

Aus dem Institut für Biologie
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I
der Humboldt-Universität zu Berlin

Eingereicht über das Institut für Veterinär-Physiologie
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Akustische Übertragungsfunktionen des Außenohres beim Haushund

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Birgit Eitner
Tierärztin aus Magdeburg

Berlin 2002

Journal-Nr.: 2663

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Michael F. G. Schmidt

Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Helmut Hartmann

Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Andreas Elepfandt

Dritter Gutachter: Priv.- Dozent Dr. Rainer Struwe

Tag der Promotion: 6.12.2002

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Einleitung	1
2	Literaturbesprechung	3
2.1	Das Außenohr	3
2.1.1	Anatomischer Aufbau des Außenohres	3
2.1.2	Funktionen des Außenohres	7
2.2	Das Richtungshören	8
2.2.1	Grundprinzipien des Richtungshörens	9
2.2.2	Richtcharakteristik des Außenohres	13
2.2.3	Rolle des Außenohres beim Richtungshören in der Vertikalebene	15
2.2.4	Rolle des Außenohres beim Richtungshören in der Horizontalebene	18
2.2.5	Die akustischen Übertragungsfunktionen des Außenohres	19
2.3	Hörleistung des Haushundes	21
2.4	Lautäußerungen des Haushundes	23
2.5	Krankheiten des Außenohres beim Haushund	25
3	Material und Methode	30
3.1	Untersuchungsobjekt	30
3.2	Erstellung von plastischen Modellen	30
3.3	Versuchsaufbau	36
3.4	Messung der Übertragungsfunktion	38
3.5	Berechnung der Übertragungsfunktionen und Darstellung der Ergebnisse	41
3.6	Validierung der Methodik mittels eines Katzenkunstkopfes	49
4	Ergebnisse	57
4.1	Anatomischer Aufbau der Außenohren des Schäferhundes	57
4.2	Akustische Übertragungsfunktionen der Außenohren des Haushundes	63
4.2.1	Akustische Übertragungsfunktionen der isolierten Außenohrmodelle bei Frontalstellung	63
4.2.1.1	Freifeldübertragungsfunktion	63
4.2.1.2	Monaurale Übertragungsfunktion	73
4.2.1.3	Interaurale Übertragungsfunktion	79
4.2.2	Einfluss des Wechsels der Ohrstellung auf die akustischen Übertragungsfunktionen	84

4.2.3	Einfluss des Kopfes	92
4.2.3.1	Akustische Übertragungsfunktion der Außenohrmodelle am Kunstkopf	92
4.2.3.2	Laufzeitdifferenzen	97
4.2.4	Einfluss der Conchainnenstrukturen auf die Übertragungsfunktionen	99
4.2.5	Auswirkung einer simulierten Otitis-Operation	101
4.2.6	Auswirkung des Fehlens der äußeren Ohrmuschel	102
5	Diskussion	108
5.1	Anatomischer Aufbau des Außenohres des Haushundes	109
5.2	Richtcharakteristik des Außenohres	110
5.3	Bedeutung einzelner Außenohrbestandteile und des Kopfes	119
5.3.1	Die äußere Ohrmuschel und die Bedeutung ihrer Ausrichtung	120
5.3.2	Der Einfluss des Kopfes	126
5.3.3	Der Beitrag der Concha und des äußeren Gehörganges	127
5.4	Konsequenzen von tierärztlichen Manipulationen am Außenohr	129
6	Zusammenfassung (Summary)	133
7	Literaturverzeichnis	139
8	Anhang	149

Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

Abb.	Abbildung
AZ	Azimut
B	Breite
BAER	Brainstem auditory evoked response
bzw.	beziehungsweise
c	Schallgeschwindigkeit
ca.	circa
CD	Kompaktdiskette
dB	Dezibel (Einheit des Schalldrucks)
DTF	Directional transfer function
EL	Elevation
et al.	et altera
f	Frequenz
FFT	Fast fourier transformation
F_u	Grenzfrequenz
H	Höhe
HF-Region	höherfrequente Region
HRTF	Head related transfer function ($\hat{=}$ Freifeldübertragungsfunktion)
Hz	Hertz
i.d.R.	in der Regel
ILD	Interaural level difference ($\hat{=}$ interaurale Pegeldifferenz)
ITD	Interaural time difference ($\hat{=}$ interaurale Zeitdifferenz)
kHz	Kilohertz
KK	Kunstkopf
L	Länge
log	Logarithmus zur Basis 10
m	Meter
mm	Millimeter
MAA	Minimum audible angles (minimaler hörbarer Winkel)
MF-Region	mittelfrequente Region
NF-Region	niederfrequente Region
μs	Mikrosekunde
n	Stichprobenumfang
PC	Personalcomputer
SPL	Sound pressure level
ÜF	Übertragungsfunktion
\bar{x}	Mittelwert
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
λ	Wellenlänge
π	Pi
$\Delta\text{dB}_{\text{max}}$	maximale Änderung der Pegeldifferenz
Δs	Wegdifferenz
Δt	Laufzeitdifferenz
φ	interaurale Phasenverschiebung
σ	Standardabweichung

Danksagung

Die Anfertigung dieser Arbeit wäre ohne die Anregungen, das Interesse und die moralische Unterstützung – besonders in der Endphase - vieler Menschen schwer möglich gewesen. Die Möglichkeit der Entstehung dieser Arbeit war durch die finanzielle Unterstützung in Form eines Promotionsstipendiums nach dem Nachwuchsförderungsgesetz gegeben. Dies ermöglichte ein entspanntes Forschen auf dem Gebiet der Bioakustik. Vielen Dank.

Ausdrücklich bedanken möchte ich mich an dieser Stelle bei:

Herrn Prof. Dr. H. Hartmann für die Bereitschaft der formellen Betreuung, die Hilfe bei organisatorischen Fragen und vor allem für die Unterstützung bei der Beantragung des Stipendiums und das, obwohl die räumliche Entfernung doch recht groß war.

Herrn Prof. A. Elepfandt für die Annahme dieses interessanten Themas und die Betreuung während der Erstellung der Arbeit. Seine Unterstützung und Anleitung trug entscheidend zum Gelingen der Arbeit bei.

Herrn Dr. K.-H. Frommolt, Kurator des Tierstimmenarchivs, für seine unermüdliche Hilfe, seine Anregungen und seine konstruktive Kritik in jeder Phase dieser Arbeit – und ganz besonders in der Endphase.

Herrn A. Gnetsch für die technische Unterstützung bei der Durchführung der Experimente und die Lösung fast jedes Problems in und um der Schallkammer

dem gesamten Kollektiv der Abteilung Sinnesbiologie des Institutes für Biologie für die warmherzige Aufnahme in ihre Arbeitsgruppe und die gute fachliche Zusammenarbeit

allen Freunden und engen Bekannten für das Zuhören, das endlose Lesen und die kritische Durchsicht meiner Niederschriften, das moralische Aufbauen und die vielen lieben Ermunterungen und Schulterklopfen

Nicht zuletzt sei ganz besonders meinen Eltern und meiner Schwester gedankt, die bis zum Schluß fest an mich glaubten und mich nie im Stich ließen. Vor allem die finanzielle Unterstützung meiner Eltern während des Studiums und in finanziell schlechteren Zeiten während des Promotionsstudiums ermöglichten es mir, mein Ziel zu erreichen. Ich danke Euch ganz herzlich.

Tabellarischer Lebenslauf

Name:	Birgit Eitner	
Geburtsdatum:	05.02.1971	
Geburtsort:	Magdeburg	
Eltern:	Hans-Ullrich Eitner Helga Eitner	
Schulbildung:	09/1977 – 08/1987	Allgemeinbildende Polytechnische Oberschule in Magdeburg
Berufsausbildung:	09/1987 – 09/1990	Berufsausbildung zum Facharbeiter für Tierproduktion mit Abitur in Lichterfelde (Sachsen-Anhalt)
Studium:	10/1990 – 10/1992	Veterinärmedizin an der Humboldt-Uni- versität zu Berlin
	10/1992 – 02/1996	Veterinärmedizin an der Freien Universi- tät zu Berlin – Standort Mitte
	03/1996	Tierärztliche Approbation
	02/1996 – 11/1998	Untersuchungen zur Lautgebung des Wolfes (<i>Canis lupus</i>)
	11/1998 – 08/2002	Promotionsstudium
	07/1999 – 06/2001	NaFöG-Stipendium
Beruf:	seit 09/2001	angestellte Tierärztin am Landratsamt Böblingen –Veterinär- und Lebensmittel- überwachungsamt

Selbständigkeitserklärung:

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer Prüfungsbehörde vorgelegt.

Berlin, den 29.08.2002