

# Vergleichende Überflugmessungen an Eulen und nicht leise fliegenden Vögeln

Thomas Geyer, Ennes Sarradj, Christoph Fritzsche

BTU Cottbus, Juniorprofessur Aeroakustik, 03046 Cottbus,

Email: thomas.geyer@tu-cottbus.de / ennes.sarradj@tu-cottbus.de

## Einleitung

Es ist ein weitgehend akzeptierter Fakt, dass das beim Gleitflug von Eulen entstehende Geräusch sehr leise ist. Zur Ursache des leisen Fluges existieren zwei generelle Theorien: Zum Einen werden die speziellen Anpassungen der Eulenflügel (Haken an der Flügelvorderkante, Fransen an der Hinterkante sowie ein sehr weicher, luftdurchlässiger Flaum) für diese Lärmreduktion verantwortlich gemacht. Zum Anderen ist die gegenüber anderen Raubvögeln geringere Fluggeschwindigkeit der Eulen eine mögliche Ursache für den leisen Flug.

Trotz vergangener Untersuchungen zum Fluggeräusch der Eule, wie zum Beispiel [1] und [2], gibt es keine ausreichenden experimentellen Daten, auf deren Basis das Fluggeräusch von Eulen im Vergleich zu anderen Raubvögeln quantitativ untersucht werden kann.

Um Aussagen zur Schallentstehung beim Gleitflug von Eulen im Vergleich zu nicht leise fliegenden Vögeln erlauben zu können, wurden neben Messungen der Schallentstehung an Flügelpräparaten im aeroakustischen Windkanal der BTU Cottbus [3] akustische Überflugmessungen an Eulen durchgeführt [4]. Letztere werden im Folgenden beschrieben.

## Messaufbau

Zur Bestimmung des Fluggeräusches von Eulen im Vergleich zu nicht leise fliegenden Raubvögeln wurden Messungen an einer Schleiereule und zwei Uhus als Vertreter der leise fliegenden Eulenvögel sowie an einem Turmfalke, einem Wüstenbussard und einem Sakerfalken als Vertreter der nicht leise fliegenden Vögel durchgeführt. Alle Messungen fanden in Kooperation mit der Falknerei des Wildparks Johannismühle statt.

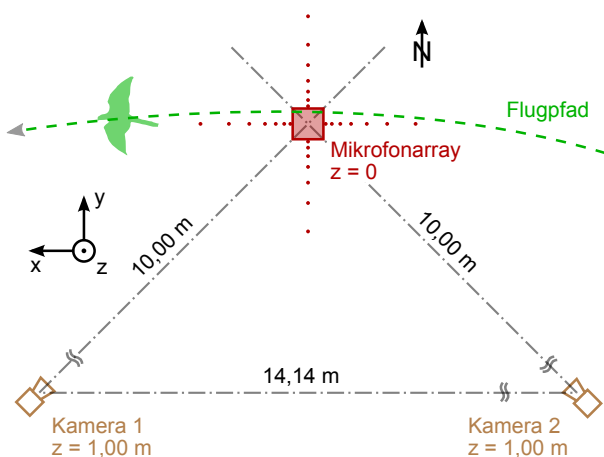


Bild 1: Messaufbau für Überflugmessungen

Die Vögel flogen dabei über ein auf dem Boden liegendes, ebenes Mikrofonarray, während der Flugpfad mit Hilfe von zwei Hochgeschwindigkeitskameras aufgezeichnet wurde. Bild 1 zeigt eine Skizze des verwendeten Messaufbaus. Das Mikrofonarray besteht aus einem quadratischen Mittelarray ( $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ ), welches 64 Mikrofonsensoren enthält, sowie 4 Verlängerungen, welche jeweils zusätzliche 7 Messmikrofone enthalten (Bild 2). Die Gesamtapertur des Arrays beträgt  $3,5 \text{ m}$ . Der Fokus des Arrays ist voll beweglich im dreidimensionalen Raum und wurde während der Überflüge auf den jeweiligen Vogel gerichtet.

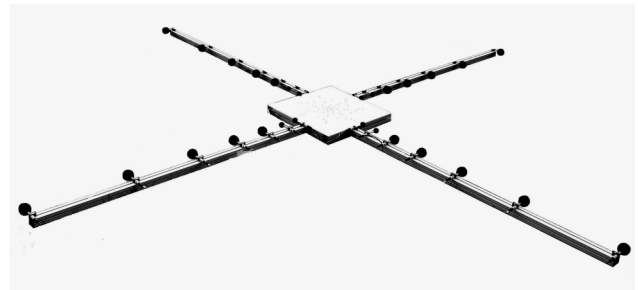


Bild 2: Foto des verwendeten Mikrofonarrays

Die Verarbeitung der Daten erfolgte im Zeitbereich, unter Verwendung unterschiedlicher Subarrays für verschiedene Frequenzbereiche (von 29 Mikrofonsensoren für die tiefsten Frequenzen bis zu allen 92 Mikrofonsensoren für die höchsten Frequenzen). Um unkorrelierte Signale (Windgeräusche, Rauschen der Elektronik) zu minimieren, wurde der Anteil der autokorrelierten Signale entfernt (*autocorrelation removal*). Aus den entstehenden Schalldruckpegelkartierungen wird durch Integration die Schalleistung des Vogels bestimmt.

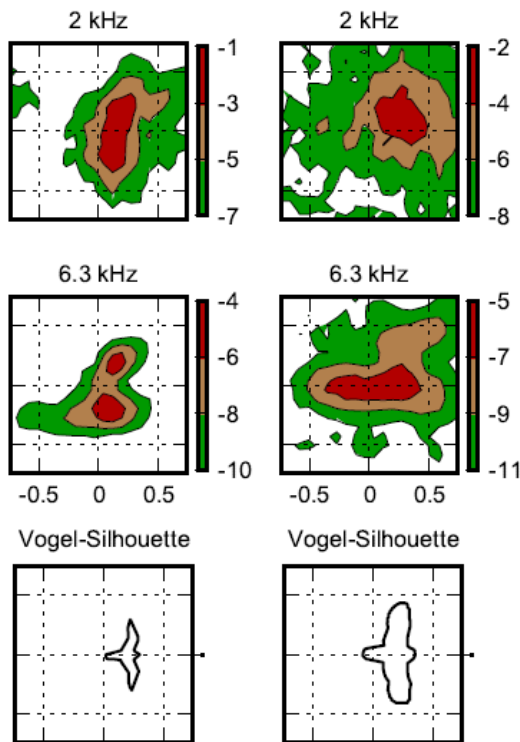
Die exakte Position und die Fluggeschwindigkeit des Vogels während jedes Abtastzeitpunktes eines Überfluges wurde aus den Aufnahmen der Videokameras bestimmt. Dazu wurde für jede Kamera die Position des maximalen optischen Flusses berechnet. Zur Minimierung statistischer Fehler wurden die entstehenden zweidimensionalen Trajektorien geglättet und anhand der bekannten Position der Kameras zueinander wurde daraus die dreidimensionale Trajektorie ermittelt.

## Ergebnisse

Während der Messungen verhielten sich die Vögel sehr unterschiedlich. Während der Turmfalke eine sehr große Anzahl von Überflügen absolvierte (mehr als 100 Überflüge), flogen der Sakerfalken und die beiden Uhus nur zwischen 10 und 20 Mal. Vor allem die größeren Vögel

mussten nach jedem einzelnen Flug mit Futter belohnt werden, so dass sie, wenn sie für den Tag genug zu fressen hatten, nicht für weitere Flüge motiviert werden konnten. Von den mehr als 200 durchgeführten Messungen waren letztendlich nur 31 Überflüge des Turmfalken (mittlere Geschwindigkeit  $U = 5,2$  m/s), 5 Überflüge des Wüstenbussards ( $U = 5,3$  m/s) und 15 Überflüge der Schleiereule ( $U = 5,4$  m/s) gültig. Alle verbleibenden Messungen waren ungültig, weil entweder der Vogel nicht über das Array flog, der Vogel mit den Flügeln schlug oder schrie.

Die resultierenden Schalldruckpegelkartierungen (Bild 3) zeigen, dass für die nicht leise fliegenden Vögel die Flügel die dominanten Schallquellen sind, was vermuten lässt, dass die Schallentstehung an der Hinterkante der zugrunde liegende Schallentstehungsmechanismus ist. Im Falle der Schleiereule sind keine eindeutigen Schallquellen an den Flügeln detektierbar, vielmehr scheinen die Schallquellen über den kompletten Körper des Vogels (inklusive Flügeln, Beinen und Füßen) verteilt zu sein. Bei hohen Frequenzen nimmt die Dynamik ab und das Fluggeräusch der Eule wird so leise, dass es sich nicht mehr messen lässt.



**Bild 3:** Beispiel-Terz-Schalldruckpegelkartierungen, normiert auf eine Entfernung von 1 m, links: Turmfalke, rechts: Schleiereule

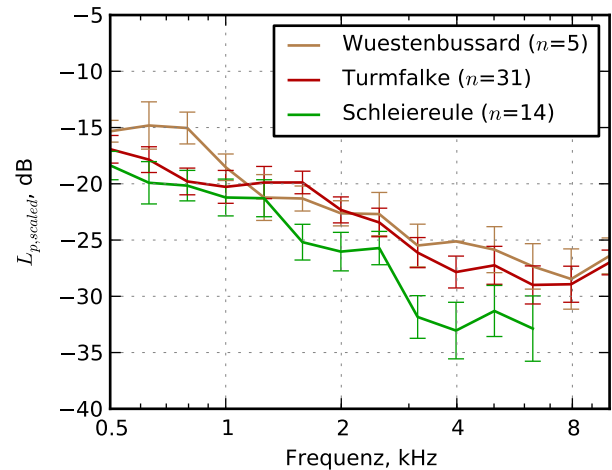
Wird vereinfachend angenommen, dass analog zum Schall, welcher bei der Umströmung an der Hinterkante technischer Profile entsteht, das Schalldruckeffektivwertquadrat des Fluggeräusches aller Vögel proportional zur fünften Potenz der Fluggeschwindigkeit ist, so lässt sich der Einfluss der unterschiedlichen Fluggeschwindigkeiten berücksichtigen. Bild 4 zeigt den

skalierten Schalldruckpegel

$$L_{p, scaled} = L_p(1 \text{ m}) - 50 \cdot \log_{10} (U/1 \text{ ms}^{-1}), \quad (1)$$

normiert auf eine Entfernung von 1 m. Das Ergebnis ist somit der Schalldruckpegel, der sich unabhängig von der jeweiligen Fluggeschwindigkeit  $U$  für die einzelnen Vögel ergibt.

Es ist erkennbar, dass für Terzmittenfrequenzen über etwa 1,6 kHz das Fluggeräusch der Eule deutlich unter dem des Turmfalken und des Wüstenbussards ist. Die Pegelminderung beträgt nur wenige Dezibel, nimmt jedoch mit steigender Frequenz zu.



**Bild 4:** Skaliertes Schalldruckpegel  $L_{p, scaled}$ , normiert auf eine Entfernung von 1 m

Die Betrachtung des skalierten Schalldruckpegels zeigt, dass der leise Flug der Eulen tatsächlich eine Folge der Gefiederanpassungen ist. Die geringere Fluggeschwindigkeit der Eule im Vergleich zu der der nicht leise fliegenden Vögel trägt jedoch zusätzlich zur geringen Schallentstehung bei.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Falknerinnen des Wildparks Johannismühle sowie bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

## Literatur

- [1] Kroeger, R. A., Gruschka, H. D., Helvey, T. C., Low speed aerodynamics for ultra-quiet flight, AFFDL, Technischer Report 971-75, 1971.
- [2] Neuhaus, W., Bretting, H., Schweizer, B., Morphologische und funktionelle Untersuchungen über den 'lautlosen' Flug der Eulen (*Strix aluco*) im Vergleich zum Flug der Enten (*Anas platyrhynchos*), Biologisches Zentralblatt, 92, 495-512 1973.
- [3] Geyer, T., Sarradj, E., Fritzsche, C., Silent owl flight: experiments in the aeroacoustic wind tunnel, 35. Jahrestagung für Akustik (NAG/DAGA 2009), 2009.
- [4] Sarradj, E., Fritzsche, C., Geyer, T., Silent Owl Flight: Bird Flyover Noise Measurements, AIAA Journal, Vol. 49 (4), 2011.