprechende planerische Maßnahmen abgeleitet werden. Da das Prinzip auf fest installierten Empfängerstationen beruht, können Tiere nur im vorher definierten Untersuchungsgebiet erfasst werden. Diese Methode eignet sich daher nicht für alle Fragestellungen. Bei vielen Planungsverfahren kann sie aber sehr gut zur Anwendung kommen und eine solide Datengrundlage liefern.

Weitere Einsatzmöglichkeiten und/oder modulare Veränderungen des ecoPi in Bezug auf andere Fragestellungen sind möglich und werden angestrebt.



Verschiedene Einsatzmöglichkeiten der modularen ecoPi-Einheiten

Weiterführende Links im Überblick:

ecoPi:Bird und ecoPi:Bird2D

- ¹<https://www.natur-und-erneuerbare.de/projektdatenbank/projekte/betriebsmonitoring-von-wea-im-wald-auswirkungen-auf-die-avifauna/>
- ²<https://soundcloud.com/user-759529721/sets>
- ³<https://www.birdlife.ch/de/content/naturzentrum-neeracherried>

ecoPi:Bug

- ⁴<https://www.natur-und-erneuerbare.de/projektdatenbank/projekte/natforwinsent-ii/>

ecoPi:Bleep

- ⁵<https://radio-tracking.eu/>