



## Cynthia F. Moss, Ph.D.

Professorin der Psychologie

University of Maryland, College Park

Born in 1957 in Columbus, Ohio, USA

Studied Zoology and Psychology at the University of Massachusetts, Amherst and Experimental Psychology and Neuroscience at Brown University, Providence

SCHWERPUNKT

### ARBEITSVORHABEN

## Auditorische Szenen-Analyse bei der Echoortung

During my fellowship year at the Wissenschaftskolleg, I plan to develop a model of auditory scene analysis by echolocation in the bat, an animal that relies on acoustic information to perceive its surroundings. Scene analysis involves the perceptual organization of sensory events to enable the identification and tracking of stimuli in the environment. The echolocating bat uses biological sonar to analyze auditory scenes. It broadcasts high frequency sounds and builds spatial representations of objects in the world from echo "snapshots", whose characteristics depend on the duration, intensity, bandwidth, and directional aim of its sonar cries. The bat adaptively adjusts the features of its sonar vocalizations as it probes the environment, and these dynamic signals provide a window to the bat's behavioral state and perception. It is noteworthy that the bat's echolocation system shares characteristics with the primate visual system: high spatial resolution, sequential scanning, and active sensorimotor control for perception. These shared characteristics between bat echolocation and primate vision suggest opportunities to bridge work on scene analysis in vision and audition. My model will build its framework from studies of both vision and audition in a variety of species and draw details from acoustic, behavioral, and neurophysiological data from the echolocating bat.

My project will benefit from close collaboration with the Auditory and Visual Scene Analysis focus group, as we will work collectively to deepen our understanding of the representation of complex spatial information obtained through the senses. The higher-level problems that vision and audition solve are related, but researchers working on these problems only rarely interact. Through an integrated approach to problems in auditory and visual scene analysis, we propose to take novel approaches to interpreting published data, formulating new hypotheses, designing our own experiments, and conducting computational modeling that will address a broad range of questions pertaining to scene analysis. Our focus group is composed of biologists, psychologists, computer scientists, and neuroscientists, who bring a broad range of expertise to the project. It is our goal not only to collect and organize information from the published literature, but to make new discoveries about scene analysis through critical analysis of published data, in combination with our own computational modeling and experimental work.

### Recommended Reading

Ulanovsky, N. and C. F. Moss. "What the bat's voice tells the bat's brain." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2008 (in press).

Moss, C. F., K. Bohn, H. Gilkenson, and A. Surlykke. "Active listening for spatial orientation in a complex auditory scene." *Public Library of Science Biology* 4, 4 (2006): 615-626.

Ghose, K. and C. F. Moss. "Steering by hearing: A bat's acoustic gaze is linked to its flight motor output by a delayed, adaptive linear law." *Journal of Neuroscience* 26 (2006): 1704-1710.

# Adaptives Echoortungsverhalten zur Analyse von auditorischen Szenen:

## Ein Blick auf die Welt durch die Stimme einer Fledermaus

Die auditorische Szenenanalyse dreht sich um die Wahrnehmungsorganisation von akustischen Signalen; sie ermöglicht dem Hörenden, bewegliche Geräuschquellen in seiner Umgebung auszumachen und zu identifizieren. Tiere, die auf akustische Kommunikation angewiesen sind, nutzen die auditorische Szenenanalyse, um die sozialen Rufe von Artgenossen inmitten der Geräusche von anderen Tieren und Umgebungslärm auszumachen. Menschen bedienen sich der auditorischen Szenenanalyse, um auf einer rasselvollen Cocktailparty ein Gespräch zu führen oder um der Musik bei der Aufführung einer Sinfonie zu folgen. Solche Aufgaben der Szenenanalyse bedürfen sowohl der simultanen als auch der sequentiellen auditorischen Verarbeitung, um sich überlagernde akustische Signale nach ihren Quellen zu sortieren und bewegliche Signale zu einem zeitlichen Ablauf zusammenzufügen.

Bei einigen Tieren beruht die auditorische Szenenanalyse auf der aktiven Produktion von Schallwellen, die von den Objekten in der Umgebung zurückgeworfen werden. So stoßen etwa echoortende Fledermäuse Ultraschalllaute aus; diese werden von Objekten zurückgeworfen, die sich im Bereich des Sonarstrahls befinden. Betrachten wir z. B. eine Fledermaus, die in der Nähe von Vegetation Insekten jagt. Ein einziger Sonarlaut führt selten dazu, dass ein einzelnes Echo zurück kommt, sondern führt stattdessen zu einer Kaskade von Echos, die von vielfältigen Objekten in unterschiedlichen Richtungen und Entfernungen zurückgeworfen werden. Das Sieben und Zuordnen der eng beieinander liegenden Echos, die von Beutetieren, Zweigen und Blättern stammen, ist eine sehr große Anforderung an die Wahrnehmung, doch die Beobachtungen im Feld zeigen, dass Fledermäuse viele hundert Mal jede Nacht erfolgreich Beute machen - und zwar offensichtlich ohne Schwierigkeiten.

Während die Forschung in den letzten Jahrzehnten vor allem die Merkmale der Schallwellen geklärt hat, die Fledermäuse zur Verortung und Unterscheidung der Ziele ihres Sonars nutzen, haben wir die auditorische Szenenanalyse noch nicht vollständig verstanden; so wissen wir nicht genau, wie die Wahrnehmung der Echos von verschiedenen gehörten Objekten in der Umgebung organisiert ist. Ein Schlüssel zur Lösung dieses Problems könnte vielleicht in den Bewegungen der Fledermaus liegen: Die Fledermaus regelt die Merkmale ihrer Sonarlaute in Reaktion auf Informationen, die von den zurückgeworfenen Echos stammen; daher erhalten wir über die modulierten Sonarlaute einen Zugang zur Wahrnehmungswelt von Fledermäusen. Insbesondere das Richtungsziel, das Timing, die Frequenz und Dauer der Sonarsignale, die eine Fledermaus verwendet, um die Umgebung "auszuleuchten", haben eine direkte Auswirkung auf die Informationen, die ihrem akustischen Bildgebungssystem zur Verfügung stehen. Wie die Fledermaus die Schallszenen wahrnimmt, regeln wiederum Merkmale der darauffolgenden Sonarlaute. Daher kann uns das adaptive Ortungsverhalten der Fledermaus einen Einblick in die grundlegenden Prozesse gewähren, auf denen die auditorische Szenenanalyse beruht.

Aus quantitativen Analysen des Ortungsverhaltens gewinnen wir Einblicke in die Szenenanalyse durch Echoortung. Das Muster des Sonarstahlausstoßes bei der Großen Braunen Fledermaus (*Eptesicus fuscus*) ist zwar einerseits gerichtet, aber andererseits breit genug, um Schallinformationen von Objekten in einem 60-90° Kegel zu erhalten; diese Informationen ermöglichen eine gleichzeitige 'Sichtung' nebeneinander liegender Objekte. Jedoch zeigen die Ergebnisse einer Laborstudie klar, dass die Fledermäuse ihren sonaren 'Blick' verschieben, um nahe beieinander liegende Objekte hintereinander zu untersuchen; das weist darauf hin, dass Fledermäuse die Schallrichtung und -entfernung analysieren, um die gehörten Objekte aufzuspüren. Wenn Fledermäuse in Gruppen jagen, müssen sie überdies das Problem lösen, ihre eigenen Echos von denen ihrer Mitjäger zu unterscheiden. Eine aktuelle Studie hat gezeigt, dass die Große Braune Fledermaus die schallspektralen Charakteristika ihrer Schreie adaptiert, wenn sie mit Artgenossen fliegt, vermutlich, um die Echoerkennung ihrer eigenen Schreie in dieser akustisch komplexen Situation zu erleichtern; das Ausmaß dieser Anpassung hängt von der Ähnlichkeit der spektralen Grundlinie jener Schreie ab, die eine einzelne Fledermaus ausstößt, wenn sie alleine fliegt. Diese Arbeit führte auch zur überraschenden Entdeckung, dass echoortende Fledermäuse manchmal gar nichts von sich geben. Wie lange und wie oft die Tiere beim gemeinsamen Flug still sind, hängt ebenfalls von der Ähnlichkeit der Grundlinie in den Schreien der einzelnen Fledermaus ab.

Diese neue Entdeckungen in den Forschungsarbeiten zur Echoortung der Fledermäuse zeigen, dass die Tiere ihr sensorisches Input aktiv kontrollieren, indem sie ihr Verhalten anpassen, um die beweglichen Reize in ihrer

Umgebung zu sieben, zu ordnen und anzupeilen. Hier haben wir einen starken Hinweis auf die Bedeutung des aktiven 'Eingreifens' eines Tiers bei seiner Analyse von natürlichen Szenen.

---

PUBLIKATIONEN AUS DER FELLOWBIBLIOTHEK

Moss, Cynthia F. (London,2015)

Bats regulate biosonar based on the availability of visual information

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1725356260>

Moss, Cynthia F. (Lausanne,2014)

Scene analysis in the natural environment

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1685498272>

Moss, Cynthia F. (2014)

Social calls predict foraging success in big brown bats

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1041182295>

Moss, Cynthia F. (2014)

Painting the world with sounds, perceiving the world with echoes

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=815778600>

Moss, Cynthia F. (Amsterdam [u.a.],2011)

Social learning of a novel foraging task by big brown bats, *Eptesicus fuscus*

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=755290860>

Moss, Cynthia F. (2011)

Adaptive vocal behavior drives perception by echolocation in bats

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=755289870>

Moss, Cynthia F. (2010)

Probing the natural scene by echolocation in bats

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=75528948X>

Moss, Cynthia F. (Cambridge,2009)

Acoustic scanning of natural scenes by echolocation in the big brown bat, *Eptesicus fuscus*

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=896009823>

Moss, Cynthia F. (Cambridge,2009)

Adaptive echolocation behavior in bats for the analysis of auditory scenes

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=755290348>

Moss, Cynthia F. (Düsseldorf,2009)

Der 6. Sinn der Echo-Tiere : Prof. Dr. Cynthia F. Moss erforscht die interaktive Orientierung von Fledermäusen und Delphinen ; Alexander Kluge im Gespräch mit Cynthia F. Moss

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=669199621>

10 vor 11

<https://kxp.k1oplus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=669199621>