



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Akustische Kommunikation bei Afrikanischen  
Savannenelefanten (*Loxodonta africana*):  
*Rumble* - Variationen und akustisch individuelle  
Unterschiede innerhalb einer Elefantengruppe in  
zoologischer Haltung

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasser:	Ronald Lintner
Matrikel-Nummer:	0102013
Studienrichtung (lt. Studienblatt):	A439, Zoologie
Betreuer:	Ao. Prof. Dr. Helmut Kratochvil

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die zum Gelingen meiner Diplomarbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Prof. Dr. Helmut Kratochvil und Dr. Angela Stöger-Horwath für die Unterstützung im Laufe der Erstellung dieser Diplomarbeit.

Angela hat die Betreuung im Tiergarten Schönbrunn freiwillig übernommen. Trotz ihren zahlreichen Aufgaben und Tätigkeiten, fand sie immer wieder Zeit für meine Diplomarbeit. Ich möchte mich bei ihr aufs Herzlichste für die großartige Zusammenarbeit und Hilfe bedanken.

Dr. Harald Schwammer vom Tiergarten Schönbrunn danke ich für die großzügige Bereitstellung von technischen Geräten und eines Arbeitsplatzes, welche die Durchführung dieser Arbeit erst möglich machte.

Meinen Eltern, Otto und Renate Lintner, danke ich für ihre grenzenlose Unterstützung während meiner gesamten Ausbildung und für ihr großes Vertrauen.

Renate Lintner und Mag. (FH) Vera Kirchmair danke ich für das präzise Korrekturlesen meiner Diplomarbeit und für hilfreiche Ratschläge.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Freundin Vera von ganzem Herzen für ihre Unterstützung, ihr Vertrauen, ihre Motivation und Zuversicht während meiner gesamten Studienzeit bedanken. Danke, dass du immer für mich da bist!!

## **Abstract**

The following research deals with the African elephant vocal communication, in particular with classification of rumbles and individual identity.

The African savannah elephant (*Loxodonta africana*) is well known for its variegated and complex acoustic communication system and the use of low-frequency and high-frequency calls. The most frequently vocalization is the low-frequency rumble. The rumble is well-established but there is no agreement whether a classification on the basis of acoustic measurements is possible or not. Furthermore, not much is known about individual identity. Only a few studies have been examined with the individual variation till today.

In this paper I study the classification of the rumbles and the individual identity on the basis of physical and acoustic properties of rumbles.

The data recording took place at the Vienna zoo, Austria in 2003. For the analysis of the recorded signals I used a special computer program and defined several physical and acoustic properties. I analysed 433 rumbles from four adult female African elephants (“Drumbo”, “Jumbo”, “Sabi” and “Tonga”). For the examination of the classification I used all 433 rumbles, for the individual identity determination I compared 299 rumbles from “Drumbo”, “Jumbo” and “Tonga”.

Firstly, the results demonstrate that there exists an acoustic variation within all rumbles, but the multidimensional scaling analysis revealed that there is no classification into distinct subtypes. According to these findings the rumble is a graduated call type.

The second part of this research shows that the acoustic and the physical differences of the rumbles between the three female elephants are enough to discriminate them.

Future studies by means of the complex formant analysis will specify the individual differences of the African savannah elephants.

## **Zusammenfassung**

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der akustischen Kommunikation bei Afrikanischen Savannenelefanten (*Loxodonta africana*) insbesondere mit den Themen „Rumble“ Klassifizierung und akustische Individualität.

Der am häufigsten verwendete Vokalisationstyp ist der tieffrequente „Rumble“. Obwohl sich Wissenschaftler seit den frühen 80er Jahren mit dieser speziellen Lautäußerung beschäftigen, sind sich die Elefantenforscher bis heute nicht einig, ob man den „Rumble“ mit Hilfe von akustischen und physikalischen Parametern in Untergruppen einteilen kann oder nicht. Auch im Zusammenhang mit der individuellen Variation ist bis heute nicht viel bekannt.

Im Tiergarten Schönbrunn (Wien, Österreich) wurden die „Rumbles“ von vier Elefantenkühen (Drumbo, Jumbo, Sabi und Tonga) aufgezeichnet und anhand eines Schallanalyseprogramms wurden die Messungen von physikalischen und akustischen Parametern durchgeführt. Insgesamt habe ich 433 „Rumbles“ analysiert. Für die Überprüfung der Klassifizierung wurden alle 433 „Rumbles“ verwendet. 299 „Rumbles“ (von Drumbo, Jumbo und Tonga) wurden für die Analyse der individuellen Variation herangezogen.

Die Ergebnisse zeigen, dass akustische Variationen innerhalb der „Rumbles“ vorliegen, jedoch zeigt die multidimensionale Skalierungsanalyse, dass es keine eindeutige Bildung von Untergruppen gibt und demnach ist der „Rumble“ ein graduiertes Lauttyp, was auch schon von Soltis et al. (2005) postuliert wurde.

Der zweite Teil meiner Studie zeigt, dass die Differenzen bei den „Rumbles“ zwischen den drei Elefantenkühen ausreichend sind, um sie, anhand von akustischen Parametern, individuell voneinander unterscheiden zu können. Die Anwendung der komplexen Formantenanalyse könnte in Zukunft die individuellen Merkmale der Afrikanischen Savannenelefanten noch genauer beschreiben.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 EINLEITUNG</b> .....	1
1.1 Fragestellung und Zielsetzung .....	1
1.2 Gang der Argumentation .....	2
<b>2 AFRIKANISCHER ELEFANT UND KOMMUNIKATION</b> .....	3
2.1 Allgemeines .....	3
2.2 Afrikanische Elefanten in zoologischer Haltung .....	5
2.3 Kommunikation .....	7
2.3.1 Visuelle Kommunikation .....	8
2.3.2 Taktile Kommunikation .....	8
2.3.3 Chemische Kommunikation .....	9
2.3.4 Seismische Kommunikation .....	9
2.3.5 Akustische Kommunikation .....	10
2.4 Lautrepertoire der Afrikanischen Elefanten.....	15
2.4.1 Der tieffrequente „Rumble“ .....	19
<b>3 MATERIAL UND METHODEN</b> .....	22
3.1 Untersuchungstiere .....	22
3.2 Elefantenanlage und Haltung .....	23
3.3 Versuchsdurchführung .....	24
3.4 Datenanalyse .....	25
3.4.1 Akustische und strukturelle Auswertung .....	25
3.4.2 Statistische Auswertung .....	27
<b>4 ERGEBNISSE</b> .....	29
4.1 Klassifizierung des „Rumbles“ .....	29
4.1.1 Ethologische und akustische Unterschiede .....	29
4.1.2 Multidimensionale Skalierungsanalyse: „Rumble“ Klassifizierung.....	34
4.2 Akustische Individualität .....	36
4.2.1 Drumbo, Jumbo und Tonga .....	36

4.2.2 Diskriminanzanalyse: Trennkraft der Elefantengruppen .....	40
<b>5 DISKUSSION</b> .....	<b>48</b>
5.1 „Rumble“ Variationen .....	48
5.2 Akustische Individualität von Drumbo, Jumbo und Tonga .....	50
<b>6 LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>53</b>
<b>7 ANHANG</b> .....	<b>58</b>
<b>8 CURRICULUM VITAE</b> .....	<b>59</b>

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Fragestellung und Zielsetzung

Der Afrikanische Savannenelefant (*Loxodonta africana*) ist bekannt für sein komplexes Kommunikationssystem sowie für die Verwendung von verschiedenen Lautäußerungen.

Besonders wichtig ist der tieffrequente und vielfältige Lauttyp „Rumble“, der durch eine im Infraschallbereich liegende Grundschwingung bei adulten Tieren gekennzeichnet ist und für die Kommunikation über große Distanzen sehr gut geeignet ist.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die Variationen des „Rumbles“ innerhalb einer Elefantengruppe im Zoo zu untersuchen und die akustischen und ethologischen Unterschiede zu analysieren. Es soll herausgefunden werden ob der „Rumble“ mit Hilfe von akustischen und physikalischen Parametern in Untergruppen eingeteilt werden kann oder nicht? Weiters soll geklärt werden, in welchen Verhaltenskontexten die „Rumbles“ produziert werden?

Weiters beschäftigt sich die vorliegende Studie mit der individuellen Variation. Da die Untersuchungen im Zoo mit einer kleinen Elefantengruppe durchgeführt wurden, konnten die „Rumbles“ den Individuen leichter zugeordnet werden als bei einer Freilandforschung mit bis zu 100 verschiedenen Elefanten. Wie später noch genauer erläutert wird, beinhaltet jede Vokalisation einen so genannten individuellen Code, damit sich die Elefanten auch erkennen wenn sie über eine große Distanz miteinander kommunizieren. Wenn dies der Fall ist, dann müssen sich die Elefanten akustisch voneinander unterscheiden. Daher beschäftigt sich der zweite Ergebnisteil dieser Studie mit den individuellen Unterschieden

Die vorliegende Untersuchung soll zeigen, ob die akustischen Differenzen in den „Rumbles“ ausreichend sind, um die Elefanten individuell voneinander unterscheiden zu können.

Diese Fragen werden in meiner Studie beantwortet. Es sollen einerseits weitere Informationen zum Thema „Klassifikation“ geliefert werden und andererseits sollen die Antworten neue Erkenntnisse über akustische Individualität bringen.

Die Fragestellungen für die vorliegende Studie lauten somit:

- (1) Ist der „Rumble“ ein gradueller Lauttyp oder kann der „Rumble“ in Untergruppen eingeteilt werden?
- (2) Können die Afrikanischen Elefanten anhand des Vokalisationstyps „Rumble“ individuell voneinander unterschieden werden?

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit kann daher wie folgt untergliedert werden:

- (1) Überprüfung der Klassifikation des Lauttyps „Rumble“.
- (2) Anhand von akustischen und physikalischen Parametern des „Rumbles“ sollen die individuellen Unterschiede begutachtet werden.

## **1.2 Gang der Argumentation**

Die vorliegende Diplomarbeit gliedert sich in vier Teilabschnitte.

Im ersten Teilabschnitt wird näher auf die Biologie des Afrikanischen Savannenelefanten, auf die Haltung von Afrikanischen Elefanten in zoologischen Einrichtungen, auf die verschiedenen Kommunikationskanäle sowie auf das hoch komplexe Lautrepertoire eingegangen. Der zweite Teilabschnitt beschäftigt sich mit den Untersuchungstieren, den Versuchsabläufen und den akustischen und statistischen Auswertungsmethoden.

Das darauf folgende Kapitel stellt die gewonnen Ergebnisse dar. Dieses gliedert sich in die Beschreibung der Klassifizierung des Lauttyps „Rumble“ und der individuellen Differenzen.

Im Abschlusskapitel werden die gewonnen Ergebnisse diskutiert und mit anderen vorhandenen wissenschaftlichen Arbeiten verglichen. Ferner werden im letzten Teilabschnitt meine Zukunftsperspektiven zum Thema „Akustische Kommunikation bei Afrikanische Elefanten“ kurz beschrieben.

# 2 AFRIKANISCHER ELEFANT UND KOMMUNIKATION

## 2.1 Allgemeines

Die Elefanten (Familie Elephantidae) sind die schwersten heutigen Landsäugetiere. Die Afrikanischen Elefanten unterscheiden sich von den Asiatischen Elefanten so sehr, dass diese in eine eigene Gattung (*Loxodonta*) gestellt werden.

Der Afrikanische Elefant ist das größte noch lebende Landsäugetier der Welt, mit einer Kopfrumpflänge (einschließlich des Rüssels) von 6 bis 7,5 Metern, einer Schwanzlänge von 1 bis 1,3 Metern, einer Körperhöhe von 2,5 bis 4 Metern und einem Gewicht bis zu 7,5 Tonnen Kilogramm, wobei die Größe und das Gewicht der Elefanten geographisch unterschiedlich sind. Die Afrikanischen Waldelefanten (*Loxodonta cyclotis*) sind im Vergleich zu den Afrikanischen Savannenelefanten (*Loxodonta africana*) kleiner und nicht so schwer. (Grzimeks, 1979/80)

Die Elefantenkühe erreichen im Durchschnitt eine Körperhöhe von 2,7 Metern und ein durchschnittliches Gewicht von 3 Tonnen. Die Elefantenkühe erreichen ihr Gewichts- und Größenmaximum zwischen 25 und 30 Jahren. Ausgewachsene Bullen hingegen erreichen eine Körperhöhe von 4 Metern und wiegen im Durchschnitt zwischen 5 und 6 Tonnen, können aber auch bis zu 7,5 Tonnen schwer werden. Im Gegensatz zu den Elefantenkühen wachsen die Bullen ein Leben lang. (Poole, 1997)

Beide Geschlechter können Stoßzähne tragen. Die Stoßzähne entsprechen den oberen Schneidezähnen (Incisivi), die ein Leben lang wachsen können (Poole, 1997). Die Größe der Stoßzähne hängt einerseits von der genetischen Determination, andererseits vom Alter der Elefanten ab. Schon bei der Geburt sind so genannte Milchstoßzähne vorhanden (Grzimeks, 1979/80). Die Stoßzähne der Elefantenbullen wachsen exponentiell mit dem Alter. Mit 55 Jahren sind die Stoßzähne der Bullen siebenmal so schwer wie die der Kühe. Das Durchschnittsgewicht eines Stoßzahnes von einem 55-jährigen Bullen beträgt 49 Kilogramm während der Stoßzahn einer gleichaltrigen Kuh durchschnittlich nur 7 Kilogramm wiegt. Der längste und schwerste beschriebene Stoßzahn eines Afrikanischen Elefanten erreichte eine Länge von 3,26 Metern und ein Gewicht von 102,7 Kilogramm. (Poole, 1997)

Neben den Stoßzähnen besitzen die Elefanten pro Kieferviertel sechs Backenzähne (Molaren), allerdings sind diese nicht gleichzeitig ausgebildet. Pro Kieferast sind höchstens zwei Backenzähne ausgebildet. Mit zunehmendem Alter und durch das ständige Kauen werden die Zähne abgenutzt und schieben sich langsam in Richtung Kiefervorderende, wo sie scheibchenweise abbrechen. Der Zahnwechsel erfolgt also horizontal, von hinten nach vorne. Die Schmelzleisten der Backenzähne sind rautenförmig angelegt. (Pflumm, 1996; Grzimeks, 1979/80)

Im Gegensatz zu den Asiatischen Elefanten sind die Ohren der Afrikanischen Savannenelefanten weitaus größer (2 Meter hoch und 1,5 Meter breit), das Rüsselende hat bei den Afrikanischen Elefanten zwei fingerartige Fortsätze und der höchste Punkt des Körpers ist nicht wie bei den Asiatischen Elefanten der Kopf sondern der Rücken (Grzimeks, 1979/80).

Die Haut ist zwei bis vier Zentimeter dick, mit langen sensiblen Sinneshaaren übersät und sehr tastempfindlich. Die Afrikanischen Elefanten besitzen Temporaldrüsen zwischen Auge und Ohr und zwischen den Vorderbeinen der Elefantenkühe befinden sich die paarig angeordneten Milchdrüsen. (Grzimek, 1979/80; Poole, 1997)

Obwohl Elefantenbullen ihre Geschlechtsreife schon in relativ jungem Alter erreichen, sind junge Bullen in freier Wildbahn jedoch nicht stark genug um ihren Anspruch auf eine Paarung durchsetzen zu können. Ab einem gewissen Alter zeigen die Bullen den immer wieder auftretenden Zustand der „Musth“. Der Begriff „Musth“ bezeichnet den Zustand erhöhter Aggressivität und erhöhte sexuelle Aktivität. Während der „Musth“ sondern die Temporaldrüsen ein dickflüssiges Sekret ab und streng riechender Urin tröpfelt vom Penis. Außerdem steigt der Testosteronspiegel enorm an und bewirkt, dass die Elefantenbullen gegenüber anderen Bullen extrem aggressiv werden, vor allem gegen andere „Musth“ Bullen. Die Dauer der „Musth“ bei den jungen Bullen ist eher kurz und unregelmäßig. Im Vergleich dazu kann die „Musth“ Periode der älteren Bullen mehrere Monate anhalten und tritt jedes Jahr zu einem vorhersehbaren Zeitpunkt auf.

Zwischen dem achten und dem 18. Lebensjahr erreichen die Kühe die sexuelle Reife und kommen in ihre erste Östrusphase, abhängig von der Qualität des Habitats und der Verfügbarkeit von Nahrung. Die Tragzeit der Afrikanischen Elefanten dauert knapp 660 Tage (~ 22 Monate). Innerhalb einer Stunde sind die Neugeborenen in der Lage zu stehen. In

Abhängigkeit vom Nahrungsangebot bringen Elefantenkühe im Durchschnitt alle vier bis sechs Jahre ein Kalb auf die Welt. (Poole, 1997)

Die Sozialstruktur der Elefanten beruht auf der Familie, allerdings ohne erwachsene Bullen. Die Afrikanischen Elefanten leben in matriarchalisch geführten Herden. Die Herde wird von einer dominanten Leitkuh geführt, die meist auch die älteste und größte Kuh der Elefantengruppe ist (Moss & Poole, 1983; Poole, 1997). Verwandte Elefantenkühe und ihre Nachkommen leben zusammen in stabilen Gruppen, welche als „Family units“ bezeichnet werden (Buss, 1961; Douglas-Hamilton, 1972; Moss & Poole, 1983; Poole, 1997; Wittemayer et al., 2005; Archie et al., 2006). Mehrere dieser „Family units“ können sich zu einer „Bond group“ zusammenschließen (Moss, 1981; Moss & Poole, 1983). Der Zusammenschluss von mehreren „Bond groups“ wiederum wird als Klan bezeichnet (Laws & Parker, 1968; Douglas-Hamilton, 1972; Moss, 1981; Poole, 1997). Die Größe einer Elefantenfamilie ist von verschiedenen Faktoren abhängig, aber im Allgemeinen sind die Familien in Wäldern kleiner als auf großen Grün- bzw. Grasflächen (Poole, 1997).

Der wesentlichste Verhaltensunterschied zwischen Bullen und Kühen besteht darin, dass die Elefantenkühe und ihre Nachkommen in einer eng verbundenen stabilen Familiengruppe leben, während die älteren Bullen eher solitär und unabhängig, mit wenig sozialen Kontakten leben. Die Jungbullen verlassen die Familien zwischen dem 8. und dem 13. Lebensjahr und schließen sich entweder zu Junggesellengruppen zusammen oder ziehen als Einzelgänger umher. (Poole, 1994; 1997)

Die Elefanten sind langlebig und können ein Alter von über 60 Jahren erreichen (Vidya & Sukumar, 2005), wobei dieses hohe Alter in freier Wildbahn nur selten erreicht wird.

## **2.2 Afrikanische Elefanten in zoologischer Haltung**

Die Haltung von Elefanten in Menschenobhut reicht bis in das Römische Reich zurück, denn laut Hauffellner et al., (1993) haben schon die Römer versucht Afrikanische Elefanten zu züchten.

Im 19. Jahrhundert wurden in Europa die ersten Afrikanischen Elefanten in zoologischen Gärten gehalten. Der erste Afrikanische Elefant in einem europäischen Zoo war eine Elefantenkuh im Jardin des Plantes, Paris (Hauffellner et al., 1993). Aufgrund fehlender

finanzieller Mittel und nicht ausreichender Haltungseinrichtungen konnten viele europäische Zoos nur ein Tier halten (Hauffellner et al., 1993).

2001 lebten 230 (64 Institutionen; 47, 183) Afrikanische Elefanten in europäischen Zoos und 179 (71 Institutionen; 18, 161) Tiere in Zoos in Nord- und Zentralamerika (Koehl, 2001).

Weltweit lebten 453 Afrikanische Elefanten in zoologischen Einrichtungen (Koehl, 2001).

Heute leben etwa 220 (54, 166) Afrikanische Elefanten im EEP-Raum (Europa inklusive Israel) in verschiedenen Zoos und Safariparks und circa 170 (24, 146) Tiere in Zoos und Safariparks des SSP- Raumes (Nordamerika). Daneben gibt es im nordamerikanischen Raum noch ungefähr 50 Afrikanische Elefanten (Privathalter, Zirkus, „Performing elephants“ für Filme und Werbungen), so dass man in Nordamerika von einem Gesamtbestand von circa 220 Afrikanischen Elefanten ausgehen kann. (Elefanten Schutz Europa e.V. mündlich)

Die soziale Struktur der in zoologischer Haltung lebender Elefanten ist zu den in freier Wildbahn lebenden Elefanten verschieden. Während eine Elefantengruppe in freier Wildbahn aus vielen verwandten Elefantenkühen unterschiedlichen Alters und den Jungtieren besteht, sind die Elefantenkühe in einem Zoo selten miteinander verwandt und die Gruppe ist wesentlich kleiner (Schulte, 2000). Ähnlich der unterschiedlichen Lebensweise von Kühen und Bullen in freier Wildbahn, werden in zoologischen Gärten die Elefantenbullen von den Elefantenkühen getrennt gehalten. Es existieren auch zoologische Einrichtungen, die eine gemischte Elefantengruppe, bestehend aus Afrikanischen und Asiatischen Elefanten, beherbergen.

Innerhalb einer Zoogruppe baut sich eine Dominanzhierarchie, mit einer Leitkuh an der Spitze, auf. Diese Leitkuh, die Matriarchin, muss aber nicht unbedingt die älteste Kuh der Elefantengruppe sein.

Natürlich versucht jede zoologische Institution, die Elefanten hält, diese auch zu züchten. Allerdings benötigt man für die Zucht neben den Zuchtbullen, auch eine großzügige Anlage mit Zuchtmöglichkeiten. Der erste Zuchterfolg bei Elefanten in Europa ereignete sich am 14. Juli 1906 in Wien, als das Elefantenweibchen „Mädi“ zur Welt kam (Schwammer & Pechlaner, 1997). Im Mai 2001 fand eine Sensation im zoologischen Garten Wien statt. Nach einer erfolgreichen künstlichen Befruchtung kam ein Elefantenbaby zur Welt („Abu“).

Leider ist die Nachzucht von Afrikanischen Elefanten in zoologischen Gärten sehr selten und schwierig.

## **2.3 Kommunikation**

Die Kommunikation ist eine besondere Form des Verhaltens und ist im Allgemeinen eine „beabsichtigte“ Informationsübermittlung an den Empfänger, um eine Verhaltensänderung hervorzurufen, die letztlich zur Fitness des Senders und/oder des Empfängers beiträgt. Bei jeder Form der Kommunikation unterscheidet man zwischen Sender, Empfänger und einem Übertragungsmedium. So ein Informationsaustausch spielt in den verschiedensten Lebensgemeinschaften eine wichtige Rolle. (Tembrock, 1996; Barth et al., 2006)

Soziale, langlebige und intelligente Tiere wie die Afrikanischen Elefanten besitzen ein stark ausgeprägtes Kommunikationssystem (Vidya & Sukumar, 2005).

Die Afrikanischen Elefanten leben in einer hoch komplexen Sozialstruktur, in der sowohl die Kommunikation über weite Entfernungen, als auch über kurze Distanzen eine wesentliche Rolle spielt. Die Kommunikation dieser sozialen Säugetiere kann über fünf verschiedene Kommunikationskanäle stattfinden. Diese sind:

- Visuell
- Taktil
- Chemisch
- Seismisch
- Akustisch

Der Gebrauch verschiedener Sinneskanäle erlaubt den Elefanten einerseits ihren physiologischen Status bekannt zu geben, und andererseits sind die Signale verschiedener Kanäle wichtig für das Gruppenleben, die Partnerlokalisierung, die Interaktionen mit den Kälbern und die Aufrechterhaltung verschiedener Kohesionen. (Langbauer, 2000)

Die Kommunikation über größere Distanzen (mehrere Kilometer) erfolgt hauptsächlich über chemische Signale und über im Infraschallbereich liegende akustische Signale. Eine dritte Möglichkeit für die Kommunikation über große Strecken könnten seismische Wellen darstellen, indem sich Anteile der akustischen Signale auch über den Boden ausbreiten. (Poole, 1997)

Für Interaktionen über kurze Entfernungen spielen alle fünf Signaltypen - akustische, chemische, seismische, taktile und visuelle Signale - eine wichtige Rolle (Langbauer, 2000). Chemische Signale (Geruch und Geschmack) sind „langlebige“ Signale und geben Auskunft über einen lang anhaltenden Zustand des Elefanten (Östrus und „Musth“) (Langbauer, 2000). Im Vergleich dazu gehören visuelle, akustische, seismische und taktile Signale zur Kategorie der „kurzlebigen“ Signale. Die Kommunikation zwischen den Elefanten findet durch das Zusammenwirken mehrerer Sinneskanäle statt.

Ein dominanter Bulle in „Musth“ zum Beispiel signalisiert seinen Status durch eine Kombination von chemischen, visuellen und akustischen Signalen. Die Sekretabsonderung über die Temporaldrüsen, die vermehrte Urinabgabe, die Körperhaltung des Bullen und die Produktion von speziellen Lautäußerungen zeigen diesen Zustand an (Poole & Moss, 1981; Rasmussen, 1988; Poole et al., 1998).

### **2.3.1 Visuelle Kommunikation**

Obwohl die Sehkraft der Elefanten eher schlecht ist, spielt die visuelle Kommunikation doch eine wichtige Rolle. Die Körperhaltung, die Bewegung, die Stellung der Ohren, des Kopfes, der Füße und die Position des Rüssels sind abhängig von der jeweiligen Situation (Spielverhalten, aggressives Verhalten, Sexualverhalten etc.) und dem damit verbundenen Erregungsgrad der Elefanten. (Poole, 1996; Vidya & Sukumar, 2005)

Ein typisches Beispiel hierfür ist der so genannte Östrus-Gang („Oestrus walk“) (Moss, 1983). Eine Elefantenkuh im Östrus zeigt damit ihren sexuellen Status an. Die Kuh bewegt sich außerhalb der Familiengruppe und blickt oft nach hinten. Geschlechtsreife Bullen erkennen diese visuellen Signale und nähern sich dieser Elefantenkuh (Payne & Langbauer, 1992).

### **2.3.2 Taktile Kommunikation**

Elefanten sind sehr taktile Lebewesen und bringen dies auch in den verschiedensten Situationen zum Ausdruck. Taktile Kommunikation wird bei aggressivem Verhalten, zur Beruhigung, bei der Begrüßung oder Angliederung von anderen Elefanten und besonders beim Spielen gezeigt. Taktile Kommunikation äußert sich zum Beispiel durch Aneinanderreiben der Körper, Berührungen mit dem Rüssel und durch das Stoßen und Schieben bei Scheinkämpfen zwischen Jungtieren. (Langbauer, 2000, Vidya & Sukumar, 2005)

Besonders wichtig scheint diese Form der Kommunikation bei den Mutter-Kalb Interaktionen zu sein (Gadgil et al., 1985; Lee, 1986; Langbauer, 2000).

### **2.3.3 Chemische Kommunikation**

Das chemische Kommunikationssystem der Afrikanischen Elefanten ist hoch sensibel. Die Verwendung von chemischen Signalen spielt eine enorm wichtige Rolle in der Aufrechterhaltung sozialer Kohesionen, bei der Partnerfindung und in der Individuenerkennung. Durch die Abgabe beziehungsweise Produktion von Urin, Exkrementen, Speichel und Temporaldrüsensekreten verteilen die Elefanten ihren persönlichen Geruch und übermitteln so Informationen. Anders als bei den Asiatischen Elefanten (*Elephas maximus*) sind bei den Afrikanischen Elefanten alle adulten Individuen und manchmal auch juvenile Tiere in der Lage, Sekrete über Temporaldrüsen abzusondern (Moss, 1988; Langbauer, 2000; Vidya & Sukumar, 2005). Die chemische Kommunikation ist wahrscheinlich neben der akustischen Kommunikation die wichtigste Form der Informationsübertragung.

### **2.3.4 Seismische Kommunikation**

Die Elefanten sind für die Produktion von tieffrequenten Lautäußerungen bekannt. Diese Lautäußerungen besitzen seismische Komponenten, die sich im Boden ausbreiten (Gunther et al., 2004; O'Connell-Rodwell et al., 2006). Eine Theorie von Reuter et al. (1998) besagt, dass geleitete Vibrationen die großen Mittelohrknochen der Elefanten stimulieren. Weiters ist bekannt, dass die Elefanten spezielle Mechanorezeptoren (Vater-Pacini Körperchen und Meissnersche Körperchen) in den Füßen (O'Connell et al., 1999; Weissengruber et al., 2006) und Vater-Pacini Körperchen in der Rüsselspitze besitzen (Rasmussen & Munger, 1996), die auf seismische Vibrationen (Rayleigh Wellen) besonders empfindlich reagieren.

Mit Hilfe von Playbackexperimenten konnte gezeigt werden, dass Elefanten auf bodengetragene Signale reagieren (O'Connell-Rodwell et al., 2004). Es wird auch vermutet, dass die Elefanten Veränderungen der Umwelt (z.B. Erdbeben und Gewitter) aufgrund von seismischen Signalen sehr früh wahrnehmen können (O'Connell-Rodwell et al., 2001).

Die Gruppe O'Connell et al. (1999) behauptet, dass die Lokalisation von seismischen Signalen einfacher ist, als die Lokalisierung von luftübertragenden akustischen Signalen, da die Distanz zwischen den Vorder- und Hinterbeinen größer ist, als der Ohrenabstand. Die Übertragung von seismischen Signalen (Rayleigh Wellen) erfolgt mit einer Geschwindigkeit von 248 bis 264m/s und ist somit langsamer als der Luftschall (O'Connell-Rodwell et al., 2000; 2001). Die Wellenlänge des Luftschalls beträgt bei 20 Hz annähernd 17,5 Meter,

während die Wellenlänge eines seismischen Signals bei 20 Hz ungefähr 12,4 Meter liegt (O'Connell et al., 1999).

### **2.3.5 Akustische Kommunikation**

Das größte lebende Säugetier, der Afrikanische Elefant, ist für sein hoch komplexes akustisches Kommunikationssystem und für die Produktion von hochfrequenten und tieffrequenten Lauttypen bekannt (Langbauer, 2000). Elefanten können sowohl sehr leise und sanfte, als auch extrem leistungsstarke Laute erzeugen. Wird zum Beispiel ein Laut in einer Entfernung von einem Meter von der Schallquelle aufgenommen, so kann ein Pegel von 112 Dezibel (dB) erreicht werden (Poole et al., 1988).

Wie schon erwähnt gehören akustische Signale zu der Gruppe der kurzlebigen Signale und werden für Nah- und Fernkommunikation verwendet. Akustische Signale sind omnidirektional und geben Auskunft über den aktuellen emotionalen Zustand und das Wohlbefinden eines Tieres oder auch über die aktuelle Gesamtsituation. (Poole et al., 1988; Langbauer, 2000)

Die Produktion von akustischen Signalen ermöglicht den Elefanten die Gruppe zusammenzuhalten und zu koordinieren, über große Distanzen mit anderen Elefantengruppen in Kontakt zu bleiben, sowie sich über Gefahren, Wasserquellen und Ressourcenplätze zu informieren. Das Überleben der Elefantenkühe und ihrer Jungtiere ist stark abhängig von der akustischen Kommunikation. So werden zum Beispiel verloren gegangene Mitglieder der Gruppe lokalisiert und wieder gefunden. (Poole et al., 1988; Poole, 1997)

Weiters dienen die akustischen Signale der Reproduktion und der Partnerfindung. Elefanten können Lautäußerungen erzeugen, die ihren veränderten sexuellen und hormonellen Status bekannt geben. Während der Östrus-Phase produzieren die Elefantenkühe so genannte Östrus-Laute, die Bullen stoßen in der „Musth“-Phase typische „Musth“-Laute aus (Langbauer, 2000; Vidya & Sukumar, 2005).

Besonders wichtig sind auch die akustischen Interaktionen zwischen Mutter und Kalb. Das Jungtier kann dem Muttertier mit Hilfe von bestimmten Lautäußerungen signalisieren, dass es trinken möchte oder ihren Unmut kundtun (Horwath, 2002).

Eine sichere und erfolgreiche Übertragung der Information ist abhängig von der Position im jeweiligen Habitat und von den Wetterbedingungen (Wiley & Richards, 1978), denn die Reichweite der akustischen Kommunikation beziehungsweise die Ausbreitung der akustischen Signale wird von mehreren umweltspezifischen und atmosphärischen Faktoren beeinflusst.

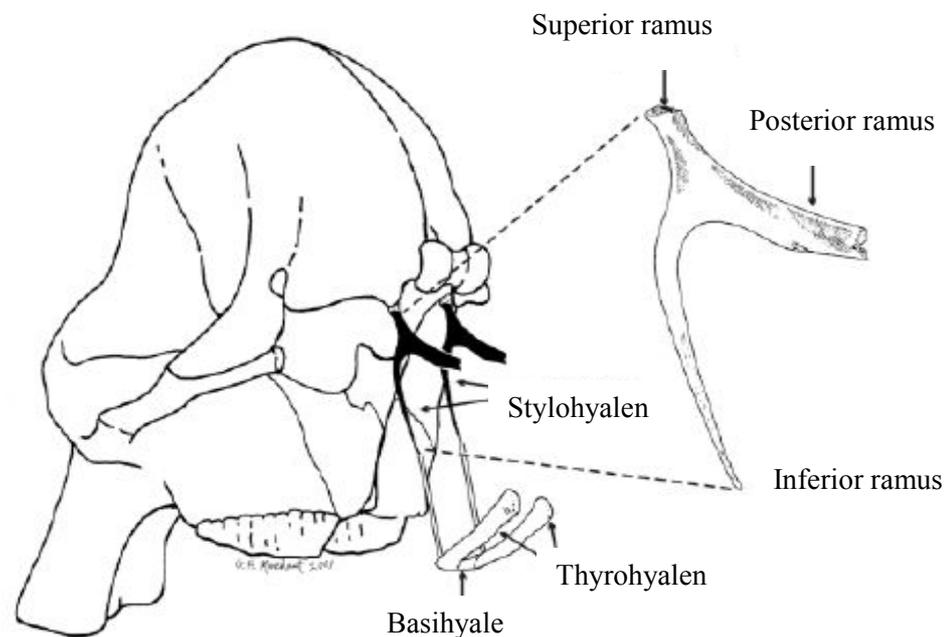
Die Schallschwächung von akustischen Signalen wird primär durch die Absorption durch die Atmosphäre, die Bodendämpfung, die Streuung und Dämpfung an der Vegetation, den Wind, durch hohe Temperaturen und Ablenkung ausgelöst (Ingard, 1953; Garstang et al., 1995; Larom et al., 1997).

Betroffen ist hier vor allem die Ausbreitung der hochfrequenten Lautäußerungen, die besonders durch Streuung an der Vegetation und durch Bodendämpfung abgeschwächt wird. Der Einsatz von leistungsstarken, tieffrequenten Lauten mit Komponenten im Infraschallbereich (< 20 Hertz) ist daher besser für die Kommunikation über größere Distanzen geeignet, als die Verwendung von hochfrequenten Lautäußerungen. Signale im tiefen Frequenzbereich werden kaum, abgesehen vom Wind, der einen hohen Schalldruckpegel im tiefen Frequenzbereich hat, von Umweltfaktoren beeinflusst (Ingard, 1953; Payne et al., 1986; Poole et al., 1988; Garstang et al., 1995; Larom et al., 1997). Elefanten erzeugen aus diesem Grund bevorzugt Lautäußerungen mit Grundschrwingungen im Infraschallbereich. Die Produktion von solchen Infraschallsignalen wurde erstmals bei den Asiatischen Elefanten (*Elephas maximus*) entdeckt (Payne et al., 1986).

Es wird vermutet, dass bei optimalen Bedingungen die Reichweite von Infraschalllauten bis zu zehn Kilometer betragen kann (Larom et al., 1997). Optimale Gegebenheiten treten ein bis zwei Stunden nach dem Sonnenuntergang in kühlen, windstillen und klaren Nächten auf (Garstang et al., 1995). Aufgrund der Temperaturinversion, die sich normalerweise vor Sonnenuntergang bildet und mit dem Sonnenaufgang wieder abklingt, ist die Übertragungsfläche für tieffrequente Signale in der Nacht wesentlich größer (Garstang et al., 1995). Langbauer et al. (1991) konnten mit Hilfe von Playbackexperimenten eine Reichweite von vier Kilometern nachweisen. Garstang (2004) hat einen deutlichen „Vokalisationspeak“ in den frühen Abendstunden festgestellt. Laut Garstang (2004) nützen die Elefanten gezielt die Temperaturinversion aus. Auch Joyce H. Poole behauptet, dass ein „Vokalisationspeak“ am Abend existiert, führt dies aber auf die vermehrten sozialen Kontakte in den Abendstunden zurück.

Elefanten produzieren solche Infraschalllaute mit ihrem Larynx. Der riesige Körper der Afrikanischen Elefanten, der Kehlkopf, die Masse der Stimmbänder, die Struktur des Hyoidapparats und der pharyngeale Beutel sind mit großer Wahrscheinlichkeit wichtige

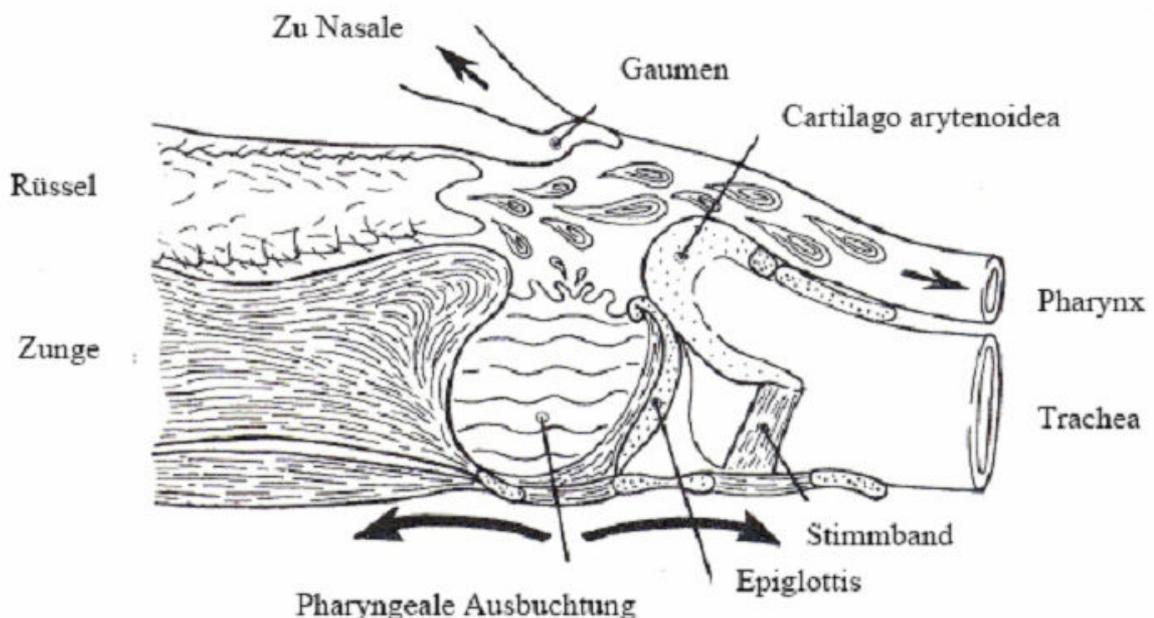
Faktoren für die Bildung von Lautäußerungen im tiefen Frequenzbereich (Shoshani, 1998). Die Struktur des Hyoidapparats und die damit verbundene laryngeale Muskulatur unterscheiden sich vom typischen Schema anderer Säugetiere. Gewöhnlich haben Säugetiere einen aus neun Knochen (einzeln: „Basihyale“; paarig: „Thyrohyalen“, „Ceratohyalen“, „Epihyalen“ und „Styohyalen“) bestehenden Hyoidapparat. Aufgrund des Fehlens der paarigen Knochenteile „Epihyalen“ und „Ceratohyalen“, besteht der Hyoidapparat der Elefanten hingegen nur aus fünf Knochen (Abb. 1). Der U-förmige „basihyal-thyrohyal-Komplex“ der Elefanten liegt wie bei den Menschen abwärts vom Cranium (Abb. 1) (Gray, 1901). Der paarige Knochenteil „Stylohyale“ besteht aus je drei Armen („Superior ramus“, „Posterior ramus“ und „Inferior ramus“) und hat eine Y-förmige Struktur (Abb. 1) (Inuzuka et al., 1975).



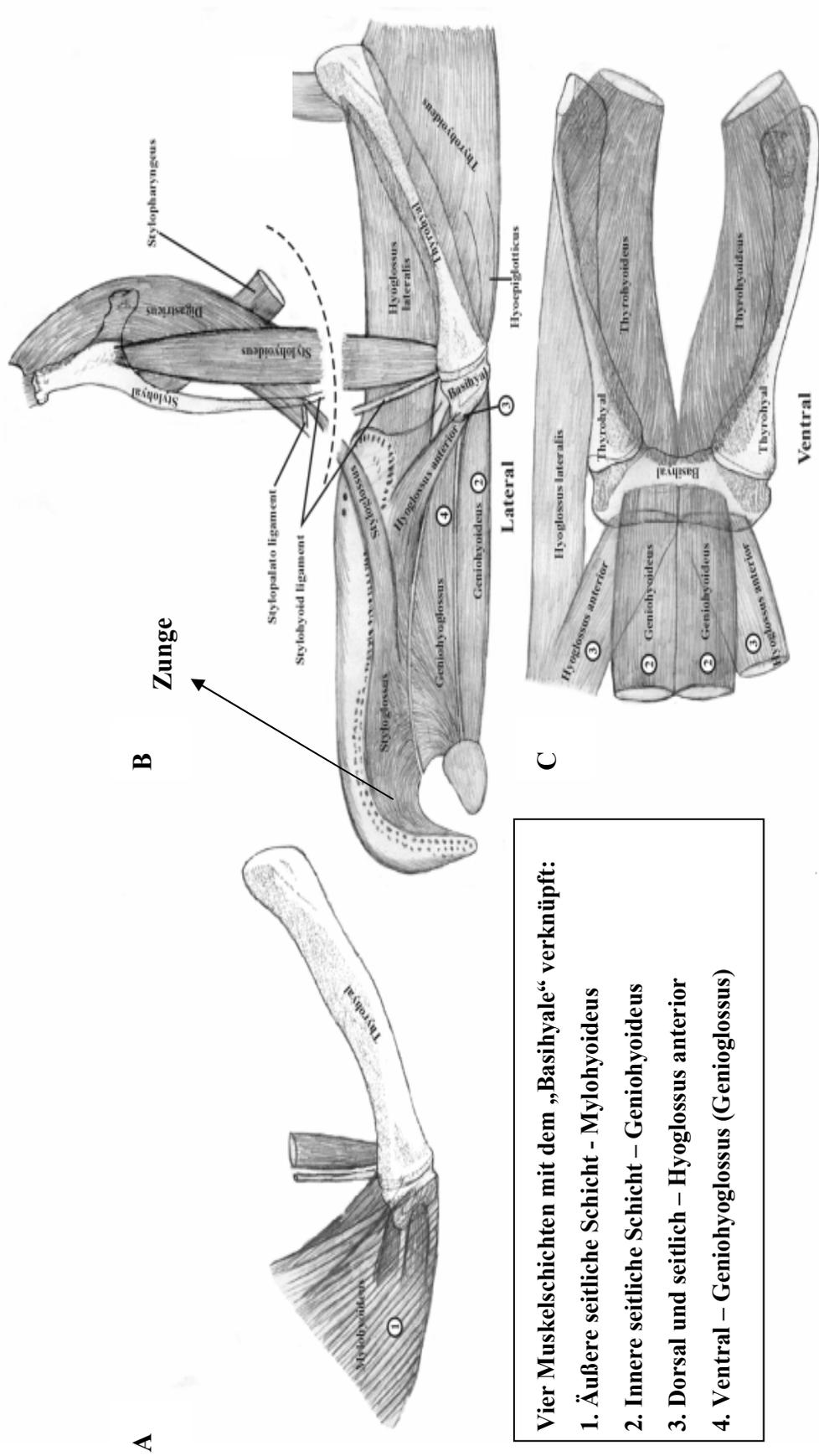
**Abb. 1:** Graphische Darstellung des Schädels eines Elefanten (Cranium) und des aus fünf Knochen (einzeln: „Basihyale“; paarig: „Thyrohyalen“ & „Stylohyalen“) bestehenden Hyoidapparats. „Stylohyalen“ bestehen aus je drei Armen („Superior ramus“, „Posterior ramus“ & „Inferior ramus“) (Inuzuka et al., 1975).

Teile der Knochen des Hyoidapparats sind über Muskeln, Sehnen und Ligamente mit dem Schädel (Cranium) verbunden (Abb. 3) und nicht über Knochen, wie bei den meisten anderen Säugetieren. Diese lockere Anordnung erhöht die Beweglichkeit und die Flexibilität des Larynx und ermöglicht die Produktion von mehreren verschiedenen Lautäußerungen und ist wahrscheinlich auch sehr hilfreich für die Infraschallproduktion. (Shoshani, 1998)

Weiters wird die Infraschallproduktion möglicherweise, wie oben schon erwähnt, durch eine beutelartige Ausbuchtung („pharyngealer Beutel“) an der Basis der Zunge unterstützt (Abb. 2 & 3). Shoshani (1998) behauptet, dass diese pharyngeale Ausbuchtung zur Speicherung von Wasser dient (Abb. 2). Diese Modifikation des Hyoidapparats durch den pharyngealen Beutel ermöglicht eine Ausweitung der Resonanzräume und unterstützt möglicherweise die Bildung von Infraschallsignalen (Shoshani, 1998; Vaughan et a., 2000).



**Abb. 3:** Graphische Darstellung von dem „pharyngealen Beutel“ (pharyngeale Ausbuchtung). Hier in dieser Abbildung ist der Beutel mit Wasser gefüllt (Horwath, 2002).



**Abb. 2:** Hyoidapparat (Zungenbein) und die damit verbundene Muskulatur der Afrikanischen Elefanten (*Loxodonta africana*) (modifiziert nach Shoshani & Marchant, 2001). Die Graphik [A] stellt die Verbindung „Thyrohyal – Mylohyoideus“ dar. Die restlichen Illustrationen [B] & [C] zeigen den Hyoidapparat und die damit verbundenen Muskeln, Sehnen und Ligamente in zwei verschiedenen Ansichten (lateral und ventral).

## 2.4 Lautrepertoire der Afrikanischen Elefanten

Das Lautrepertoire der Afrikanischen Elefanten ist sehr komplex und vielfältig. Und obwohl sich Elefantenforscher schon mehrere Jahrzehnte mit der akustischen Kommunikation und der enormen vokalen Variabilität beschäftigen, gibt es noch immer Schwierigkeiten mit der Auflistung des gesamten Lautrepertoires, sowie mit der Beschreibung und Kategorisierung von Lauten. Ein möglicher Grund dafür ist, dass der Großteil der erzeugten Lautäußerungen im tiefen Frequenzbereich liegt und für das menschliche Gehör nicht wahrnehmbar ist.

Afrikanische Savannenelefanten produzieren ein umfassendes Sortiment an Signalen, ausgehend von tieffrequenten Lautäußerungen („Rumbles“) bis hin zu hochfrequenten Lauttypen („Trumpets“, „Bellows“, „Roars“, „Screams“, „Cries“, „Barks“ und „Snorts“) (Berg, 1983; Poole et al., 1988; Poole, 1994; Langbauer, 2000; Leong et al., 2003). Weiters existieren Lautkombinationen von hoch- und tieffrequenten Signalen, Gruppenlaute und nicht-arttypische Lautäußerungen (Lautimitation und Erfindung von Lauten).

Poole et al. (2005) entdeckten, dass Afrikanische Savannenelefanten Laute imitieren können. Somit sind nicht nur Vögel, Menschen, Fledermäuse und marine Säugetiere zur vokalen Imitation fähig (Janic & Slater, 1997; 2000) sondern auch die größten Landsäugetiere. Die Entdeckung der Lautimitation bei Afrikanischen Savannenelefanten ist somit der erste Beweis dafür, dass auch die größten terrestrischen Säugetiere, die Afrikanischen Elefanten, vokales Lernen ausüben können (Poole et al., 2005).

Weiters haben die Afrikanischen Savannenelefanten auch die Möglichkeit neue, seltsame und eigenartige Laute zu produzieren (Poole et al., 2005). Gründe für die Produktion dieser Lauterfindungen könnten Langeweile und Selbstunterhaltung sein (Poole et al., 2005). Vokales Lernen und die Erfindung von eigenartigen Lauttypen spielen möglicherweise eine wichtige Rolle in der akustischen Entwicklung (Stoeger-Horwath, 2006) des Elefanten und demonstriert die enorme vokale Flexibilität.

Produziert werden die Laute entweder im Larynx (Kehlkopf) oder mit dem langen Rüssel, wobei die meisten Lautäußerungen (hoch- und tieffrequente Signale) über das Maul ausgestoßen werden. Das Auspressen der Luft durch den Rüssel ermöglicht den Elefanten die Bildung von verschiedenen hochfrequenten Signalen wie zum Beispiel den „Trumpets“. In Abhängigkeit von der Rüsselposition, Ausstoßgeschwindigkeit der Luft und Körperhaltung kann der Elefant seine Signale variieren. (Poole et al., 2005)

Berg (1983) präsentierte in einem der ersten wissenschaftlichen Artikel über das Lautrepertoire einige physikalische Parameter der Lautäußerungen, verbunden mit der Beschreibung der dazugehörigen Verhaltensweisen. Laut Berg spielen zehn charakteristische Lautäußerungen („Growl“, „Rolling growl“, „Snort“, „Roar“, „Trump“, „Trumpet“, „Pulsated trumpet“, „Trumpet phrase“, „Bark“ & „Cry“) eine bedeutende Rolle im Kommunikationssystem Afrikanischer Elefanten (Tab. 3). Obwohl neun Lauttypen in mehr als einem Verhaltenskontext benutzt werden, haben viele trotzdem einen besonderen Bezug zu spezifischem Verhalten. Weiters entdeckte Berg (1983), dass die Grundfrequenz der Laute mit dem Erregungsgrad der Elefanten korreliert.

Nach Langbauer (2000) besteht das Lautrepertoire der Afrikanischen Savannenelefanten aus 31 verschiedenen Lauttypen, welche zum Großteil anhand ihres Verhaltenskontextes beschrieben wurden (Tab. 1). Die Anzahl der verwendeten Laute ist abhängig vom Geschlecht und Alter der Elefanten (adult, juvenil, Kalb & infantil). Die Bullen haben nur fünf der 31 bekannten Lauttypen in Verwendung, während die Elefantenkühe 21 Lauttypen regelmäßig produzieren. Die Laute der Weibchen dienen der Gruppenkoordination, dem Zusammenhalt, der Reproduktion, dem Sozialverhalten sowie der Kommunikation mit den Jungtieren in der Gruppe. Die solitär lebenden Bullen, die in ihren Gebieten umherziehen und den akustischen Signalen der Elefantenkühe lauschen, verwenden Laute hauptsächlich um ihren sexuellen und dominanten Status bekannt zu geben („Musth rumble“ und „Male-male respect“). Die unterschiedliche Lebensweise der Elefanten spiegelt sich also im Lautrepertoire wider (Langbauer, 2000). Von den verschiedenen Lauttypen der Elefantenkühe werden neun auch als Gruppenlaut ausgestoßen (Tab. 1), wie zum Beispiel der so genannte „Greeting rumble“. Bei längerer Abwesenheit eines Tieres von der Familie, wird der Elefant bei seiner Rückkehr von den anderen Gruppenmitgliedern lautstark durch „Greeting rumbles“ begrüßt (Poole, 1988).

Bei genauerer Betrachtung der Tabelle 1 erkennt man, dass es auch Laute gibt, die nur in den ersten paar Lebensjahren produziert werden („Suckle rumble“, „Suckle cry“, „Suckle distress scream“ und „Distress call“). Wann die Neugeborenen welchen Laut erlernen und produzieren können, wurde von Horwath (2002) in ihrer Studie über vokale Ontogenie beschrieben und erlaubt erste Einblicke in die Entwicklung des Lautrepertoires.

**Tab. 1:** Lautrepertoire der Afrikanischen Elefanten (modifiziert nach Langbauer, 2000).

G = Kommunikation über große Distanzen, K = Kommunikation über kurze Distanzen; AM = adultes Männchen, AW = adultes Weibchen, J = juvenil, K = Kalb, I = infantil;

X = Laut kommt vor, XW = nur bei Weibchen, XM = nur bei Männchen, \_\_\_ = Laut kommt nicht vor, ? = nicht bekannt, <sup>b</sup> = Gruppenlaut.

Verhalten	Lauttyp	AM	AW	J	K	I
Sexuelle Erregung, Dominanz	Oestrus rumble (G)	___	X	___	___	___
	Musth rumble (K/G)	X	___	___	___	___
Sexuelle Erregung	Female chorus (K/G <sup>b</sup> )	___	X	XW	X?	?
	Genital testing (K)	___	X	X	___	___
Soziale Erregung	Social rumble (K/G <sup>b</sup> )	___	X	X	X	X?
	Roar (K/G <sup>b</sup> )	___	X	X	X?	___
	Mating pandemonium (K/G <sup>b</sup> )	___	X	X	X	___
	Play trumpet (K)	X	X	X	X	___
	Social trumpet (K/G)	___	X	X	X	___
Aufregung, Angst	Scream (K/G)	___	X	X	X	___
	Bellow (K/G)	X	X	X	X	X?
	Groan (K)	X	___	___	___	___
Angst, Attacke, Stress	Trumpet blast (K/G)	X	X	X	X	___
	Snort (K)	?	X	X	X	___
Koordination, Kohesion	Let's go (K)	___	X	X?	___	___
	Contact call (G)	___	X	X	X?	___
	Contact answer (G <sup>b</sup> )	___	X	X	X	?
	Greeting rumble (K/G <sup>b</sup> )	___	X	X	X	X?
	Coalition rumble (K <sup>b</sup> )	___	X	?	___	___
	Discussion rumble (K)	___	X	?	?	___
	Infrasonic alarm (K/G)	?	?	?	?	?
	Lost call (G)	___	___	X	X	X
Dominanz	Attack rumble (K <sup>b</sup> )	___	X	X	?	?
	Female - female (K)	___	X	XW	___	___
	Male - male (K)	X	___	XM	___	___
Angst, Unmut	Suckle rumble (K)	___	___	___	X	X
	Suckle cry (K)	___	___	___	X	X?
	Distress call (K)	___	___	?	X	X
	Suckel distress call (K)	___	___	___	X	X
	Calf response (K)	___	___	___	X	X
Beruhigung	Reassurance rumble (K <sup>b</sup> )	___	X	X	X	___

Leong et al. (2003) haben erstmals versucht die Kategorisierung der Vokalisationen durch die Messung von physikalischen Parametern und visuelle Kontrolle der Sonagramme zu typisieren und definierten acht Klassen von Lauttypen (Tab. 2). Während Soltis et al. (2005) alle „Rumbles“ zu einer Klasse zusammengefasst haben, unterteilten Leong et al. (2003) die „Rumbles“ in drei Gruppen („Noisy rumble“, „Loud rumble“ & „Rumble“) (Tab. 3).

**Tab. 2:** Einteilung der Lauttypen in acht Klassen („Noisy rumble“, „Loud rumble“, „Rumble“, „Trumpet“, „Snort“, „Rev“, „Chuff“ und „Croak“). Elefanten produzieren Laute entweder mit ihrem Rüssel oder mit dem Larynx.

\* = tieffrequenter Lauttyp; \*\* = hochfrequenter Lauttyp.

<b>Klassen</b>	<b>Lautproduzierendes Organ</b>
Noisy rumble*	Larynx
Loud rumble*	Larynx
Rumble*	Larynx
Trumpet**	Rüssel
Snort**	Rüssel
Rev*	Larynx
Chuff**	Larynx
Croak**	Rüssel

Vergleicht man nun die akustischen Einteilungen von Berg (1983) und Leong et al. (2003) erkennt man weder eine einheitliche Systematik noch eine komplett übereinstimmende Nomenklatur (Tab. 3). In manchen Fällen werden sogar für den gleichen Laut unterschiedliche Namen verwendet beziehungsweise man erfindet immer wieder neue Namen, wie zum Beispiel den „Rev“ (Tab. 2 & 3). Die immer wieder auftretenden Veränderungen und Neuheiten zeigen wie komplex und vielfältig das Lautrepertoire der Afrikanischen Elefanten ist, und bedeuten aber auch gleichzeitig, dass noch viel Arbeit in der Zukunft notwendig sein wird um eine einheitliche Einteilung und Nomenklatur zu erstellen.

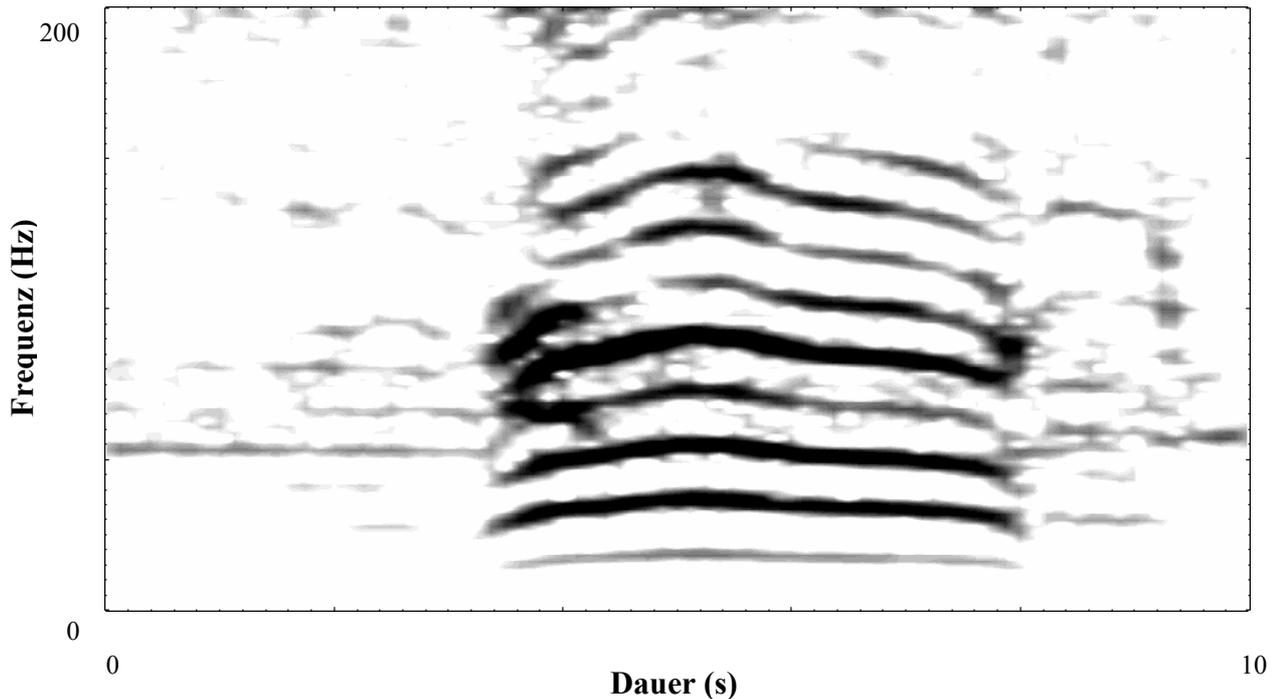
**Tab. 3:** Vergleich der Nomenklatur von Berg (1983) und Leong et al. (2003)

<b>Berg, 1983</b>	<b>Leong et al, 2003</b>
Growl	Rumble
Rolling growl	Loud rumble
Rolling growl	Noisy rumble
Trump	Trumpet
Trumpet	Trumpet
Pulsated trumpet	Trumpet
Trumpet phrase	Trumpet
Snort	Snort
-	Rev
Roar	-
Cry	-
Gruff cry	-
Bark	-
-	Chuff
-	Croak

### 2.4.1 Der tieffrequente „Rumble“

Die Klasse der „Rumbles“ ist die vielfältigste und am häufigsten verwendete Gruppe von Lauten. Das charakteristische Merkmal der „Rumbles“ von adulten Elefanten ist die im tiefen Frequenzbereich liegende Grundschwingung. In Abhängigkeit von der Größe, vom Alter der Elefanten und vom „Rumble“ kann sie zwischen 12 – 35 Hertz liegen. Im Vergleich zu dieser tieffrequenten Komponente, können die Obertöne der „Rumbles“ in einem wesentlich höheren Frequenzbereich (bis zu mehreren Kilohertz) und somit auch im hörbaren Bereich liegen. Viele „Rumbles“ befinden sich jedoch total im Infraschallbereich (Poole, 1997).

Die Dauer der „Rumbles“ ist sehr unterschiedlich und kann Werte zwischen einer und mehr als 12 Sekunden erreichen. Typisch für „Rumbles“ ist auch die variationsreiche, harmonische Struktur, die gebogen, bimodal, multimodal, links gebogen, rechts gebogen und gerade sein kann (Abb. 4).



**Abb. 4:** Spektrogramm eines „Rumbles“ produziert von einem adulten Elefanten. Dieser „Rumble“ hat eine gebogene (Mitte) und harmonische Struktur. Die schwarz gefärbten Frequenzen haben einen höheren Schalldruckpegel (dB) als die grau gefärbten Frequenzen.

Elefanten verwenden „Rumbles“ sowohl für Kommunikation über kurze Distanzen als auch über große Entfernungen (Langbauer, 2000). Somit lässt sich die große Bedeutung der „Rumbles“ erahnen. Aufgrund der Komponenten im Infraschallbereich ist dieser Lauttyp sehr gut für die Kommunikation über große Distanzen geeignet (Poole et al., 1988). Das heißt, dass die Bedeutung des Signals und die Individualität des Elefanten häufig über mehrere Kilometer übermittelt werden müssen. Bekannt ist, dass Elefantenkühe bis zu 100 weibliche Individuen anhand von deren individuellen Vokalisationen erkennen können (McComb, 2001; McComb et al., 2003). Aus diesem Grund wird vermutet, dass der „Rumble“ einen Code beinhaltet, der dem Empfänger die Bedeutung des Signals und die individuelle Erkennung überliefert.

Poole (1994) behauptet, dass es wahrscheinlich mehr als 30 verschiedene „Rumbles“ gibt, die in verschiedenen Kontexten verwendet werden. Aufgrund dieser enormen Vielfalt versuchten mehrere Forscher die „Rumbles“ in Gruppen einzuteilen und untersuchten die Klassifizierung des Lauttyps.

Berg (1983) teilte den „Rumble“, der in dieser Studie mit „Growl“ bezeichnet worden ist (Tab. 3), mit Hilfe von akustischen Parametern in zwei Untergruppen ein („Growl“ & „Rolling growl“). Die Unterschiede zwischen den Untergruppen waren jedoch sehr gering (Berg, 1983). Die Gruppe Poole et al. (1988) teilte den tieffrequenten „Rumble“ abhängig vom Verhalten in sieben verschiedene Untergruppen ein:

- „Greeting rumble“
- „Contact call“
- „Contact answer“
- „Let’s go rumble“
- „Musth rumble“
- „Female chorus“
- „Oestrus rumble“

Zu diesem Zeitpunkt war es jedoch nicht möglich zu bestimmen ob der „Rumble“ anhand von akustischen Parametern in Untergruppen eingeteilt werden kann oder nicht.

Leong et al. (2003) unterteilten die „Rumbles“, wie oben schon erwähnt, in drei Untergruppen: „Rumble“, „Noisy rumble“ und „Loud rumble“. Die Klassifikation des „Rumbles“ erfolgte hier durch Inaugenscheinnahme der Sonogramme und nicht durch quantitative akustische Messungen.

In den letzten Jahren jedoch haben sich Elefantenforscher vermehrt auf eine Analyse, basierend auf physikalischen und akustischen Parametern, konzentriert. Soltis et al. (2005) konnten zwar mit Hilfe von mehreren physikalischen Parametern (Parameter der Grundschwingung) akustische Variationen innerhalb der „Rumbles“ feststellen, jedoch gab es keine eindeutige Bildung von Untergruppen oder Clusters. Im Vergleich zu diesen Erkenntnissen teilte die Gruppe Wood et al. (2005) den „Rumble“ mit Hilfe von Verhaltensmerkmalen und physikalischen Parametern (Parameter der ersten Oberschwingung) in drei Untergruppen (Typ 1, Typ 2 und Typ 3) ein.

Es gibt immer wieder Diskussionen zum Thema Klassifikation der „Rumbles“, die sich mit der Frage beschäftigen, ob man den „Rumble“ in Untergruppen einteilen kann oder nicht.

## 3 MATERIAL UND METHODEN

Im Rahmen meiner Diplomarbeit wurde ein bereits vorhandenes Datenmaterial akustisch ausgewertet. Die von mir verwendeten Laute wurden von Angela Stoeger-Horwath im Tiergarten Schönbrunn aufgezeichnet. Von Jänner 2003 bis Dezember 2003 wurden Laute von den Afrikanischen Savannenelefanten aufgezeichnet. Für diese Studie wurden nur die tieffrequenten „Rumbles“ von den adulten Elefantenkühen (Tab. 4) verwendet.

### 3.1 Untersuchungstiere

Im Jahr 2003 bestand die im Tiergarten Schönbrunn lebende Gruppe Afrikanischer Savannenelefanten (*Loxodonta africana*) aus insgesamt sieben Individuen:

Vier Elefantenkühe, einem adulten Elefantenbullen, sowie einem männlichen und einem weiblichen Kalb (Tab. 4). Aufgrund eines Todesfalls im Jahr 2005 und zwei Übersiedlungen im Jahr 2006 besteht die Elefantengruppe heute nur mehr aus vier Individuen.

**Tab. 4:** Elefantengruppe im Tiergarten Schönbrunn in Wien.

Alter während den Aufnahmen: a = adult (9 - ), j = juvenil (4 – 8), i = infantil (0 – 3).

Name	Geschlecht	Geboren	Im Zoo seit	Herkunft	Anmerkung
Drumbo <sup>a</sup>	Weiblich	1975	1992	Rhodesien	
Jumbo <sup>a</sup>	Weiblich	1959	1964	Nicht bekannt	Ehemalige Leitkuh, †2005
Sabi <sup>a</sup>	Weiblich	1985	1992	Simbabwe	Mutter von Abu, seit Juli 2006 in Halle
Tonga <sup>a</sup>	Weiblich	1985	1998	Südafrika	Leitkuh, Mutter von Mongu
Pambo <sup>a</sup>	Männlich	1992	1997	Basel	Vater von Mongu
Abu <sup>i</sup>	Männlich	2001	2001	Wien	Seit Juli 2006 in Halle
Mongu <sup>i</sup>	Weiblich	2003	2003	Wien	

## 3.2 Elefantenanlage und Haltung

Der Elefantenpark in Wien hat eine Gesamtfläche von 6700 m<sup>2</sup> und ist in eine 2100 m<sup>2</sup> große Innenanlage (Elefantenhaus) und in eine Außenanlage mit einer Fläche von 4600 m<sup>2</sup> unterteilt. Das Elefantenhaus wiederum ist geteilt in einen Besucher- und einen Tierbereich. Der Bereich für die Elefantenkühe und Kälber ist vom Bullenabteil getrennt. Der Bullenstall besteht aus drei Bullenboxen mit je 63 m<sup>2</sup>, während der Kuhstall aus einer Innenfreianlage mit einer Fläche von 470 m<sup>2</sup> und drei Kuhboxen (je 46 m<sup>2</sup>) besteht. Auch die Außenanlage ist in einen Kuh- und einen Bullenbereich unterteilt (Abb. 5). Die Elefanten verbringen die Nächte unangekettet im Innengehege (Abb. 6) des Elefantenhauses und befinden sich tagsüber in der Außenanlage. Von Mai bis Oktober können die Elefanten auch in der Nacht das Außengehege benutzen. Angekettet werden die adulten Tiere nur während der täglichen Dusche und bei medizinischen Untersuchungen. Besonders wichtig ist, dass die Elefanten bestimmte Befehle erlernen und befolgen, damit die Tierpfleger die Elefanten kontrollieren können.

Innerhalb der Beobachtungs- und Aufnahmezeit hatten die Tierpfleger mit den vier Elefantenkühen (Sabi, Jumbo, Drumbo & Tonga) und den zwei jungen Kälbern (Mongu & Abu) direkten Kontakt („Full contact“ oder „Hands on“). Der Bulle Pambo wurde unter „Protect contact“ (kein direkter Kontakt) gehalten. Aus diesem Grund wurden die Pflege und verschiedene medizinische Behandlungen bei dem Bullen nur durch das Gitter durchgeführt.

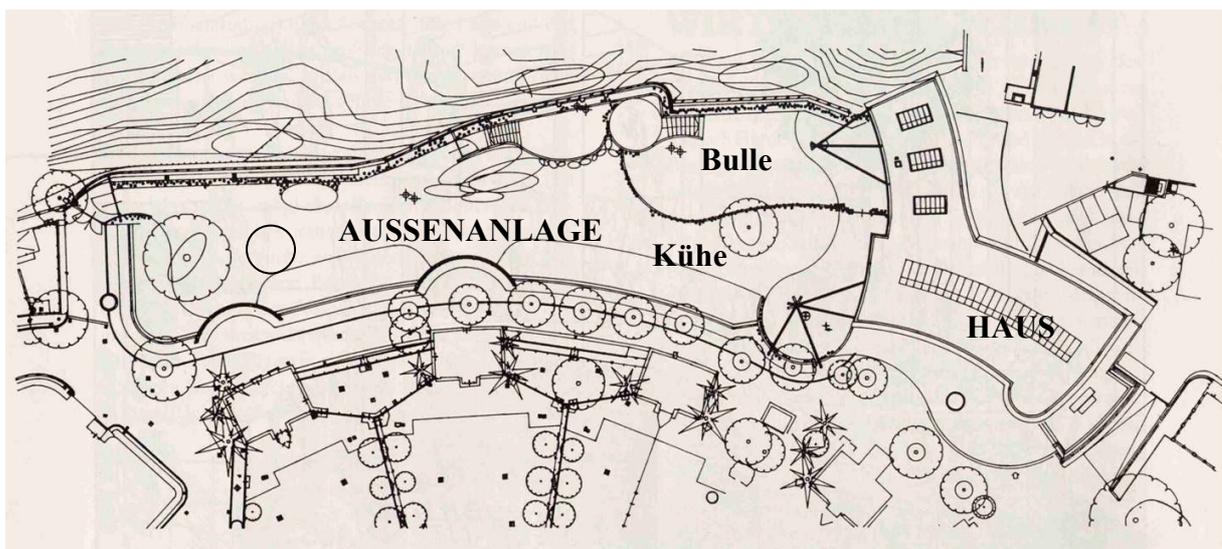
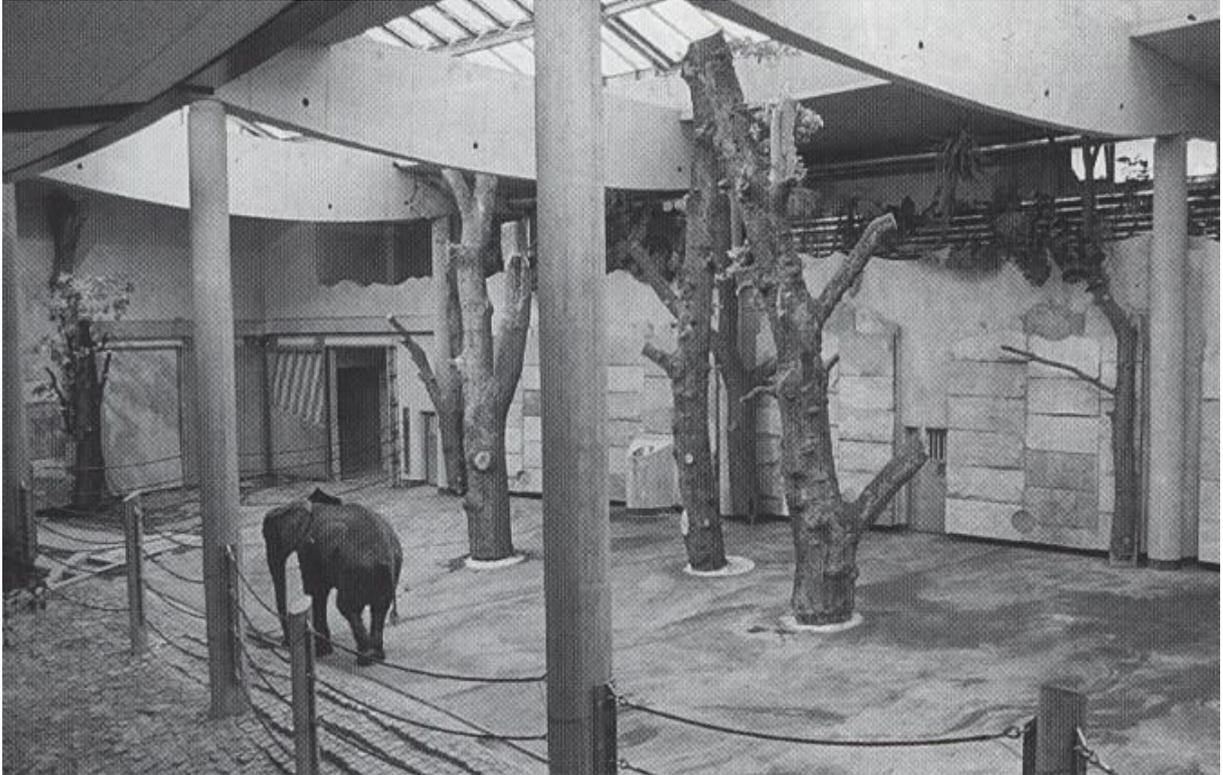


Abb. 5: Außenanlage des Elefantenheges. Unterteilung in einen Bullen- und Kuhbereich.



**Abb. 6:** Innenanlage der Elefantenkühe und Jungtiere (Foto von Jutta Kirchner). Aufnahme vom Besucherbereich aus (2 Ebene).

### **3.3 Versuchsdurchführung**

Für die akustischen Aufnahmen wurden ein TASCAM DA-P1 DAT Rekorder und das Kondensatormikrophon AKG C 480 B mit einer Kondensatorkapsel AKG CK 62 und eine Windschutzhülle verwendet. Aufgenommen wurde mit einer Samplingrate (SPL) von 48 kHz. In weiterer Folge wurden die gewonnen Laute mit einer Samplingrate von 8 kHz in den Computer eingespielt und mit Hilfe des Schallanalyseprogramms S\_TOOLS-STX 3.5.0, vom Institut für Schallforschung von der österreichischen Akademie der Wissenschaften, analysiert. Die Samplingrate wurde aus zwei Gründen beim Einspielen von 48 kHz auf 8 kHz herabgesetzt. Zum einen für eine schnellere Darstellung von Spektrogrammen (Sonagrammen) zum anderen ist die Einstellung 8 kHz (SPL) für die Analyse von tieffrequenten Signalen ausreichend.

Die Lautaufnahmen fanden im Besucherbereich des Elefantenhauses und entlang der Außenanlage statt. Es wurde versucht den Abstand zwischen Mikrophon und Elefanten so gering wie möglich zu halten. Aufgrund der Verteilung der Elefanten im Außengehege,

erreichte die Distanz zum Mikrophon einen Wert zwischen 1 und 30 Meter (Stoeger-Horwath, 2006).

Innerhalb der langen Beobachtungszeit wurden alle Laute, die wahrgenommen wurden, aufgezeichnet. Zugleich war es besonders wichtig den Lauttyp, das lautproduzierende Tier, die Maulstellung (geschlossen, leicht geöffnet, offen), das Wetter, die Positionen der Tiere vor und nach der Lautäußerung und das Verhalten der Individuen zu dokumentieren (siehe Anhang). Der tieffrequente „Rumble“ wurde von mir in drei Gruppen eingeteilt (laut (L2), leise (L1) & mäßig laut (L1/L2)), wobei diese Einteilung rein subjektiv getroffen wurde.

Insgesamt wurden 1000 Laute von den vier Elefantenkühen (Drumbo, Jumbo, Sabi & Tonga) aufgezeichnet. Von diesen 1000 Aufnahmen wurden 555 Lautäußerungen (Jänner bis August 2003) analysiert und ausgewertet. Da sich diese Studie aber nur mit dem Lauttyp „Rumble“ beschäftigt, wurden nur 433 Lautäußerungen der vier Elefantenkühe für meine Arbeit verwendet. Für die Klassifizierungsstudie des „Rumbles“ konnten alle 433 Laute verwendet werden, während für die Untersuchung der individuellen Variation nur 299 „Rumbles“ verwendet wurden, da nicht alle 433 „Rumbles“ einem Individuum zugeordnet werden konnten.

## **3.4 Datenanalyse**

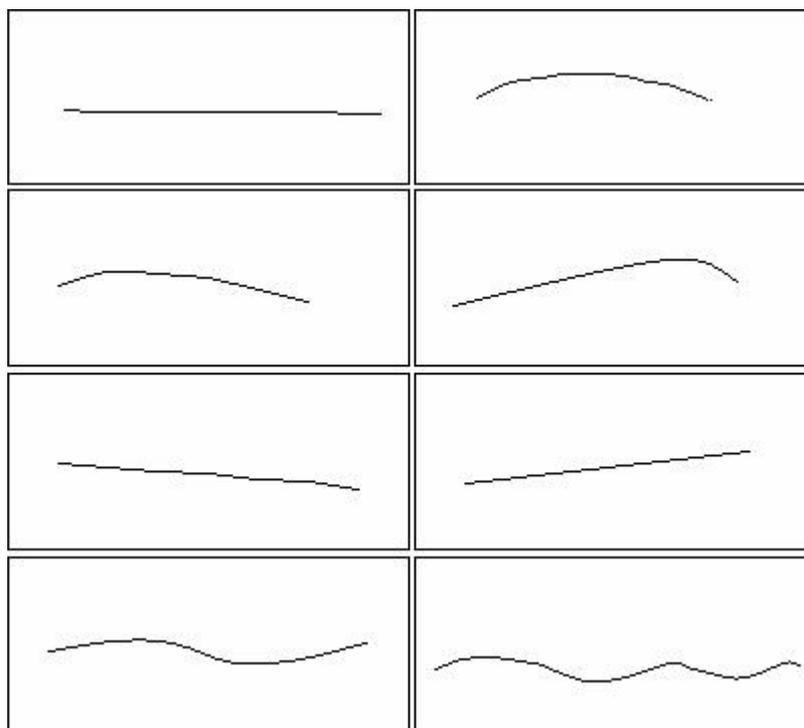
### **3.4.1 Akustische und strukturelle Auswertung**

Wie schon erwähnt, diente das Schallanalyseprogramm S\_TOOLS-STX 3.5.0 der akustischen und strukturellen Analyse. Insgesamt wurden elf akustische Parameter ermittelt (Tab. 5). Bei der Auswertung der eingespielten „Rumbles“ wurde besonders auf die Grundschwingung, die im Infraschallbereich liegt, und auf die erste Oberschwingung geachtet. Zusätzlich wurden die Bandbreite und die Dauer der Lautäußerungen ermittelt. Neben den unterschiedlichen akustischen Parametern, habe ich auch den Frequenzverlauf der „Rumbles“ beschrieben und notiert (Abb. 7).

Für die Auswertung dieser tieffrequenten Laute verwendete ich eine Filterbandbreite von 2 Hz, 95% Überlappung, den Fenstertyp Hanning, eine Zeitauflösung von 256ms und eine Samplingrate von 8 kHz.

**Tab. 5:** Dargestellt sind die elf ermittelten akustischen Parameter, ihre Abkürzungen und die jeweiligen Definitionen. Die Bandbreite konnte aufgrund von starken Störgeräuschen und der niedrigen Samplingrate oft nicht bestimmt werden. Die Dauer wird in Sekunden (s) gemessen, die restlichen Parameter in Hertz (Hz).

	Akustische Parameter	Definition
1	Dauer	Anfang bis Ende der Lautäußerung
2	f0 start	Grundfrequenz am Beginn des Signals
3	f0 mitte	Grundfrequenz in der Mitte des Signals
4	f0 ende	Grundfrequenz am Ende des Signals
5	f0 min	Minimale Grundfrequenz: niedrigster Wert der Grundschiwingung
6	f0 max	Maximale Grundfrequenz: höchster Wert der Grundschiwingung
7	f0 mittel	Mittelwert der Datenpunkte der Grundschiwingung, gemessen in Hz
8	1 Os start	Frequenz der ersten Oberschiwingung am Beginn des Signals
9	1 Os mitte	Frequenz der ersten Oberschiwingung in der Mitte des Signals
10	1 Os ende	Frequenz der ersten Oberschiwingung am Ende des Signals
11	Bandbreite	Breite des Frequenzbandes



**Abb. 7:** Verschiedene Formen des Frequenzverlaufs (gerade, gebogen, links und rechts gebogen, von links oben gerade nach rechts unten, von rechts oben gerade nach links unten, bimodal und multimodal) (modifiziert nach Stoeger-Horwath, 2006) In diesen acht Einzelabbildungen ist immer die Grundschiwingung eines „Rumbles“ dargestellt.

### 3.4.2 Statistische Auswertung

Für die statistischen Auswertungen verwendete ich das Statistikprogramm SPSS.

Zur Prüfung auf Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest (KS-Test) durchgeführt. Um zwei unabhängige Stichproben miteinander vergleichen zu können, wurden Mann-Whitney U-Tests durchgeführt. Weiters habe ich für meine Studie das Verfahren der Diskriminanzanalyse und der multidimensionalen Skalierungsanalyse (MDS; Ähnlichkeitsstrukturanalyse) verwendet.

Die Aufgabe der MDS besteht darin, die Daten/Objekte in einem möglichst niedrigdimensionalen Koordinatensystem (zweidimensional) darzustellen und die Daten/Objekte im Lösungsraum (Konfiguration) so anzuordnen, dass die Distanzen zwischen den Daten/Objekten den Ähnlichkeiten beziehungsweise den Unähnlichkeiten der erhobenen Daten/Objekte entsprechen. Das heißt also, eine optimale Anpassung der MDS-Lösung an die erhobenen Daten. Für die Durchführung einer MDS dürfen maximal 100 Daten verwendet werden (bei SPSS). Neben der räumlichen Darstellung werden mit einer MDS auch Zahlenwerte (Stress S und RSQ) ermittelt, die zur Beurteilung der Qualität von MDS-Lösungen herangezogen werden. Stresswertbereiche zur Beurteilung einer multidimensionalen Skalierungsanalyse (nach Kruskal):

- $S \geq 0,2$ : eine schlechte Übereinstimmung
- $0,2 \geq S \geq 0,1$  befriedigende Übereinstimmung
- $0,1 \geq S \geq 0,05$  gute Übereinstimmung
- $0,05 \geq S \geq 0,0025$  hervorragende Übereinstimmung
- $0,025 \geq S \geq 0,00$  perfekte Übereinstimmung

Je kleiner der S-Wert desto besser ist die Anpassung der MDS-Lösung an die erhobenen Daten. Das zweite Qualitätsmaß für die Anpassung der MDS-Lösung an die Rohdaten ist der RSQ-Wert. Prinzipiell ist jeder Wert der größer ist als 0,9 akzeptabel. Die Diskriminanzanalyse ist zum einen ein Verfahren zur Analyse von Gruppenunterschieden zum anderen ist sie zuständig für die Klassifizierung. Mit Hilfe dieser Analyse kann man mehrere Gruppen miteinander vergleichen und die Trennkraft der Gruppen ermitteln. Voraussetzung für dieses Verfahren ist, dass die Gruppenzugehörigkeit der Daten bekannt ist. (Janssen & Laatz, 2005)

Zur Überprüfung der „Rumble“-Klassifizierung (verwendete Parameter: f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte & 1 Os ende) wurden die von mir definierten „Rumble“-Untergruppen (leise, mäßig laut und laut) mit dem Mann-Whitney U-Test miteinander verglichen und auf signifikante Unterschiede getestet. Hierfür wurde ein Signifikanzniveau von 1% (0,01) ausgewählt.

Anschließend wurde das multidimensionale Skalierungsverfahren angewandt. Die Ergebnisse der MDS sollten das Vorhandensein beziehungsweise das nicht Vorhandensein von „Rumble“-Untergruppen bestätigen. Neben der allgemeinen Rufvariabilität (N=433) wurde auch die individuelle Rufvariabilität von Tonga, Drumbo und Jumbo (N=172, N=96, N=31) getestet. Insgesamt wurde die MDS von mir viermal durchgeführt.

Für die Untersuchung der individuellen Variation wurden die „Rumbles“ (N=299) von drei Elefantenkühen (Drumbo, Jumbo & Tonga) miteinander verglichen. Die Elefantenkuh Sabi wurde in diese Analyse nicht miteinbezogen, da sie zu wenig „Rumbles“ produziert hatte. Mit Hilfe des Mann-Whitney U-Tests wurden zehn Parameter (Dauer, f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte & 1 Os ende) der drei Elefanten auf signifikante Unterschiede geprüft. Für diese Untersuchung wurde ein Signifikanzniveau von 5% (0,05) ausgewählt. Im Anschluss daran wurde eine Diskriminanzanalyse durchgeführt um individuelle Unterschiede und die Trennkraft der drei Elefantengruppen (Drumbo, Jumbo & Tonga) feststellen zu können. Für die visuelle Darstellung der Ergebnisse wurden drei gruppenspezifische (getrennte Anordnung der „Rumbles“ von Tonga, Drumbo und Jumbo in drei Streudiagrammen) und eine gruppenkombinierte (Verteilung der „Rumbles“ von Tonga, Drumbo und Jumbo in einem gemeinsamen Streudiagramm) Graphiken dargestellt.

# 4 ERGEBNISSE

## 4.1 Klassifizierung des „Rumbles“

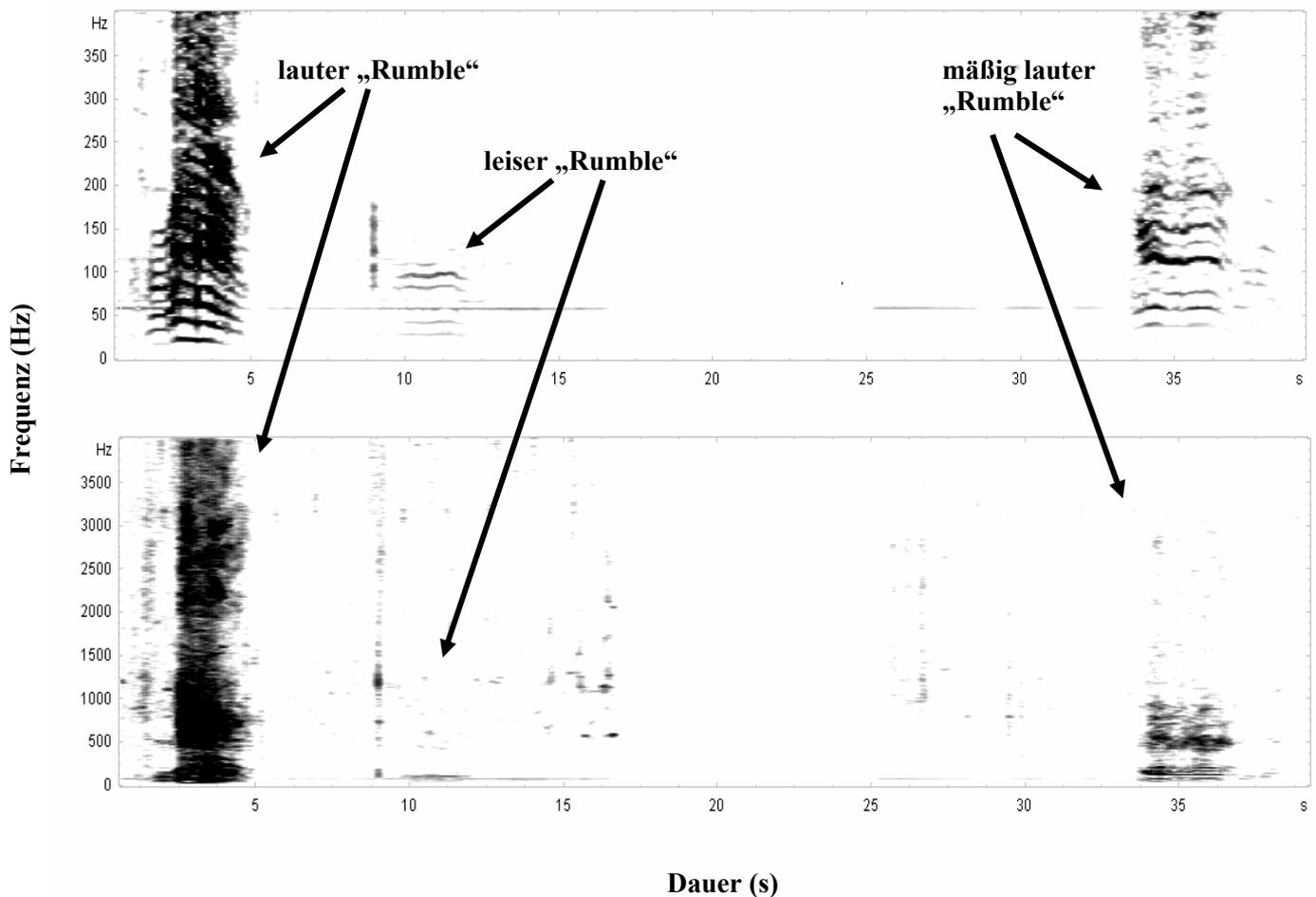
### 4.1.1 Ethologische und akustische Unterschiede

Der leise „Rumble“ (L1), der mäßig laute „Rumble“ (L1/L2) und der laute „Rumble“ (L2) unterscheiden sich sowohl ethologisch als auch akustisch voneinander.

Ausgehend vom Standpunkt der Sozialfunktion wird der leise „Rumble“ (Abb. 8) hauptsächlich in Situationen mit niedrigem Erregungsgrad produziert. Die Elefanten produzieren leise „Rumbles“ während Ruhephasen, normalen Aktivitäten, wie zum Beispiel fressen und trinken, aber auch während der täglichen Pflege geben sie immer wieder diese leisen Laute ab. Die Afrikanischen Savannenelefanten bilden den leisen „Rumble“ meistens mit geschlossenem oder leicht geöffnetem Maul. Nur ganz selten ist das Maul während der Produktion eines leisen „Rumbles“ ganz offen.

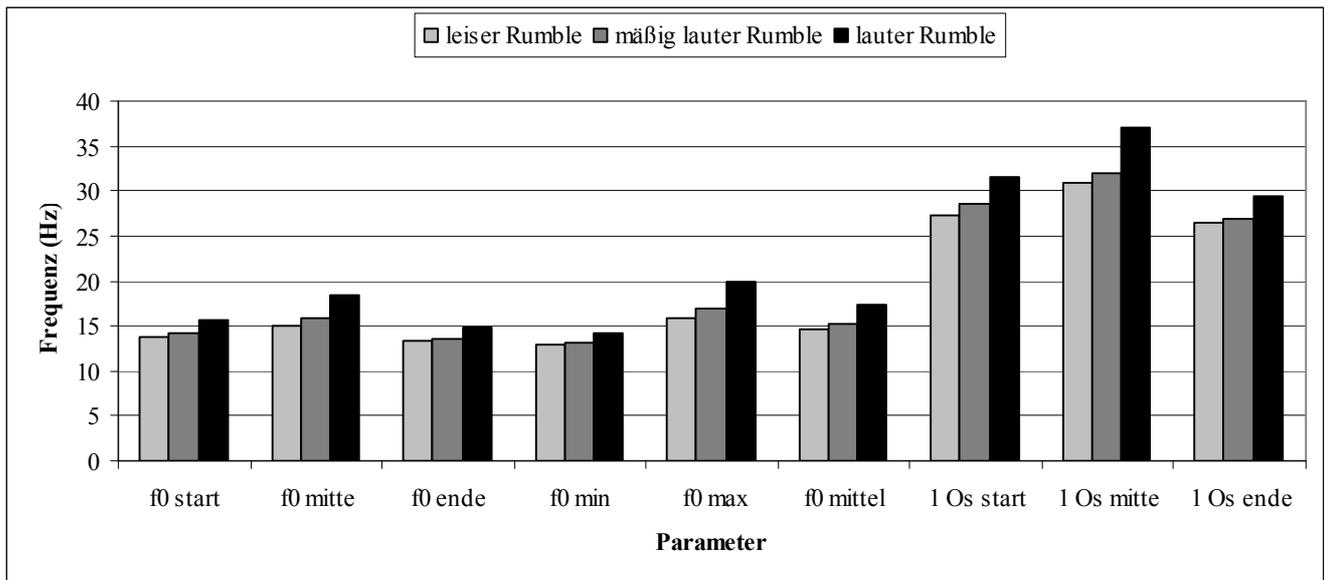
Die Produktion von mäßig lauten „Rumbles“ (Abb. 8) findet sowohl in Situationen mit niedrigem als auch mit mittlerem Erregungsgrad statt. Im Vergleich zu den leisen „Rumbles“ werden bei dieser Lautproduktion vermehrte Kopf-, Rüssel- und Körperbewegungen beobachtet. Die mäßig lauten „Rumbles“ werden zum einen besonders häufig in Kontaktsituationen zu anderen Tieren, zum anderen bei Anwesenheit von Tierpflegern produziert. Die Maulstellung bei den mäßig lauten „Rumbles“ ist sehr unterschiedlich.

Der laute „Rumble“ (Abb. 8) wird in Situationen mit erhöhtem Erregungszustand ausgestoßen. Erhöhte Kopfstellung, abspreizen der Ohren, verstärkte Rüsselbewegung und intensivere Körperbewegungen werden bei dieser Art der Lautproduktion beobachtet. Relativ häufig wird der laute „Rumble“ bei Begrüßungen, bei großer Aufregung und Anwesenheit der Pfleger produziert. Dieser Laut wird meistens mit geöffnetem Maul produziert was zur ökonomischen Schallproduktion obligat erforderlich ist.



**Abb. 8:** Darstellung der drei „Rumble“-Untergruppen (leise, mäßig laut & laut) in zwei Sonagrammen (Spektrogrammen) mit unterschiedlicher Frequenzbreite. Oben: Sonagramm reicht von 0 bis 400 Hz; Unten: Sonagramm reicht von 0 bis 4000 Hz. Filterbandbreite: 2 Hz; Überlappung: 95%; Fenstertyp: Hanning; Zeitauflösung: 256 ms.

Werden die drei „Rumble“-Untergruppen (leise, mäßig laut & laut) mit Hilfe der Mittelwerte von neun gemessenen Parametern ( $f_0$  start,  $f_0$  mitte,  $f_0$  ende,  $f_0$  min,  $f_0$  max,  $f_0$  mittel, 1 Os start, 1 Os mitte & 1 Os ende) miteinander verglichen, so erkennt man, dass der leise „Rumble“ in allen neun analysierten Bereichen in einem augenscheinlich niedrigeren Frequenzbereich liegt, während der laute „Rumble“ immer die höchsten Frequenzwerte erreicht und der mäßig laute „Rumble“ sich stets zwischen L1 und L2 befindet (Abb. 9 und Tab. 6).



**Abb. 9:** In dieser Abbildung werden die Mittelwerte von neun gemessenen Parametern (f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte & 1 Os ende) von leisem (L1) (N=326), mäßig lautem (L1/L2) (N=60) und lautem (L2) (N=47) „Rumble“ miteinander verglichen. Während alle ermittelten Mittelwerte von L1 in einem augenscheinlich niedrigeren Frequenzbereich liegen, befinden sich alle Mittelwerte von L2 in einem deutlich höheren Frequenzbereich. Die Zahlenwerte der gemessenen Parameter sind in der Tabelle 6 aufgelistet.

**Tab. 6:** In dieser Tabelle werden die Mittelwerte und die Standardabweichungen von den neun gemessenen Parametern (f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte & 1 Os ende) der drei „Rumbles“ (leise, mäßig laut & laut) dargestellt.

	f0 start (Hz)	f0 mitte (Hz)	f0 ende (Hz)	f0 min (Hz)	f0 max (Hz)	f0 mittel (Hz)	1 Os start (Hz)	1 Os mitte (Hz)	1 Os ende (Hz)
<b>Leiser „Rumble“</b>	13,66 ±1,14	15,13 ±1,66	13,22 ±1,22	12,81 ±0,95	15,84 ±1,74	14,60 ±1,31	27,28 ±2,29	30,23 ±3,33	26,40 ±2,52
<b>Mäßig lauter „Rumbel“</b>	14,21 ±1,23	15,92 ±1,82	13,47 ±1,37	13,02 ±1,01	17,03 ±1,93	15,29 ±1,47	28,48 ±2,39	31,92 ±3,65	26,89 ±2,79
<b>Lauter „Rumble“</b>	15,74 ±1,95	18,44 ±2,16	14,71 ±1,74	14,27 ±1,33	19,86 ±2,33	17,46 ±1,71	31,44 ±3,92	36,96 ±4,34	29,39 ±3,41

Die Ergebnisausgabe, dargestellt in Tabelle 7, beschreibt den statistischen Vergleich von L1 (N=326) und L1/L2 (N=60) durchgeführt mit dem Mann-Whitney U-Test. Das Ergebnis dieses Tests zeigt, dass es bei drei (f0 ende, f0 min & 1 Os ende) von neun analysierten Parametern keinen signifikanten Unterschied zwischen L1 und L1/L2 gibt, da die zweiseitige Wahrscheinlichkeit p (asymptotische Signifikanz) größer ist als das für den Test angenommene 1% (0,01) Signifikanzniveau (f0 ende: Mann-Whitney-U=8681,5, Z=-1,384, p=0,166; f0 min: Mann-Whitney-U= 8285, Z=-1,882, p=0,06; 1 Os ende: Mann-Whitney-U= 8759; Z=-1,293; p=0,195) (Tab. 7).

**Tab. 7:** Ergebnisausgabe des Mann-Whitney U-Tests. Vergleich von leisem und mäßig lautem „Rumble“. Drei p-Werte liegen über dem gewählten Signifikanzniveau (1%).

MWU=Mann-Whitney-U; Z=Z-Wert; p=Asymptotische Signifikanz.

	f0 start	f0 mitte	f0 ende	f0 min	f0 max	f0 mittel	1 Os start	1 Os mitte	1 Os ende
<b>MWU</b>	7211	7374	8681,5	8285	6449,5	7220,5	6972,5	7303,5	8759
<b>Z</b>	-3,236	-3,03	-1,384	-1,882	-4,193	-3,222	-3,552	-3,124	-1,293
<b>P</b>	0,001*	0,002*	0,166	0,06	0,000*	0,001*	0,000*	0,002*	0,195

\*.....signifikant

Die Tabelle 8 beschreibt den statistischen Vergleich von L1 (N=326) und L2 (N=47). Das Ergebnis des Mann-Whitney U-Tests zeigt, dass alle neun p-Werte kleiner sind als das für den Test angenommene 1% Signifikanzniveau. Das heißt, der durchgeführte statistische Test besagt, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen leisem (L1) und lautem (L2) „Rumble“ gibt (Tab. 8).

**Tab. 8:** Ergebnisausgabe des Mann-Whitney U-Tests. Vergleich von leisem und lautem „Rumble“.

Alle p-Werte liegen unter dem gewählten Signifikanzniveau (1%).

MWU=Mann-Whitney-U; Z=Z-Wert; p=Asymptotische Signifikanz.

	f0 start	f0 mitte	f0 ende	f0 min	f0 max	f0 mittel	1 Os start	1 Os mitte	1 Os ende
<b>MWU</b>	2461	1702	3034	2481	1244,5	1317,5	2515,5	1657	3105
<b>Z</b>	-7,528	-8,624	-6,699	-7,495	-9,285	-9,179	-7,476	-8,702	-6,629
<b>P</b>	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*

\*.....signifikant

Der statistische Vergleich zwischen L1/L2 (N=60) und L2 (N=47) wird in der Tabelle 9 dargestellt. Auch hier zeigt das Ergebnis des Mann-Whitney U-Tests einen signifikanten Unterschied zwischen mäßig lautem (L1/L2) und lautem (L2) „Rumble“, da alle neun p-Werte unter dem gewählten Signifikanzniveau (1%) liegen (Tab. 9).

**Tab. 9:** Ergebnisausgabe des Mann-Whitney U-Tests. Vergleich von mäßig lautem und lautem „Rumble“. Alle p-Werte liegen unter dem gewählten Signifikanzniveau (1%).

MWU=Mann-Whitney-U; Z=Z-Wert; p=Asymptotische Signifikanz.

	f0 start	f0 mitte	f0 ende	f0 min	f0 max	f0 mittel	1 Os start	1 Os mitte	1 Os ende
<b>MWU</b>	683	516	682	548,5	472	448	702	521,5	680
<b>Z</b>	-4,565	-5,613	-4,572	-5,407	-5,887	-6,038	-4,456	-5,583	-4,597
<b>P</b>	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*

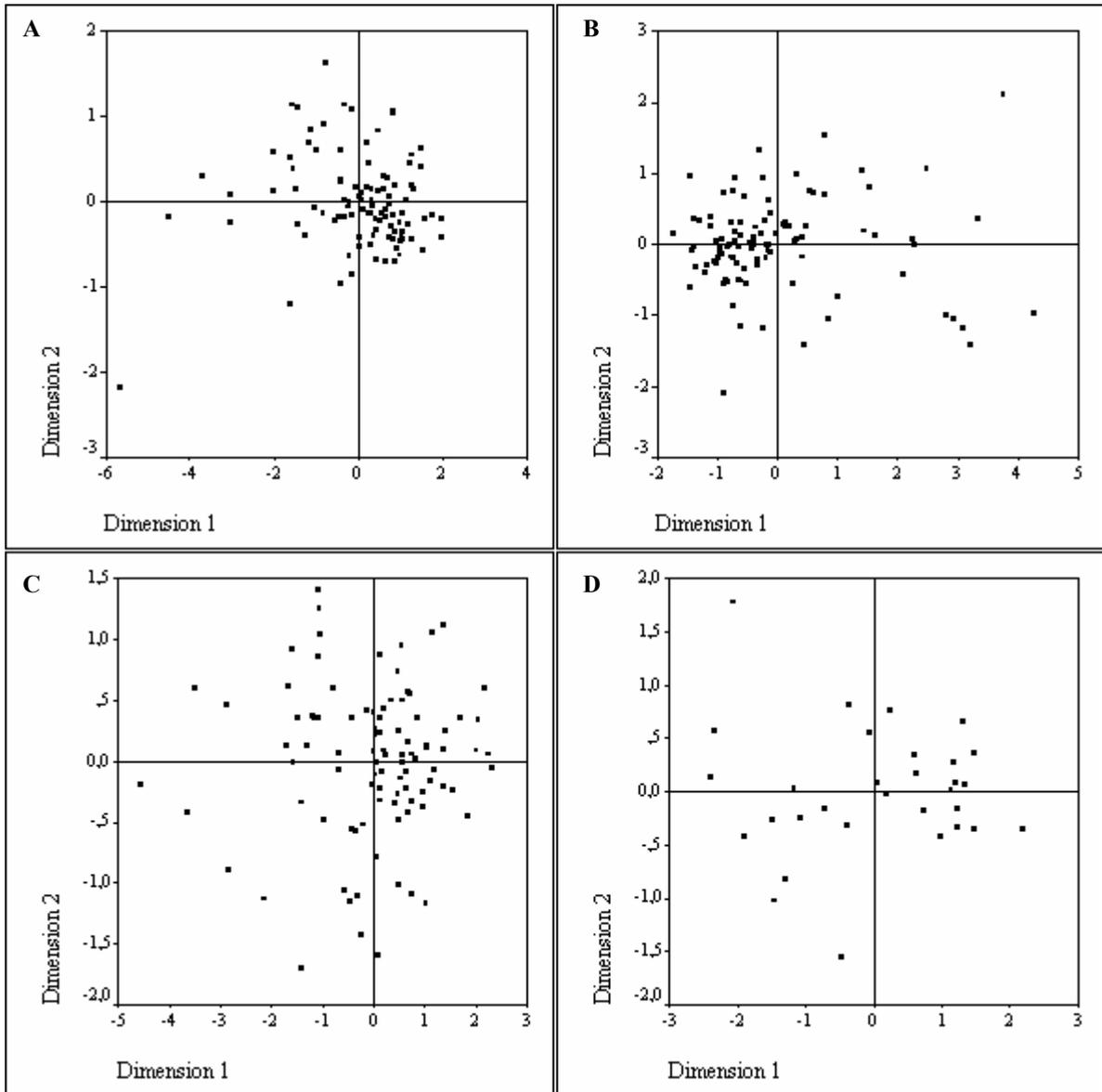
\*.....signifikant

Die statistischen Überprüfungen zeigen einerseits, dass sich die leisen und mäßig lauten „Rumbles“ anhand der meisten gemessenen Parametern voneinander unterscheiden, andererseits zeigen die zwei anderen statistischen Gegenüberstellungen (leise – laute „Rumbles“; mäßig laute – laute „Rumbles“), dass alle Parameter signifikante Unterschiede aufweisen. Die gewonnenen Ergebnisse der Mann Whitney U-Tests deuten auf akustische Gruppierungen hin. Aber aufgrund der rein subjektiven Einteilung des „Rumbles“ in drei Untergruppen (leise, mäßig laut und laut), muss eine multidimensionale Skalierungsanalyse durchgeführt werden, um sagen zu können, ob der „Rumble“ wirklich in Untergruppen eingeteilt werden kann oder nicht.

#### **4.1.2 Multidimensionale Skalierungsanalyse: „Rumble“ Klassifizierung**

In der Abbildung 10 (A, B, C & D) sind die Ergebnisse der vier durchgeführten MDS in Form von Streudiagrammen dargestellt. Die Graphik 10A zeigt die Verteilung der Daten von 100 zufällig ausgewählten „Rumbles“ (Abb. 10A: Stress=0,09423, RSQ=0,997893). Während die Graphik 10A die Rufvariabilität aller „Rumbles“ (N=433) darstellt, beschreiben die drei anderen Streudiagramme (Abb. 10B, 10C & 10D) die individuelle Rufvariabilität von Tonga (N=100), Drumbo (N=96) und Jumbo (N=31) (Abb. 10B Tonga: Stress=0,07547, RSQ=0,998648, Abb. 10C Drumbo: Stress=0,10094, RSQ=0,96825, Abb. 10D Jumbo: Stress=0,07456, RSQ=0,97807). Da sich alle vier Stresswerte und RSQ-Werte gemäß den Richtlinien (siehe Kapitel 2.4.2 statistische Auswertung) in einem akzeptablen bis guten Bereich befinden, wird eine gute Anpassung der Abstände im Raum erreicht.

Bei genauer Betrachtung der einzelnen Streudiagramme fällt auf, dass der Lauttyp „Rumble“ nicht in Untergruppen eingeteilt wird, denn in keinem der vier Koordinatensysteme gibt es so genannte Cluster- beziehungsweise Gruppenbildungen (Abb. 10). Es existieren zwar signifikante Unterschiede zwischen dem lautem „Rumble“ und dem leisem beziehungsweise mäßig lautem „Rumble“ (Tab. 7, 8 & 9), jedoch gibt es keine eindeutigen Trennungen wie man in den Konfigurationen erkennen kann (Abb. 10A, 10B, 10C & 10D). Somit ist der „Rumble“ ein graduiertes Lauttyp.



**Abb. 10:** Streudiagramme von den vier (A, B, C & D) durchgeführten multidimensionalen Skalierungsanalysen (MDS). Verwendete Parameter: f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte und 1 Os ende.

Die „Rumbles“ bilden keine Untergruppen beziehungsweise es gibt keine Clusterbildungen.

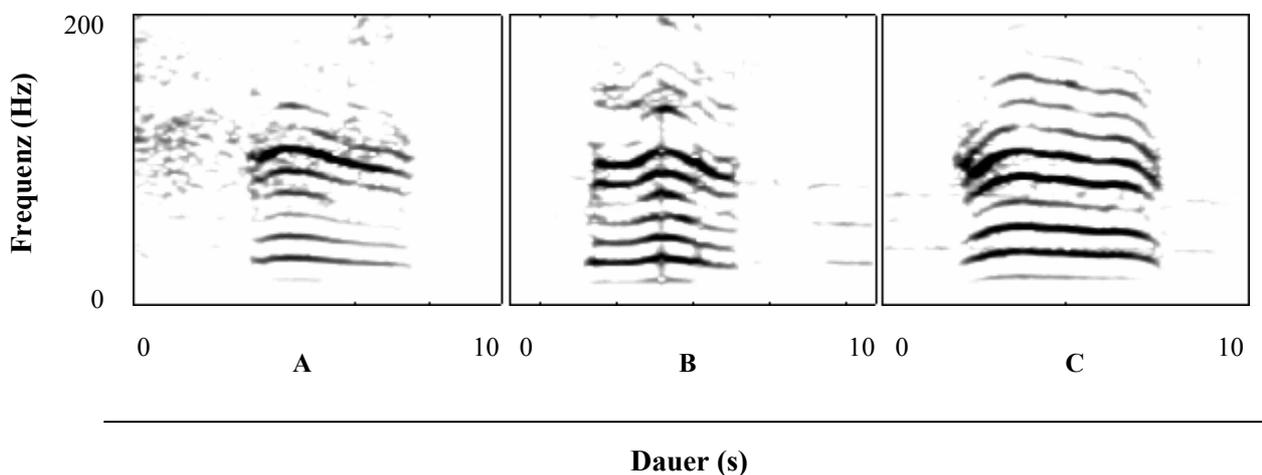
**10A:** N=100 (zufällig aus 433 „Rumbles“ ausgewählt; „Rumbles“ von den vier Elefantenkühen), Stress=0,09423, RSQ=0,997893; **10B:** Tonga (N=100, zufällig aus ihren 172 „Rumbles“ ausgewählt), Stress=0,07547, RSQ=0,998648; **10C:** Drumbo (N=96), Stress=0,10094, RSQ=0,96825; **10D:** Jumbo (N=31), Stress=0,07456, RSQ=0,97807.

## 4.2 Akustische Individualität

### 4.2.1 Drumbo, Jumbo und Tonga

Die Elefantenkühe Drumbo (N=96), Jumbo (N=31) und Tonga (N=172) produzierten die meisten „Rumbles“ innerhalb des Beobachtungszeitraumes. Aus diesem Grund wurden die „Rumbles“ (N=299) der drei Elefantenkühe miteinander verglichen.

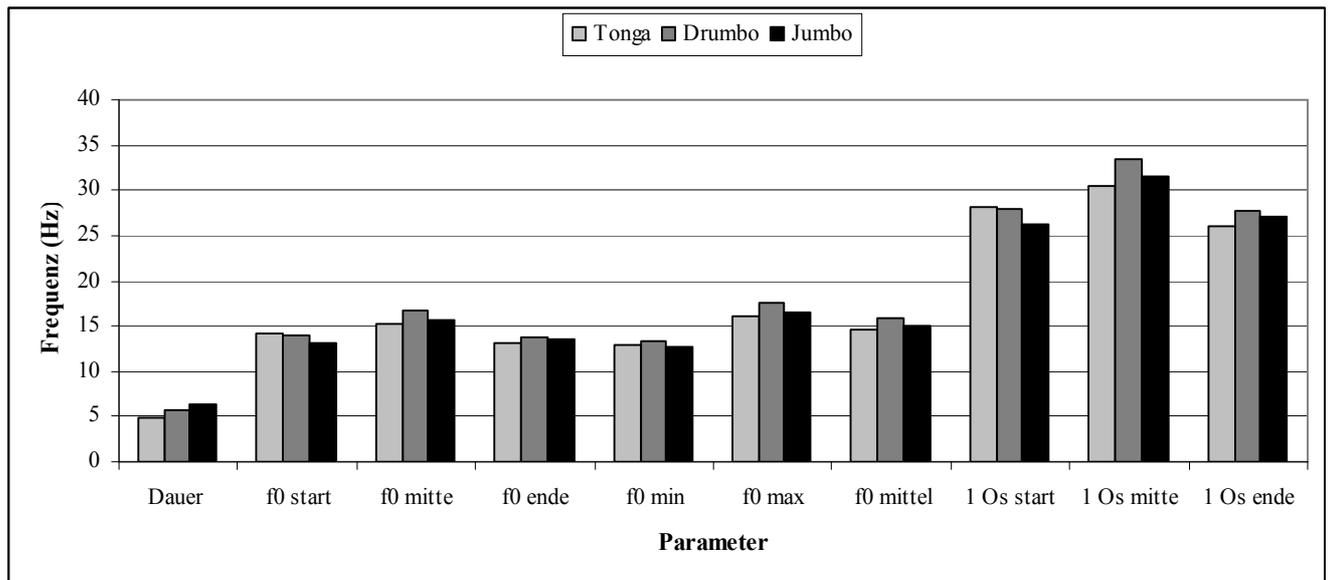
Die Abbildung 11 präsentiert drei Sonagramme von drei „Rumbles“ (drei Kontaktrufe) produziert von den Elefantenkühen Jumbo (Abb. 11A), Tonga (Abb. 11B) und Drumbo (Abb. 11C). Bei genauer Betrachtung dieser Sonagramme fällt auf, dass alle drei Kontaktrufe verschiedene Strukturen und eine unterschiedliche Dauer aufweisen.



**Abb. 11:** Sonagramme (x-Achse: Dauer (s); y-Achse: Frequenz (Hz) ) von drei „Rumbles“ (Kontaktrufe). **11A:** „Rumble“ von Jumbo. **11B:** „Rumble“ von Tonga. **11C:** „Rumble“ von Drumbo. Filterbandbreite 2 Hz; Überlappung: 95%; Fenstertyp: Hanning; Zeitauflösung: 256 ms.

Von den zehn gemessenen Parametern befinden sich Tongas Werte mit Ausnahme von drei Parametern ( $f_0$  start,  $f_0$  min & 1 Os start) immer in einem augenscheinlich niedrigeren Frequenzbereich (Abb. 12 & Tab. 10).

Die durchschnittlichen Frequenzwerte von Drumbo liegen hingegen, abgesehen von drei Parametern (Dauer,  $f_0$  start & 1 Os start), in einem augenscheinlich höheren Frequenzbereich als die von Tonga und Jumbo (Abb. 12 & Tab. 10). Das heißt, dass die Elefantenkuh Jumbo bei sechs von zehn ermittelten Parametern zwischen Tonga und Drumbo liegt (Abb. 12 & Tab. 10).



**Abb. 12:** Individuelle Variationen. Vergleich von Tonga, Drumbo und Jumbo. Die Mittelwerte von zehn Parametern von den „Rumbles“ der drei Elefantenkühe Drumbo (N=96), Jumbo (N=31) und Tonga (N=172) werden miteinander verglichen. Gemessene Parameter: Dauer, f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte & 1 Os ende. Die Zahlenwerte der gemessenen Parameter sind in der Tabelle 10 aufgelistet

**Tab. 10:** In dieser Tabelle sind die Mittelwerte und die Standardabweichungen von den zehn gemessenen Parametern (Dauer, f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte & 1 Os ende) der drei Elefanten (Tonga, Drumbo & Jumbo) aufgelistet.

	Dauer (s)	f0 start (Hz)	f0 mitte (Hz)	f0 ende (Hz)	f0 min (Hz)	f0 max (Hz)	f0 mittel (Hz)	1 Os start (Hz)	1 Os mitte (Hz)	1 Os ende (Hz)
<b>Tonga</b>	4,79 ±1,66	14,15 ±1,11	15,23 ±1,89	13,06 ±0,94	12,91 ±0,82	16,08 ±2,03	14,70 ±1,42	28,24 ±2,21	30,43 ±3,80	26,08 ±1,94
<b>Drumbo</b>	5,73 ±1,51	13,99 ±1,54	16,79 ±2,05	13,78 ±1,25	13,24 ±1,12	17,51 ±2,22	15,91 ±1,66	27,92 ±3,00	33,52 ±4,27	27,63 ±2,61
<b>Jumbo</b>	6,40 ±2,07	13,22 ±1,61	15,68 ±1,55	13,60 ±1,64	12,63 ±1,11	16,58 ±1,83	14,94 ±1,33	26,32 ±3,22	31,47 ±3,15	27,01 ±3,47

Die in der Abbildung 12 dargestellten Ergebnisse zeigen zwar, dass individuelle Variationen vorliegen, jedoch erhält man mit dieser graphischen Darstellung keine Informationen über das Vorhandensein beziehungsweise Nichtvorhandensein von signifikanten Unterschieden

zwischen den drei Elefantenkühen. Aus diesem Grund beschreiben die folgenden drei Tabellen (11, 12 & 13) die statistischen Vergleiche der drei Elefantenkühe.

Die Ergebnisausgabe der Tabelle 11 zeigt den individuellen Vergleich von Drumbo (N=96) und Jumbo (N=31) durchgeführt mit dem Mann-Whitney U-Test. Vier (Dauer, f0 ende, f0 max & 1 Os ende) der zehn analysierten Parameter zeigen keinen signifikanten Unterschied, da die jeweiligen p-Werte größer sind als das gewählte Signifikanzniveau (5%) (Dauer: Mann-Whitney-U=1217,5, Z=-1,518, p=0,129; f0 ende: Mann-Whitney-U=1300,5, Z=-1,053, p=0,292; f0 max: Mann-Whitney-U=1153, Z=-1,880, p=0,06; 1 Os ende: Mann-Whitney-U=1219,5, Z=-1,512, p=0,131) (Tab. 11). Jumbo und Drumbo zeigen somit in den restlichen sechs Parametern signifikante Unterschiede (Tab. 11).

**Tab. 11:** Ergebnisausgabe des Mann-Whitney U-Tests. „Rumble“-Vergleich von Drumbo und Jumbo. Signifikanzniveau: 5% (0,05). Vier p-Werte liegen über dem gewählten Signifikanzniveau (5%). MWU=Mann-Whitney-U; Z=Z-Wert; p=Asymptotische Signifikanz.

	Dauer	f0 start	f0 mitte	f0 ende	f0 min	f0 max	f0 mittel	1 Os start	1 Os mitte	1 Os ende
<b>MWU</b>	1217,5	1003,5	972,5	1300,5	1003	1153	990,5	967,5	1033,5	1219,5
<b>Z</b>	-1,518	-2,721	-2,894	-1,053	-2,722	-1,880	-2,792	-2,928	-2,555	-1,512
<b>P</b>	0,129	0,007*	0,004*	0,292	0,006*	0,060	0,005*	0,003*	0,011*	0,131

\*.....signifikant

Die statistische Überprüfung von Tonga (N=172) und Drumbo (N=96) zeigt, dass nur zwei (f0 start & 1 Os start) der zehn gemessenen Parameter keinen signifikanten Unterschied aufweisen, da die zwei p- Werte über dem Signifikanzniveau von 5% (0,05) liegen (f0 start: Mann-Whitney-U=7255,5, Z=-1,645, p=0,100; 1 Os start: Mann-Whitney-U=7287, Z=-1,601, p=0,109) (Tab. 12). Somit weisen acht der zehn Parameter einen signifikanten Unterschied auf, da ihre p-Werte kleiner sind als das für den Test festgelegte Signifikanzniveau von 5% (Tab. 12).

**Tab. 12:** Ergebnisausgabe des Mann-Whitney U-Tests. „Rumble“-Vergleich von Tonga und Drumbo.

Zwei p-Werte liegen über dem gewählten Signifikanzniveau (5%).

MWU=Mann-Whitney-U; Z=Z-Wert; p=Asymptotische Signifikanz.

	Dauer	f0 start	f0 mitte	f0 ende	f0 min	f0 max	f0 mittel	1 Os start	1 Os mitte	1 Os ende
<b>MWU</b>	5430	7255,5	4232	5014	6314,5	4757	4190	7287	4370,5	4844,5
<b>Z</b>	-4,645	-1,645	-6,616	-5,335	-3,191	-5,751	-6,683	-1,601	-6,395	-5,647
<b>P</b>	0,000*	0,100	0,000*	0,000	0,001*	0,000*	0,000*	0,109	0,000*	0,000*

\*.....signifikant

Wie schon bei dem Vergleich zwischen Drumbo und Jumbo, zeigt das Ergebnis des Mann-Whitney U-Tests zwischen Tonga (N=172) und Jumbo (N=31), dass die p-Werte von vier (f0 ende, f0 max, f0 mittel & 1 Os ende) der zehn Parameter größer sind als das angenommene 5%ige Signifikanzniveau und sich nicht signifikant unterscheiden (f0 ende: Mann-Whitney-U=2324, Z=-1,138, p=0,255; f0 max: Mann-Whitney-U=2101,5, Z=-1,875, p=0,061; f0 mittel: Mann-Whitney-U=2260,5, Z=-1,347, p=0,178; 1 Os ende: Mann-Whitney-U=2416, Z=-0,839, p=0,402) (Tab. 13). Nur sechs der zehn analysierten Parameter haben demnach signifikante Unterschiede (Tab. 13).

**Tab. 13:** Ergebnisausgabe des Mann-Whitney U-Tests. „Rumble“-Vergleich von Tonga und Jumbo.

Vier p-Werte liegen über dem gewählten Signifikanzniveau (5%).

MWU=Mann-Whitney-U; Z=Z-Wert; p=Asymptotische Signifikanz.

	Dauer	f0 start	f0 mitte	f0 ende	f0 min	f0 max	f0 mittel	1 Os start	1 Os mitte	1 Os ende
<b>MWU</b>	1391	1528,5	2043,5	2324	1937	2101,5	2260,5	1476	1995,5	2416
<b>Z</b>	-4,235	-3,781	-2,068	-1,138	-2,421	-1,875	-1,347	-3,974	-2,233	-0,839
<b>P</b>	0,000*	0,000*	0,039*	0,255	0,015*	0,061	0,178	0,000*	0,026*	0,402

\*.....signifikant

Bei allen drei Vergleichsmöglichkeiten kann man sehen, dass die Mittelwerte von mindestens sechs der zehn Parametern einen signifikanten Unterschied zeigen, wobei es sogar drei Parameter (f0 mitte, f0 min & 1 Os mitte) gibt, die bei allen drei durchgeführten Mann-

Whitney U-Tests einen kleineren p-Wert besitzen als das ausgewählte Signifikanzniveau (5%) (Tab. 11, 12 & 13). Weiters fällt auf, dass beide individuellen Vergleiche mit der Elefantenkuh Jumbo nur in sechs von zehn möglichen Parametern einen signifikanten Unterschied zeigen (Tab. 11 & 13).

Tonga und Drumbo unterscheiden sich hingegen, wie schon erwähnt, in acht gemessenen Parametern (Tab. 12).

#### 4.2.2 Diskriminanzanalyse: Trennkraft der Elefantengruppen

Eine Möglichkeit mit der die statistische Trennung von Gruppen beschrieben werden kann, ist die Berechnung des Eigenwertes (Tab. 14). Beide Eigenwerte (0,511; 0,126) sind jedoch zu niedrig und fallen in den inakzeptablen Bereich, wodurch diese Eigenwerte keine Aussagekraft erlangen (Tab. 14).

**Tab. 14:** Ergebnisausgabe: Eigenwerte der Diskriminanzanalyse. Je größer der Eigenwert desto besser die Trennung der Gruppen (Tonga, Drumbo & Jumbo). Beide Eigenwerte sind zu niedrig und befinden sich im unbrauchbaren Bereich.

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation (R)
1	0,511	80,2	80,2	0,582
2	0,126	19,8	100,0	0,335

Eine zweite Möglichkeit zur Beschreibung der Gruppentrennung stellt die Berechnung von Wilks-Lambda dar (Tab. 15). Etwa 59% (0,588) der Streuung wird nicht durch die Trennung der Gruppen (Tonga, Drumbo & Jumbo) erklärt, jedoch zeigt das Ergebnis des ersten Chi-Quadrat-Tests, dass sich die Gruppen signifikant voneinander unterscheiden (Tab. 15). Wird nur die zweite Funktion untersucht, werden etwa 21% der Streuung aufgrund der Trennung erklärt und circa 89% nicht (Tab. 15). Auch nach Weglassen der ersten Funktion liefert der Chi-Quadrat-Test ein signifikantes Ergebnis, da der p-Wert kleiner ist als das angenommene Signifikanzniveau (5%).

**Tab. 15:** Ergebnisausgabe: Wilks-Lambda. Je kleiner der Wilks-Lambda Wert ist, desto besser wird die Trennung der Gruppen erklärt (Werte zwischen 0 – 1). df: Freiheitsgrade. Signifikanzniveau: 5%.

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz (p)
1 bis 2	0,588	154,959	20	0,000
2	0,888	34,623	9	0,000

Die Verwendung von gruppenspezifischen (Abb. 13, 14 & 15) und gruppenkombinierten (Abb. 16) Streudiagrammen dient der Visualisierung der gewonnenen Ergebnisse.

Die Punktwolke der gruppenspezifischen Verteilung von Tonga erstreckt sich in etwa von -2,7 bis +2,5 auf der x-Koordinate (Funktion 1) und von -2,8 bis +2,2 auf der y-Koordinate (Funktion 2) (Abb. 13). Der Gruppenmittelpunkt (Zentroid) befindet sich in der Position -0,611 (Funktion 1) und -0,007 (Funktion 2) (Tab. 16).

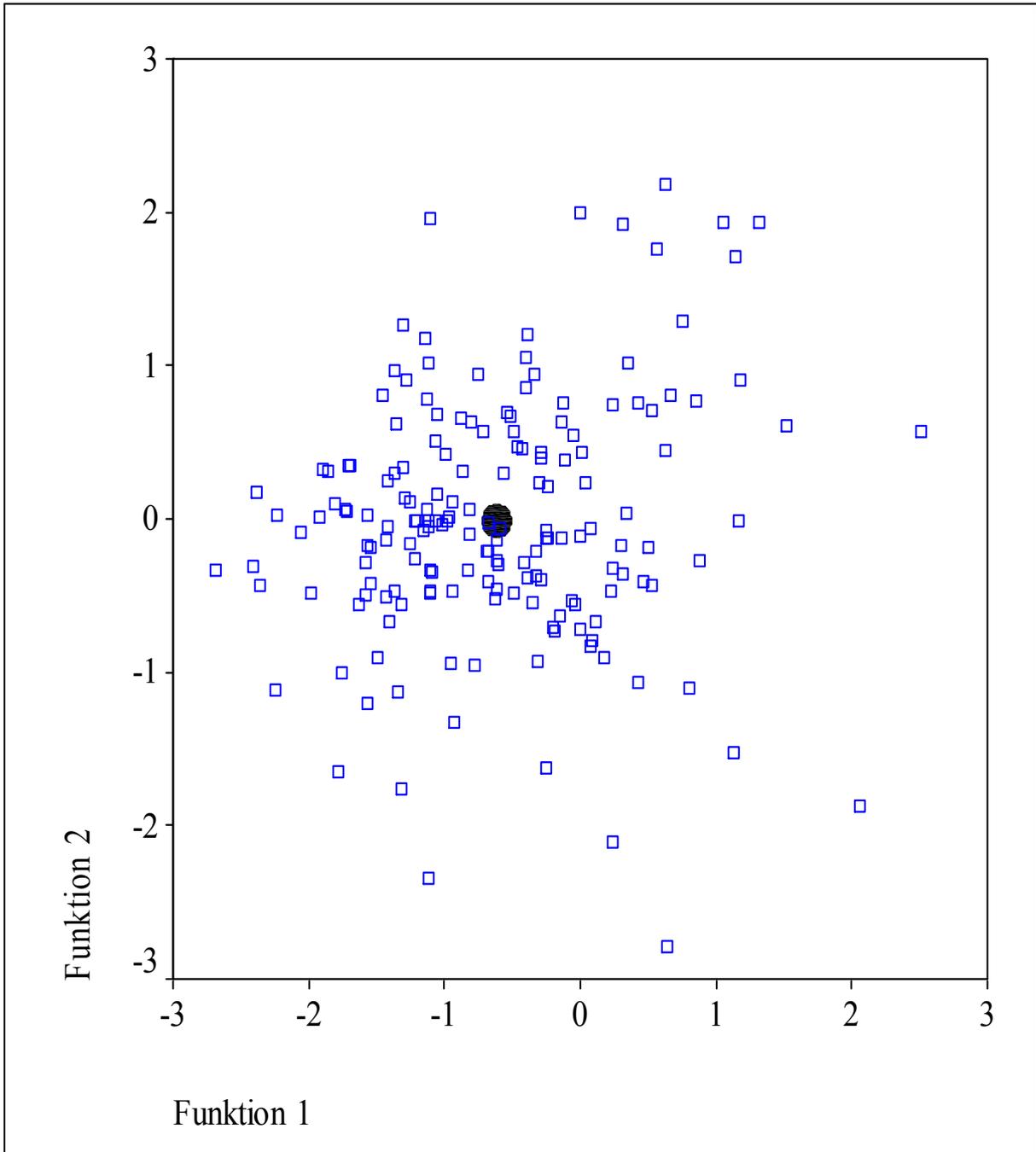
Die Anordnung der Datenpunkte im gruppenspezifischen Streudiagramm von Drumbo reicht auf der x-Koordinate in etwa von -2,5 bis +5,8 und auf der y-Koordinate von -2,5 bis +4,5 (Abb. 14). Der Gruppenmittelpunkt von Drumbo (+0,813, +0,318) liegt im Gegensatz zum Zentroid von Tongas gruppenspezifischer Verteilung im positiven Bereich (Tab. 16).

Die Punktwolke von Jumbo erstreckt sich in etwa von -1,2 bis +2,8 auf der x-Koordinate und von -4 bis +1,8 auf der y-Koordinate (Abb. 15). Der Gruppenmittelpunkt dieser gruppenspezifischen Verteilung nimmt die Position +0,873 (Funktion 1) und -0,944 (Funktion 2) ein (Tab. 16).

Es ist klar erkennbar, dass sich die drei getesteten Gruppen aufgrund der großen Streuung der Punktwolken überlappen (Abb. 16). Die nicht vorhandene Trennung der Gruppen spiegelt sich auch in der Ergebnisausgabe von Wilks-Lambda wider (Tab. 15). Obwohl es zu Überlappungen zwischen den drei Gruppen kommt, gibt es erkennbare Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen und deren Gruppenmittelpunkten (Abb. 16), was in den Ergebnisausgaben der Mann Whitney U-Tests bestätigt wird (Tab. 11, 12 & 13).

**Tab. 16:** Funktionen bei den Gruppen Zentroiden (Gruppenmittelpunkte). Diese Tabelle zeigt auf welchen Wert die Gruppenzentroide abgebildet sind.

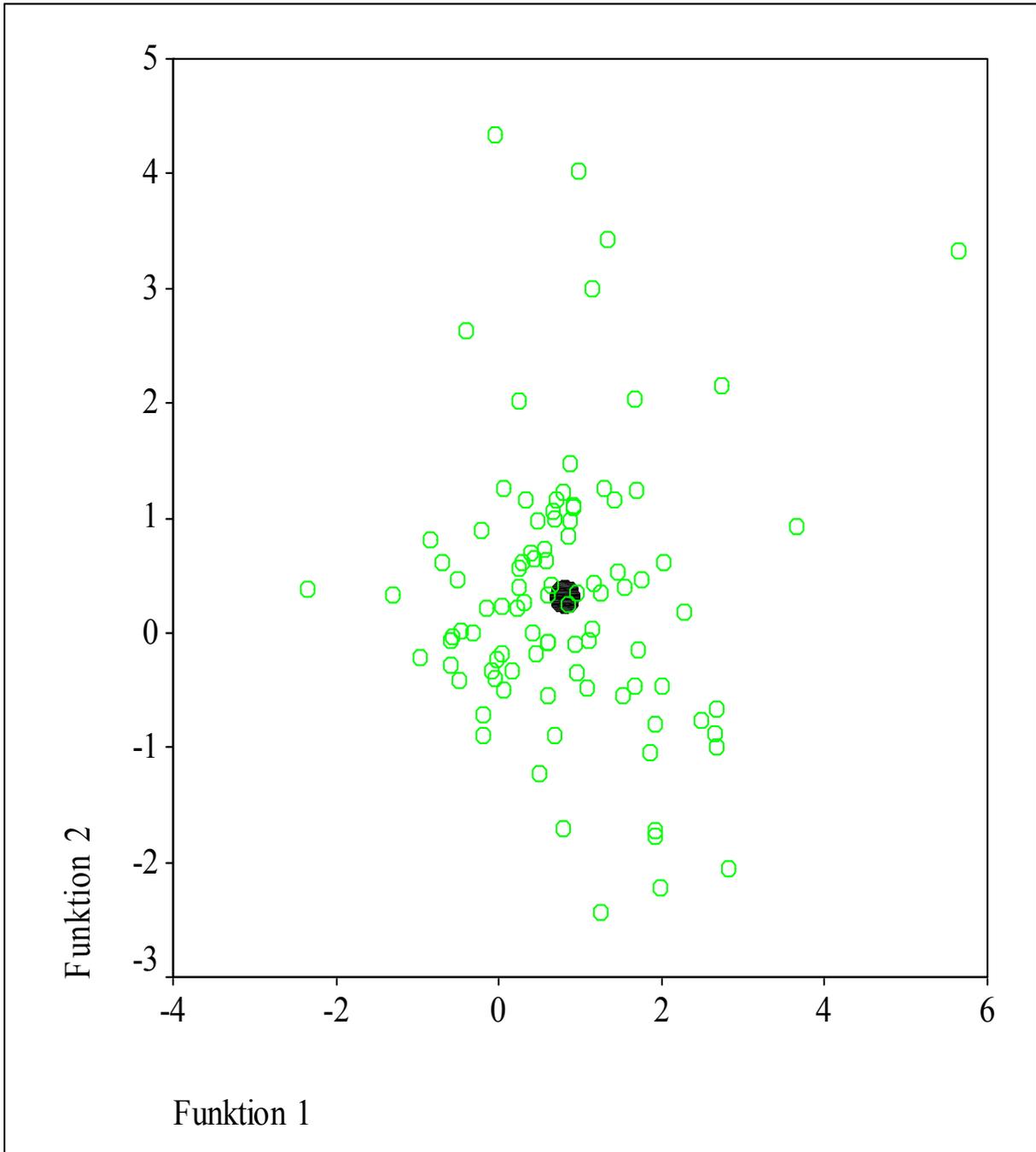
Elefant	Funktion	
	1	2
Tonga	-0,611	-0,007
Drumbo	0,813	0,318
Jumbo	0,873	-0,944



**Abb. 13:** Darstellung der gruppenspezifischen Verteilung von Tongas „Rumbles“ (N=172) in einem zweidimensionalen Streudiagramm.

Die Punktwolke und der Gruppenmittelpunkt (Zentroid) sind aufgetragen. Die kleinen blauen Quadrate symbolisieren die einzelnen „Rumbles“ von Tonga und der große schwarze Kreis versinnbildlicht den Mittelpunkt (Zentroid).

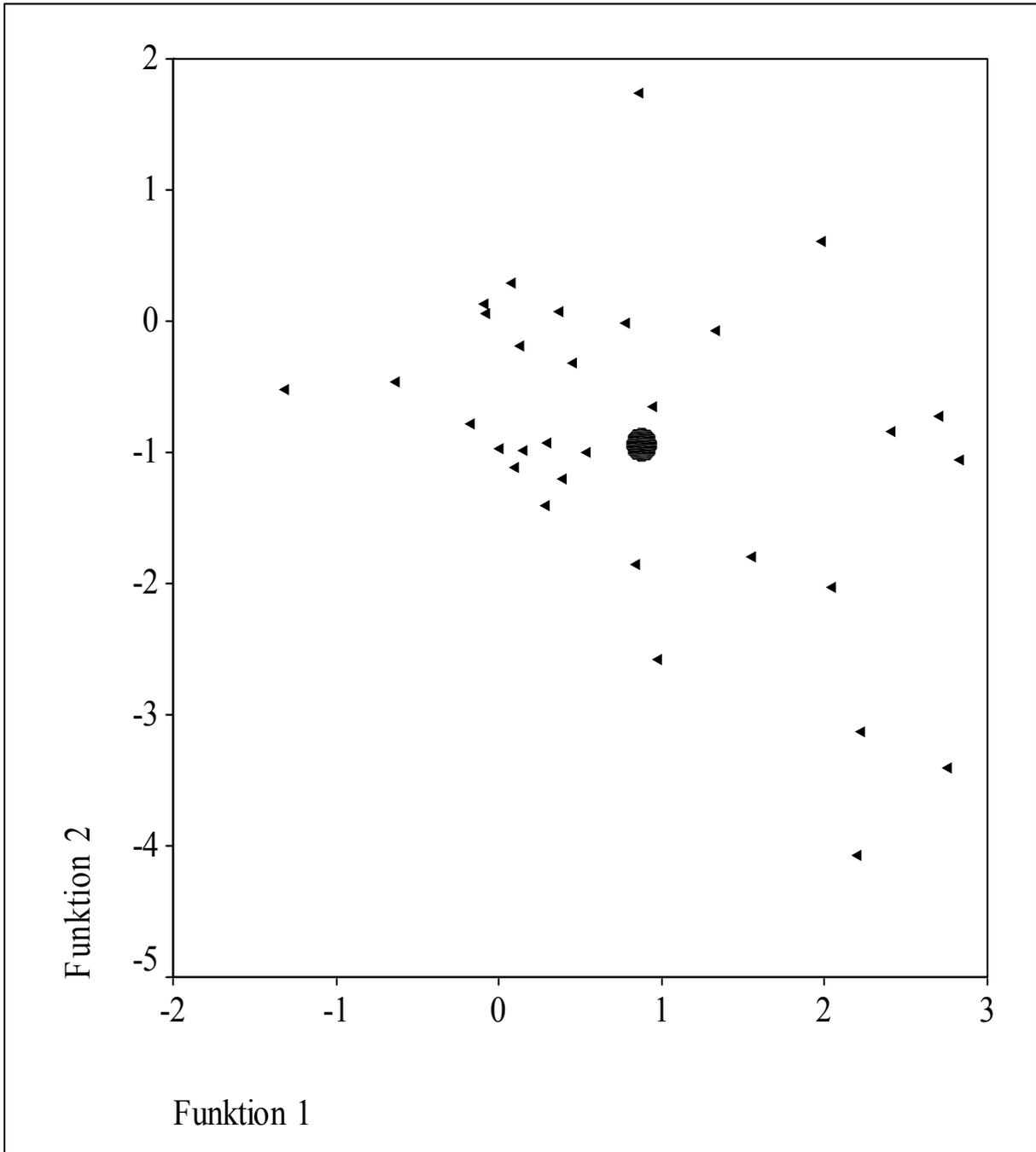
Verwendete Parameter: Dauer, f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte und 1 Os ende.



**Abb. 14:** Darstellung der gruppenspezifischen Verteilung von Drumbos „Rumbles“ (N=96) in einem zweidimensionalen Streudiagramm.

Die Punktwolke und der Gruppenmittelpunkt (Zentroid) sind aufgetragen. Die kleinen grünen Kreise symbolisieren die einzelnen „Rumbles“ von Drumbo und der große schwarze Kreis versinnbildlicht den Mittelpunkt (Zentroid).

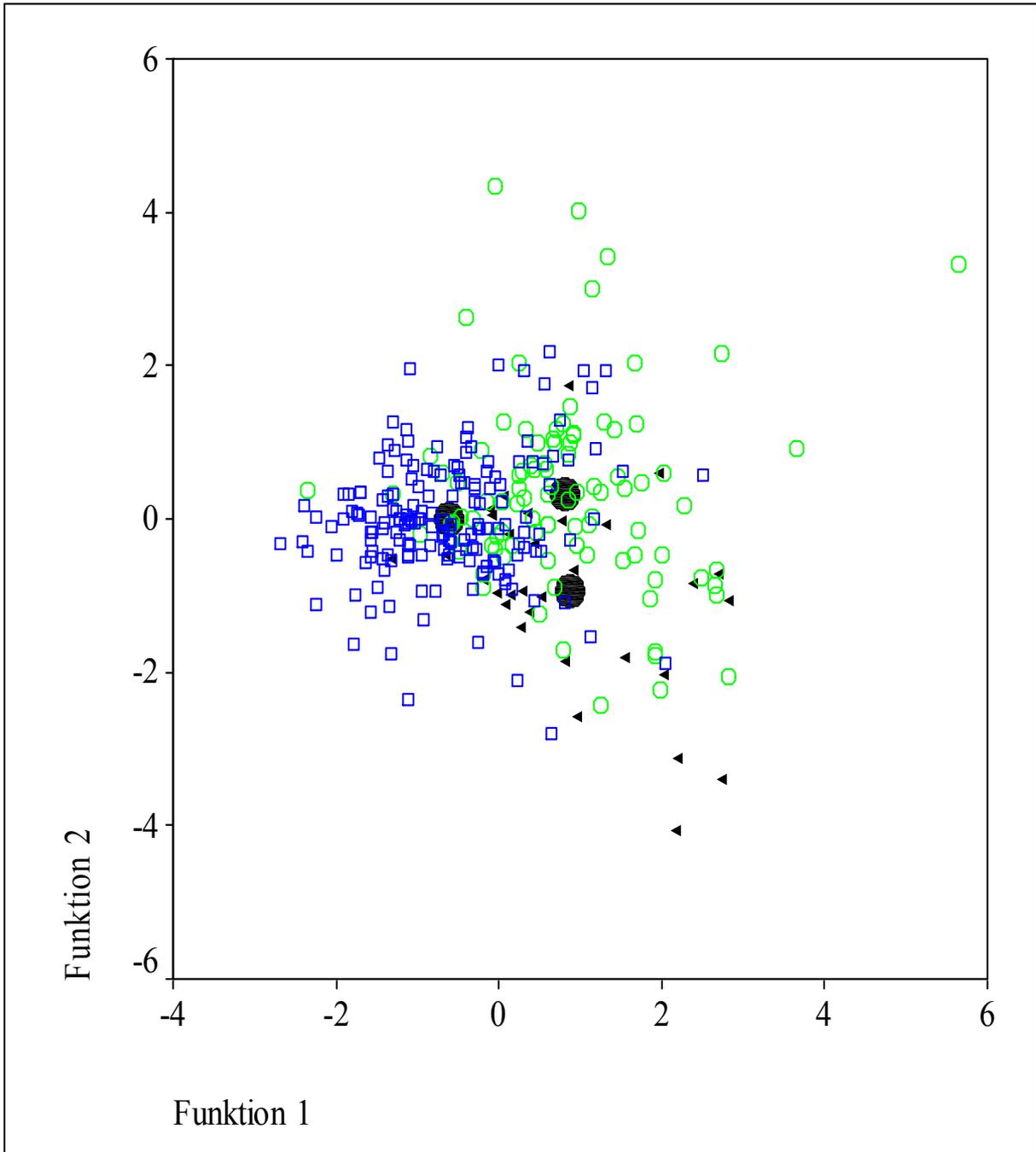
Verwendete Parameter: Dauer, f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte und 1 Os ende.



**Abb. 15:** Darstellung der gruppenspezifischen Verteilung von Drumbos „Rumbles“ (N=31) in einem zweidimensionalen Streudiagramm.

Die Punktwolke und der Gruppenmittelpunkt (Zentroid) sind aufgetragen. Die kleinen schwarzen Dreiecke symbolisieren die einzelnen „Rumbles“ von Jumbo und der große schwarze Kreis versinnbildlicht den Mittelpunkt (Zentroid).

Verwendete Parameter: Dauer, f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte und 1 Os ende.



**Abb. 16:** Diese Abbildung zeigt die kombinierte Gruppenverteilung („Rumbles“ von Tonga, Drumbo & Jumbo) (N=299) in einem zweidimensionalen Streudiagramm.

Es sind sowohl die Punktwolken der drei Elefantenkühe als auch der jeweilige Gruppenmittelpunkt (Zentroid) aufgetragen. Die kleinen blauen Quadrate symbolisieren die „Rumbles“ von Tonga, die kleinen grünen Kreise symbolisieren die „Rumbles“ von Drumbo, die kleinen schwarzen Dreiecke symbolisieren die „Rumbles“ von Drumbo und die drei großen schwarzen Kreise versinnbildlichen die drei Gruppenmittelpunkte. Verwendete Parameter: Dauer, f0 start, f0 mitte, f0 ende, f0 min, f0 max, f0 mittel, 1 Os start, 1 Os mitte und 1 Os ende.

Ein weiteres Verfahren der Diskriminanzanalyse, die Klassifikation mit Fallauslassung, erlaubt uns die Stabilität der gefundenen Gruppentrennung zu beurteilen (Tab. 17). Hierfür wird die vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit mit der tatsächlichen Gruppenzugehörigkeit verglichen.

**Tab. 17:** Klassifikation mit Fallauslassung. Übersicht über das Klassifizierungsergebnis<sup>a</sup>. Die vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit der „Rumbles“ von Tonga (N=172), Drumbo (N=96) und Jumbo (N=31) wird überprüft. 76,74% von Tongas „Rumbles“, 55,21% von Drumbo's „Rumbles“ und 58,07% von Jumbos „Rumbles“ werden korrekt klassifiziert.

	Elefant	Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit <sup>a</sup>			Gesamt
		Tonga	Drumbo	Jumbo	
<b>Anzahl</b>	Tonga	132	24	16	172
	Drumbo	23	53	20	96
	Jumbo	6	7	18	31
<b>%</b>	Tonga	76,744	13,953	9,302	100
	Drumbo	23,958	55,208	20,833	100
	Jumbo	19,355	22,581	58,065	100

a. 67,9% der ursprünglich gruppierten Fälle werden korrekt klassifiziert.

Von den 299 analysierten „Rumbles“ werden insgesamt 96 „Rumbles“ nicht korrekt zur jeweiligen Gruppe (Drumbo, Jumbo & Tonga) zugeordnet (Tab. 17). Die falsch zugeordneten „Rumbles“ stellen in der graphischen Darstellung für kombinierte Gruppenverteilung (Abb. 16) die Überlappungen zwischen den drei Elefantengruppen dar.

Von den 172 „Rumbles“ die Tonga produziert hat, werden 132 richtig klassifiziert, 24 „Rumbles“ werden fälschlicherweise zur Gruppe Drumbo und 16 „Rumbles“ zur dritten Gruppe (Jumbo) hinzugefügt. In Summe werden aber 76,44% der „Rumbles“ korrekt klassifiziert (Tab. 17). Die Gruppe Drumbo kann zu 55,21% richtig klassifiziert werden. Von den 96 „Rumbles“ werden 53 richtig zugeordnet, 23 „Rumbles“ werden fehlerhaft zur Gruppe Tonga und 20 „Rumbles“ zur Gruppe Jumbo hinzugefügt (Tab. 17). Die dritte Gruppe (Jumbo) kann zu 58,07% korrekt zugeordnet werden. Wie schon bei den zwei Gruppen davor, wird mehr als die Hälfte der „Rumbles“ (18) richtig klassifiziert. Sechs „Rumbles“ werden fälschlicherweise zur Gruppe Tonga und sieben „Rumbles“ werden zur Gruppe Drumbo zugeordnet (Tab. 17).

Insgesamt werden 67,9% der ursprünglich gruppierten „Rumbles“ korrekt klassifiziert. Zwar existiert kein 100%iger Unterschied zwischen den drei Gruppen, jedoch bestätigt dieses Ergebnis, dass sich die „Rumbles“ der drei Elefanten voneinander unterscheiden und dass die gemessenen akustischen und physikalischen Parameter ausreichen, um die Elefanten anhand ihres „Rumbles“ individuell unterscheiden zu können, zumindest mit einer Sicherheit von 67,9% (Tab.17).

# 5 DISKUSSION

## 5.1 „Rumble“ Variationen

Die durchgeführten Analysen zeigten, dass der Lauttyp „Rumble“ nicht in Untergruppen unterteilt werden kann, jedoch existiert eine graduelle Variation innerhalb der „Rumbles“. Trotz der nicht vorhandenen Clusterbildungen, könnten die „Rumbles“ anhand ihrer Lautstärke in Gruppen eingeteilt werden, wobei diese Einteilungen rein subjektiv stattfinden würden.

Da ich für meine Studie ausschließlich „Rumbles“ von einer in zoologischer Haltung lebenden Elefantengruppe analysiert habe, kann ich dieses Ergebnis nicht auf alle Elefanten, besonders auf freilebende Elefanten, übertragen. Vielleicht existieren Unterschiede zwischen den Elefanten in freier Wildbahn und den Elefanten in zoologischer Haltung. Da sich die Lebensweise beziehungsweise der Alltag der in freier Wildbahn lebenden Elefanten von den in zoologischer Haltung lebenden Elefanten unterscheidet, ist es möglich, dass Abweichungen bei „Rumbles“ bestehen.

Die Gruppe Soltis et al. (2005) untersuchte ebenfalls eine Elefantengruppe (drei adulte Bullen und sieben adulte Elefantenkühe) in zoologischer Haltung (Disney Animal Kingdom, Lake Buena Vista, Florida, U.S.A). Alle Elefanten trugen eine Art Halsband mit integriertem Kondensatormikrophon und Radiotransmitter. Somit konnten sie im Gegensatz zu Wood et al. (2005) die „Rumbles“ den Individuen zuordnen. Bei der Signalanalyse stand wie bei meiner Studie die Grundschiwingung im Mittelpunkt. Insgesamt wurden 16 verschiedene akustische Parameter ermittelt. Auch sie untersuchten die Klassifizierung der „Rumbles“ anhand einer multidimensionalen Skalierungsanalyse. Obwohl eine deutliche akustische Variation vorhanden war, konnten auch hier die „Rumbles“ nicht in Untergruppen eingeteilt werden (Stress=0,10895; RSQ=0,97905) (Soltis et al., 2005).

Die Gruppe Wood et al. (2005) erforschte ebenso die akustische Gruppierung des „Rumbles“. Im Vergleich zu meiner Studie und zu Soltis et al. (2005) wurden Elefanten nicht in zoologischer Haltung sondern im Krueger Nationalpark beobachtet und deren Laute aufgenommen. Insgesamt wurden 975 „Rumbles“ aufgezeichnet, von denen jedoch nur 663

„Rumbles“ analysiert wurden. Für diese Studie wurde die Identität der Elefanten aber nicht berücksichtigt, folglich konnten die „Rumbles“ auch nicht individuell zugeordnet werden. Sie verwendeten anstelle von Parametern der Grundschiwingung Parameter der ersten Oberschiwingung. Insgesamt wurden 19 akustische Parameter gemessen. Die Ergebnisse von Wood et al. (2005) offenbarten wie schon angesprochen eine Unterteilung des „Rumbles“ in drei Untergruppen („Rumble“ Typ 1, „Rumble“ Typ 2 & „Rumble“ Typ 3). „Rumble“ Typ 1 und Typ 3 wurden mit Ruhen und Fressen assoziiert, während hingegen „Rumble“ Typ 2 mit hohem Erregungsgrad verknüpft wurde. Die hier verwendete Unterteilung in drei Untergruppen kann auf mehreren Gründen basieren. Erstens ist es möglich, dass die Parameter der ersten Oberschiwingung besser geeignet sind um die Klassifikation zu überprüfen. Ein weiterer möglicher Grund für die Differenzen zwischen meiner Arbeit und der Studie von Wood et al. (2005) ist die unterschiedliche Haltung beziehungsweise die Lebensweise der Elefanten. Ein dritter denkbarer Grund, für mich das gewichtigste Motiv, ist die fehlende Identitätsbestimmung. Wood et al. (2005) hatten vermutlich auch „Rumbles“ von Jungtieren in ihrem Datenset dabei, welche die Analysen beeinflussten. Stoeger-Horwath (2006) hatte die „Rumbles“ von Jungtieren mit den „Rumbles“ von adulten Individuen anhand einer multidimensionalen Skalierungsanalyse verglichen. Die getrennte Lage der „Rumbles“ im zweidimensionalen Koordinatensystem wies daraufhin, dass die „Rumbles“ von Jungtieren und adulten Elefanten akustische Differenzen aufzeigen.

Aufgrund der nicht vorhandenen Identitätsbestimmung bei Wood et al. (2005) und der möglichen Vermischung von Jungtierlauten und Lautbildungen von adulten Individuen, bin ich von den Resultaten ihrer Studie nicht wirklich überzeugt. Aus diesem Grunde wäre es besonders interessant, wie sich die Ergebnisse verändern würden, wenn eine Zuordnung der „Rumbles“ zu den jeweiligen Elefanten stattgefunden hätte. Ferner würde diese Veränderung einen Vergleich zwischen den „Rumbles“ von Elefanten in zoologischer Haltung und von Elefanten in freier Wildbahn erlauben und könnte die Frage beantworten, ob Differenzen vorliegen.

## 5.2 Akustische Individualität von Drumbo, Jumbo und Tonga

Wie bei vielen anderen Säugetieren, so spielt auch bei den Afrikanischen Elefanten die Weitergabe von individuellen Informationen sowie die akustische Erkennung der Artgenossen eine bedeutende Rolle. Wie ich im Einführungskapitel schon angeführt habe, kommunizieren Afrikanische Elefanten über sehr große Distanzen miteinander und können andere Elefanten anhand ihrer akustischen Signale erkennen (Langbauer et al. 1991; McComb et al., 2000; 2003). McComb et al. (2000) zeigte anhand von Playbackexperimenten, dass Afrikanische Elefanten die Lautbildungen von bekannten und nicht vertrauten Elefanten unterscheiden können.

Meine Studie wurde durchgeführt um zu zeigen, dass die Lautäußerungen von Elefanten auch nur mit Hilfe von akustischen Messungen dem jeweiligen Individuum zugeordnet werden können. Gemäß den Erwartungen zeigen die Ergebnisse, dass sich die drei Elefantenkühe (Drumbo, Jumbo & Tonga) akustisch voneinander unterscheiden. Auch wenn die gefundenen Differenzen zwischen den drei Individuen keine 100%ige Trennung erlauben, sind die Resultate ausreichend, um die Elefanten zumindest statistisch voneinander unterscheiden zu können.

Verantwortlich für die individuellen Unterschiede sind zum einen die physiologischen Differenzen des Vokaltrakts (Form und Länge), zum anderen könnten auch, ähnlich wie beim Menschen, verschiedene Dialekte und Akzente die individuellen Verschiedenheiten hervorrufen. Dialekte wurden schon bei anderen Säugerarten nachgewiesen (Dayton, 1990). Aus diesem Grund ist es denkbar, dass auch bei den Afrikanischen Elefanten, abhängig von der geographischen Verbreitung und Familiengruppe, unterschiedliche Dialekte vorkommen.

Für die Überlappungen der drei Punktwolken (Abb. 16) beziehungsweise falsch zugeordneten „Rumbles“ (Tab. 17) kann es mehrere mögliche Gründe geben. Wie ich schon erwähnt habe, können Afrikanische Savannenelefanten Laute imitieren (Poole et al., 2005). Im Nationalpark Tsavo in Kenia imitiert eine mittlerweile elf jährige Elefantenkuh in den Abendstunden die Lastwagengeräusche. Ein zweiter Fall wurde im Zoo Basel entdeckt. Der Elefantenbulle Calimero, der sich, bevor er nach Basel gekommen ist, in Rom mit Asiatischen Elefanten das Gehege teilen musste, kann die typischen „Chirp calls“ von Asiatischen Elefanten imitieren (Poole et al., 2005). Möglicherweise kommt die fehlerhafte Zuordnung der „Rumbles“ zu den

jeweiligen Gruppen dadurch zustande, dass sich die Elefantenkühe Tonga, Drumbo und Jumbo gegenseitig imitieren.

Ein zweiter möglicher Grund für die falsch klassifizierten Fälle könnten die von mir gemessenen Parameter darstellen. In meiner Studie habe ich mich für die ersten beiden harmonischen Schwingungen entschieden, da ich davon ausgegangen bin, dass diese beiden Komponenten den individuellen Code beinhalten. Die Gruppe McComb et al. (2003) hat sich unter anderem mit den individuellen Unterschieden der „Contact calls“ (N=99) von 13 Individuen beschäftigt und verwendete Parameter der Grundschiwingung ( $f_0$  min,  $f_0$  max,  $f_0$  mittel). Außerdem wurden die ersten beiden Formanten und die Dauer ermittelt. 77,4% von den 84 ursprünglich gruppierten „Contact calls“ wurden korrekt klassifiziert (McComb et al., 2003). Auch Soltis et al. (2005) untersuchte die individuellen Variationen von sechs Elefanten, indem 16 verschiedene Parameter (Formanten, Amplitude und Grundschiwingung) ermittelt wurden. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 60% wurden die akustischen Signale treffend zugeordnet.

Mit Hilfe der komplexen Formantenanalyse kombiniert mit computertomographischen Untersuchungen des Vokaltrakts könnten die individuellen Unterschiede in Zukunft noch genauer beschrieben und erklärt werden. Aus diesem Grund ist eine Zusammenarbeit mit einem veterinärmedizinischen Institut von großem Nutzen und unerlässlich.

Eine sichere und schnelle akustische Erkennung von Elefanten anhand ihrer individuellen Lautäußerungen würde besonders den Ländern zugute kommen, in denen ein großer Mensch-Elefant Konflikt besteht. Durch eine frühe Erkennung der Identität könnten Situationen mit Problemelefanten eventuell verhindert werden. Besonders in afrikanischen Ländern kommt es immer wieder zu Konflikten die oft auch tödlich enden. Infolgedessen arbeiten Forscher an Frühwarnsystemen und Elefantendetektoren um solche Zwischenfälle in Zukunft vermeiden zu können.

Bis heute wurde die akustische Individualität nicht viel erforscht. Viele Fragen sind noch ungeklärt und geben den Elefantenforschern weiterhin Rätsel auf, besonders die Frage nach den akustischen Komponenten der Lautäußerungen, die für die individuelle Erkennung ausschlaggebend sind. Aus diesem Grund werde ich mich auch in den nächsten Jahren

verstärkt mit diesem Thema befassen und versuchen meine Analysen zu verbessern, indem ich die komplexe Formantenanalyse mit einbeziehen werde.

In weiterer Folge könnte die Untersuchung der individuellen Variation zwischen zwei oder drei Elefantenfamilien neue Erkenntnisse über die Dialekte liefern. Ein großes Ziel von mir ist natürlich dem Geheimnis des individuellen Codes ein paar Schritte näher zu kommen, folglich Einblicke in die Dialektforschung zu erhalten und die komplexe Sprache dieser hochsozialen Säugetiere besser verstehen zu können.

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- Archie, E. A., Moss, C. J. and Alberts, S. C.** 2006. The ties that bind: genetic relatedness predicts the fission and fusion of social groups in wild African elephants. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273, 513-522.
- Barth, F. G., Tichy, H., Schmid, A.** 2006. *Physiologie – Nerven, Muskeln, Sinne. Anleitung zum Praktikum*, Universität Wien.
- Berg, J. K.** 1983. Vocalizations and associated behaviours of the African elephant (*Loxodonta africana*) in captivity. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 63, 63-79.
- Buss, I. O.** 1961. Some observations of food habits and behaviour of the African elephant. *Journal of Wildlife Management* 25, 131-148.
- Dayton, L.** 1990. Killer whales communicate in distinct dialects. *New Science* 125, 35.
- Douglas-Hamilton, I.** 1972. On the ecology and behaviour of the African elephant. PhD thesis, University of Oxford.
- Gadgil, M., Hegde, M., Joshi, N. V., Gadgil, S.** 1985. On the communication of well-being. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Anim Sci)* 94, 575–586.
- Garstang, M., Larom, D. L., Raspet, R., Lindeque, M.** 1995. Atmospheric controls on the elephant communication. *Journal of Experimental Biology* 198, 939-952.
- Garstang, M.** 2004. Long-distance, low-frequency elephant communication. *Journal of Comparative Physiology* 190, 791-805.
- Gray, H.** 1901. *Gray's Anatomy, descriptive and surgical*. (1974 printing edited by Pick, T. P. & Howden, R.). Philadelphia.
- Grizmek, B.** 1979/80. *Enzyklopädie des Tierreichs – Säugetiere* 3, Band 12. Bechtermünz. Augsburg.
- Gunther, R. H., O'Connell-Rodwell, C. E., Klemperer, S. L.** 2004. Seismic waves from elephant vocalizations: A possible communication mode? *Geophysical Research Letters* 31.
- Haufellner, A., K, F., Schilfarth, J., Schweiger, G.** 1993. *Elefanten in Zoo und Zirkus. Dokumentation Teil 1: Europa*. Karl Wenschow, München.
- Horwath, A.** 2002. Schallsignale Afrikanischer Steppenelefanten (*Loxodonta africana*) in zoologischer Haltung. Diploma thesis. University of Vienna, Austria.
- Ingard, U.** 1953. A review of the influence of meteorological conditions on sound propagation. *Journal of the Acoustical Society of America* 25, 405-411.

- Inuzuka, N., Hasegawa, Y., Nogariya, H. & Kamei, T.** 1975. On the stylohyoid bone of Naumann's elephant (*Elephas naumanni* Makiyama) from Lake Nojiri. *Memoirs Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy* 41, 49-65.
- Janik, V. M. & Slater, P. J. B.** 1997. Vocal learning in mammals. *Advances in the study of behaviour* 26, 59-99.
- Janik, V. M. & Slater, P. J. B.** 2000. The different roles of social learning in vocal communication. *Animal Behaviour* 60, 1-11.
- Janseen, J., Laatz, W.** 2005. *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows (5. Auflage)*. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg.
- Koehl, D.** 2001. Captive elephant database. Elephant-Consult. Verfügbar unter <http://elephant.se/main.htm>.
- Langbauer Jr., W. R., Payne, K. B., Charif, R. A., Rapaport, L., Osborn, F.** 1991. African elephants respond to distant playbacks of low-frequency conspecific calls. *Journal of Experimental Biology* 157, 35-46.
- Langbauer, W. R. Jr.** 2000. Elephant Communication. *Zoo Biology* 19, 425-445.
- Larom, D., Garstang, M., Payne, K., Raspel, R., Lindeque, M.** 1997. The influence of atmospheric conditions on the range and area reached by animal vocalizations. *Journal of Experimental Biology* 200, 412-431.
- Laws, R. M. & Parker, I. S. C.** 1968. Recent studies on elephant populations in East Africa. *Symposium on the Zoological Society of London* 21, 319-359.
- Lee, P. C.** 1986. Early social development among African elephant calves. *Natl Geogr Res* 2, 388-401.
- Leong, K. M., Ortolani, A., Burks, K. D., Mellen, J. D. & Savane, A.** 2003. Quantifying acoustic and temporal characteristics of vocalisations for a group of captive African elephants (*Loxodonta africana*). *Bioacoustics* 13, 213-231.
- McComb K., Moss C., Durant S. M., Baker L. & Sayialel S.** 2001. Matriarchs as repositories of social knowledge in African elephants. *Science* 292, 491-494.
- McComb, K., Reby, D., Baker, L., Moss, C. & Sayialel, S.** 2003. Long-distance communication of social identity in African elephants. *Animal Behaviour* 65, 317-329.
- Moss, C. J.** 1981. Social circles. *Wildlife News* 16, 1-7.
- Moss, C. J.** 1983. Oestrus and female choice in the African elephant. *Behaviour* 86, 167-196.

- Moss, C. J. & Poole, J. H.** 1983. Relationships and social structure in African elephants. In: *Primate Social Relationships* (ed Hinde, R. A.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 315-325.
- Moss, C.** 1988. *Elephant Memories*, William Morrow and Company, New York.
- O'Connell, C. E., Hart, L., Arnason, B. T.** 1999. Comments on "Elephant hearing". *Journal of the Acoustical Society of America* 105, 2051-2052.
- O'Connell-Rodwell, C. E., Arnason, B. T., Hart, L. A.** 2000. Seismic properties of Asian elephant (*Elephas maximus*) vocalizations and locomotion. *Journal of the Acoustical Society of America* 108, 3066-3072.
- O'Connell-Rodwell, C. E., Hart, L. A., Arnason, B. T.** 2001 Exploring the potential use of seismic waves as a communication channel by elephants and other large mammals. *American Zoologist* 41, 1157-1170.
- O'Connell-Rodwell, C. E., Wood, J. D., Gunther, R., Klemperer, S., Rodwell, T. S., Puria, S., Sapolsky, R., Kinzley, C., Arnason, B. T., Hart, L. A.** 2004. Elephant low-frequency vocalizations propagate in the ground and seismic playbacks of these vocalizations are detectable by wild African elephants (*Loxodonta africana*). *Journal of the Acoustical Society of America* 115, 2554.
- O'Connell-Rodwell, C. E., Wood, J. D., Rodwell, T. C., Puria, S., Partan, S. R., Keefe, R., Shriver, D., Arnason, B. T., Hart, L. A.** 2006. Wild elephant (*Loxodonta africana*) breeding herds respond to artificially transmitted seismic stimuli. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59, 842-850.
- Payne, K. B., Langbauer, Jr. W. R. and Thomas, E. M.** 1986. Infrasonic calls of the Asian elephant (*Elephas maximus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 102, 283-316.
- Payne, K. B. & Langbauer, Jr. W. R.** 1992. Elephant communication. In: Shoshani J., editor. *Elephants*. San Francisco: Weldon Owen, 116-123.
- Poole, J. H. & Moss, C. J.** 1981. Elephant mate searching: group dynamics and vocal and olfactory communication. *Symposium on the Zoological Society of London* 61, 111-125.
- Poole, J. H., Payne, K. B., Langbauer, W. Jr & Moss, C. J.** 1988. The social context of some very low frequency calls of the African elephants. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 22, 385-392.
- Poole, J. H.** 1994. Sex differences in the behavior of African elephants. In: *The Differences between the Sexes*. (eds Short, R. & Balaban, E.), Cambridge University Press, Cambridge, 331-346.
- Poole, J. H.** 1996. *Coming of Age with Elephants*, Hyperion Press, New York.
- Poole, J. H.** 1997. *Elephants*. Colin Baxter Photography, Grantown-on-Spey, Scotland.

- Poole, J. H., Tyack, P. L., Stoeger-Horwath, A. S., Watwood, S.** 2005. Elephants are capable of vocal learning. *Nature* 434, 455 – 456.
- Rasmussen, L. E. L.** 1988. Chemosensory responses in two species of elephants to constituents of temporal gland secretion and musth urine. *Journal of Chemical Ecology* 16, 687–711.
- Rasmussen, L. E. L. & Munger, B.** 1996. The sensorimotor specializations of the trunk tip of the Asian elephant, *Elephas maximus*. *The Anatomical Record* 246, 127-134.
- Reuter T., Nummela, S., Hemila, S.** 1998. Elephant Hearing. *Journal of the Acoustical Society of America* 104, 1122-1123.
- Schulte, B. A.** 2000. Social structure and helping behavior in captive elephants. *Zoo Biology* 19, 447-459.
- Schwammer, H. M. & Pechlaner, H.** 1997. Der neue Elefantentpark in Wien: Ein Projekt für moderne Haltung und Zucht Afrikanischer Elefanten. *Zoologischer Garten N.F.* 67, 375-385.
- Shoshani, J.** 1998. Understanding proboscidean evolution: a formidable task. *Trends in Ecology & Evolution* 13, 480-487.
- Shoshani, J. & Marchant, G. H.** 2001. The hyoid apparatus: a little known complex of bones and its ‘contribution’ to proboscidean evolution. The World of Elephants – International Congress, Rome.
- Soltis, J., Leong, K., Savage, A.** 2005. African elephant vocal communication II: rumble variation reflects the individual identity and emotional state of callers. *Animal Behaviour* 70, 589-599.
- Stoeger-Horwath, A. S.** 2006. Vocal imitation and vocal ontogeny in African elephants. PhD thesis. University of Vienna, Austria.
- Tembrock, G.** 1996. Akustische Kommunikation bei Säugetieren. Die Stimmen der Säugetiere und ihre Bedeutung. Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt.
- Vaughan, T. A., Ryan, J. M., Czaplewski, N. J.** 2000. Mammalogy (4th edition, Fort Worth, Texas): Saunders College Publishing, Harcourt Brace Jovanovich Publishers.
- Vidya, T. N. C. & Sukumar, R.** 2005. Social and reproductive behaviour in elephants. *Current Science* 89, 1200-1207.
- Weissengruber, G. E., Egger, G. F., Hutchinson, J. R., Groenewald, H. B., Elsässer, L., Famini, D., Forstenpointner, G.** 2006. The structure of the cushions in the feet of African elephants (*Loxodonta africana*). *Journal of Anatomy* 209.

**Wiley, R. H. & Richards, D. B.** 1978. Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalizations. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 3, 69-94.

**Wittmayer, G., Douglas-Hamilton, I., Getz, W.** 2005. The socioecology of elephants: analysis of the processes creating multitiered social structures. *Animal Behaviour* 69, 1357-1371.

**Wood, J. H., McCowan, B., Langbauer, W. R. Jr., Viljoen, J. J., Hart, L. A.** 2005. Classification of the African elephant (*Loxodonta africana*) rumbles using acoustic parameters and cluster analysis. *Bioacoustics* 15, 143-161.



# 8 CURRICULUM VITAE



## Ronald Lintner

---

Geburtsdatum: 14.12.1981  
Adresse: 1150 Wien, Schweglerstraße 12/15  
Telefon: 0650/8111214  
e-mail: ronald.lintner@gmx.at

### Ausbildung

1992-2000 Bundesrealgymnasium Hamerlingstraße, Linz  
Schwerpunkt: Informatik  
seit Okt. 2001 Diplomstudium Biologie/Zoologie, Wien  
seit März 2004 Mitbelegung an der Veterinärmedizinischen  
Universität, Wien

### Berufliche Tätigkeiten

Juli 2006 Tiergarten Schönbrunn, Wien  
Bioakustische Arbeitsgruppe. Auswertung von  
Datenmaterial

Juli 2004, 2005 Biologiezentrum OÖ, Linz-Dornach  
Abteilung: Entomologie. Sortierung, Etikettierung  
und Einordnung von Insektenmaterial

Juli 1999 Schuller Eh' klar St. Florian, OÖ  
Lagerarbeiter  
Juli - Aug. 2002, 2003  
Aug. - Sept. 2004, 2005  
Aug. 2006

Okt. - Dez. 2000

C&A Enns, OÖ  
Lagerarbeiter

Juli 1998

Bauabteilung Stadtgemeinde Enns, OÖ  
Vermessungstechniker

### **Sprachkenntnisse**

Deutsch (Muttersprache)  
Englisch (fließend in Wort und Schrift)

### **EDV - Kenntnisse**

Microsoft Office, SPSS, STX, Adobe Audition,  
Pascal  
Visual Basic

### **Konferenzen, Seminare und Workshops**

Symposium des Departments für Evolutionsbiologie, Wien, 27. Sept. 2006.  
Int. Elephant Conservation and Research Symposium, Gilleleje, Denmark, 21-22 Okt. 2006  
Workshop Präsentationstechniken, Wien

### **Publikationen**

Lintner R., Stoeger-Horwath, A. S., Schwammer H. M. & Kratochvil, H. Rumble: Klassifizierung und individuelle Unterschiede. Abstract für das Symposium des Departments für Evolutionsbiologie, Wien, Sept. 27, 2006.

Lintner R., Stoeger-Horwath, A. S., Schwammer H. M. & Kratochvil, H. Sound invention in African elephants. Proceedings of the International Elephant conservation and research symposium, Gilleleje, Denmark, Oct. 21-22, 2006.

### **Poster**

Lintner R., Stoeger-Horwath, A. S., Schwammer H. M. & Kratochvil, H. Sound invention in African elephants. Proceedings of the International Elephant conservation and research symposium, Gilleleje, Denmark, Oct. 21-22, 2006.