



**Die Gesangsdiversität und Taxonomie der Schopfgibbons
(Gattung *Nomascus*)
im zentralen Ostkambodscha**

Diplomarbeit

am Geographischen Institut
der Universität Zürich

Simon Fuchs

Betreuung:

Dr. Thomas Geissmann, Anthropologisches Institut Universität Zürich

Fakultätsvertreter:

Prof. Dr. Robert Weibel, Geographisches Institut Universität Zürich

März 2012

Danksagung

Der grösste Dank richtet sich an Dr. Thomas Geissmann für seine jederzeit zuvorkommende und brillante Betreuung dieser Arbeit. Er half mir beim Finden eines Themas für meine Diplomarbeit und steckte mich mit seinem „Gibbonvirus“ an. Zudem unterstützte er mich jederzeit während der Durchführung meiner Arbeit und stand stets helfend mit Rat und Tat zur Seite. Zusätzlich danke ich ihm für die Geduld, die er mit mir hatte und für das sorgfältige Überarbeiten meines Manuskriptes.

Ebenfalls zu grossem Dank verpflichtet bin ich gegenüber Professor Dr. Robert Weibel. Dank ihm erhielt ich überhaupt die Möglichkeit, diese Arbeit durchführen und ein für mich einmaliges Projekt zu erleben. Auch er stand mir mit Rat und Tat zur Seite. Zudem stellte er mir einen Arbeitsplatz zur Verfügung und auch er verfügte über bemerkenswerte Geduld mit mir.

Ebenfalls Dank gilt Magister Ronald Schmidt, der mich freundlicherweise in sein Büro aufnahm und mir eine grosse Hilfe war bei der GIS-Arbeit.

Einige Leute haben grossen Anteil daran, dass ich meine Feldarbeit in Kambodscha durchführen konnte. Hier bedanke ich mich von Herzen bei Kannitha Lim, für die keine Anstrengung zu gross war, um mir bei meiner Arbeit zu helfen und mir auch die Schönheiten ihres Landes zu zeigen. Ich werde sie immer in meinem Herzen tragen.

Zudem danke ich allen Mitarbeitern von Wildlife Conservation Society (WCS) Cambodia, und von Flora and Fauna International (FFI) Cambodia für die Unterstützung und Hilfe bei der Durchführung meiner Feldforschung, vor allem Phan Channa. Zudem danke ich meinen Übersetzern vor Ort, Kaylan und Ketia. Eine sehr grosse Hilfe waren während meiner Feldaufenthalte auch die verschiedenen Ranger, welche mir halfen, mich im Wald zurechtzufinden und die Hilfestellung boten auf den Hörposten und beim täglichen Leben im Wald.

Ein grosser Dank gilt auch den Provinzregierungen von Rattanakiri und von Mondulikiri, die mir ohne grosse Probleme die Bewilligungen für eine Studie in ihren Wäldern genehmigt haben.

Auch allen Bewohnern in den verschiedenen Dörfern, in denen ich während meiner Reisen Unterschlupf gefunden habe, gebührt ein Dankeschön.

Die grosszügige Unterstützung der Georges und Antoine Claraz-Schenkung war mir eine grosse Hilfe.

Zudem wurde die Feldarbeit unterstützt durch die Kommission für Reisestipendien der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT+). Vielen Dank.

Ein spezieller Dank richtet sich noch an meine Familie sowie an Sofia Antoniadis für die Hilfe beim Layout und für die Geduld und die Aufbauarbeit an schlechten Tagen.

Zusammenfassung

Die artspezifischen Gesänge der Gibbons (Familie Hylobatidae) sind weitgehend vererbt und eignen sich daher gut, um die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den einzelnen Gibbonpopulationen aufzuklären und die Stammesgeschichte der Gibbons zu rekonstruieren. Die Systematik der Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*) in den drei Ländern Laos, Vietnam und Kambodscha hat sich im Verlaufe dieser Arbeit durch die Arbeit von Thinh et al. (2010) weitgehend aufgeklärt. Das Gebiet zwischen den Verbreitungsgebieten von *N. siki* im Norden und *N. gabriellae* im Süden, in welchen Geissmann et al. (2000) und Konrad (2004) ein neues Taxon oder eine grosse Hybridzone vermuteten, wurde von Thinh et al. (2010) als Gebiet bestätigt, in welchem ein neues Taxon, *N. annamensis*, vorkommt. In dieser Studie wurde die Gesangsdiversität verschiedener wild lebender Schopfgibbonpopulationen in Kambodscha und einer Population aus Vietnam untersucht, um die verwandtschaftlichen Beziehungen zu überprüfen und die Resultate der Arbeit von Thinh et al. (2010) zu bestätigen.

Es wurden Gesangsaufnahmen aus dem Gebiet des Phnom Preech Wildlife Sanctuary gemacht und in mehreren Aufenthalten aufgezeigt, dass es im Lomphat Wildlife Sanctuary keine Gibbons mehr gibt. Zusätzliche Gesangsaufnahmen wurden von Dr. Thomas Geissmann zur Verfügung gestellt aus den Gebieten der Samling Logging Concession im Süden der Provinz Mondulkiri, aus der Poey Kommune und aus dem Virachey National Park, beide aus der Provinz Rattanakiri, sowie aus dem Bach Ma National Park aus den Provinzen Thua Thian Hue und Quang Nam in Zentralvietnam.

Die Tonaufnahmen wurden am Computer digitalisiert und sonographisch dargestellt. Die Stichprobe umfasste Gesänge von 48 verschiedenen Gibbongruppen (41 Duette und 7 Sologesänge). Davon wurden 431 weibliche Great Calls von 82 unterschiedlichen Weibchen und 1091 männliche Strophen (319 davon Codas) von 39 verschiedenen Männchen analysiert. Dies ergab einen Durchschnitt von 5,26 Great Calls pro Weibchen und 11,61 Strophen pro männlichen Gibbon (3,39 davon Codas). Anhand der Sonagramme wurden 57 Variablen definiert, die Zeit- und/oder Frequenzmesswerte sowie einige qualitative Parameter enthielten. Anhand von Diskriminanzanalysen wurden diejenigen Variablen eruiert, welche am stärksten zur

Unterscheidung der Gibbonpopulationen beitragen, und zudem wurde das Ausmass zwischen den Populationen beurteilt.

Mittels Diskriminanzanalysen konnte eine gute Trennung der einzelnen Gebiete, und vor allem eine gute Trennung zwischen den südlichen *N. gabriellae*-Gebieten und den nördlichen *N. annamensis*-Gebieten aufgezeigt werden. Die Variabilität bei den Proben aus Bach Ma war geringer als bei den anderen Gebieten. Und bei den Gebieten aus dem Nordosten von Kambodscha zeigte sich die grösste Variabilität.

Die Resultate dieser Studie zeigen ein weiteres Mal, dass sowohl zwischen als auch innerhalb verschiedener Schopfgibbon-Populationen in Kambodscha eine beträchtliche Gesangsdiversität besteht. Die Populationen aus Samling und Phnom Preech zeigen sehr gute Ähnlichkeiten mit den für *N. gabriellae* beschriebenen Gesangseigenschaften auf. Die übrigen Populationen wiesen grösstenteils eine gute Übereinstimmung mit den für *N. annamensis* beschriebenen Gesangseigenschaften auf. Die Grenze zwischen den beiden Taxa liegt somit zwischen dem Gebiet von Phnom Preech im Süden und dem Gebiet des Virachey National Park im Norden. Die von Thinh et al. (2010) festgelegte Taxogrenze (der Fluss Srepok) scheint die logische Barriere zu sein, allerdings kann aufgrund fehlender Daten in diesem Gebiet keine exakte Aussage gemacht werden und es besteht weiterhin auch die Möglichkeit, dass der Trockenwald Zentralkambodschas als Trennlinie gilt.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Zusammenfassung	II
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
1. Einführung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Projektbeschreibung und Ziele	1
1.3 Begriffserklärung	2
1.3.1 Gesang der Schopfgibbons	2
1.3.2 Diversität	3
1.3.3 Taxonomie	3
1.3.4 Taxonomie in der Biologie	3
1.3.4 Schopfgibbons (<i>Nomascus</i>)	4
1.3.5 Zentrales Ostkambodscha	4
1.4 Gibbon Systematik	5
1.5 Der Gebrauch der Gibbongesänge für die Gibbonsystematik	7
1.6 Schopfgibbons (Genus <i>Nomascus</i>)	9
2. Material und Methoden	11
2.1 Methoden der Feldarbeit	11
2.1.1 Zeitplan der Feldarbeit	11
2.1.2 Aufnahmegebiete	12
2.1.3 Tonaufnahmen in freier Natur	19
2.1.4 Aufnahmeequipment	23
2.2 Akustische Fachbegriffe und Gesangsstruktur der Schopfgibbons	23
2.2.1 Akustische Fachbegriffe	23
2.2.2 Die <i>Nomascus</i> Gesangsstruktur	24
2.2.3 Vergleich der Gesangsstruktur zwischen <i>N. gabriellae</i> und <i>N. annamensis</i>	27
2.3 Material: Die Bandaufnahmen	29
2.3.1 Probenumfang der aufgenommenen Gibbon Gesänge	29
2.3.2 Selektion und Klassifikation der Aufnahmen	29
2.3.3 Auswahl der in die Analyse einflussenden Gesänge	31
2.4 Equipment für die Gesangsanalyse	33
2.5 Messprozedur	33
2.5.1 Der multimodulierte Satz des Männchens	34
2.5.2 Der Great Call des Weibchens	34
2.6 Gesangsvariablen	35
2.7 Vergleich von mehreren unabhängigen Proben	35

2.8 Untergruppen der Variablen _____	36
2.8.1 Selektion der Variablen nach Kruskal-Wallis _____	36
2.8.2 Selektion der Variablen durch multivariate Analyse _____	37
2.9 Vor der Analyse angenommene Gesangsunterschiede zwischen <i>N. leucogenys</i> , <i>N. annamensis</i> und <i>N. gabriellae</i> _____	40
2.10 Die multivariate Analyse _____	42
3. Resultate _____	45
3.1 Gesangsunterschiede zwischen <i>N. siki</i> , <i>N. annamensis</i> und <i>N. gabriellae</i> _____	45
3.1.1 Gesang der Männchen _____	45
3.1.2 Gesang des Weibchens _____	46
3.1.3 Überblick _____	51
3.2 Multivariate Analyse _____	52
3.2.1 In die Analyse einflussende Variablen _____	53
3.2.2 Die Wirksamkeit der Diskriminanzfunktionen _____	60
3.2.3 Die Resultate der Klassifikation _____	64
3.2.4 Variabilität in der Gesangscharakteristik innerhalb der Populationen _____	71
4 Diskussion _____	78
4.1 Gesangsdiversität _____	78
4.1.1 Südostkambodscha (Samling) _____	79
4.1.2 Phnom Preech (Laoka / Mechung) _____	79
4.1.3 Nordostkambodscha (Veunsai, Taveng, Poey) _____	79
4.1.4 Zentralvietnam (Bach Ma) _____	80
4.2 Taxon-spezifische Gesangscharakteristik _____	80
4.3 Geographische Distanz gegenüber vokaler Distanz _____	86
4.4 Implikationen für Gibbontaxa und Hybridisation _____	89
4.4.1 Samling _____	89
4.4.2 Phnom Preech _____	89
4.4.3 Lomphat _____	89
4.4.4 Poey _____	90
4.4.5 Virachey (Taveng und Veunsai) _____	90
4.4.6 Mögliche Taxongrenzen _____	91
4.4.7 Das grössere Bild _____	92
4.5 Signifikanzlimiten _____	92
4.6 Schlussfolgerungen _____	93
6. Literaturverzeichnis _____	94
10. Anhang _____	101
10.1 Name und Erklärung der benutzten Variablen _____	101
10.2 Akkustische Begriffe, welche für die Variabledefinitionen gebraucht werden _____	103
10.3 Definitionen der Notentypen, Notenteile, Ankerpunkte und Tangenten _____	105
10.3.1 Die erste Note der multi-modulierten Strophe des Männchens _____	105

VI Die Gesangsdiversität und Taxonomie der Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*) im
zentralen Ostkambodscha.

10.3.2 Der zweite Teil der multi-modulierten Strophe des Männchens _____	106
10.3.3 Der weibliche Great Call _____	107
10.4 Bestimmung der Variablen in den Sonagrammen _____	109
10.4.1 Die erste Note des männlichen multi-modulierten Satzes _____	109
10.4.2 Die zweite Note des männlichen multi-modulierten Satzes _____	110
10.4.3 Der weibliche Great Call Satz _____	111
10.5 Sonagramm _____	112
10.5.1 Sonagraphischer Ausschnitt einer Gesangsperiode _____	112
10.5.2 Great Call und Coda _____	118

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ostkambodscha mit den Untersuchungsgebieten der vorliegenden Studie	5
Abbildung 2:	Verbreitungsgebiete der verschiedenen Gibbongattungen (Geissmann, 1995).....	6
Abbildung 3:	Ein <i>Nomascus gabriellae</i> -Weibchen in Gefangenschaft.....	9
Abbildung 4:	Verbreitungsgebiet der verschiedenen Schopfgibbonarten (Thinh et al., 2010).....	10
Abbildung 5:	Das Gebiet der Samling Logging Concession liegt im Süden Ostkambodschas	12
Abbildung 6:	Der Ausblick von einem Hörposten im Phnom Preech Wildlife Sanctuary.....	13
Abbildung 7:	Das Phnom Preech Wildlife Sanctuary liegt in Zentralmondulkiri, nordwestlich von Senmonorom.....	14
Abbildung 8:	Der Srepok ist der Fluss, welcher die Nordgrenze des Lomphat Wildlife Sanctuary bildet.	15
Abbildung 9:	Das Lomphat Wildlife Sanctuary liegt im Norden der Provinz Mondulkiri, an der Grenze zur Provinz Ratanakiri. Auf dieser Karte sind die Hörposten aufgezeichnet, die während meines Aufenthalts benutzt wurden.....	15
Abbildung 10:	Der Virachey Nationalpark liegt im Norden Kambodschas und wird im Norden durch die Grenze zu Laos und im Osten durch die Grenze zu Vietnam begrenzt.....	17
Abbildung 11:	Der Bach Ma Nationalpark liegt in Zentralvietnam zwischen den Städten Hue und Da Nang.....	18
Abbildung 12:	Kannitha Lim auf einem Hörposten.....	20
Abbildung 13:	Sonagramme (nur die Hauptfrequenzen)	26
Abbildung 14:	6er MA	67
Abbildung 15:	6er NEV.....	68
Abbildung 16:	7er MA	69
Abbildung 17:	7er WL	70
Abbildung 18:	Residuendiagramm mit den vokalen Distanzen zwischen den einzelnen Untersuchungsgebieten und den Residuen mit	

	Selektionskriterium RV zu Selektionskriterium WL bei einer Einteilung in sechs Gebiete.....	77
Abbildung 19:	Residuendiagramm mit den vokalen Distanzen zwischen den einzelnen Untersuchungsgebieten	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Taxonomie in der Biologie am Beispiel Gelbwangenschopfgibbon.....	3
Tabelle 2:	Gibbongattungen	7
Tabelle 3:	Zeitaufwand, aufgeschlüsselt nach den unterschiedlichen Aktivitäten, während meines Aufenthaltes in Kambodscha (15. 01. – 18. 03. 2008).....	11
Tabelle 4:	Auflistung der Lokalitäten, Koordinaten, Informationen über die Gibbondichte, Aufnahmedaten und Aufnahmepersonen.....	19
Tabelle 5:	Aufnahmezeiten der Aufnahmen, welche im Phnom Preech Wildlife Sanctuary aufgenommen wurden im Zeitraum vom 20. Januar bis zum 3. Februar 2008.....	21
Tabelle 6:	Liste vorgeschlagener Unterschiede in der Gesangsdaten (bezeichnet A bis H) zwischen drei <i>Nomascus</i> Arten nach Geissmann et al., 2000, p. 45ff und Thinh et al., 2010.....	28
Tabelle 7:	Auflistung der aufgenommenen und analysierten Gesänge, ihre geographische Herkunft, ihr Typus und die für die einzelnen Gebiete angenommenen Taxa.	30
Tabelle 8:	Ausgewertete Gesangsteile mit jeweiliger Orts- und Gruppenangabe.....	32
Tabelle 9:	Spektrogrammbildvoreinstellungen der Sonogramme	33
Tabelle 10:	Das KW-Set: Variablen mit asymptotischer Signifikanz ≤ 0.05	37
Tabelle 11:	Einteilung der Populationen zu den Gebieten in den einzelnen Sets.....	38
Tabelle 12:	Auflistung der Variablen, welche bei den verschiedenen Selektionsmethoden und der Aufteilung in sechs und sieben Gebiete der Selektionierung entsprechen.....	39
Tabelle 13:	Unterschiede im multi-modulierten Satz in Bezug auf den Beginn der ersten Note.....	47
Tabelle 14:	Unterschiede im multi-modulierten Satz in Bezug auf die Dauer der Rollen.....	47
Tabelle 15:	Unterschiede im multi-modulierten Satz in Bezug auf den Endteil.....	48

Tabelle 16: Unterschiede im multi-modulierten Satz in Bezug auf den Frequenzbereich	48
Tabelle 17: Unterschiede im Great Call in Bezug auf die Anzahl Noten.....	49
Tabelle 18: Unterschiede im Great Call in Bezug auf die Startfrequenzen	49
Tabelle 19: Unterschiede im Great Call in Bezug auf den Oo-Teil.	49
Tabelle 20: Unterschiede im Great Call in Bezug auf den Abstand zwischen den Noten.....	50
Tabelle 21: Unterschiede im Great Call in Bezug auf den Frequenzbereich.....	50
Tabelle 22: Variablen, die in die Analyse eingeflossen sind beim Set DA 2er Nord mit KD und KK.....	54
Tabelle 23: Variablen die in die Analyse eingeflossen sind beim Set DA 2er Sued mit KD und KK	55
Tabelle 24: Variablen, die in die Analyse eingeflossen sind beim Set DA 6er mit KD und KK.....	56
Tabelle 25: Variablen, die in die Analyse eingeflossen sind beim Set DA 7er mit KD und KK.....	57
Tabelle 26: In die Diskriminanzanalyse einflussende Variablen	58
Tabelle 27: Klassierung, Eigenwert, Varianz und Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden beim Set 2er DA_Nord	61
Tabelle 28: Klassierung, Eigenwert, Varianz und Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden beim Set 2er DA_Sued.....	61
Tabelle 29: Klassierung, Eigenwert, Varianz und Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden beim Set 6er DA	61
Tabelle 30: Klassierung, Eigenwert, Varianz und Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden beim Set 7er DA	62
Tabelle 31: 6er DA NEV: Klassierungsergebnisse	64
Tabelle 32: 6erDA MA: Klassierungsergebnisse	65
Tabelle 33: 7er DA WL: Klassierungsergebnisse	65
Tabelle 34: 7er DA MA: Klassierungsergebnisse	66
Tabelle 35: Standardfehler der einzelnen Populationen zum jeweiligen Gruppenzentroid mit den verschiedenen Selektionskriterien.....	71

Tabelle 36: Geographischer Abstand zwischen den Untersuchungsgebieten, eingeteilt in sieben Gebiete.....	73
Tabelle 37: Geographischer Abstand zwischen den Untersuchungsgebieten, eingeteilt in sechs Gebiete.....	73
Tabelle 38: Vokale Distanz, eingeteilt in sieben Gebiete mit Selektionskriterium RV	73
Tabelle 39: Vokale Distanz, eingeteilt in sieben Gebiete mit Selektionskriterium WL.....	74
Tabelle 40: Vokale Distanz, eingeteilt in sechs Gebiete mit Selektionskriterium MA.....	74
Tabelle 41: Vokale Distanz, eingeteilt in sechs Gebiete mit Selektionskriterium WL.....	74
Tabelle 42: Prozentualer Anteil an der geographischen Distanz, eingeteilt in sieben Gebiete	75
Tabelle 43: Prozentualer Anteil an der vokalen Distanz, eingeteilt in sieben Gebiete	75
Tabelle 44: Prozentualer Anteil an der geographischen Distanz, eingeteilt in sechs Gebiete.....	75
Tabelle 45: Prozentualer Anteil an der vokalen Distanz, eingeteilt in sechs Gebiete.....	76

1. Einführung

1.1 Motivation

Zu Beginn meiner Arbeit lag eine Studie vor, welche aufzeigte, dass in Ost-Kambodscha nicht nur Gelbwangenschopfgibbons (*N. gabriellae*) verbreitet sind, sondern dass sie im Norden des Landes durch den Südlichen Weisswangengibbon (*N. siki*) abgelöst werden (Konrad und Geissmann, 2006), dessen südlichste Verbreitung ursprünglich viel weiter nördlich in Laos gewährt wurde (Geissmann, 1995; Geissmann et al., 2000).

Thinh et al. (2010) stellten dann fest, dass es zwischen *N. siki* im Norden und *N. gabriellae* im Süden ein weiteres Taxa gibt, *N. annamensis*. Ebenfalls legte Thinh et al. klare Grenzen zwischen den einzelnen Taxa fest. Somit wurde ein neues Ziel für die vorliegende Arbeit angestrebt. Es galt darum, die von Thinh et al. festgelegten Grenzen zwischen *N. gabriellae* und *N. annamensis* mit den zur Verfügung stehenden Aufnahmen zu bestätigen oder unter Umständen neue Grenzen zu bestimmen. *N. gabriellae* gilt laut der roten Liste der IUCN als gefährdet (vulnerable) (IUCN, 2011). Um den Schutz dieser wundervollen Tiere zu gewährleisten, ist es nötig zu wissen, wo und wie viele Gibbons noch in der freien Natur leben. Denn schon 2003 erklärten Geissmann et al., dass in Vietnam *N. gabriellae* in 33 % seiner historisch belegten Lokalität ausgestorben ist. Durch die Zerstörung des Lebensraumes der Gibbons (Abholzung, Bevölkerungsdruck, etc.) hat sich das Problem in den letzten Jahren noch verschärft.

1.2 Projektbeschreibung und Ziele

In Ostkambodscha sind zwei Gibbonarten bekannt, der südliche und der nördliche Gelbwangen-Schopfgibbon, im folgenden mit ihren wissenschaftlichen Namen als *Nomascus gabriellae* und *N. annamensis* bezeichnet. Im Verlauf dieser Studie sollten Tonaufnahmen der Gesänge von Schopfgibbons in verschiedenen Waldgebieten Ostkambodschas gemacht werden, um diese zusammen mit bereits existierenden Aufnahmen aus diesem Gebiet am Computer zu analysieren.

Das Ziel der Untersuchung besteht darin, folgende Fragen zu beantworten:

- (1) Welche gesanglichen Unterschiede bestehen zwischen den untersuchten Gibbonpopulationen?
- (2) Ändern sich die Gesangsmerkmale von Süden nach Norden graduell oder kann eine Region identifiziert werden, in der sich die Merkmale sprunghaft ändern?
- (3) In letzterem Fall dürfte es sich um die Verbreitungsgrenze zwischen *N. gabriellae* und dem nördlich davon vorkommenden Taxon *N. annamensis* handeln. Wo verläuft diese Grenze und welche geophysikalischen Elemente könnten zur genetischen Isolation der beiden Taxa beigetragen haben?

Im Feldeinsatz sollten mindestens vier Lokalitäten besucht werden. An diesen Lokalitäten sollten so viele Tonaufnahmen wie möglich gemacht werden, um für die Analyse eine möglichst gute Stichprobe mehrerer Individuen zur Verfügung zu haben. Es wäre von besonderem Vorteil, wenn auch Tonaufnahmen in der Nähe der Typuslokalität von *N. gabriellae* gemacht werden könnten, um diese dann sozusagen als Standard-Stichprobe für dieses Taxon zu verwenden.

Zudem werden bereits vorhandene Aufnahmen von anderen Forschern als Vergleich und zur Ausarbeitung in einem GIS (Geographisches Informationssystem) hinzugezogen.

GIS

In einem GIS sollen sodann die einzelnen Verbreitungsgebiete von *N. gabriellae* so gut als möglich dargestellt werden.

1.3 Begriffserklärung

Als Einführung in die vorliegende Arbeit werden zuerst die Begriffe erklärt, welche im Titel der Arbeit vorkommen

1.3.1 Gesang der Schopfgibbons

Der Aufbau des Schopfgibbongesanges wurde mehrfach beschrieben (Deputte, 1982; Haimoff, 1984; Schilling, 1984). Der Gesang umfasst die aufeinander folgenden Gesangsäußerungen eines oder mehrerer Tiere mit kurzen dazwischen liegenden Pausen. Zwei Gesänge werden als getrennt betrachtet, wenn zwischen zwei Strophen ein arbiträr definiertes Intervall von mehr als zehn Minuten liegt (Haimoff, 1984). Koordinieren ein Männchen und ein Weibchen beim Gesang ihre Vokalisationen,

wird er als Duettgesang bezeichnet. Die Strophen können dabei in einer zeitlichen und/oder motivlichen Abhängigkeit zueinander stehen (Geissmann, 2002).

1.3.2 Diversität

Unter Diversität versteht man Vielfalt, Vielfältigkeit. Das Wort stammt ab vom lateinischen Wort *diversitas*. (Duden; 2009)

1.3.3 Taxonomie

Eine Taxonomie (altgr. *táxis* ‚Ordnung‘ und *nómos* ‚Gesetz‘) oder Klassifikationsschema ist ein einheitliches Verfahren oder ein Modell, um Objekte eines gewissen Bereichs, ggf. unter Zuhilfenahme eines Klassifikationsinstruments, nach bestimmten Kriterien zu klassifizieren, das heißt, sie in bestimmte Kategorien oder Klassen (auch Taxa genannt) einzuordnen. (Koschnick; 1993)

1.3.4 Taxonomie in der Biologie

Die Taxonomie ist ein Teilgebiet der Biologie, das die verwandtschaftlichen Beziehungen von Lebewesen in einem hierarchischen System erfasst. (Tabelle 1) In der Biologie erfolgt diese Einteilung traditionell einer Systematik.

Tabelle 1

Taxonomie in der Biologie am Beispiel Gelbwangenschopfgibbon.

Deutsch	Latein bzw. Altgriechisch	Beispiel
Reich	Regnum	Vielzellige Tiere (Metazoa)
Abteilung/Stamm	Divisio	Gewebetiere (Eumetazoa)
Stamm	Phylum	Chordatiere (Chordata)
Unterstamm	Subphylum	Wirbeltiere (Vertebrata)
Überklasse	Superclassis	Kiefermäuler (Gnathostomata)
Reihe	Series	Landwirbeltiere (Tetrapoda)
Klasse	Classis	Säugetiere (Mammalia)
Unterklasse	Subclassis	Höhere Säugetiere/ Plazentatiere

Überordnung	Superordo	(Eutheria/Plazentalia) (Euarchontoglires)
Ordnung	Ordo	Primaten (Primates)
Unterordnung	Subordo	Trockennasenaffen (Haplorhini)
Teilordnung	Parsordo	Altweltaffen (Catarrhini)
Überfamilie	Superfamilia	Menschenartige (Hominoidea)
Familie	Familia	Gibbons (Hylobatidae)
Gattung	Genus	Schopfgibbons (<i>Nomascus</i>)
Art	Species	Gelbwangen-Schopfgibbon (<i>Nomascus gabriellae</i>)
Unterart	Subspecies	

1.3.4 Schopfgibbons (*Nomascus*)

Da die Schopfgibbons das zentrale Thema dieser Arbeit sind, werden sie in einem eigenen Kapitel (Kapitel 1.6) genauer erklärt.

1.3.5 Zentrales Ostkambodscha

Als Ostkambodscha gelten die Gebiete östlich des Mekong. Es sind dies die zwei Provinzen Mondulkiri und Rattanakiri sowie Teile der Provinzen Kratie und Stung Treng. Als zentrales Ostkambodscha wird das Grenzgebiet zwischen Mondulkiri und Rattanakiri bezeichnet, ungefähr von 12° 30' Nördliche Breite bis 14° Nördliche Breite (siehe Abb. 1).



Abbildung 1: Ostkambodscha mit den Untersuchungsgebieten der vorliegenden Studie.

1.4 Gibbon Systematik

Die *Gibbons* oder *Kleinen Menschenaffen* (Familie Hylobatidae) sind die arten- und zahlreichste Gruppe der *Menschenaffen* (Hominoidea), mit Ausnahme der Gattung *Homo*. Sie sind in den Regenwäldern Südostasiens (Abb. 2) verbreitet (Chivers, 1977; Geissmann, 1995a; Marshall & Sugardjito, 1986) und leben in kleinen monogamen Familiengruppen, bestehend aus einem erwachsenen Paar und ein bis drei Jungtieren. Diese Familiengruppen erheben durch lange, laute Morgengesänge exklusiven Anspruch auf ein Territorium von 20 – 40 ha (Chivers, 2001; Geissmann, 2003b; Leighton, 1987).



Abbildung 2: Verbreitungsgebiete der verschiedenen Gibbongattungen (Geissmann, 1995).

Die einzelnen Gattungen (Tabelle 2) unterscheiden sich in Chromosomenzahl, Schädelform und teilweise in der Körpergröße. Die Anatomie ist hochspezialisiert, aber sehr einheitlich. Bei einzelnen Arten zeigt sich eine ausgeprägte geschlechtsdichrome Färbung und die Tiere machen in der Ontogenese starke Farbwechsel durch. Daher braucht es für eine zuverlässige Artbestimmung Tonaufnahmen der Territorialgesänge, oder gefangen genommene Tiere. (Geissmann, 2003b)

Tabelle 2

Gibbonsystematik (nach Geissmann; 1995)

Genera (und diploide Chromosomenzahl)	Gibbonarten	Deutsch
Hylobates (44)	<i>H. agilis</i>	Schwarzhandgibbon
	<i>H. albibarbis</i>	Weissbartgibbon
	<i>H. lar</i>	Lar, Weisshandgibbon
	<i>H. muelleri</i>	Grauer Gibbon, Borneo-Gibbon
	<i>H. klossii</i>	Kloss-Gibbon
	<i>H. moloch</i>	Silbergibbon, Java-Gibbon
	<i>H. pileatus</i>	Kappengibbon
Hoolock (38)	<i>H. hoolock</i>	Westlicher Hulock
	<i>H. leuconedys</i>	Östlicher Hulock
Symphalangus (50)	<i>S. syndactylus</i>	Siamang
Nomascus (52)	<i>N. leucogenys</i>	Nördlicher Weisswangen-Schopfgibbon
	<i>N. annamensis</i>	Nördlicher Geldwangen-Schopfgibbon
	<i>N. siki</i>	Südlicher Weisswangen-Schopfgibbon
	<i>N. gabriellae</i>	Südlicher Gelbwangen-Schopfgibbon
	<i>N. concolor</i>	Schwarzer Schopfgibbon
	<i>N. hainanus</i>	Hainan-Schopfgibbon
	<i>N. nasutus</i>	Cao-Vit-Schopfgibbon

Die Gesänge von *Schopfgibbon*paaren sind, verglichen mit denen anderer *Gibbon*arten, besonders stereotyp organisiert. Dadurch lassen sich Unterschiede zwischen den einzelnen Arten, Unterarten oder Populationen durch Vergleichen der Gesänge sehr gut aufzeigen.

1.5 Der Gebrauch der Gibbongesänge für die Gibbonsystematik

Gibbons produzieren lange, laute Gesänge aus stereotypen Mustern, die in der Regel 10 – 20 Minuten dauern, und dazu dienen ihr Wohngebiet zu „markieren“ (Geissmann, 1993, 1995a, 2002a; Haimoff, 1984a; Marshall & Marshall, 1976). Die meisten Arten zeigen Duettgesänge. Beim Duettgesang singen Männchen und Weibchen gemeinsam zeitlich und/oder motivlich aufeinander abgestimmte Strophen, das heisst, sie koordinieren ihre unterschiedlichen Strophen nach einem festen Muster. Daneben produzieren die meisten Arten zusätzlich Sologesänge. Die Sologesänge dienen vermutlich vor allem dem Verteidigen von Ressourcen (Territorium, Partner,

Futter) und der Partnersuche. Den Duettgesängen dürften auch noch andere Funktionen zukommen. Bei einfachen Duetten, wie bei der Gattung *Nomascus*, sind partnerbewachende und paar-anzeigende Funktionen wahrscheinlich, während bei den komplexeren Duetten (von *Symphalangus*) auch paar-bindende Funktionen involviert sein dürften (Geissmann 1999; Geissmann & Orgeldinger, 2000).

Die Gibbongesänge weisen artspezifische Unterschiede auf (Geissmann, 1993; Haimoff, 1984; Marshall & Marshall, 1976). Bereits früh wurde vermutet, dass die typischen, art-spezifischen Strukturen der Gibbongesänge nicht gelernt, sondern vererbt werden (Boutan, 1913; Carpenter, 1940; Marler, 1977).

Später wurde diese Ansicht unterstützt durch Studien der vokalen Strukturen von Hybrid-Gibbons, welche entweder in Gefangenschaft oder in natürlicher Umgebung in Gebieten mit zwischenspezifischer Hybridisation erforscht wurden (Brockelmann & Schilling, 1984; Geissmann, 1984, 1993, 2000; Marshall & Sugardjito, 1986; Mather, 1992; Tenaza, 1985). Diese Studien zeigten, dass Hybride der Gattung *Hylobates* ein hybrid-spezifisches Gesangsrepertoire entwickeln und eine Gesangsstruktur, welche sich von den Strukturen beider Elternarten unterscheidet. Hybridgesänge liegen in verschiedenen Aspekten der Stimmuster zwischen den Strukturtypen der Eltern. Daraus wurde gefolgert, dass spezie-spezifische Gesangscharakteristika bei Gibbons hauptsächlich genetisch bestimmt werden.

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, dass sich die Gesänge besonders gut eignen, um die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Arten, Unterarten und lokalen Populationen der Gibbons zu untersuchen, die Verbreitung von Arten und Unterarten im Freiland zu erkennen, und Bestandesdichten und Populationsgrößen zu schätzen (Creel & Preuschoft, 1984; Brockelmann & Srikosamatara, 1993; Geissmann, 1993, 2002a; Haimoff, 1983; Haimoff et al. 1982, 1984; Marshall et al. 1984; Konrad & Geissmann, 2006). Geissmann (2002b) verglich drei verschiedene Typen von Daten (d.h. Fellfärbung, anatomische/morphologische Daten und vokale Daten) in Bezug auf ihre Relevanz für die Rekonstruktion der Gibbonphylogenie. Die vokalen Daten produzierten die verlässlichste Phylogenie, nach der Beurteilung der verschiedenen Standardmessungen, welche die „Qualität“ der phylogenetischen Bäume messen können. Der Autor schloss daraus, dass die vokalen Daten für die Rekonstruktion der Gibbonphylogenie geeigneter seien als die beiden anderen Datensets.

1.6 Schopfgibbons (Genus *Nomascus*)

Schopfgibbons werden charakterisiert durch verschiedene morphologische und anatomische Besonderheiten. Die Gewicht liegt mit 7 – 8 kg zwischen den grossen Siamangs (*Symphalangus*) und den kleinen Gibbons des Genus *Hylobates* (Geissmann, 1993). Sie zeigen einen markanten Geschlechtsdichromatismus. Die Weibchen sind gelb bis hellbraun mit schwarzem Scheitelfleck. Die Männchen hingegen sind weitgehend schwarz gefärbt (bei einigen Arten mit einem hellen Wangenfleck). Der Name Schopfgibbon kommt von den aufgestellten und verlängerten Scheitelhaaren der erwachsenen Männchen (Geissmann, 1995a). Der Schädel unterscheidet sich von den anderen Gibbonarten durch sein relativ flaches Gesichtprofil mit kaum vorstehenden Orbitalrändern.



Abbildung 3: Ein *Nomascus gabriellae*-Weibchen in Gefangenschaft.

Die *Schopfgibbons* (*Nomascus*) (Abb. 3) leben endemisch in Indochina östlich des Mekong und sind nur in Vietnam, Laos, Kambodscha und Südchina verbreitet. Am Oberlauf des Mekong in Südchina gibt es auch Schopfgibbons westlich des Mekong.

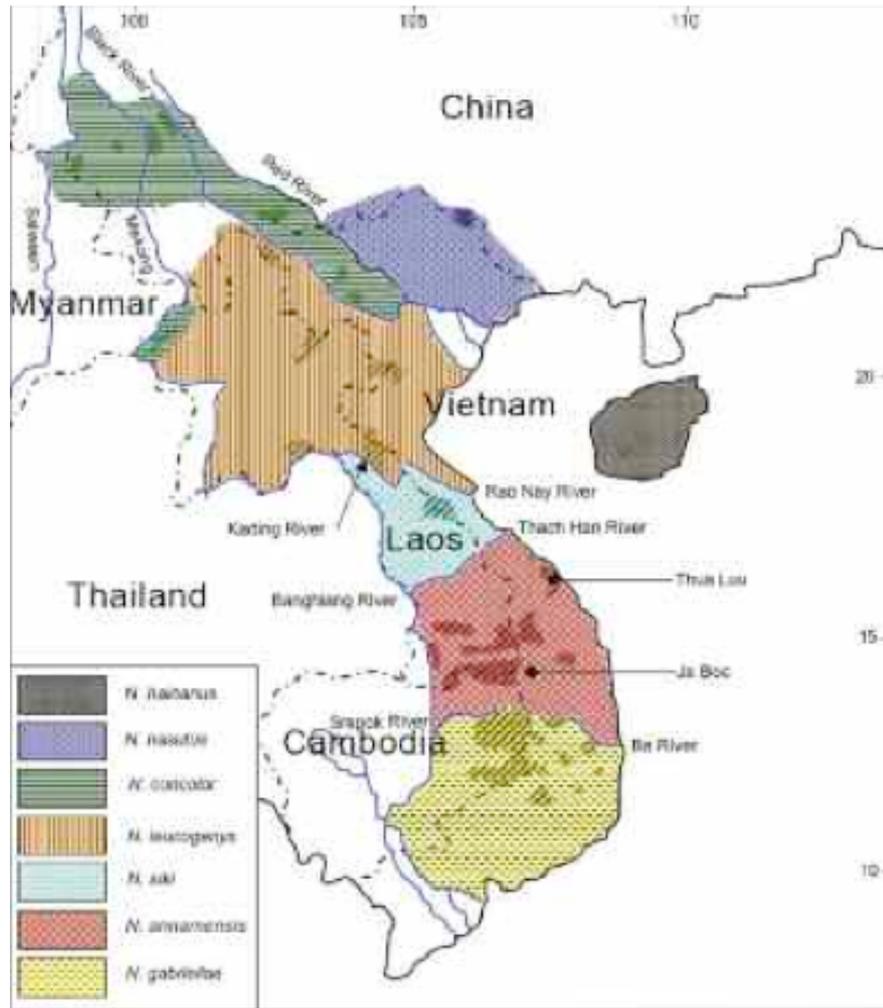


Abbildung 4: Verbreitungsgebiet der verschiedenen Schopfgibbonarten. (Thinh et al., 2010)

2. Material und Methoden

2.1 Methoden der Feldarbeit

2.1.1 Zeitplan der Feldarbeit

Um meine eigenen Aufnahmen und Daten zu beschaffen, verbrachte ich 64 Tage in Kambodscha. Die Tabelle 3 zeigt, wie viele Tage die unterschiedlichen Aktivitäten in Anspruch nahmen, die ich während meines Aufenthalts unternahm. Beinahe die Hälfte der Zeit verbrachte ich in den verschiedenen Wäldern auf der Suche nach Gibbons und mit dem Aufnehmen der Gesänge der Gibbons. Ein Viertel meines Aufenthalts musste ich in der Hauptstadt Phnom Penh verbringen. Hier bemühte ich mich um Bewilligungen für meine Reisen, suchte nach Assistenten für die Reisen, knüpfte Kontakte an die Universität, etc. Das Reisen und die Aufenthalte in den Provinzstädten benötigten den Rest meiner Zeit. Ich brauchte immer mehrere Tage um in die gewünschten Gebiete zu gelangen und in den Provinzstädten galt es dann, Proviant zu kaufen und die Mannschaft für die jeweilige Exkursion zu rekrutieren. Während des Reisens benötigte ich zudem einen Teil der Zeit mit Interviews mit der lokalen Bevölkerung. In den Befragungen der lokalen Bevölkerung ging es darum, ob jemand in der entsprechenden Region Gibbons gesehen oder gehört hatte und wenn ja, wann diese Begegnungen stattgefunden hatten und an welchen Orten.

Tabelle 3

Zeitaufwand, aufgeschlüsselt nach den unterschiedlichen Aktivitäten, während meines Aufenthaltes in Kambodscha (15. 01. – 18. 03. 2008).

Aktivität	Zeitaufwand	
	Nach Tagen	In %
Datenbeschaffung	31	48.8
Reisen	10	15.5
Hauptstadt (Phnom Penh)	16	25
Provinzstädte (Sen Monorom, Banlung, Kratie)	07	11
Total	64	100

2.1.2 Aufnahmegebiete

In diese Studie sind sechs Gebiete involviert. Es handelt sich dabei um fünf Gebiete aus Kambodscha und ein Gebiet in Vietnam. Die Gesänge dieser Studie stammen aus vier verschiedenen Gebieten in Kambodscha und aus einem Gebiet in Vietnam. In einem Gebiet in Kambodscha konnten keine Aufnahmen mehr gemacht werden. Nachfolgend werden die verschiedenen Gebiete kurz beschrieben.

Samling Logging Concession (SLC): Das Gebiet liegt im Südosten Kambodschas in den zwei Provinzen Mondulhiri und Kratie. Es liegt südlich des Phnom Preech Wildlife Sanctuary und wird im Süden von der vietnamesischen Grenze und dem Snoul Wildlife Sanctuary begrenzt. Dieses Gebiet ist ein Mosaik der verschiedensten Habitattypen und scheint reich an Wildtieren (Clements, 2003; Desai & Vuthy, 1996; Timmins & Ou Rattanak, 2001; Walston et al., 2001). Die Regenwälder in der Samling Logging Concession wurden durch Abholzung in unterschiedlichem Masse ausgebeutet. In den Anfangszeiten war die Schutzerhaltung in diesem Gebiet vor allem dem Schutz von Schlüsselspezies und dem Stopp des illegalen Holzabbaus gewidmet. Das Gebiet ist eine der Hauptflächen des „World Conservation Society“ (WCS) in Kambodscha.

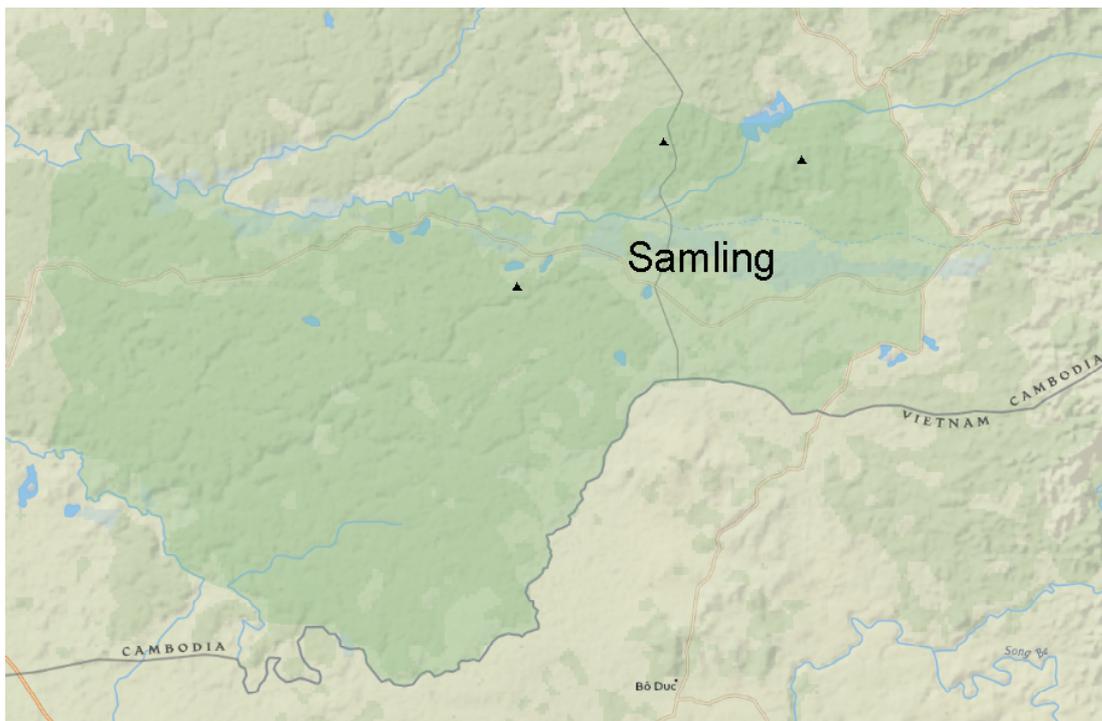


Abbildung 5: Das Gebiet der Samling Logging Concession liegt im Süden Ostkambodschas.

Das *Phnom Preech Wildlife Sanctuary (PPWS)* liegt im Westen von Mondulkiri in Ostkambodscha. Das PPWS wurde im Jahre 1993 gegründet. Die Fläche von PPWS bedeckt 2'225 km² in den Distrikten Koh Nhek und Keo Seima. Das sind mehr als 15 % der Provinz Mondulkiri. Das Gelände wird im Südosten durch größere Höhe (max. 640 m ü. M.) geprägt und fällt gegen Norden und Westen sanft ab in Höhen von 80 – 200 m ü. M. Im Tiefland gibt es einige isolierte Hügel, die wichtigsten sind Phnom Kongshal (426 m) und Phnom Ngort (413 m).

Das PPWS bildet einen Teil der größten einigermaßen ungestörten Landfläche auf dem südostasiatischen Festland und besteht aus einem verworrenen Mosaik aus laubwerfenden oder trockenen Dipterocarp Wäldern (1027 km²), immergrünem Regenwald (262 km²) und semi-immergrünem Regenwald (808 km²) (Timmins & Ou Rattanak, 2001).



Abbildung 6: Der Ausblick von einem Hörposten im Phnom Preech Wildlife Sanctuary



Abbildung 7: Das Phnom Preech Wildlife Sanctuary liegt in Zentralmondulkiri, nordwestlich von Senmonorom.

Das *Lomphat Wildlife Sanctuary (LWS)* liegt im Grenzgebiet zwischen Rattanakiri im Norden und Mondul Kiri im Süden. Lomphat ist ein Distrikt und ein Ort in Rattanakiri an den Ufern des Srepok. Der Srepok bildet die Nordgrenze des LWS. Das LWS ist 2'500 km² groß und hauptsächlich mit Grasland, Savanne und saisonalem Feuchtland bedeckt (Desai & Vuthy, 1996; Long & Swan, 2000; Long et al., 2000; Timmins & Ou Rattanak, 2001). Nur ein kleiner Teil im Südwesten ist mit Regenwald bedeckt. LWS zählt aufgrund seines Reichtums an Vogelarten zu den wichtigen Vogelgebieten in Asien. Trotz einer verhältnismäßig langen Aufenthaltsdauer konnte ich in dem kleinen Gebiet im Südwesten des LWS keine Gibbongesänge aufnehmen und wir bekamen auch keine Gibbons zu Gesicht. Und auch in den Interviews konnte die lokale Bevölkerung nur erzählen, dass es früher in diesem Wald einmal Gibbons gegeben habe, allerdings hat lange Zeit niemand der interviewten Personen Gibbongesänge gehört.



Abbildung 8: Der Srepok ist der Fluss, welcher die Nordgrenze des Lomphat Wildlife Sanctuary bildet.

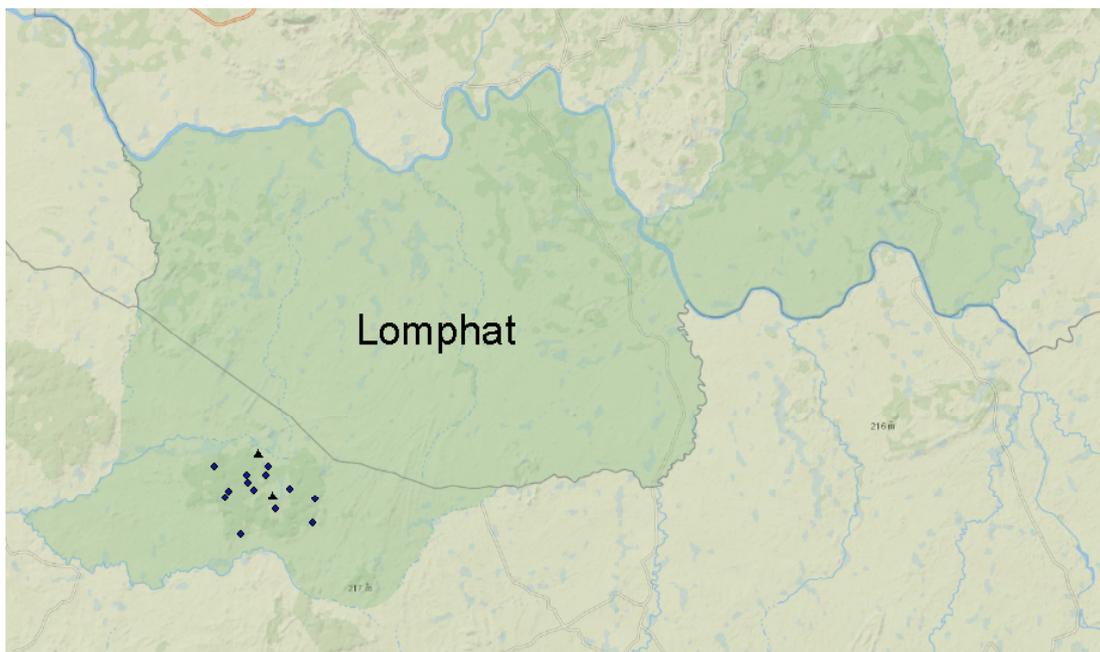


Abbildung 9: Das Lomphat Wildlife Sanctuary liegt im Norden der Provinz Mondulakiri, an der Grenze zur Provinz Ratanakir. Auf dieser Karte sind die Hörposten aufgezeichnet, die ich während meines Aufenthalts benutzte.

Poey (Zentrales Ratanakiri): Im zentralen Teil der Provinz Ratanakiri zwischen dem Fluss San im Norden und dem Fluss Srepok im Süden ist der immergrüne Regenwald stark fragmentiert und die verbleibenden Teile sind begrenzt auf die Abhänge und Kronen der Bergketten. In den meisten Gebieten, in denen ein potentiell Gibbonhabitat verblieben ist, zeigten Interviews mit der lokalen Bevölkerung, dass Gibbons seit einiger Zeit weder gesehen noch gehört worden sind, selbst an Orten, wo Gibbons früher ausgewiesen wurden.

Nur in einem Gebiet, genannt Poey Kommune (Ou Chum Distrikt), konnten aufgrund der Tipps aus der Bevölkerung Aufnahmen gemacht werden. Allerdings stammen diese Aufnahmen aus dem Jahre 2004, und es ist anzunehmen, dass in diesem Gebiet eine weitere Zerstörung des Lebensraumes stattgefunden hat.

Der *Virachey National Park (VNP)* liegt in der nordöstlichen Ecke von Kambodscha. Er wird begrenzt durch die Landesgrenzen zu den Nachbarländern Laos und Vietnam. Der Virachey NP ist der größte NP des Landes. Durch die Abgeschiedenheit und aufgrund der Geschichte (Vietnamkrieg) wurde die Natur im Virachey NP lange sich selbst überlassen und es konnten sich viele Arten, welche an anderen Orten am Aussterben sind, halten. Leider wurde aber auch im Virachey NP in den letzten Jahren vermehrt Wilderei betrieben und die illegale Holzfällerei stellt, trotz einer professionellen Führung des Parks, ebenfalls ein immer größer werdendes Problem dar (Seng, 2001).

Im Park gibt es viele unterschiedliche Lebensräume, wie Bambus-, Nadel-, semi-immergrünen Regen- und trockene Fruchtlügelgewächswälder. Den größten Anteil nimmt aber der tropische immergrüne Regenwald ein, hauptsächlich noch im ursprünglichen Zustand.

Es wurden Aufnahmen aus zwei unterschiedlichen Gebieten des Virachey NP untersucht und die beiden Gebiete auch als eigenständige Populationen betrachtet. Im Westen gibt es Aufnahmen aus dem Veunsai Distrikt und im Osten aus dem Taveng Distrikt. Die Dichte an Gibbons ist im Virachey NP noch relativ hoch.

Diese Gebiete werden als eigenständige Populationen betrachtet, da ich bei meiner Arbeit hauptsächlich der Arbeit von Konrad (2004) folge und auch er die Populationen getrennt betrachtete. Vielleicht scheint es künstlich und fragwürdig, mehrere Populationen aus dem gleichen Wald als eigenständig zu behandeln. Besonders da die geographische Distanz nur gering ist (42km) und sich keine nennenswer-

ten Barrieren wie breite Flüsse oder Habitat, welches nicht für Gibbons geeignet ist, zwischen den beiden Standorten befinden. Trotzdem blieben die beiden Populationen getrennt, um auch innerhalb des gleichen geographischen Gebietes Unterschiede in der Gesangsstruktur feststellen zu können.

Auch zwischen den Populationen von Virachey (Taveng und Veunsai) und den Populationen aus Poey liegt keine große geographische Distanz (33 resp. 40 km). Hier liegt allerdings der Fluss San dazwischen. Dieser Fluss ist von der Breite her (ca. 15 m, geschätzt vom Autor) eine mögliche geographische Barriere für Gibbons und könnte daher die Verbreitung von Gibbons verhindern.

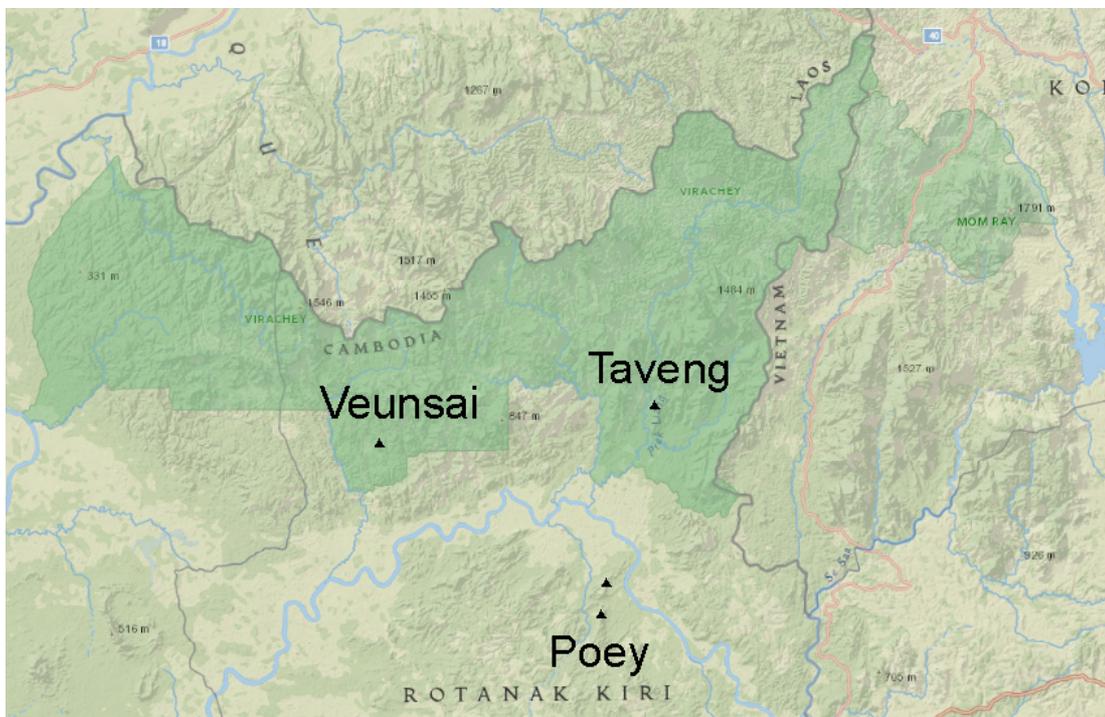


Abbildung 10: Der Virachey Nationalpark liegt im Norden Kambodschas und wird im Norden durch die Grenze zu Laos und im Osten durch die Grenze zu Vietnam begrenzt.

Der *Bach Ma National Park* liegt in den Provinzen Thua Thien Hue und Quang Nam in Zentralvietnam. Der Bach Ma NP wurde 1991 gegründet, 2008 ausgebaut und bedeckt eine Fläche von 37'487 ha in den Distrikten von Phu Loc, Nam Dong und Dong Giang. Ziel des Parks ist der Schutz der Verbindung des Waldes von der Südchinesischen See über die Annamite Berge bis nach Laos. In den tiefen Lagen hat es hauptsächlich tropischen Monsunwald und über 900 m ü. M. subtropischen Wald.

Die hier verwendeten Daten stammen von Thomas Geissmann aus dem April 2001. Damals fand dort ein Gibbonsurvey im Nordosten des Parks in Zusammenarbeit mit „Flora and Fauna International“ (FFI) (Tallents et al., 2001) statt.

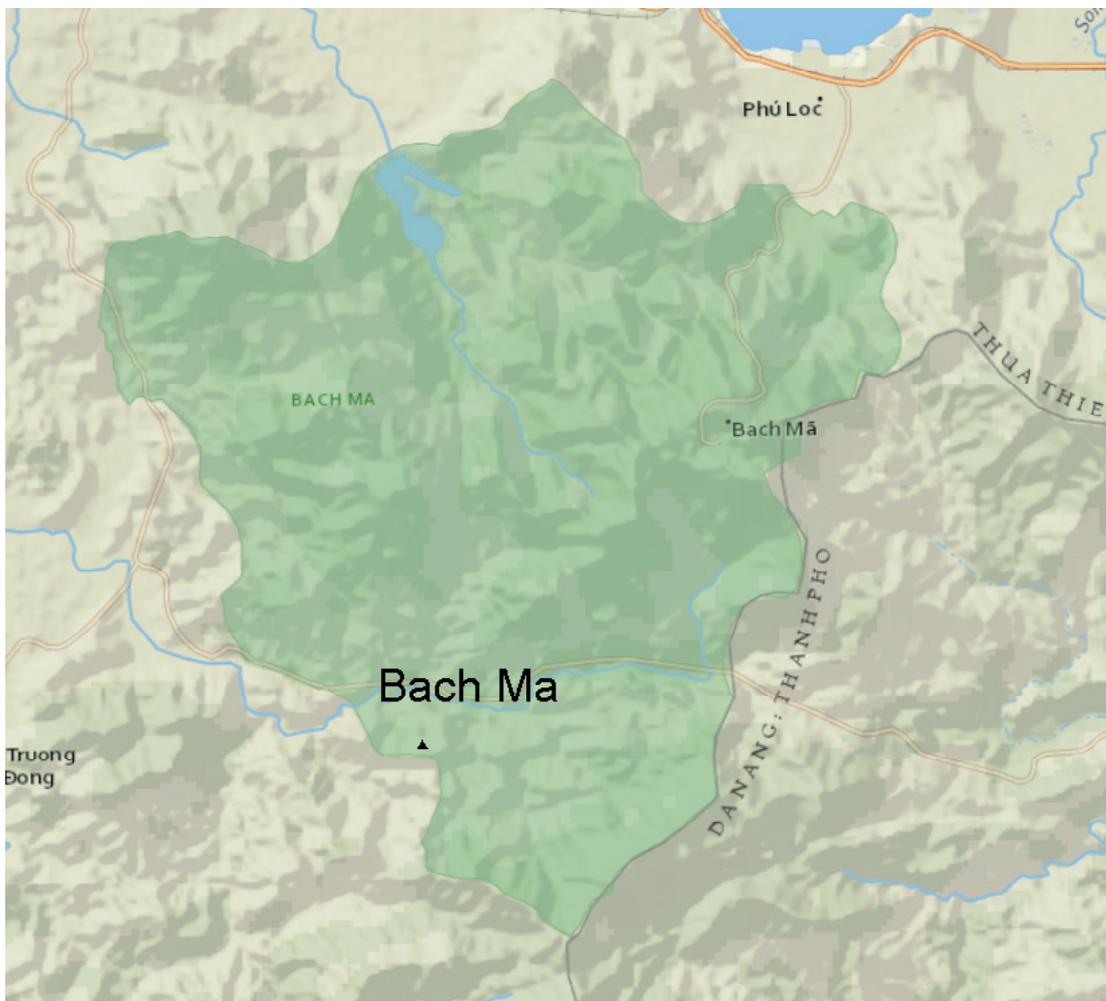


Abbildung 11: Der Bach Ma Nationalpark liegt in Zentralvietnam zwischen den Städten Hue und Da Nang.

Tabelle 4 zeigt eine Auflistung der verschiedenen Lokalitäten und ihre geographische Verbreitung. Zusätzlich sind die Aufnahmedaten und die Aufnahmepersonen aufgeführt und eine Schätzung über die jeweilige Gibbondichte in den einzelnen Gebieten wurde vom Autor durchgeführt.

Tabelle 4

Auflistung der Lokalitäten, Koordinaten, Informationen über die Gibbondichte, Aufnahmedaten und Aufnahmepersonen (TG = Thomas Geissmann; RK = Roger Konrad; SF = Simon Fuchs).

Region	Provinz	Lokalität	Gruppe	Koordinaten	Gibbondichte	Aufnahmedaten	Person
Zentralvietnam	Thua Thien Hue	Bach Ma NP	Bach Ma	107 51'E 16 13'N	Mittel	Mai + August 2002	TG
NO-Kambodscha	Rattanakiri	Taveng District	Taveng	107 18'E 14 11'N	Hoch	März 2003	RK
	Rattanakiri	Veunsai District	Veunsai	107 00'E 14 12'N	Hoch	März 2003	RK
	Rattanakiri	Dorf Kha-maeng	Poey	107 00'E 13 57'N	Tief	April 2003	RK
	Rattanakiri	Dorf Mas	Poey	107 08'E 13 57'N	Tief	April 2003	RK
O-Kambodscha	Mondulkiri	Lomphat NP	Lomphat	106 41'E 13 10'N	Null	Mai 2003	RK
	Mondulkiri	Lomphat NP	Lomphat	106 41'E 13 10'N	Null	Februar + März 2008	SF
	Mondulkiri	Dorf Mechung	Phnom Preech	107 01'E 12 44'N	Tief	Januar + Februar 2008	SF
	Mondulkiri	Dorf Laoka	Phnom Preech	107 06'E 12 34'N	Tief	Januar 2008	SF
	Mondulkiri	Samling LC	Samling	106 55'E 12 15'N	Tief	Januar 2003	RK
	Mondulkiri	Samling LC	Samling	106 56'E 12 09'N	Hoch	April 2002	TG

2.1.3 Tonaufnahmen in freier Natur

Weil in den von mir besuchten Gebieten (Lomphat, Mechung und Laoka) bisher keine detaillierten Gibbon-Bestandesaufnahmen durchgeführt wurden, hatte ich kein genaues Wissen über die Dichte und die Verteilung der Individuen, Gruppen und Territorien. In jedem Studiengebiet bestimmte ich Hörposten, von welchen ich Gibbongesänge hörte, die Distanz notierte (geschätzt durch die Lautstärke und die

Aussprache der Gesänge), die Richtung der singenden Gibbons angab und Aufnahmen machte, sofern die Tiere innerhalb einer vernünftigen Distanz waren. Bevorzugte Hörposten waren erhöht (auf einem Hügel oder an einem Hang). Dadurch kann die Distanz einfacher geschätzt werden und es erhöht zudem die Chancen, Gibbons überhaupt zu hören. Im Lomphat WS wollte ich zudem so viel als möglich des potentiellen Gibbonhabitats abdecken, d.h. die Hörposten wurden so auf den Wald verteilt, dass im Laufe meines Aufenthalts der größtmögliche Bereich des Waldes mindestens einmal während einer Hörperiode von drei bis fünf Tagen überwacht wurde.



Abbildung 12: Kannitha Lim auf einem Hörposten.

Die Camps waren normalerweise nicht in der unmittelbaren Umgebung der Hörposten, weil die Kriterien für ein gutes Camp (d.h. Verfügbarkeit von frischem Wasser, ebener Untergrund, nicht zu dichter Bewuchs, etc.) nicht mit den Kriterien für einen guten Hörposten übereinstimmen.

Schopfgibbons singen normalerweise in den frühen Morgenstunden (Tabelle 5). Sie starten gewöhnlich kurz nach dem Morgengrauen (Geissmann, pers. Komm.; eigene Beobachtungen). Je später der Morgen, desto seltener werden die Gesänge. Für die aktuelle Studie wurde der Hauptteil der Aufnahmen im Zeitabschnitt zwi-

schen 5:00 und 7:00 am Morgen gemacht. Einige Gesänge wurden später aufgenommen, der letzte um ca. 10:00 Uhr. Zudem gab es noch einen Ausreisser um 14.45 Uhr am Nachmittag. Dieser konnte aber nicht aufgenommen werden, da der Autor sich zu dieser Zeit ohne Aufnahmeequipment im Wald bewegte.

Tabelle 5

Zeitliche Verteilung der Gesänge, welche im Phnom Preech Wildlife Sanctuary aufgenommen wurden im Zeitraum vom 20. Januar bis zum 3. Februar 2008.

Zeit	Anzahl	%Anteil	20.01.	20.01.	20.01.	20.01.	21.01.	22.01.	27.01.	27.01.	27.01.	28.01.	28.01.	28.01.	28.01.	29.01.	29.01.	30.01.	30.01.	31.01.	01.02.	02.02.	03.02.	
5.45-6.00	3	8.82	■				■		■															
6.01-6.15	9	26.47	■				■	■		■		■						■		■	■	■	■	
6.16-6.30	7	20.59		■				■				■							■	■	■			■
6.31-6.45	5	14.71			■	■						■				■								■
6.46-7.00	0	0																						
7.01-7.15	0	0																						
7.16-7.30	1	2.94											■											
7.31-7.45	2	5.88											■											
7.46-8.00	1	2.94																						
8.01-8.15	2	5.88																						
8.16-8.30	1	2.94												■										
8.31-8.45	0	0																						
8.46-9.00	0	0																						
9.01-9.15	0	0																						
9.16-9.30	0	0																						
9.31-9.45	1	2.94									■													
9.46-10.00	1	2.94									■													
14.45-15.00	1	2.94													■									
	34	100																						

Grundsätzlich war es das Ziel in Aufnahmedistanz zu sein, bevor die Gibbons mit Singen anfangen (d.h. vor dem Morgengrauen). Um dies zu erreichen, benutzte ich zwei Grundstrategien:

(1) Ich verbrachte die Nacht im Camp (normalerweise am Talboden in der Nähe eines Wasserlaufs), stand genügend früh auf, je nach Distanz zum Hörposten,

und machte mich auf den Weg zum Hörposten, den ich am Vortag ausgekundschaftet hatte. Die Wanderung zum Hörposten musste so leise und unauffällig wie möglich unternommen werden. Diese Methode barg das Risiko, dass unbeabsichtigt Gibbons in der Nähe gestört werden könnten. Als Folge davon bestand die Möglichkeit, dass die Gibbons nicht singen oder sich in ein anderes Gebiet ihres Territoriums zurückziehen, um dort zu singen. Andererseits bot diese Art die Möglichkeit, die Nacht im Camp mit all seinen Annehmlichkeiten zu verbringen.

(2) Ich verließ das Camp am Abend (kurz vor oder mit dem Eindunkeln), wanderte zu meinem Hörposten und verbrachte die Nacht dort. Am folgenden Morgen war ich somit bereits am gewünschten Ort, um Aufnahmen zu machen. Diese Methode reduzierte das mögliche Stören der Gibbons durch die morgendliche Wanderung und ihren Lärm, dafür war die Nacht um einiges weniger komfortabel als im Camp.

Welche der zwei Strategien ich benutzte, hing im Wesentlichen von den Umständen ab. Wesentliche Faktoren dabei waren das Gelände zwischen Basislager und Hörposten, die Entfernung zum Hörposten und die Anzahl der Teammitglieder wurde an jedem Ort separat entschieden.

Wenn eine Gibbongruppe zu weit entfernt sang um eine vernünftige Aufnahme zu machen, verließ ich den Hörposten und versuchte so leise wie möglich mich der Gruppe zu nähern, sofern es das Gelände zuließ und die Gruppe nicht zu weit entfernt war.

Im Allgemeinen vermied ich es, mich singenden Gruppen zu stark zu nähern, um nicht gehört oder gesehen zu werden. Eine solche Störung hätte zu einem Abbruch der Gesänge führen können. Da für meine Studien der Sichtkontakt zu den Gibbons nicht notwendig war, hatte ich nur selten direkten Kontakt zu Gibbons im freien Wald.

Gute Gesangsaufnahmen können normalerweise bis zu einer Distanz von 100 – 200 Meter zu den singenden Gibbons aufgenommen werden. Natürlich hängt die Aufnahmequalität auch von anderen Faktoren ab. Überlagerungsgeräusche durch Zikaden, Vögel, fließendes Wasser, Regen, Wind sind bei der Auswertung extrem störend. Zudem wird die Aufnahme durch die Topographie des Aufnahmestandorts, die Position der singenden Gibbons und vom Aufnahmematerial beeinflusst. Unter idealen Umständen können brauchbare Aufnahmen über eine Distanz von mehreren Hundert Metern gemacht werden.

2.1.4 Aufnahmeequipment

Ich machte meine Aufnahmen mit einem SONY TC-D5M Recorder mit einem SENNHEISER ME66 (+K6) Richtmikrofon mit einem SENNHEISER MZW 66 PRO-SW-Windschutz. Die Aufnahmen von Roger Konrad wurden mit einem SONY TCD-D8 DAT Recorder und einem SONY Elektret-Kondensator-Stereomikrofon mit ECM-MS957 (One-Point-Stereo-Aufzeichnung) gemacht. Thomas Geissmann verwendete für seine Aufnahmen einen SONY WM-D6C Kassettenrecorder mit einem JVC MZ-707 Richtmikrofon beziehungsweise einen SONY TC-D5M Kassettenrecorder mit einem SENNHEISER ME80 (+K3U) Richtmikrofon. La Quang Trung und Trinh Dinh Hoang benutzten einen MARANTZ PMD-222 Kassettenrecorder mit einem SENNHEISER ME 66 (+K6) Richtmikrofon.

2.2 Akustische Fachbegriffe und Gesangsstruktur der Schopfgibbons

2.2.1 Akustische Fachbegriffe

Forscher der Gibbonvokalisation benutzten verschiedene akustische Fachbegriffe und Definitionen um die Gesangscharakteristik der Gibbongesänge zu beschreiben. Haimoff (1984a) präsentierte ein Set von akustischen Fachbegriffen, welche einheitlich für alle Gibbonarten verwendet werden konnte. Die akustische Terminologie, die ich in dieser Studie benütze, folgt größtenteils den Vorschlägen von Haimoff (1984a). Die relevantesten Definitionen für die vorliegende Studie sind im Folgenden aufgelistet:

Note Jeder einzelne konstante Laut jeder beliebigen vernehmlichen Frequenzmodulation, welcher entweder bei der Inhalation oder bei der Exhalation produziert wird.

Element Eine grundsätzlich wieder erkennbare Gesangseinheit eines einzelnen Tieres und zusammengesetzt aus einer einzelnen Note oder einer kurzen Serie von Noten.

<i>Satz</i>	Eine einzelne Gesangsaktivität bestehend aus einer grösseren oder kleineren Kollektion von Noten und/oder Elementen. Diese Teile können gemeinsam oder separat produziert werden.
<i>Coda</i>	Ein Satz, produziert vom Männchen als Antwort auf, und nahe am Ende des weiblichen Great Call.
<i>Great Call</i>	Der stereotypste und am einfachsten zu identifizierende Satz des Gibbongesangs. Er wird von erwachsenen Weibchen aller Gibbonarten produziert.
<i>Great Call Sequenz</i>	Kombination des Great Call des Weibchens und des korrespondierenden nachfolgenden Coda des Männchens.
<i>Gesang</i>	Nach Thorpe (1961, p.15): Eine Serie von Noten, im Allgemeinen von mehr als einem Typ, geäußert in Folge und so in Beziehung stehend, um damit eine wieder erkennbare Sequenz oder ein zeitliches Muster zu formen.
<i>Gesangsperiode</i>	Dauert von der ersten bis zur letzten Note, produziert ohne Ruheperiode von mehr als 10 Minuten dazwischen.
<i>Sologesangsperiode</i>	Gesangsperiode produziert von einem einzelnen Individuum (Männchen oder Weibchen) alleine.
<i>Duettgesangsperiode</i>	Gesangsperiode in welcher beide Geschlechter ihre lauten Gesänge produzieren und lebhaftere Bewegungen in einer interaktiven Art einbringen (d.h. Darstellung einer gemeinsamen Zusammenarbeit und einer koordinierten Anzeige).

2.2.2 Die *Nomascus* Gesangsstruktur

Die Gesangsstruktur (Abbildung 14) der Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*) unterscheidet sich in einiger Hinsicht von der Struktur anderer Gibbons und wurde

bereits in verschiedenen Studien beschrieben (Bsp. Deputte, 1982; Goustard, 1976; Haimoff 1984b; Schilling, 1984b). In diesem Abschnitt werden einige spezifische Begriffe, welche benutzt werden, um die Komponenten und die Struktur der Schopfgibbongesänge zu beschreiben, kurz zusammengefasst. Diese Definitionen sind nicht notwendigerweise auf die Gesänge von anderen Gibbons anwendbar.

Weibliche Gesangsteile: Erwachsene *Nomascus* Weibchen produzieren nur Great Call Sätze (oder Fragmente von Great Call Sätzen) (Abbildung 14a). Alle Great Calls beginnen mit langen Noten von langsam steigender Frequenz (fa-Noten). Diese Noten werden auch Oo-Noten genannt; so auch in der vorliegenden Studie. Im Fall eines Great Call nimmt die Notendauer und Intervalldauer ständig ab und Oo-Noten wechseln allmählich zu kurzen Noten mit steil ansteigender Frequenz (fb). Diese Noten heißen auch Bark-Noten und werden in dieser Studie ebenfalls so genannt. Nach dem Höchststand der Beschleunigung laufen Bark-Noten in einen Twitter aus (fc). Bei den Östlichen Schwarzen Schopfgibbons (*N. sp. cf. nasutus*) fehlen fb und fc und Vibrato-mässige Noten werden während des gesamten Great Call produziert (Geissmann, 1997; Geissmann et al., 2000).

Männliche Gesangsteile: Ganz entwickelte Gesangssätze von erwachsenen *Nomascus* Männchen enthalten typischerweise drei verschiedene Notentypen (d.h. ma, mb, mc) (Abbildung 14b). Die Boom Note ist eine sehr tiefe Note mit einer konstanten Frequenz und sie wird während des Aufpumpens des Kehlsackes produziert. Boom Noten werden normalerweise als einzelne Noten produziert, anders als andere männliche Noten, welche normalerweise in kurzen Serien gebildet werden (Sätzen). Die aa Noten sind kurze, relativ monoton wiederholte Töne, welche darum auch als Staccato Noten bezeichnet werden. Der auffälligste Teil des männlichen Gesangs ist der multimodulierte Satz (mc). Dieser Satz enthält mehrere Noten, welche schnell ansteigen und steile Frequenzmodulationen zeigen. Typischerweise wird der multimodulierte Satz (Coda) kurz nach dem Höhepunkt des Weibchengesangs (Great Call) gesungen.

Im Verlauf einer kompletten Gesangsperiode steigert sich die Männchenstrophe allmählich. Zu Beginn der Periode produzieren die Männchen lange, schwach modulierte Noten, welche die Vorboten auf die multimodulierten Sätze sind. Später im Gesangsbild werden die Sätze immer stärker moduliert. Zudem werden mit der erhöhten Modulation Boom und Staccato Noten beigefügt.

In einer voll entwickelten Duettgesangsperiode durchläuft der männliche Sänger kontinuierlich die drei Typen von Sätzen (Boom-Satz, Staccato-Satz und multimodulierter Satz, normalerweise in dieser Reihenfolge). Wenn das Weibchen mit dem Great Call beginnt, unterbricht das Männchen seinen Gesang und, am Ende des Great Call, antwortet es mit einem Coda. Daraufhin beginnt der Kreislauf durch die drei Satztypen wieder von vorne.

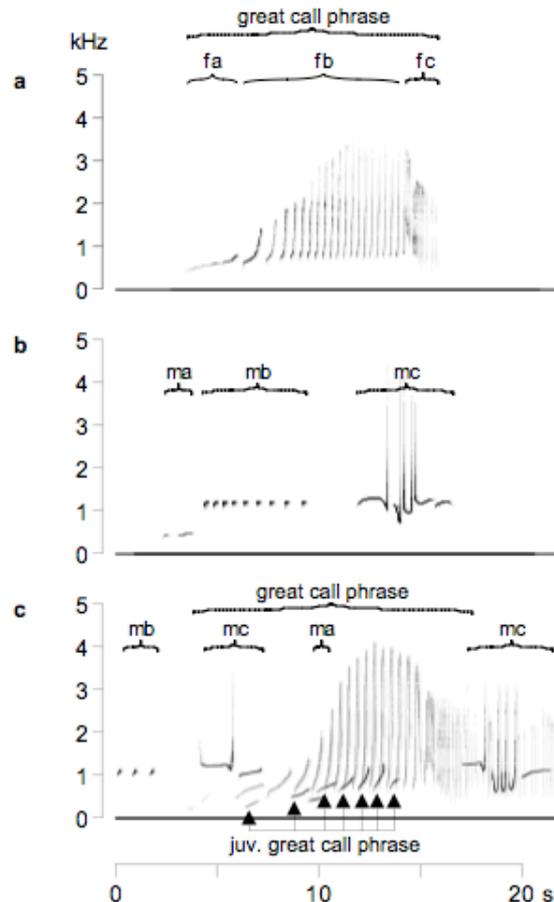


Abbildung 13: Sonogramme (nur die Hauptfrequenzen)

Die Sonogramme auf Abbildung 14 zeigen Geschlechtsdimorphismus in typischen Gesangssätzen bei Schopfgibbons, hier ein Beispiel eines Nördlichen Weisswangen-Schopfgibbon. (a) Der Great Call eines erwachsenen Weibchens (Eberswalde Zoo, Deutschland, 11. Juli 1988). Der Great Call beginnt mit Oo-Noten (fa) gefolgt von Bark-Noten (fb) und endet mit Twitter-Noten (fc). (b) Satz eines erwachsenen Männchens (Ménagerie du Jardin des Plantes, Paris, 17. Mai 1988). Diese Sequenz beginnt mit Booms (ma), gefolgt von Staccato-Noten (mb) und sie endet mit einem multimodulierten Satz (mc). (c) Trio-Gesang eines erwachsenen Paares mit ihrem halbwüchsigen Jungtier (Zoo Hannover, Deutschland, April 1999). Das Weibchen singt einen Great Call in die Sätze ihres Männchens, welches nach einer Boom-Note (ma) pausiert und einen Coda (mc) am Ende des Great Call des Weibchens anhängt. Während des Great Call wird das Weibchen vom Jungtier begleitet (aus Geissmann et al., 2000, S. 42).

2.2.3 Vergleich der Gesangsstruktur zwischen *N. gabriellae* und *N. annamensis*

Dieser Abschnitt fasst die Unterschiede zwischen den Gesängen zwischen *N. annamensis* und *N. gabriellae* nach Thinh et al. (2010) zusammen. Diese Beobachtungen stellen eine Voraussetzung für die Selektion von Charakteren bzw. Variablen dar, um die Gesänge der in dieser Studie untersuchten Gibbonpopulationen zu unterscheiden. Nach Thinh et al. (2010) sind die Gesangsunterschiede zwischen *N. annamensis* und *N. siki* nicht sehr gross und daher habe ich für meine Studie Variablen selektioniert, die auf Geissmann et al. (2000) beruhen.

Geissmann et al. (2000) postulieren, dass ein kompletter Great Call von erwachsenen Weibchen normalerweise 8 -18 Noten enthält bei *N. l. siki* und etwa 15 – 30 Noten (bis 39) bei *N. l. leucogenys*. Bei *N. gabriellae* hingegen enthält der Great Call weniger Noten (5 -13). Jede Note beginnt mit steigender Frequenz bei diesem Taxon, aber die Startfrequenzen allgemein scheinen bei *N. gabriellae* höher zu liegen als bei *N. leucogenys*.

Im Gesangsrepertoire der erwachsenen *N. gabriellae*-Männchen erscheinen keine Boom Noten, im Gegensatz zu anderen Schopfgibbonarten. Die Staccato-Noten von *N. gabriellae* scheinen ebenfalls von anderen Schopfgibbonarten abzuweichen. Bei *N. gabriellae* sind sie sehr weich und erscheinen in unregelmässigen Intervallen, während sie bei anderen Schopfgibbonarten laut und in rhythmischeren Intervallen erscheinen und den Noten auch den Namen geben. Männchen der *N. gabriellae* produzieren schnelle Frequenzmodulationen nur in der zweiten Note des multimodulierten Satzes, während Männchen von *N. l. leucogenys* und *N. l. siki* ebenfalls in der dritten Note diese Auf-und-Ab-Krümmungen zeigen, obwohl sie in der zweiten Note häufiger sind (Geissmann et al., 2000). Diese wiederholten Auf-und-Ab-Schwingungen in der Frequenz sind extrem schnell und gleichen bei *N. gabriellae* einem Triller, während sie bei anderen Schopfgibbons viel langsamer sind. Tabelle 6 zeigt eine Übersicht der Unterschiede in der Gesangscharakteristik welche oben erwähnt wurde.

Tabelle 6

Liste vorgeschlagener Unterschiede in der Gesangsdaten (bezeichnet A bis H) zwischen drei *Nomascus* Arten nach Geissmann et al., 2000, p. 45ff und Thinh et al., 2010.

Name	Gesangscharakteristik	<i>N. siki</i> / <i>N. annamensis</i>	<i>N. gabriellae</i>
A	Männchengesang: Boom Satz	vorhanden	abwesend
B	Staccato Satz	Rel. laut, stabile Frequenz, rhythmische Intervalle	sanft, var. Frequenz, unregelmässige Intervalle
C	Multi-modulierter Satz: Start der ersten Note	Langer Bereich mit relativ stabiler Frequenz	Langer Bereich mit absteigender Frequenz
D	Dauer der Rollen	Nicht sehr schnell	Extrem schnell, Trillerähnlich
E	Endteil	Langer Bereich	Kurzer Bereich
F	Frequenzbereich	konstant	Breitere Frequenz
<hr/>			
	Weibchengesang Great Call Satz		
G	Anzahl Noten	08 – 18	5-13
H	Startfrequenz der Noten	Tief	Hoch
H	Startfrequenz der Noten	Bleibt konstant	aufsteigend
I	Oo-Teil	Langer Bereich	Kurzer Bereich
I	Oo-Teil	02 -04 Noten Flacher Beginn	01 -03 Noten Breiter Beginn
K	Abstand zwischen Noten	grösser	kleiner
L	Frequenzbereich	konstant, stabil	ansteigend

2.3 Material: Die Bandaufnahmen

2.3.1 Probenumfang der aufgenommenen Gibbon Gesänge

Die vorliegende Studie wurde durchgeführt mit Aufnahmen von 48 Gesängen (41 Duette und 7 Solo Gesänge von Männchen) von verschiedenen Gibbongruppen aus den unterschiedlichen Untersuchungsgebieten. Alle Gesänge sind von wild lebenden Gibbons. Von diesen Gesängen habe ich 431 weibliche Strophen (Great Calls) von 82 unterschiedlichen weiblichen Gibbons (Durchschnitt: 5,26 Strophen/Gibbon) und 1091 männliche Strophen (319 davon Codas) von 94 verschiedenen männlichen Gibbons (Durchschnitt: 11,61 Strophen/Gibbon und 3,39 Coda/Gibbon) untersucht.

Meine Aufnahmen wurden während meines Aufenthaltes in Kambodscha (Januar bis März 2008) gemacht. Die Aufnahmen von R. Konrad stammen von Januar – Mai 2003 und die Aufnahmen von Th. Geissmann aus Kambodscha von April 2002 und aus Vietnam von April 2001 und August 2002.

2.3.2 Selektion und Klassifikation der Aufnahmen

Um eine Überschneidung der Rohdaten zu vermeiden, musste ich sicherstellen, dass alle aufgenommenen Gesangsstücke von gleichen Gruppen oder gleichen Individuen kombiniert wurden. Um dies zu erreichen war es nötig, dass ich von allen Aufnahmen wusste, von welchen Gruppen/Individuen sie stammten. Dazu benötigte ich folgende Indikatoren:

Position: Woher wurde der Gesang produziert um die Territorialität der Gibbons zu erkennen.

Gleichzeitiges Singen von mehr als einer Gruppe oder Individuen aus unterschiedlichen Positionen.

Gruppenzusammensetzung kann durch die Anzahl der Sänger hergeleitet werden und kann zwischen den Gruppen variieren.

Individuen können manchmal an gesangsspezifischen Besonderheiten oder Charakteristiken erkannt werden.

Da die aktuelle Verteilung der Gruppenterritorien nicht bekannt war und die Gibbongruppen/Individuen normalerweise während der Aufnahmen ausserhalb meiner Sichtweite waren, gab es trotzdem einige Unklarheiten über die Herkunft einiger Gesänge. Für den Fall, dass ein Gesang nicht exakt einer Gruppe zugeteilt werden konnte, wurde die Aufnahme aus der Analyse ausgeschlossen.

Aufgrund schlechter Aufnahmequalität und der daraus folgenden Sonagrammqualität, wurden zusätzlich einige Aufnahmen oder Teile von Aufnahmen aus der Analyse ausgeschlossen. Tabelle 7 listet die Zahl der Gibbongruppen auf, welche an jeder Lokalität aufgenommen wurden und die in diese Analyse einfließen. Der Grossteil der Aufnahmen sind Duette, aber einige Sologesänge von Männchen sind auch dabei.

Tabelle 7

Auflistung der aufgenommenen und analysierten Gesänge, ihre geographische Herkunft, ihr Typus und die für die einzelnen Gebiete angenommenen Taxa.

Lokalität	Gruppe	Angenommenes Taxon	Anzahl der Gruppen		Typ der analysierten Gesänge	
			Aufgenommen	Analysiert	Duett	Solo
Bach Ma NP	Bach Ma	<i>N. annamensis</i>	8	5	5	0
Taveng District	Taveng	<i>N. annamensis</i>	14	10	9	1
Veunsai District	Veunsai	<i>N. annamensis</i>	19	10	7	3
Dorf Kha-maeng	Poey	<i>N. annamensis</i>	2	1	1	0
Dorf Mas	Poey	<i>N. annamensis</i>	3	3	3	0
Lomphat NP	Lomphat	<i>N. gabriellae</i>	0	0	0	0
Dorf Mechung	Phnom Preech	<i>N. gabriellae</i>	7	7	5	2
Dorf Laoka	Phnom Preech	<i>N. gabriellae</i>	4	4	4	0
Samling LC	Samling	<i>N. gabriellae</i>	12	8	7	1
Total			69	48	41	7

2.3.3 Auswahl der in die Analyse einflussenden Gesänge

Die Menge des für die Analyse benutzbaren Gesangsmaterials schwankt erheblich zwischen den Gruppen und den Individuen. Der Unterschied liegt zwischen nur einer Männchenstrophe und/oder einer Weibchenstrophe einer Gibbongruppe bis zu zwei nahezu kompletten Gesangsperioden einer anderen Gruppe, mit einer Gesangsdauer von mehreren Minuten pro Periode.

Alle zur Verfügung stehenden Gesänge oder Gesangsfragmente wurden ausgewertet. In die Analyse fließen aber nur voll entwickelte Gesänge ein.

Wie oben erwähnt, steigern Gibbonmännchen schrittweise die Komplexität ihrer Sätze während einer kompletten Gesangsperiode. Sie produzieren voll entwickelte multimodulierte Sätze erst nach einigen Minuten, in denen sie einfachere, weniger modulierte Sätze gesungen haben. Ein ähnlicher, jedoch gegenteiliger Effekt zeigt sich am Ende einiger kompletter Gesangsperioden. In den letzten Sätzen der Gesangsperiode nimmt die Komplexität der Männchenstrophe ab (Geissmann, pers. Komm.; eigene Erfahrung). Möglicherweise ist dies auf die sinkende „Gesangsmotivation“ zurückzuführen.

Durch die aufbauende Struktur der Perioden enthalten Schopfgibbon-Gesangsperioden viel weniger weibliche Strophen (Great Call) als männliche Strophen. In der Tabelle 8 sind die Anzahl der männlichen Sätze, sowie die Noten der Weibchen und Männchen aufgeführt, welche ausgewertet wurden.

Tabelle 8

Ausgewertete Gesangsteile mit jeweiliger Orts- und Gruppenangabe.

Lokalität	Gruppe	Männchen		Weibchen
		Anzahl Sätze	Anzahl Noten	Anzahl Noten
Bach Ma	72-75	4	108	137
Bach Ma	76-80	5	203	213
Bach Ma	81-90	10	244	436
Bach Ma	91-95	5	194	177
Bach Ma	96,97	2	102	54
Taveng	24	1	87	42
Taveng	25	1	27	32
Taveng	26	1	47	33
Taveng	27	1	76	47
Taveng	28	1	20	10
Taveng	29	1	35	0
Taveng	30	1	18	12
Taveng	31	1	21	24
Taveng	32	1	33	41
Taveng	33,34	2	99	115
Veunsai	35	1	28	40
Veunsai	36,37	2	73	45
Veunsai	38	1	61	14
Veunsai	39-41	3	159	104
Veunsai	42	1	95	0
Veunsai	43,44	2	175	0
Veunsai	45-47	3	169	128
Veunsai	48	1	28	0
Veunsai	49,51	2	56	98
Veunsai	52,53	2	92	81
Khamaeng	12,13,14	3	89	70
Mas	15-19	5	200	211
Mas	20,21	2	51	53
Mas	22,23	2	65	73
Lomphat	0	0	0	0
Mechung	5	1	3	15
Mechung	6	1	168	134
Mechung	7	1	52	0
Mechung	8	1	45	30
Mechung	9	1	222	55
Mechung	10	1	33	0
Mechung	11	1	86	95
Laoka	1	1	52	53
Laoka	2	0	0	12
Laoka	3	1	85	67
Laoka	4	1	164	58
Samling	54-56	3	78	54
Samling	57	1	37	41
Samling	58	1	57	80
Samling	59	1	46	36
Samling	60-62	3	97	93
Samling	63,64	2	80	64
Samling	65-70	6	274	129
Samling	71	1	38	0
Total		95	4272	3306

2.4 Equipment für die Gesangsanalyse

Sonagramme des Gesangsmaterials wurden generiert unter der Benützung von RAVEN PRO, Version 1.3 für Mac OSX Interactive Sound Analysis Software (Cornell Laboratory of Ornithology) auf einem MacBook Pro. Die Sonagramme wurden errechnet durch Fast-Fourier-Transformation (FFT) und werden angezeigt mit dem X-Achsen-Wert Zeit und dem Y-Achsen-Wert Frequenz. Die Parametereinstellungen, welche während der Generierung der Sonagramme angewendet wurden (Charif et al., 1995), sind in der nachfolgenden Tabelle 9 nachzulesen. Die Abtastrate (sample rate) betrug 48000 Hz. Da die Sonagramme sehr unterschiedliche Qualitäten aufweisen, musste zur möglichst genauen Bestimmung Anpassungen bei Kontrast und Helligkeit vorgenommen werden (siehe Anhang 10.5). Die Helligkeit betrug zwischen 50 und 65 % und der Kontrast zwischen 50 und 60 %.

Tabelle 9

Spektrogrammbildvoreinstellungen der Sonagramme.

Preset	
Type	Hann
Size	1594 Samples
3dB Filter Bandwidth	43.3 Hz

Time Grid	
Overlap	10%
Hop Size	797 Samples

Frequency Grid	
DFT Size	2048 Samples
Grid spacing	23.4 Hz

2.5 Messprozedur

Um verschiedene Dimensionen in den Sonagrammen zu messen, wurden verschiedene charakteristische Punkte auf der Sonagrammlinie der multi-modulierten Sätze der Männchen und auf der Linie der weiblichen Great Call Sätze bestimmt. Diese Punkte gelten als Ankerpunkte (Anhang 2). An jedem Ankerpunkt wurde die

Zeit und /oder die Frequenz mit den Messkonstruktionen der Raven Software gemessen. Anhang 2 zeigt Beschreibungen der allgemeinen Fachbegriffe welche in dieser Studie angewandt wurden um die GesangsVariablen zu definieren. Weitere Erläuterungen der Messmethoden bezüglich der männlichen und der weiblichen Sätze werden in der Folge erklärt.

2.5.1 Der multimodulierte Satz des Männchens

Nur voll entwickelte Sätze fließen in die Analyse ein. Ein männlicher Satz gilt als voll entwickelt, wenn er aus mindestens zwei Noten besteht, wovon die zweite Note mindestens eine schnelle Frequenzmodulation enthält, bestehend aus einem steilen „Auf-und-nieder-Schwung“ (roll).

Note 1 besteht aus zwei Teilen im Sonagramm: ein horizontaler Teil und ein „Trogteil“ (Anhang 3 und 4). Die maximale Frequenz der Note 1, welche erreicht wird durch den finalen Aufschwung kann, selbst bei guten Zooaufnahmen, nicht mit einem gewissen Grad an Zuverlässigkeit bestimmt werden (Geissmann, pers. Komm.; eigene Erfahrung). Aus diesem Grund wurde nur ein lokales Frequenzmaximum gemessen.

Note 2 besteht aus drei Teilen: Einem Initialteil, einem Rollteil, und einem Endteil. Der Initial- und der Endteil zeigen gemässigte Frequenzmodulationen, während der Rollteil mehrere Rollen enthalten kann und mindestens eine Rolle in voll entwickelten Sätzen enthält.

2.5.2 Der Great Call des Weibchens

Weibchen singen Great Call Sätze oder Fragmente von Great Call Sätzen. Nur komplette Sätze wurden analysiert, abgebrochene Sätze wurden ausgeschlossen. Komplette Great Calls haben eine stereotype Struktur und können einfach erkannt werden, wenn ein längerer Ausschnitt für die Analyse zur Verfügung steht. Die meisten abgebrochenen Great Calls bestehen aus weniger als 5 Noten (den Twitter nicht eingerechnet), die meisten kompletten Great Calls aus mindestens 5 Noten.

Great Calls bestehen aus drei Phasen: *Oo* Phase, Bark Phase (Accelerando-Teil) und der Twitter Phase (Anhang 10.3.3 und 10.4.3).

Oo-Noten sind Noten, welche einen Frequenzanstieg kleiner als 1kHz pro Sekunde aufweisen. Dem gegenüber stehen die Bark-Noten, welche einen Frequenzanstieg von mehr als 1 kHz pro Sekunde haben. Bei späten Bark-Noten steigt die Frequenz extrem steil und die wahren Endpunkte der Noten (und damit die Endfrequenz) sind im Sonagramm nicht mehr zu erkennen. Daher können späte Bark-Noten aufgrund der „1kHz/s“-Regel nicht als Bark-Noten identifiziert werden. Bei frühen Noten ist der Endpunkt jedoch sichtbar und es kann zuverlässig entschieden werden, ob eine Note den kritischen Wert von 1kHz/s übersteigt oder nicht. Wenn der Wert einmal überstiegen wurde, können alle folgenden Noten als Bark-Noten angenommen werden, da der Frequenzgradient stetig steigt und niemals fällt.

2.6 Gesangsvariablen

Um die akustischen Charakteristiken der einzelnen Gesänge zu bestimmen, definierte ich 57 Variablen, welche im Anhang 10.1 aufgeführt sind. Die Variablen wurden so bestimmt, um die einzelnen Aufnahmen so zuverlässig wie möglich voneinander zu unterscheiden und in den einzelnen Aufnahmen alle Details so gut wie möglich aufzutrennen.

2.7 Vergleich von mehreren unabhängigen Proben

Für eine erste Abschätzung der Frage, ob die verschiedenen Gibbonpopulationen der Untersuchung sich im Gesangsmuster unterscheiden und ob wenigstens einige der definierten Gesangsvariablen solche Unterschiede wiedergeben, habe ich eine *Kruskal-Wallis one-way analysis of variance by ranks* durchgeführt. Dieser nicht-parametrische Test ist brauchbar um zu entscheiden ob k unabhängige Proben aus echt verschiedenen Populationen stammen oder ob die beobachteten Differenzen zwischen den Proben in einem Bereich liegen, welcher, bei zufälligen Proben aus derselben Population, zu erwarten ist (Siegel & Castellan, 1988). Signifikanz bedeutet, dass mindestens ein Paar der Gruppen unterschiedliche Mediane hat, aber es gibt nicht an, zwischen welchen Gruppen solche Unterschiede existieren.

2.8 Untergruppen der Variablen

Die Gesamtanzahl der gemessenen Variablen ist sehr gross und schwierig gemeinsam zu handhaben.

Nicht alle der 57 Variablen sind gleich informativ für die Trennung zwischen den Populationen. Gesangsmuster, und damit die Variablen welche dieses Muster messen, können unterschiedliche Levels der Variabilität darlegen oder einige Variablen können korrelieren oder überflüssig sein. Um die Anzahl der Variablen auf eine machbare Menge zu reduzieren und gleichzeitig die aussagekräftigsten Variablen zu selektieren, wurden zwei Untergruppen der Variablen gebildet. Für jede Untergruppe wurde ein unterschiedliches Selektionsprozedere gewählt.

2.8.1 Selektion der Variablen nach Kruskal-Wallis

Der *Kruskal-Wallis one-way analysis of variance by ranks* (siehe Abschnitt 2.7) wurde gebraucht, um die erste Untergruppe der Variablen zu bilden, welche in der Folge als KW-Set bezeichnet werden.

Signifikanz im Kruskal-Wallis Test war das Kriterium für diese Untergruppe der Variablen. Ich prüfte alle Variablen und nahm diejenigen in diese Untergruppe auf, welche Signifikanzunterschiede ($p \leq 0.05$) zwischen den Proben (Gibbonpopulationen) zeigen. Das Set beinhaltet ein Total von 29 Variablen, 12 Variablen über den männlichen Gesang und 17 Variablen über den weiblichen Gesang (Tabelle 9).

Tabelle 10Das KW-Set: Variablen mit asymptotischer Signifikanz ≤ 0.05

	Nummer	Name	Erklärung	
Männchen	10	d(Hz) AJ	Frequenzbereich Horizontalteil	
	12	DmB(%)AY	Relative Dauer bis zur maximalen Biegung	
	13	D(Hz)F	Frequenz bei maximaler Biegung	
	16	IT(s)AQ	Dauer des Initialteil	
	17	IT(%)BA	Relative Dauer des Initialteil	
	20	RollenBD	Anzahl Rollen	
	21	h(s)AL	Dauer der ersten Rolle	
	25	K oder k	Maximale Frequenz	
	27	Freq.B(Hz)BE	Frequenzbereich	
	28	j(Hz)AN	Frequenzbereich des Initialteil	
	30	k(Hz)AO	Frequenzbereich Tiefpunkt-erste Rolle	
	33	M(Hz)AE	Minimalfrequenz Endteil	
	Weibchen	35	AnzahlIW	Anzahl weiblicher Noten
		36	SFB(Hz)	Startfrequenzbereich
37		2'500Hz	Maximale Frequenz \leq / $>$ 2'500 Hz	
38		Oo	Anzahl Oo-Noten	
39		Oo(s)	Dauer des Oo-Teil	
40		Oo(%)	Relative Dauer des Oo-Teil	
41		Bark	Anzahl Bark-Noten	
43		Bark(%)	Relative Dauer des Bark-Teil	
44		GC-Coda(s)	Dauer von Ende Great Call zu Beginn Coda	
46		1.Oo(Hz)	Frequenzbereich der 1. Oo-Note	
48		2.Oo(Hz)	Frequenzbereich der zweiten Oo-Note	
49		1.Bark(s)	Dauer der ersten Bark-Note	
51		x.Bark(s)	Dauer der letzten Bark-Note	
52		i1(s)	1. Zwischennotenintervall	
54	iz(s)	Letztes Zwischennotenintervall		
56	r2(Hz)	Startfrequenzbereich der zweiten und dritten Note		
57	rz(Hz)	Startfrequenzbereich der beiden letzten Noten		

2.8.2 Selektion der Variablen durch multivariate Analyse

Für diese Untergruppe der Variablen wurde eine Diskriminanzanalyse (DA Set) durchgeführt. Diese multivariate Methode ist im Folgenden beschrieben. Ich

nahm alle Variablen in die Analyse auf und führte eine schrittweise Variablenselektion durch mit den unterschiedlichen Selektionsmethoden (*Wilks Lambda* (WL), *Nicht erklärte Varianz* (NEV), *Mahalanobis-Abstand* (MA), *kleinster F-Quotient* (KA) und *Rao-V* (RV)) und dem F-Wert als Eintritts/Entsorgungskriterium (F-to-enter = 1.0 und F-to-remove = 0.9). Die Variablen, die durch die verschiedenen Diskriminanzanalysen geformt wurden, wurden benannt mit 2erDAnord, 2erDAsued, 6erDA und 7erDA (Tabelle 11). Diese Sets enthalten zwischen 6 und 35 Variablen (Tabelle 12), je nach Selektionskriterium und Einteilung der Populationen in die unterschiedlichen Sets.

Tabelle 11

Einteilung der Populationen zu den Gebieten in den einzelnen Sets.

Name des Set	Population	Gebiet
2erDAnord	Bach Ma	Nord
	Taveng	Nord
	Veunsai	Nord
	Poey	Nord
	Mechung	Nord
	Laoka	Nord
	Samling	Sued
	Samling	Sued
2erDAsued	Bach Ma	Nord
	Taveng	Nord
	Veunsai	Nord
	Poey	Nord
	Mechung	Sued
	Laoka	Sued
	Samling	Sued
	Samling	Sued
6erDA	Bach Ma	Bach Ma
	Taveng	Taveng
	Veunsai	Veunsai
	Poey	Poey
	Mechung	Phnom Preech
	Laoka	Phnom Preech
	Samling	Samling
	Samling	Samling
7erDa	Bach Ma	Bach Ma
	Taveng	Taveng
	Veunsai	Veunsai
	Poey	Poey
	Mechung	Mechung
	Laoka	Laoka
	Samling	Samling
	Samling	Samling

Die Variablen, welche durch die Diskriminanzanalysen in das Set DA_2erNord eingeteilt wurden, sind die folgenden: DmB(%)AY, D(Hz)F, ET(s)AS, kl(Hz)AP, r2(Hz), rz(Hz).

Und für das Set DA_2erSued sind es folgende Variablen: AnzahlIM, h(s)AL, Freq.B(Hz)BE, j(Hz)AN, kl(Hz)AP, SFB(Hz), Oo, 1.Oo(s), 1.Bark(s), r2(Hz).

Alle diese Variablen werden bei allen Selektionskriterien ausgewählt.

Tabelle 12

Auflistung der Variablen, welche bei den verschiedenen Selektionsmethoden und der Aufteilung in sechs und sieben Gebiete der Selektionierung entsprechen

	Variable	Nummer	WL	NEV	MA	KA	RV	Total
DA_6er	Total(s)AT	2					1	1
	DmB(%)AY	12			1			1
	IT(s)AQ	16			1			1
	RT(%)BB	19	1	1		1		3
	RollenBD	20					1	1
	h(s)AL	21				1	1	2
	ET(s)AS	22			1			1
	K oder k	25	1	1		1		3
	H(Hz)M	26	1	1	1	1	1	5
	Freq.B(Hz)BE	27					1	1
	j(Hz)AN	28					1	1
	K1(Hz)Q	29			1	1		2
	k(Hz)AO	30			1			1
	S/U/W/Y/AA	31		1	1			2
	kl(Hz)AP	32	1					1
	M(Hz)AE	33			1			1
	AnzahlIW	35			1			1
	SFB(Hz)	36	1	1		1	1	4
	2'500Hz	37				1		1
	Oo	38		1				1
	Oo(s)	39	1		1		1	3
	Oo(%)	40				1		1
	Bark	41				1		1
	Bark(s)	42				1		1
	GC-Coda(s)	44			1			1
	1.Oo(s)	45		1			1	2
	1.Oo(Hz)	46				1		1
	2.Oo(s)	47			1			1
	2.Oo(Hz)	48			1			1
	1.Bark(s)	49	1	1	1	1	1	5

	i1(s)	52		1	1			2
	iz(s)	54	1	1			1	3
	r1(Hz)	55	1			1		2
	r2(Hz)	56			1			1
	rz(Hz)	57			1			1
DA_7er	Total(s)AT	2					1	1
	d(Hz)AJ	10			1			1
	D(Hz)F	13			1			1
	IT(s)AQ	16			1			1
	RT(%)BB	19	1	1		1		3
	RollenBD	20					1	1
	h(s)AL	21	1		1	1	1	4
	ET(%)BC	23			1			1
	K oder k	25		1				1
	H(Hz)M	26	1	1	1	1	1	5
	Freq.B(Hz)BE	27	1		1		1	3
	j(Hz)AN	28	1				1	2
	K1(Hz)Q	29			1			1
	k(Hz)AO	30			1	1		2
	kl(Hz)AP	32		1	1	1		3
	M(Hz)AE	33				1		1
	SFB(Hz)	36	1	1		1	1	4
	Oo	38	1	1		1	1	4
	Oo(s)	39				1		1
	GC-Coda(s)	44			1		1	2
	1.Oo(s)	45	1	1		1	1	4
	2.Oo(s)	47			1	1		2
	2.Oo(Hz)	48				1	1	2
	1.Bark(s)	49	1	1	1	1	1	5
	i1(s)	52	1	1		1	1	4
	iz(s)	54		1	1			2
	r1(Hz)	55					1	1
	r2(Hz)	56			1			1
	rz(Hz)	57			1	1		2

2.9 Vor der Analyse angenommene Gesangsunterschiede zwischen *N. leucogenys*, *N. annamensis* und *N. gabriellae*

Verschiedene Unterschiede in der Gesangscharakteristik zwischen *N.l. leucogenys*, *N.l. siki*, *N. annamensis* und *N. gabriellae* wurden aufgezeigt (Bsp.: Geiss-

mann et al., 2000; Thinh et al., 2010) (Tabelle 6). Um herauszufinden ob, und in welchem Grad, meine Aufnahmen mit diesen Charakteristiken übereinstimmen, ermittelte ich ihre An-/Abwesenheit oder mass sie folgendermassen (A bis H verweisen auf die Beschriftung welche sich auf die Gesangsunterschiede in Tabelle 6 sowie Tabellen 13 bis 21 auf den Seiten 49 bis 52 bezieht):

- A: Qualitative Überprüfung der Sonagramme
- B: Quantitative Überprüfung der Sonagramme
- C: Relative Dauer des Horizontaltail (HT(%)AU), Relative Dauer bis zur maximalen Biegung (DmB(%)AY), Frequenz bei der maximalen Biegung (D(Hz)F)
- D: Relative Dauer des Rollteil (RT(%)BB), Anzahl Rollen (RollenBD), Dauer der ersten Rolle im Rollteil (h(s)AL)
- E: Länge des Endteils (ET(s)AS), Relative Länge des Endteils (ET(%)BC)
- F: Maximale Frequenz (K oder k), Minimale Frequenz (H(Hz)M), Frequenzbereich (Freq.B (Hz)BE), Frequenzbereich Tiefpunkt-letzte Rolle (kl(Hz)AP)
- G: Anzahl der Noten im Great Call (AnzahlW)
- H: Durchschnitt aller Startfrequenzen der Great Calls (SFB(Hz))
- I: Anzahl der Oo-Noten (Oo), Dauer des Oo-Teil (Oo(s)), Frequenzbereich der ersten Oo-Note (1.Oo(Hz)), Dauer der ersten Bark-Note (1.Bark(s))
- K: 1. Zwischennotenintervall (i1(s)), letztes Zwischennotenintervall (iz(s))
- L: Startfrequenzbereich der ersten zwei Noten (r1(Hz)), Startfrequenzbereich der zweiten und dritten Note (r2(Hz)), Startfrequenzbereich der letzten zwei Noten(rz(Hz))

Für jede der quantitativen Variablen (C-L), wurde der Durchschnitt, die Standardabweichung, Median und Interquartilbereich für jede der Studienpopulationen ermittelt. Anschliessend wurde eine Übereinstimmung meiner Beispiele mit einer der Taxa (*N. leucogenys*, *N. annamensis* oder *N. gabriellae*) in allen oder den meisten der Variablen gesucht.

2.10 Die multivariate Analyse

Die Diskriminanzanalyse ist eine parametrische multivariate Methode, welche nützlich ist um Gruppenunterschiede zu analysieren. Lineare Funktionen von unabhängigen Variablen (Bsp. Gesangsvariablen) werden dargestellt um die Unterschiede zwischen zwei oder mehreren Gruppen zu beschreiben oder zu erklären (Bsp. die Gibbonpopulationen dieser Analyse von denen Gesangsaufnahmen existieren).

Die linearen Diskriminanzfunktionen erfordern unabhängige Variablen, die eine multivariate Normalverteilung haben und die Kovarianzmatrizen müssen gleich sein für alle Gruppen. Die Funktion hat sich als robust gezeigt gegenüber Abweichungen von der multivariaten Normalität oder der Homogenität der Kovarianzen (Backhaus, 1994; Lindman, 1974, p.33; Norusis, 1994; Statsoft, 2004). Es muss trotzdem darauf hingewiesen werden, dass Signifikanztests in der Diskriminanzanalyse teilweise sensitiv sind auf Korrelationen zwischen den Durchschnitten der Variablen zwischen Gruppen und Varianzen (oder Standardabweichungen). Dies kann passieren wenn eine Gruppe der Studie einige extreme Ausreisser enthält, welche einen grossen Einfluss auf die Mittelwerte haben und ebenso die Variabilität anheben (Statsoft, 2004). Daraus resultierend können solche verzerrten Durchschnitte nicht mehr als vertrauenswürdig angesehen werden bei der Trennung der Gruppen.

Die Diskriminanzanalyse identifiziert ebenfalls die relative Verteilung einer Variable (oder eines Sets von Variablen) für die Trennung der Gruppen (Rencher, 1995). Es wurde diese Qualität benutzt um zu untersuchen, welche der 57 Variablen, welche für diese Studie bestimmt wurden, am meisten zur Trennung zwischen den Gruppen beiträgt. Der Begriff *Gruppe* entspricht hier den sieben Gibbonpopulationen aus Samling Logging Concession, Laoka, Mechung, Poey (Mas und Khamaeng), Veunsai, Taveng und Bach Ma (Tabelle 6).

Es wurde eine schrittweise Diskriminanzanalyse durchgeführt. Bei dieser Prozedur wird ein Modell der Trennung schrittweise gebildet (d.h. Variablen werden eine nach der anderen beigefügt), und bei jedem Schritt werden alle Variablen überprüft, und diejenige Variable, welche am meisten zur Trennung beiträgt, wird ins

Modell aufgenommen (d.h. welche das definierte Kriterium für die Selektion maximiert). Dieser Prozess wird wiederholt bis entweder alle Variablen aufgenommen wurden oder nur Variablen verbleiben, welche entweder nicht signifikant zur Trennung zwischen den Gruppen beitragen oder welche vollständig überflüssig sind. Überflüssigkeit oder Kollinearität zwischen den unabhängigen Variablen wird ausgedrückt durch die Toleranz. Die Toleranz ist ein Messwert des Grads der linearen Verbindung zwischen unabhängigen Variablen und wird gebraucht um zu vermeiden, dass eine Variable Einzug hält, welche eine lineare Kombination ist von einer Variablen, welche bereits im Modell ist (Norusis, 1994). Das gewählte Toleranzlevel liegt bei 0.001.

Verwendet wurden zwei Typen von Koeffizienten um die relative Verteilung jeder Variablen zu berechnen (dies war in der schrittweisen Methode inbegriffen) für die Trennung der Gruppen: die *standardisierten Diskriminanzfunktionskoeffizienten* und die *Korrelationskoeffizienten* der Korrelation zwischen den Werten der Funktion und den Werten der Variablen.

Wenn multiple Gruppen zu vergleichen sind, werden multiple Diskriminanzfunktionen abgeleitet. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass, wenn es k Gruppen gibt, können $k-1$ Diskriminanzfunktionen berechnet werden. Die erste Funktion bildet die stärkste Trennung zwischen den Gruppen (höchstes Verhältnis der Zwischengruppenvariabilität zu Innerhalb-der-Gruppen-Variabilität), die zweite Funktion bildet die zweitstärkste Trennung usw. Die Funktionen sind alle untereinander unkorreliert und jede Funktion nimmt ihre eigene Verteilung zur Trennung zwischen den Gruppen vor. Berechnend führt die Analyse eine *kanonische Korrelationsanalyse* durch, welche die folgenden Funktionen und *Eigenwerte* bestimmen. Für jede kanonische Funktion, ist der Eigenwert das Verhältnis der Zwischengruppen zu den Innerhalb-Gruppen Summen im Quadrat und somit eine Schätzung der Qualität der Diskriminanzfunktion oder der Kombination der Funktionen.

Auf der Basis der Diskriminanzfunktionen wurden die aufgenommenen Gibbongruppen klassifiziert in eine der sieben Gibbonpopulationen, von denen Aufnahmen gemacht wurden. Weil die aktuelle Gruppenzugehörigkeit in jedem Fall bekannt ist, kann sie mit der von den Diskriminanzfunktionen vorgeschlagenen Gruppenzugehörigkeit verglichen werden. Der Prozentsatz der korrekt klassierten Fälle kann als ein Indikator genommen werden für die Effektivität der Diskriminanzfunktion.

Die aus dieser Analyse abgeleiteten Modelle wurden übers Kreuz validiert mit der *leaving-one-out Methode*. Diese Methode bedingt, dass jeder Fall der Reihe nach weggelassen wird, und die restlichen $n-1$ Fälle die Funktionen berechnen und anschliessend den ausgeschlossenen Fall klassifizieren (Norusis, 1994; Deichsel & Trampisch, 1985).

Die statistischen Analysen wurden berechnet auf einem MacBookPro unter Verwendung der SPSS Software (Version 18.0 für Mac OS X) (SPSS, 2010). Alle Prozeduren wurden abgewickelt gemäss dem SPSS Handbuch (SPSS Professional Statistics 6.1) (Norusis, 1994).

Auswahlmethoden der schrittweisen Diskriminanzanalyse:

Wilks-Lambda: Die Aufnahme von Variablen in die Gleichung erfolgt anhand der jeweiligen Verringerung von Wilks-Lambda. Bei jedem Schritt wird diejenige Variable aufgenommen, die den Gesamtwert von Wilks-Lambda am meisten vermindert (Norusis, 1994).

Nicht erklärte Varianz: Bei jedem Schritt wird die Variable aufgenommen, welche die Summe der nicht erklärten Variation zwischen den Gruppen minimiert (Norusis, 1994).

Mahalanobis-Abstand: Dieses Maß gibt an, wie weit die Werte der unabhängigen Variablen eines Falles vom Mittelwert aller Fälle abweichen. Ein großer Mahalanobis-Abstand charakterisiert einen Fall, der bei einer oder mehreren unabhängigen Variablen Extremwerte besitzt (Norusis, 1994).

Kleinster F-Quotient: Eine Methode für die Variablenauswahl in einer schrittweisen Analyse. Sie beruht auf der Maximierung eines F-Quotienten, der aus dem Mahalanobis-Abstand zwischen den Gruppen errechnet wird (Norusis, 1994).

Rao-V: Ein Maß für die Unterschiede zwischen Gruppenmittelwerten. Auch Lawley-Hotelling-Spur genannt. Bei jedem Schritt wird die Variable aufgenommen, die den Anstieg des Rao-V maximiert. (Norusis, 1994).

3. Resultate

3.1 Gesangsunterschiede zwischen *N. siki*, *N. annamensis* und *N. gabriellae*

Die Sonagramme im Anhang sind Ausschnitte aus Duettgesangsperioden von verschiedenen Gibbongruppen aus unterschiedlichen Populationen. Im Anhang befinden sich nur Sonagrammausschnitte von guter Qualität und mit voll entwickelten Sätzen. Diese Ausschnitte müssen nicht repräsentativ für die Population sein aus der sie stammen.

3.1.1 Gesang der Männchen

Bei allen von mir untersuchten Gibbongesangsproben sind die Boom-Noten in den Sonagrammen weder hör- noch sichtbar. Boom-Noten sind allerdings nicht sehr laut und können nicht weit gehört werden. Die Absenz dieses Notentyps kann daher zwei verschiedene Ursachen haben.

1. Durch die vielen Umgebungsgerausche und die lange Aufnahmedistanz erscheinen keine Boom-Noten in den Sonagrammen.
2. Die Boom-Noten gehören nicht zum Repertoire der Gibbonpopulationen, von denen die Aufnahmen stammen.

Anders verhält es sich bei den Staccato-Noten. Bei guten Aufnahmen mit wenigen Hintergrundgeräuschen sind die Staccato-Noten in den Sonagrammen klar zu erkennen. Dieser Notentyp erscheint aber auch nur bei den wenigsten Aufnahmen (Bsp. Gruppen 08 und Gruppe 15). In den meisten Aufnahmen fehlen auch die Staccato-Noten. Da die Staccato-Noten kurz sind und, ähnlich wie die Boom-Noten, nicht weit tragen, ist es möglich, dass die Staccato-Noten aufgrund der schwierigen Aufnahmeverhältnisse nur selten auftreten. Unwahrscheinlich ist, dass ein vollständiges Fehlen der Staccato-Noten vorliegt, da diese Noten bei allen Schopfgibbons gefunden wurden, wenn auch bei *N. gabriellae* in leicht veränderter Form (Geissmann et al., 2000). Alle in den Sonagrammen gefundenen Staccato-Noten sind weich und treten in unregelmässigen Intervallen und leicht variierenden Frequenzen auf. Dieser Typ wurde von Geissmann et al. als typisch für *N. gabriellae* beschrieben. Alle gefundenen Staccato-Noten wurden in den Aufnahmen aus den verschiedenen

Gebieten aus Kambodscha gefunden. In den Aufnahmen aus Bach Ma, Vietnam wurden keine Staccato-Noten festgestellt. Als Folge davon konnte für dieses Gebiet die Art von Staccato-Noten nicht bestimmt werden.

In den Gebieten in denen *N. annamensis* vorkommt (Bach Ma, Taveng, Veun-sai und Poey) ist zu erwarten, dass der Horizontalteil länger ist als in den Gebieten mit *N. gabriellae*. Die Unterschiede sind erkennbar, allerdings liegen die Unterschiede in einem bescheidenen Rahmen. Die Dauer bis zur maximalen Biegung sollte bei *N. annamensis* ebenfalls länger sein, was auch bestätigt wird. Die Frequenz bei der maximalen Biegung wäre bei *N. annamensis* tiefer zu erwarten. Dies wird durch die ausgewerteten Aufnahmen nicht bestätigt (Tabelle 13). Da die Rollen bei *N. annamensis* länger sind, sollte der Rollteil ebenfalls länger sein. Dies kann nicht bestätigt werden. Im Gegenteil sind die ersten Rollen bei *N. gabriellae* länger und nicht bei *N. annamensis* (Tabelle 14). Die maximale Frequenz ist, wie vorausgesagt, bei *N. gabriellae* höher. Da die Minimalfrequenz keine Unterschiede zeigt, ist auch der Frequenzbereich bei *N. gabriellae* grösser (Tabelle 16). Der Frequenzbereich zwischen Tiefpunkt und letzter Rolle ist bei *N. gabriellae* ebenfalls grösser. Die Anzahl der Rollen und die Dauer des Endteils sind keine klaren Kriterien zur Unterscheidung (Tabelle 14 und Tabelle 15).

3.1.2 Gesang des Weibchens

Die Great Calls der nördlichen Populationen haben mehr Noten als die Populationen des Südens. Die Ausnahme bilden die Poey-Populationen (Tabelle 17). Der Startfrequenzbereich ist bei den *N. gabriellae*-Populationen um einiges grösser als in den nördlichen Gebieten (Tabelle 18). Bei den Oo-Noten haben die nördlichen Gebiete ebenfalls mehr Noten als die Populationen des Südens. Auch hier ist die Ausnahme Poey. Der Oo-Teil dauert bei den *N. annamensis* wesentlich länger. Der Frequenzbereich der ersten Oo-Note ist bei den *N. gabriellae* höher. Die Dauer der ersten Bark-Note ist ebenfalls länger bei den südlichen Populationen (Tabelle 19). Das erste Zwischennotenintervall ist bei den *N. gabriellae* kürzer, ebenso wie auch das letzte Zwischennotenintervall (Tabelle 20). Beim Startfrequenzbereich zwischen der ersten und der zweiten Note sind keine eindeutigen Trends herauszulesen, während beim Startfrequenzbereich zwischen Note 2 und Note 3 der Bereich bei *N. annamensis* viel kleiner ist, genauso wie auch beim Frequenzbereich zwischen der zweitletzten und letzten Note (Tabelle 21). Speziell zu erwähnen sind die Populationen aus

Poey, die bei vielen Variablen näher bei den *N. gabriellae* liegen als bei den zu erwartenden *N. annamensis*.

Tabelle 13

C: Unterschiede im multi-modulierten Satz in Bezug auf den Beginn der ersten Note.

		Bach Ma	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
HT(%)AU	Mean	51.7	46.6	43.0	41.8	42.1	38.7
	SD	7.5	9.1	8.2	8.9	5.9	11.1
	Median	48.7	44.2	44.1	43.4	43.6	41.6
	IQ	10.5	11.3	11.9	9.4	10.2	14.2
DmB (%)AY	Mean	65.5	54.2	49.1	49.1	47.6	47.2
	SD	3.6	7.5	8.1	9.1	5.2	10.5
	Median	64.3	52.6	51.1	51.9	48.0	50.0
	IQ	5.8	11.7	10.8	6.8	7.8	11.3
D(Hz)F	Mean	1240.1	1355.4	1304.6	1431.9	1393.5	1382.0
	SD	49.5	81.0	91.5	76.2	82.7	62.7
	Median	1229.9	1379.7	1260.2	1431.2	1353.8	1372.3
	IQ	50.7	89.2	115.7	84.3	132.4	94.0

Tabelle 14

D: Unterschiede im multi-modulierten Satz in Bezug auf die Dauer der Rollen.

		Bach Ma	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
RT(%)BB	Mean	46.9	66.3	61.0	59.8	55.7	57.3
	SD	3.2	5.4	9.6	12.2	9.2	7.7
	Median	47.2	65.2	62.8	64.2	52.9	52.1
	IQ	2.0	4.9	12.7	9.6	12.3	13.1
RollenBD	Mean	1.78	2.82	2.03	1.94	1.87	1.87
	SD	0.22	0.45	0.98	0.72	0.47	0.57
	Median	1.75	2.79	1.86	2.02	1.76	1.78
	IQ	0.17	0.69	1.13	0.72	0.66	0.86
h(s)AL	Mean	0.39	0.51	0.50	0.66	0.95	0.74
	SD	0.08	0.16	0.09	0.17	0.41	0.20
	Median	0.37	0.50	0.47	0.67	0.85	0.71
	IQ	0.07	0.17	0.10	0.22	0.44	0.26

Tabelle 15

E: Unterschiede im multi-modulierten Satz in Bezug auf den Endteil.

		Bach Ma	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
ET(s)AS	Mean	1.20	0.99	0.94	0.97	1.12	0.84
	SD	0.15	0.25	0.23	0.18	0.27	0.14
	Median	1.15	1.01	0.88	1.00	1.05	0.83
	IQ	0.18	0.35	0.41	0.46	0.25	0.19
ET(%)BC	Mean	33.6	21.6	21.8	24.2	26.8	20.8
	SD	3.0	5.0	7.0	4.2	9.2	2.6
	Median	32.3	21.8	19.8	23.2	23.8	21.8
	IQ	4.0	5.0	8.9	3.0	14.3	3.1

Tabelle 16

F: Unterschiede im multi-modulierten Satz in Bezug auf den Frequenzbereich.

		Bach Ma	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
K oder k	Mean	1181.3	1159.0	1124.0	1244.7	1291.2	1268.4
	SD	27.6	73.4	79.8	71.6	159.7	125.9
	Median	1178.8	1156.3	1102.9	1241.9	1247.0	1285.2
	IQ	21.2	105.4	59.7	116.6	257.5	124.6
H(Hz)M	Mean	951.1	925.5	952.4	1090.2	924.2	976.5
	SD	22.3	47.5	63.3	60.4	60.9	75.5
	Median	951.5	925.3	952.2	1094.1	903.9	988.5
	IQ	12.9	53.5	73.8	52.3	82.5	66.3
Freq.B (Hz)BE	Mean	219.4	215.8	155.4	145.3	272.6	223.8
	SD	7.4	48.5	79.3	44.1	100.9	84.9
	Median	218.1	217.7	144.9	136.4	251.9	208.0
	IQ	6.4	29.0	64.7	41.9	135.1	90.8
kl(Hz)AP	Mean	66.3	147.3	112.0	88.1	137.7	117.6
	SD	24.6	50.7	47.2	42.8	102.3	65.5
	Median	78.0	138.8	103.9	80.7	143.6	111.8
	IQ	42.8	63.0	55.5	49.0	107.3	110.1

Tabelle 17

G: Unterschiede im Great Call in Bezug auf die Anzahl Noten.

		Bach Ma	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
AnzahlW	Mean	9.16	7.78	8.60	5.55	7.06	6.31
	SD	0.51	3.32	1.91	2.25	1.51	1.34
	Median	9.00	6.59	8.00	4.75	7.50	6.67
	IQ	0.83	3.15	2.62	1.92	0.41	1.60

Tabelle 18

H: Unterschiede im Great Call in Bezug auf die Startfrequenzen.

		Bach Ma	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
SFB(Hz)	Mean	471.0	596.4	650.9	580.2	865.8	970.7
	SD	54.8	171.2	101.1	174.8	181.4	149.2
	Median	484.6	573.0	646.8	533.9	922.4	946.7
	IQ	14.0	185.1	51.0	155.1	219.2	79.8

Tabelle 19

I: Unterschiede im Great Call in Bezug auf den Oo-Teil.

		Bach Ma	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
Oo	Mean	3.26	2.65	2.37	1.79	1.77	2.10
	SD	0.45	0.97	0.95	0.59	0.40	0.54
	Median	3.25	2.50	2.14	1.54	1.78	2.31
	IQ	0.65	0.67	0.68	0.39	0.33	0.37
Oo(s)	Mean	6.62	6.23	4.64	4.18	3.67	4.61
	SD	1.15	2.14	2.14	1.94	1.38	1.39
	Median	6.66	5.87	3.90	3.50	3.30	5.09
	IQ	0.66	1.26	2.33	1.69	1.90	1.09
1.Oo(Hz)	Mean	190.9	240.7	299.6	425.7	448.3	386.4
	SD	80.7	95.0	78.3	101.5	269.1	181.3
	Median	156.9	252.6	290.2	439.3	380.9	348.3
	IQ	31.7	130.3	98.2	113.4	301.7	49.4
1.Bark(s)	Mean	0.75	0.95	0.77	0.97	1.11	0.93
	SD	0.12	0.18	0.21	0.28	0.22	0.14
	Median	0.80	0.90	0.73	0.96	1.15	0.89
	IQ	0.06	0.17	0.10	0.44	0.45	0.05

Tabelle 20

K: Unterschiede im Great Call in Bezug auf den Abstand zwischen den Noten.

		Bach Ma	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
i1(s)	Mean	0.85	0.74	0.58	0.56	0.55	0.62
	SD	0.21	0.18	0.17	0.14	0.14	0.21
	Median	0.87	0.78	0.51	0.59	0.54	0.69
	IQ	0.36	0.21	0.22	0.08	0.17	0.29
iz(s)	Mean	0.59	0.51	0.44	0.47	0.35	0.36
	SD	0.09	0.14	0.04	0.10	0.09	0.05
	Median	0.57	0.53	0.44	0.44	0.34	0.35
	IQ	0.14	0.14	0.04	0.06	0.09	0.07

Tabelle 21

L: Unterschiede im Great Call in Bezug auf den Frequenzbereich.

		Bach Ma	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
r1(Hz)	Mean	102.8	193.9	173.1	229.0	238.3	170.2
	SD	10.8	112.8	84.3	64.7	154.7	90.2
	Median	107.6	175.4	191.9	212.7	172.0	147.4
	IQ	14.3	111.5	111.2	68.9	202.3	154.0
r2(Hz)	Mean	111.1	160.0	181.0	128.2	229.5	342.0
	SD	31.4	63.7	91.8	100.2	89.1	113.0
	Median	92.0	153.4	185.0	102.2	261.7	304.9
	IQ	53.7	90.5	77.0	103.7	157.7	153.9
rz(Hz)	Mean	44.7	25.0	62.8	68.2	106.8	129.0
	SD	22.0	75.2	17.4	30.4	58.3	84.2
	Median	41.2	45.9	68.6	62.3	127.1	155.7
	IQ	41.3	52.4	24.6	26.8	95.1	103.6

3.1.3 Überblick

Mit Ausnahme der Anzahl Great Call Noten sind alle vorgegebenen Gesangsunterschiede zwischen *N. annamensis* und *N. gabriellae* qualitativ (Geissmann et al., 2000; Thinh et al. 2010). Daher gibt es keine typischen Referenzwerte, um die erhaltenen Werte als typisch für eines der Taxa einzuordnen. Somit wurden die Variablen einzeln angeschaut und innerhalb der Variablen wurden die Extremwerte bestimmt und dann einer der Taxa zugeordnet. Die einzelnen Populationen wurden dann je nach Wert einem der beiden Taxa zugeordnet.

Die vier Gebiete mit *N. annamensis*-Populationen zeigen ganz unterschiedliche Werte bei den einzelnen Variablen.

Bach Ma

Bei 19 der 23 Variablen zeigt die Population aus Bach Ma den Extremwert, welcher dem *N. annamensis*-Taxon entspricht. Nur bei den Maximal- resp. Minimalwerten zeigt Bach Ma nicht das Extrem. Gesamthaft ist die Übereinstimmung mit den vorgegebenen *N. annamensis*-Gesangscharakteren aber beeindruckend.

Taveng / Veunsai

Die beiden Gebiete Taveng und Veunsai haben bei vielen Variablen ähnliche Werte, welche nicht ganz bei den Werten von Bach Ma liegen, aber doch in der Nähe dieses Extrems sind. Gesamthaft zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit den Referenzwerten von *N. annamensis*.

Poey

Bei 11 der 23 Variablen liegen die Poey-Aufnahmen näher beim Extremwert des *N. gabriellae*-Taxon. Vor allem bei den Great Call-Variablen liegen die Poey-Aufnahmen nahe bei den Extremwerten für das *N. gabriellae*-Taxon. Die Aufnahmen zeigen damit grosse Unterschiede zu den anderen Aufnahmen, welche das *N. annamensis*-Taxon zeigen sollen.

Phnom Preech

Bei 11 der 23 Variablen zeigen die Aufnahmen aus Phnom Preech den Extremwert für das *N. gabriellae*-Taxon. Vor allem bei den Variablen des Gesangs der Weibchen zeigt sich eine grosse Übereinstimmung mit dem angenommenen *N. gabriellae*-Taxon. Von den 11 Great Call-Variablen zeigt sich sieben mal der Extremwert bei den Phnom Preech-Populationen. Die Aufnahmen aus Phnom Preech zeigen eine gute Übereinstimmung zu den Referenzwerten von *N. gabriellae*.

Samling

Bei 7 der 23 Variablen erreichen die Samlingaufnahmen den Extremwert des *N. gabriellae*-Taxon. Bei vielen anderen Variablen liegen die Werte nahe am Extremwert. Das südlichste Gebiet der Untersuchung liefert auch die beste Übereinstimmung mit den Referenzwerten von *N. gabriellae*.

Die Beschreibung der Gesangsunterschiede von Geissmann et al. (2000) zwischen *N. leucogenys*, *N. l. siki* und *N. gabriellae* basiert auf Gesangsmustern aus dem Feld und aus Zooaufnahmen. Es ist zu beachten, dass *N. l. siki*, resp. *N. annamensis* fast ausschliesslich durch Zooexemplare repräsentiert wurden (Geissmann, pers. Komm.). Diese Tiere werden zwar offiziell als *N. l. siki*, resp. *N. annamensis* bestimmt. Trotzdem bleibt bei Zootieren eine Unsicherheit über die genaue Herkunft der Tiere (oder ihrer Ahnen) und folglich auch über ihren taxonomischen Status.

3.2 Multivariate Analyse

Für die Diskriminanzanalyse benutzte ich immer die schrittweise Methode. Das bedeutet, dass (1) eine Variable nur einfließt wenn sie das Eingangskriterium vollumfänglich erfüllt, und (2) nur so lange im Modell verbleibt, bis es das Ausschlusskriterium erreicht. Die Signifikanz des Wechsels im Selektionskriterium, ob eine Variable einfließt oder aus dem Modell gelöscht wird, basiert auf einer *F* Statistik (Norusis, 1994). Entweder kann der aktuelle Wert von *F* oder sein Signifikanzlevel als Einlass- oder Ausschlusskriterium für die Variablen benützt werden.

Für alle Analysen benutzte ich ein Signifikanzlevel (Wahrscheinlichkeit von *F*) und setzte die Standardeinstellungen (p-to-enter = 0.05 und p-to-remove = 0.10).

Als Konsequenz konnte eine Variable nur eingeschlossen werden, wenn ihr Signifikanzlevel tiefer als 0.05 ist.

In SPSS sind verschiedene Kriterien für die Variablenselektion wählbar: Wilks' Lambda, Unerklärte Varianz, Mahalanobis Distanz, Kleinster F Wert und Rao's V. Weil diese Selektionskriterien verschiedene Grade der Trennung optimieren, erscheinen verschiedene Resultate. Ich führte eine separate Analyse mit den gleichen Daten für jedes Kriterium durch. Die Resultate wurden verglichen in Hinblick auf die Variablen welche in die Analyse einfließen, Attribute der Diskriminanzfunktionen und die Klassifizierung der Gibbongruppen zu den Populationen.

3.2.1 In die Analyse einflussende Variablen

Die Tabellen 22 bis 25 präsentieren die Variablen, welche in der Analyse berücksichtigt wurden für jedes der fünf Selektionskriterien. Für jede Variable sind die standardisierten Diskriminanzfunktionskoeffizient (KD) und die Korrelationskoeffizienten (KK) für die erste und die zweite Diskriminanzfunktion aufgelistet.

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten (KD)

Daten aus dem Output in den Tabellen 22 bis 25 unter DFxKD. In den Tabellen 22 bis 25 sind, wenn möglich, die ersten zwei Funktionen angegeben.

Die standardisierten Koeffizienten ergeben sich, indem die Ausgangswerte der erklärenden Variablen vor der Berechnung der Diskriminanzfunktion standardisiert werden. Die Werte werden so transformiert, dass sie anschliessend einen Mittelwert von 0 und eine Standardabweichung von 1 aufweisen. Ein Vorteil besteht darin, dass Einflüsse unterschiedlicher Dimensionen in verschiedenen Variablen eliminiert werden. (Brosius, 1998)

Korrelationskoeffizient (KK)

Daten aus dem Output in der Tabelle Struktur-Matrix. In den Tabellen 22 bis 25 sind, wenn möglich, die ersten zwei Funktionen angegeben.

Die Korrelationskoeffizienten ergeben sich aus der Wechselwirkung zwischen den unabhängigen Variablen und der Diskriminanzfunktion. Zuerst werden die Korrelationskoeffizienten der einzelnen Gruppen berechnet. Für jede Variable werden

zunächst x Koeffizienten für die Korrelation zwischen den Variablen- und den Funktionswerten berechnet, jeweils einer für die Fälle jeder Gruppe. Der ausgewiesene Koeffizient für die gesamte Variable wird anschliessend als Mittelwert der einzelnen Koeffizienten berechnet (gepoolte Koeffizienten).

Ein hoher Korrelationskoeffizient nahe bei 1 deutet auf eine starke Korrelation zwischen den Funktionswerten und den Variablewerten hin. Ein negativer KK zeigt eine entgegengesetzte Korrelation (Brosius, 1998).

Diese Werte sind Schätzungen des relativen Anteils einer Variablen an der Separation der Gruppen, in diesem Falle der Gibbonpopulationen. „Relativ“ bedeutet, dass der Anteil einer einzelnen Variablen nur beurteilt werden kann in der Kombination mit den anderen ins Modell einflussenden Variablen. Es ist nicht möglich, die Wichtigkeit einer einzelnen Variable zu bewerten.

Für beide Koeffizienten (KD und KK) bedeuten hohe absolute Werte einen grossen relativen Anteil der bestimmten Variable. Die Vorzeichen bei KD sind beliebig (Norusis, 1994).

Beim Interpretieren des Zusammenhangs zwischen den Werten der Funktion und den Werten der Variablen (KK's), sollte man aufpassen, dass sich Zusammenhänge zwischen Variablen auf das Ausmass und die Vorzeichen der KK auswirken können. Wenn nur eine Variable einen hohen KK aufweist und eine andere Variable sehr eng mit dieser Variable korreliert, werden beide hohe KK's zeigen, aber die individuellen Koeffizienten sind nicht aussagekräftig (Norusis, 1994).

Tabelle 22

Variablen, die in die Analyse eingeflossen sind beim Set DA 2er Nord mit KD und KK.

Variable		12	13	22	32	56	57
Wilks'Lambda	DF1 KD	0.72	0.418	-1.048	-0.645	1.058	1.094
	DF1 KK	-0.067	0.091	-0.192	-0.063	0.436	0.28
Nicht erklärte Varianz	DF1 KD	0.72	0.418	-1.048	-0.645	1.058	1.094
	DF1 KK	-0.067	0.091	-0.192	-0.063	0.436	0.28
Mahalanobis-Abstand	DF1 KD	0.72	0.418	-1.048	-0.645	1.058	1.094
	DF1 KK	-0.067	0.091	-0.192	-0.063	0.436	0.28
Kleinster F-Quotient	DF1 KD	0.72	0.418	-1.048	-0.645	1.058	1.094
	DF1 KK	-0.067	0.091	-0.192	-0.063	0.436	0.28
Rao-V	DF1 KD	0.72	0.418	-1.048	-0.645	1.058	1.094
	DF1 KK	-0.067	0.091	-0.192	-0.063	0.436	0.28

Tabelle 23

Variablen die in die Analyse eingeflossen sind beim Set DA 2er Sued mit KD und KK.

Variable		1	21	27	28	32	36	38	45	49	56
Wilks' Lambda	DF1										
	KD	-0.448	1.133	3.245	-2.076	-0.491	0.88	-0.627	-1.248	0.538	0.511
	KK	-0.079	0.166	0.114	0.057	0.027	0.274	-0.113	-0.058	0.114	0.181
Nicht erklärte Varianz	DF1										
	KD	-0.448	1.133	3.245	-2.076	-0.491	0.88	-0.627	-1.248	0.538	0.511
	KK	-0.079	0.166	0.114	0.057	0.027	0.274	-0.113	-0.058	0.114	0.181
Mahalanobis-Abstand	DF1										
	KD	-0.448	1.133	3.245	-2.076	-0.491	0.88	-0.627	-1.248	0.538	0.511
	KK	-0.079	0.166	0.114	0.057	0.027	0.274	-0.113	-0.058	0.114	0.181
Kleinsten F-Quotient	DF1										
	KD	-0.448	1.133	3.245	-2.076	-0.491	0.88	-0.627	-1.248	0.538	0.511
	KK	-0.079	0.166	0.114	0.057	0.027	0.274	-0.113	-0.058	0.114	0.181
Rao-V	DF1										
	KD	-0.448	1.133	3.245	-2.076	-0.491	0.88	-0.627	-1.248	0.538	0.511
	KK	-0.079	0.166	0.114	0.057	0.027	0.274	-0.113	-0.058	0.114	0.181

Tabelle 24

Variablen, die in die Analyse eingeflossen sind beim Set DA 6er mit KD und KK.

Wilks/Lambda																
Variable	19	25	26	32	35	36	39	40	54	55						
DF1 KD	0.604	-1.774	1.422	0.75	-0.816	1.16	-0.391	0.555	0.505							
DF1 KK	0.071	-0.154	0.06	-0.046	-0.322	0.145	-0.15	0.358	-0.05							
DF2 KD	1.199	-0.905	0.698	0.698	0.108	0.099	0.884	-0.15	0.674							
DF2 KK	0.362	0.029	0.134	0.067	0.101	-0.144	0.314	-0.206	0.217							
Nicht erklärte Varianz																
Variable	19	23	26	31	36	38	40	49	52	54						
DF1 KD	0.184	-1.192	1.034	0.069	-0.86	0.944	1.024	-0.664	0.457	0.526						
DF1 KK	0.057	-0.136	0.058	0.06	-0.297	0.155	0.074	-0.143	0.121	0.299						
DF2 KD	0.741	-0.832	-0.219	1.111	0.06	-0.232	0.377	0.672	-0.905	-0.106						
DF2 KK	0.309	-0.004	0.16	0.294	0.043	-0.254	0.333	0.237	-0.189	-0.138						
Kohärenz/Abstand																
Variable	12	16	22	28	29	30	31	33	35	36	44	47	48	49	56	57
DF1 KD	0.535	-0.712	0.099	2.32	-4.321	3.471	1.952	-2.904	0.206	0.631	1.008	0.039	-0.42	-0.96	0.687	0.17
DF1 KK	0.106	-0.139	-0.019	0.012	-0.057	-0.088	0.078	-0.101	0.063	0.133	-0.022	-0.028	-0.13	-0.114	0.109	-0.144
DF2 KD	0.965	1.143	0.278	-0.382	-0.223	0.791	-1.838	0.505	1.057	-2.066	0.371	1.953	-0.945	-1.611	0.884	-0.336
DF2 KK	0.079	0.073	0.105	-0.208	-0.053	0.06	-0.191	-0.074	0.175	0.05	-0.107	0.006	-0.159	-0.084	0.069	-0.034
Minimum-Quadrat																
Variable	19	21	25	26	29	36	37	40	41	42	46	49	55			
DF1 KD	0.523	-0.913	-1.44	1.177	-0.344	-0.694	-0.448	1.054	0.165	1.627	-0.377	-0.501	1.274			
DF1 KK	0.071	-0.152	-0.125	0.046	-0.053	-0.265	-0.155	0.141	0.004	0.006	-0.106	-0.108	-0.04			
DF2 KD	0.889	-0.079	-0.249	0.781	-0.187	0.765	-0.115	0.854	-2.042	1.895	1.308	-0.184	-0.822			
DF2 KK	0.172	0.135	0.149	0.304	0.118	0.209	-0.052	0.271	-0.295	-0.217	0.134	0.16	0.066			
Step-V																
Variable	2	20	21	26	27	28	36	39	45	49	54					
DF1 KD	0.059	-0.428	1.015	-0.285	2.989	-1.814	0.891	-0.798	-1.077	0.732	-0.357					
DF1 KK	-0.016	-0.107	0.158	-0.047	0.108	0.056	0.234	-0.12	-0.065	0.126	-0.215					
DF2 KD	-1.215	1.6	0.649	0.475	0.307	-0.44	0.214	-0.227	0.763	0.745	0.264					
DF2 KK	-0.005	0.18	0.148	0.244	0.056	0.022	0.123	0.019	0.151	0.28	-0.018					

Tabelle 25

Variablen, die in die Analyse eingeflossen sind beim Set DA 7er mit KD und KK.

Wilks' Lambda																
Variable	19	21	26	27	30	36	38	45	49	52						
DF1 KD	-0.129	1.176	-0.227	3.178	-1.981	0.879	-0.762	-1.267	0.797	-0.444						
DF1 KK	-0.051	0.175	-0.042	0.106	0.055	0.263	-0.13	-0.057	0.13	-0.096						
DF2 KD	0.822	0.292	0.251	0.516	-0.694	-0.374	-0.012	0.657	0.664	-0.343						
DF2 KK	0.389	0.203	0.237	-0.037	-0.013	-0.155	-0.239	0.377	0.277	-0.165						
Nicht erklärte Varianz																
Variable	19	25	26	32	36	38	45	49	52	54						
DF1 KD	0.463	-1.28	1.35	0.475	-0.977	1	0.967	-0.535	0.35	0.609						
DF1 KK	0.069	-0.128	0.058	-0.041	-0.303	0.136	0.075	-0.132	0.101	0.239						
DF2 KD	1.007	-0.989	0.752	0.866	-0.091	-0.214	0.053	0.712	-0.941	-0.263						
DF2 KK	0.329	0.018	0.178	0.086	0.012	-0.305	0.251	0.181	-0.305	-0.308						
Mahalanobis-Abstand																
Variable	10	13	16	21	23	26	27	29	30	32	44	47	49	54	56	57
DF1 KD	-0.232	1.503	0.842	0.697	-0.060	-1.064	0.930	1.816	-1.292	-1.174	-0.736	-1.135	0.03	-0.235	0.025	1.508
DF1 KK	0.08	0.132	0.133	0.187	0.011	0.006	0.091	0.071	0.094	0.026	0.053	0.037	0.143	-0.246	0.188	0.172
DF2 KD	-0.864	0.79	-1.45	-0.137	-0.795	2.593	-0.431	-4.731	4.155	-0.434	0.142	-0.68	0.385	0.506	0.958	0.314
DF2 KK	-0.052	0.135	-0.197	-0.047	-0.183	0.269	-0.102	0.055	-0.078	-0.124	0.13	0.024	-0.034	0.104	0.122	0.048
Kleinstes F-Quotient																
Variable	19	21	26	30	32	33	36	38	39	45	47	48	49	52	57	
DF1 KD	-0.088	0.429	-1.473	1.052	-0.679	1.745	0.69	-1.652	0.728	-0.888	0.211	0.148	0.622	-0.655	0.57	
DF1 KK	-0.055	0.139	-0.041	0.099	0.032	0.067	0.273	-0.124	-0.112	-0.056	-0.112	0.137	0.127	-0.086	0.145	
DF2 KD	-0.005	-0.87	-0.255	-0.935	-1.322	1.657	-0.161	-2.596	4.031	0.523	-2.086	1.384	-0.104	0.179	1.583	
DF2 KK	0.016	-0.053	0.216	-0.020	-0.11	0.097	0.173	-0.015	0.026	0.094	0.026	0.226	-0.013	0.06	0.124	
Sato-V																
Variable	2	20	21	26	27	28	36	38	44	45	48	49	52	56		
DF1 KD	-0.238	0.738	-1.361	0.345	-3.648	2.169	-1.13	1.302	0.993	1.514	0.538	-0.872	0.77	0.462		
DF1 KK	0.011	0.092	-0.142	0.036	-0.083	-0.042	-0.202	0.106	-0.021	0.056	-0.095	-0.099	0.005	-0.044		
DF2 KD	-1.288	1.787	0.501	0.405	0.453	-0.656	-0.015	0.319	0.257	0.46	0.552	0.795	0.198	0.635		
DF2 KK	-0.012	0.135	0.15	0.173	0.065	0.038	0.204	-0.125	0.245	0.284	0.286	0.249	0.032	0.02		

Bei der Diskriminanzanalyse in sieben Gebieten wurden von den gesamthaft 57 Gesangsvariablen welche in dieser Studie definiert sind, 28 selektiert von mindestens einem der fünf Typen der Diskriminanzanalysen welche durchgeführt wurden (Tabelle 26). Zwei Variablen wurde von allen erfasst, vier Variablen wurden vierfach erfasst, drei Variablen wurden dreifach erfasst, sieben Variablen zweifach und 12 Variablen einfach.

Bei der Diskriminanzanalyse in sechs Gebiete wurden 35 Variablen selektiert (Tabelle 26). Zwei Variablen wurden von allen erfasst, eine Variable wurde vierfach erfasst, vier Variablen wurden dreifach erfasst, sechs Variablen zweifach und 22 Variablen einfach.

Bei der Diskriminanzanalyse DA2erSued wurden 10 Variablen fünffach erfasst und bei der DA 2erNord sechs Variablen fünffach (Tabelle 26).

Tabelle 26

In die Diskriminanzanalyse einflussende Variablen.

DA 2erNord

		WL	NEV	MA	KA	RV
DmB(%)AY	12	X	X	X	X	X
D(Hz)F	13	X	X	X	X	X
ET(s)AS	22	X	X	X	X	X
kl(Hz)AP	32	X	X	X	X	X
r2(Hz)	56	X	X	X	X	X
rz(Hz)	57	X	X	X	X	X

DA 2erSued

AnzahlM	1	X	X	X	X	X
h(s)AL	21	X	X	X	X	X
Freq.B(Hz)BE	27	X	X	X	X	X
j(Hz)AN	28	X	X	X	X	X
kl(Hz)AP	32	X	X	X	X	X
SFB(Hz)	36	X	X	X	X	X
Oo	38	X	X	X	X	X
1.Oo(s)	45	X	X	X	X	X
1.Bark(s)	49	X	X	X	X	X
r2(Hz)	56	X	X	X	X	X

DA 6er

		WL	NEV	MA	KA	RV
Total(s)AT	2					X
DmB(%)AY	12			X		
IT(s)AQ	16			X		
RT(%)BB	19	X	X		X	
RollenBD	20					X
h(s)AL	21				X	X
ET(s)AS	22			X		
K oder k	25	X	X		X	
H(Hz)M	26	X	X	X	X	X
Freq.B(Hz)BE	27					X
j(Hz)AN	28					X
K1(Hz)Q	29			X	X	
k(Hz)AO	30			X		
S/U/W/Y/AA	31		X	X		
kl(Hz)AP	32	X				
M(Hz)AE	33			X		
AnzahlIW	35			X		
SFB(Hz)	36	X	X		X	X
2'500Hz	37				X	
Oo	38		X			
Oo(s)	39	X		X		X
Oo(%)	40				X	
Bark	41				X	
Bark(s)	42				X	
GC-Coda(s)	44			X		
1.Oo(s)	45		X			X
1.Oo(Hz)	46				X	
2.Oo(s)	47			X		
2.Oo(Hz)	48			X		
1.Bark(s)	49	X	X	X	X	X
i1(s)	52		X	X		
iz(s)	54	X	X			X
r1(Hz)	55	X			X	
r2(Hz)	56			X		
rz(Hz)	57			X		

DA 7er

		WL	NEV	MA	KA	RV
Total(s)AT	2					X
d(Hz)AJ	10			X		
D(Hz)F	13			X		
IT(s)AQ	16			X		
RT(%)BB	19	X	X		X	
RollenBD	20					X
h(s)AL	21	X		X	X	X
ET(%)BC	23			X		
K oder k	25		X			
H(Hz)M	26	X	X	X	X	X
Freq.B(Hz)BE	27	X		X		X

j(Hz)AN	28	X				X
K1(Hz)Q	29			X		
k(Hz)AO	30			X	X	
kl(Hz)AP	32		X	X	X	
M(Hz)AE	33				X	
SFB(Hz)	36	X	X		X	X
Oo	38	X	X		X	X
Oo(s)	39				X	
GC-Coda(s)	44			X		X
1.Oo(s)	45	X	X		X	X
2.Oo(s)	47			X	X	
2.Oo(Hz)	48				X	X
1.Bark(s)	49	X	X	X	X	X
i1(s)	52	X	X		X	X
iz(s)	54		X	X		
r1(Hz)	55					X
r2(Hz)	56			X		
rz(Hz)	57			X	X	

3.2.2 Die Wirksamkeit der Diskriminanzfunktionen

Die Tabellen 27 bis 30 zeigen eine Anzahl von Schätzungen der Wirksamkeit der Populationstrennung durch die Diskriminanzfunktionen. Zusätzlich zum Prozentsatz der korrekt klassierten Gruppen und den Eigenwerten, welche beide anschließend beschrieben werden, wird der Prozentsatz der gesamten Zwischen-Gruppen-Variabilität präsentiert. Dieser Wert drückt den Betrag der Variabilität aus, der einer spezifischen Funktion zugeordnet werden kann und er kann gebraucht werden um den Wert jeder Funktion zu vergleichen. Schlussendlich sind die Durchschnittsfunktionsergebnisse jeder Gibbonpopulation für die signifikanten Diskriminanzfunktionen angegeben. Diese zeigen zwischen welchen Populationen die jeweilige Funktion zu trennen scheint.

Tabelle 27

Klassierung, Eigenwert, Varianz und Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden beim Set 2er DA_Nord

Selektionskriterium	Korrekt klassiert	Diskriminanzfunktion	Eigenwert	Varianz	Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden für jede Population	
					1	2
Wilks'Lambda	100%	1	2.959	100%	-0.753	3.765
Nicht erklärte Varianz	100%	1	2.959	100%	-0.753	3.765
Mahalanobis-Abstand	100%	1	2.959	100%	-0.753	3.765
Kleinster F-Quotient	100%	1	2.959	100%	-0.753	3.765
Rao-V	100%	1	2.959	100%	-0.753	3.765

Tabelle 28

Klassierung, Eigenwert, Varianz und Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden beim Set 2er DA_Sued.

Selektionskriterium	Korrekt klassiert	Diskriminanzfunktion	Eigenwert	Varianz	Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden für jede Population	
					1	2
Wilks'Lambda	100%	1	15.05	100%	-3.074	4.692
Nicht erklärte Varianz	100%	1	15.05	100%	-3.074	4.692
Mahalanobis-Abstand	100%	1	15.05	100%	-3.074	4.692
Kleinster F-Quotient	100%	1	15.05	100%	-3.074	4.692
Rao-V	100%	1	15.05	100%	-3.074	4.692

Tabelle 29

Klassierung, Eigenwert, Varianz und Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden beim Set 6er DA.

SK	Korrekt klassiert	DF	Eigenwert	Varianz	Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden für jede Population					
					1	2	3	4	5	6
WL	93.80%	1	12.712	77%	3.398	2.866	1.853	3.074	-4.76	-3.015
			1.673	10.10%	-2.984	1.129	-0.195	1.697	0.136	-0.339
			1.16	7.00%	0.722	1.006	-0.794	-1.08	0.903	-1.417
NEV	91.70%	1	14.62	77.30%	4.636	2.937	1.432	3.138	-5.223	-2.745
			2.061	10.90%	-3.225	1.269	-0.114	2.082	-0.098	-0.334
			1.087	5.70%	0.544	1.108	-0.86	-1.047	0.823	-1.258

MA	100%	1	20.765	58.30%	4.426	4.925	1.715	1.12	-6.163	-3.152
		2	7.815	22.00%	4.567	-1.044	1.238	-6.269	1.261	-1.696
		3	3.516	9.90%	1.567	-0.995	-0.304	-1.033	-1.615	3.383
KFQ	100%	1	18.656	71.00%	2.987	4.035	2.04	4.28	-5.434	-4.13
		2	3.239	12.30%	-2.194	0.594	-1.611	3.532	-0.704	1.843
		3	2.578	9.80%	-0.041	1.255	-1.623	0.67	1.632	-2.094
RV	95.80%	1	19.558	81.40%	-4.223	-3.568	-2.354	-3.452	6.119	3.354
		2	2.175	9.00%	-1.586	1.255	-1.799	2.483	-0.273	0.805
		3	1.103	4.60%	1.519	0.733	-1.113	-0.845	0.714	-1.033

Tabelle 30

Klassierung, Eigenwert, Varianz und Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden beim Set 7er DA.

SK	Korrekt klassiert	DF	Eigenwert	Varianz %	Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden für jede Population						
					1	2	3	4	5	6	7
WL	93.80%	1	20.268	82	-4.70	-3.32	-2.60	-2.99	6.28	5.96	3.34
		2	1.83	7.4	-2.00	1.08	-0.77	2.36	0.94	-1.34	-0.48
		3	1.22	4.9	1.70	0.37	-0.77	-0.87	1.39	-0.31	-1.19
NEV	97.90%	1	16.795	77.3	4.19	3.20	1.81	3.60	-4.83	-6.50	-3.20
		2	2.187	10.1	-3.30	0.67	0.39	1.98	0.92	-1.20	-0.46
		3	1.093	5	0.34	1.22	-1.36	-0.25	0.70	0.61	-0.84
MA	100%	1	16.391	59.5	-5.38	-3.26	-2.38	0.18	4.12	5.44	3.99
		2	4.05	14.7	-0.65	0.79	-1.34	2.97	-2.30	-1.91	2.57
		3	3.066	11.1	0.06	1.34	-2.05	1.87	2.09	-0.72	-1.55
KFQ	97.90%	1	21.01	65.6	-4.75	-3.29	-2.78	-3.15	5.30	7.14	3.92
		2	6.016	18.8	-0.42	-0.18	-1.46	3.49	-3.40	0.22	3.43
		3	2.489	7.8	-2.70	1.07	-0.61	2.67	1.27	-1.34	-0.67
RV	100%	1	30.419	81.1	5.22	4.81	2.26	3.83	-8.34	-7.14	-3.15
		2	2.849	7.6	-1.78	1.43	-2.15	2.19	-0.37	-0.16	1.33
		3	1.508	4	0.12	0.70	-0.47	0.72	1.71	-0.46	-1.98

Diskriminanzfunktion: Die Anzahl der Diskriminanzfunktionen ist immer um eins niedriger als die Anzahl der Gruppen in den abhängigen Variablen. Die allgemeine Form lautet:

$$D = b_0 + b_1 \times X_1 + b_2 \times X_2 + \dots + b_n \times X_n$$

Die X_i bezeichnen die verschiedenen erklärenden Variablen und die b_i die Koeffizienten, mit denen die Variablen in die Diskriminanzfunktion eingehen. Nicht wie bei der Regressionsanalyse, welche sich in der allgemeinen Form genauso darstellen lässt, wird bei der Diskriminanzanalyse bereits so bei der Schätzung berücksichtigt, dass in einem zweiten Schritt der Analyse aus den stetigen Werten Rückschlüsse auf eine diskrete Gruppenzugehörigkeit gezogen werden kann. Es wird daher für die Schätzung der Koeffizienten eine Methode verwendet, die bereits von diskreten Gruppen ausgeht und somit einen Zusammenhang zwischen den Funktionswerten und den einzelnen Gruppen wahrscheinlich werden lässt. Ziel ist ein maximaler Quotient von

Quadratsumme der Funktionswerte zwischen den Gruppen

Quadratsumme der Funktionswerte innerhalb der Gruppen

Durch diese Vorgehensweise werden die Funktionswerte der Diskriminanzfunktion von Fällen verschiedener Gruppen möglichst deutlich voneinander unterschieden (Norusis, 1994).

Eigenwert: Entspricht dem F-Wert der Varianzanalyse und wird auch ähnlich berechnet. Er ergibt sich aus dem Quotienten der Quadratsumme zwischen den Gruppen (QSZ) und der Quadratsumme innerhalb der Gruppen (QSI). Der Unterschied zur Berechnung des F-Wertes besteht lediglich darin, dass beim F-Wert die jeweiligen Freiheitsgrade berücksichtigt werden. Ein grosser Eigenwert ergibt sich, wenn die Streuung zwischen den Gruppen im Verhältnis zur Streuung innerhalb der Gruppen sehr groß ist. Idealerweise wird bei einer Diskriminanzanalyse eine grosse Streuung erreicht. Dadurch ist es anschließend möglich, anhand der Funktionswerte auf die Gruppenzugehörigkeit zu schliessen (Norusis, 1994).

Varianz: Für jede Diskriminanzfunktion kann die Streuung der Funktionswerte zwischen den Gruppen durch die Quadratsumme zwischen den Gruppen (QSZ) gemessen werden. Die Summe dieser Streuungen über alle Diskriminanzfunktionen wird als gesamte Varianz bezeichnet.

Mit % der Varianz wird angegeben, welcher Anteil der gesamten Streuung auf die einzelnen Funktionen entfällt. Das Total muss 1 bzw. 100% ergeben (Norris, 1994).

Funktionen bei den Gruppen-Zentroiden für jede Population: Je näher die Gruppenzentroide (Funktionsmittelwerte) beieinander liegen, desto schwieriger ist es, einen Fall anhand seines Funktionswertes einer der Gruppen zuzuordnen. Das Modell taugt nur, wenn die Gruppenmittelwerte signifikant unterschieden sind (Norris, 1994).

3.2.3 Die Resultate der Klassifikation

Der Durchschnittswert der korrekt klassierten Populationen reicht bei der Einteilung in sechs Gebiete von 91,7 % (mit *Nicht erklärter Varianz* als Selektionskriterium) bis zu 100 % (mit *Kleinster F-Quotient* oder *Mahalanobis-Abstand* als Selektionskriterium). Bei der Einteilung in sieben Gebiete reicht die Einteilung von 93,8 % (mit *Wilks' Lambda* als Selektionskriterium) bis zu 100 % (mit *Mahalanobis-Abstand* als Selektionskriterium). Für die Diskriminanzanalysen mit der jeweils tiefsten und der höchsten Klassifikationsgenauigkeit werden die Resultate im Detail gezeigt (Tabellen 28 bis Tabelle 31).

Tabelle 31

6er DA NEV: Klassierungsergebnisse

91.7% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

		Klassifizierungsergebnisse						
Original	Gruppe	Vorausgesagte Gruppenzugehörigkeit						
		1	2	3	4	5	6	Gesamt
1	BachMa	4	0	1	0	0	0	5
2	Taveng	0	10	0	0	0	0	10
3	Veunsai	0	1	9	0	0	0	10
4	Poey	0	0	0	4	0	0	4
5	Phnom Preech	0	0	0	0	11	0	11
6	Samling	0	0	0	0	2	6	8
in %								
1	BachMa	80	0	20	0	0	0	100
2	Taveng	0	100	0	0	0	0	100
3	Veunsai	0	10	90	0	0	0	100
4	Poey	0	0	0	100	0	0	100
5	PhnomPreech	0	0	0	0	100	0	100
6	Samling	0	0	0	0	25	75	100

Tabelle 32

6erDA MA: Klassierungsergebnisse

100 % der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

Klassifizierungsergebnisse								
Original	Gruppe	Vorausgesagte Gruppenzugehörigkeit						Gesamt
		1	2	3	4	5	6	
1	BachMa	5	0	0	0	0	0	5
2	Taveng	0	10	0	0	0	0	10
3	Veunsai	0	0	10	0	0	0	10
4	Poey	0	0	0	4	0	0	4
5	PhnomPreech	0	0	0	0	11	0	11
6	Samling	0	0	0	0	0	8	8
in %								
1	BachMa	100	0	0	0	0	0	100
2	Taveng	0	100	0	0	0	0	100
3	Veunsai	0	0	100	0	0	0	100
4	Poey	0	0	0	100	0	0	100
5	PhnomPreech	0	0	0	0	100	0	100
6	Samling	0	0	0	0	0	100	100

Tabelle 33

7er DA WL: Klassierungsergebnisse

93.8% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

Klassifizierungsergebnisse									
Original	Gruppe	Vorausgesagte Gruppenzugehörigkeit							Gesamt
		1	2	3	4	5	6	7	
1	BachMa	5	0	0	0	0	0	0	5
2	Taveng	0	10	0	0	0	0	0	10
3	Veunsai	1	0	9	0	0	0	0	10
4	Poey	0	0	0	4	0	0	0	4
5	Mechung	0	0	0	0	7	0	0	7
6	Laoka	0	0	0	0	0	3	1	4
7	Samling	0	0	0	0	1	0	7	8
in %									
1	BachMa	100	0	0	0	0	0	0	100
2	Taveng	0	100	0	0	0	0	0	100
3	Veunsai	10	0	90	0	0	0	0	100
4	Poey	0	0	0	100	0	0	0	100
5	Mechung	0	0	0	0	100	0	0	100
6	Laoka	0	0	0	0	0	75	25	100
7	Samling	0	0	0	0	12.5	0	87.5	100

Tabelle 34

7er DA MA: Klassierungsergebnisse

100% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

		Klassifizierungsergebnisse							
Original	Gruppe	Vorausgesagte Gruppenzugehörigkeit							Gesamt
		1	2	3	4	5	6	7	
1	BachMa	5	0	0	0	0	0	0	5
2	Taveng	0	10	0	0	0	0	0	10
3	Veunsai	0	0	10	0	0	0	0	10
4	Poey	0	0	0	4	0	0	0	4
5	Mechung	0	0	0	0	7	0	0	7
6	Laoka	0	0	0	0	0	4	0	4
7	Samling	0	0	0	0	0	0	8	8
in %									
1	BachMa	100	0	0	0	0	0	0	100
2	Taveng	0	100	0	0	0	0	0	100
3	Veunsai	0	0	100	0	0	0	0	100
4	Poey	0	0	0	100	0	0	0	100
5	Mechung	0	0	0	0	100	0	0	100
6	Laoka	0	0	0	0	0	100	0	100
7	Samling	0	0	0	0	0	0	100	100

Die Abbildungen 15, 16, 17 und 18 sind zweidimensionale graphische Scatterplots aller Gibbongruppen entsprechend ihrer Diskriminanzklassifikation der ersten und zweiten Diskriminanzfunktion. Die Resultate mit *Nicht erklärter Varianz* als Selektionskriterium bei der Einteilung in sechs Gebiete sind in Abbildung 15 abgebildet, mit *Mahalanobis-Abstand* als Selektionskriterium in Abbildung 16. Bei der Einteilung in sieben Gebiete werden die Resultate mit *Wilks' Lambda* als Selektionskriterium in Abbildung 17 dargestellt und mit *Mahalanobis-abstand* in Abbildung 18. Diese graphischen Figuren zeigen bildlich den Grad der räumlichen Trennung zwischen den einzelnen Populationen und den Zentroiden der einzelnen Gebiete in den ersten zwei Diskriminanzfunktionen.

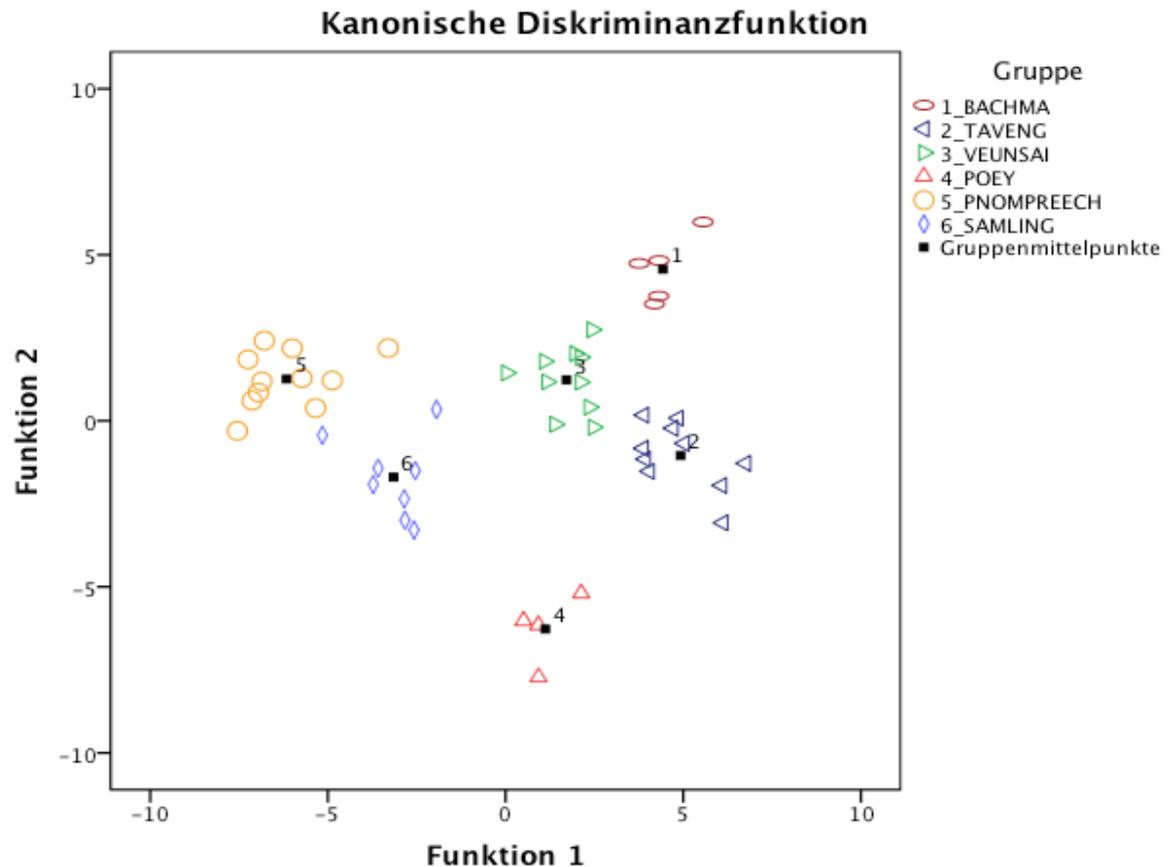


Abbildung 14: 6er MA

Die Populationen der einzelnen Gebiete sind alle klar voneinander getrennt, es gibt keine Vermischung der einzelnen Gebiete. Auch sind die einzelnen Populationen nahe um ihr jeweiliges Zentroid angeordnet und es ergibt sich ein eigentliches Klumpenbild. In der ersten Diskriminanzfunktion zeigt sich zudem eine klare Trennlinie zwischen den nördlichen Gebieten (Bach Ma, Taveng, Veunsai und Poey) und den südlichen Gebieten (Phnom Preech und Samling). In der zweiten Diskriminanzfunktion ist das Gebiet Poey klar abgetrennt und auch Bach Ma ist von den anderen Gebieten abgespalten. Die Phnom Preech Populationen und die Veunsai-Populationen liegen hier in einem sehr nahen Bereich ebenso wie die Populationen der Gebiete Samling und Taveng.

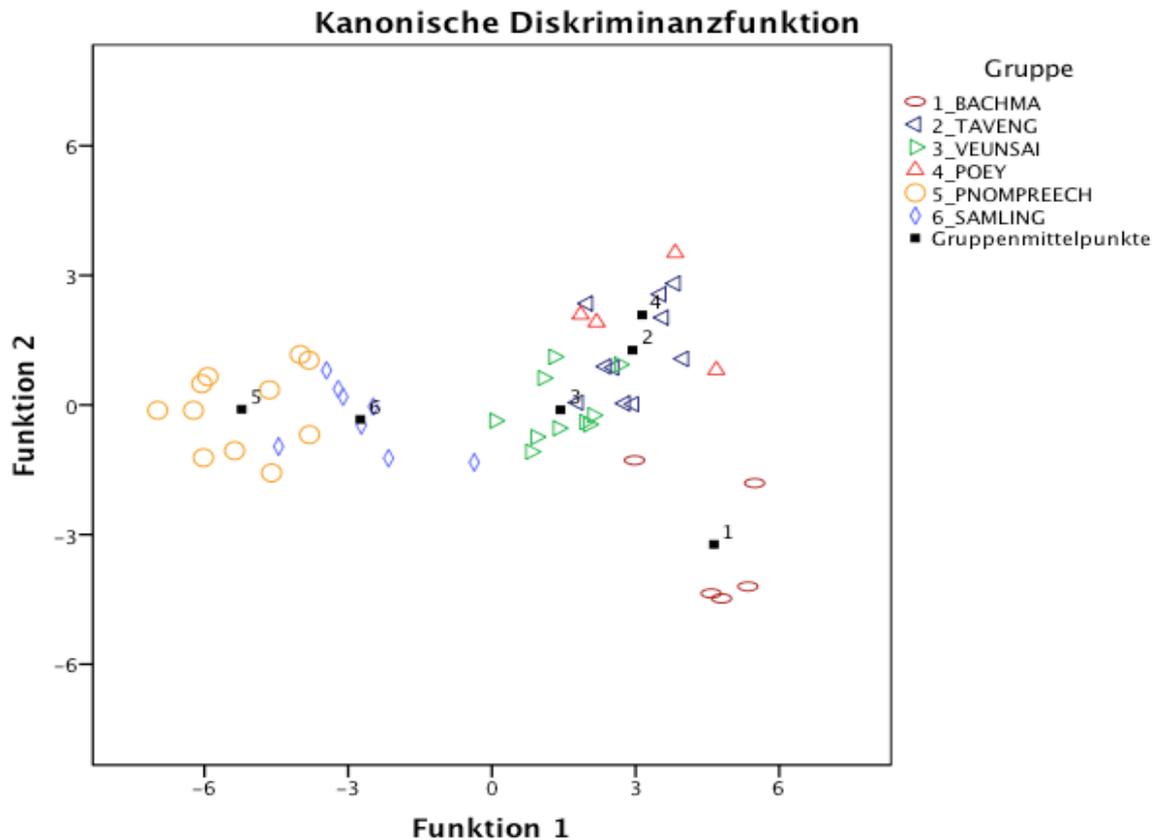


Abbildung 15: 6er NEV

Die Populationen sind mit dieser Methode viel weniger klar den einzelnen Zentroiden zuzuordnen als bei der Methode Mahalanobis-Abstand in der Abbildung 15. Die Grenze zwischen den Nord- und den Südgebieten ist, mit einem Ausreißer, in der ersten Diskriminanzfunktion wieder sehr klar sichtbar. In der zweiten Diskriminanzfunktion sind nur die Populationen von Bach Ma getrennt von den übrigen Gebieten. Alle übrigen Populationen sind in der zweiten Diskriminanzfunktion sehr nahe zusammen. Die Populationen streuen auch weiter um die Zentroide als in der oberen Abbildung.

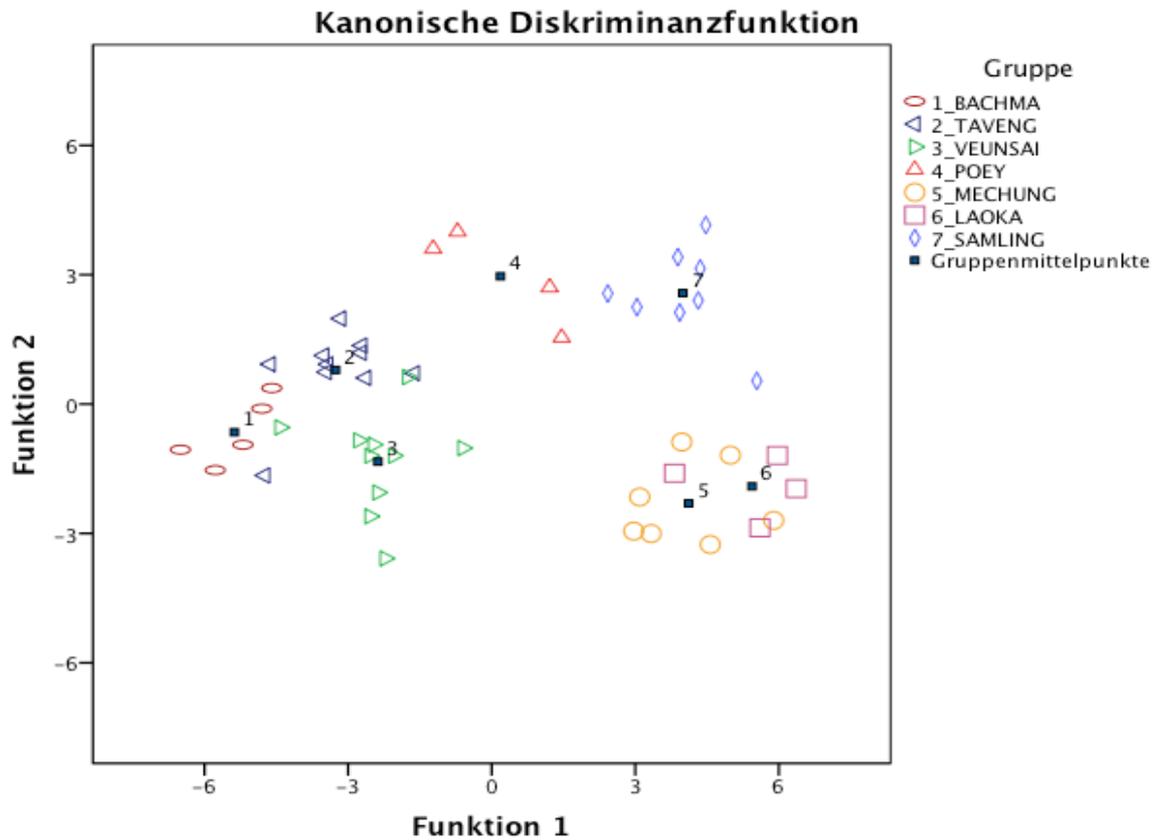


Abbildung 16: 7er MA

Die Populationen der einzelnen Gebiete streuen mit dieser Methode stärker um die Zentroide. Allerdings sind die Populationen räumlich ziemlich separiert voneinander. In der ersten Diskriminanzfunktion gibt es wieder eine klare Trennlinie zwischen den nördlichen (Bach Ma, Taveng und Veunsai) und den südlichen Gebieten (Mechung, Laoka und Samling). Dazwischen liegen die Populationen von Poey. Bei der zweiten Funktion sind die Aufnahmen aus Samling und Poey in einem Bereich, während alle anderen Populationen in einem anderen Bereich liegen.

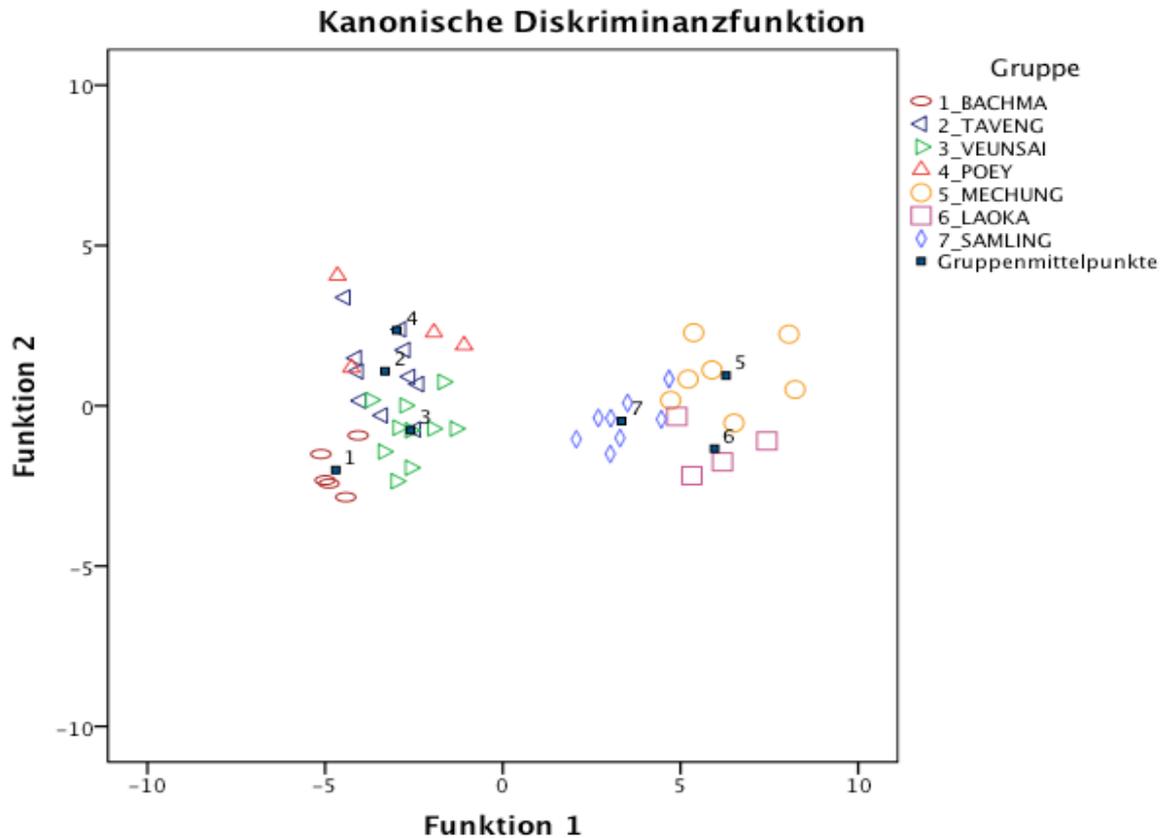


Abbildung 17: 7er WL

Bei dieser Methode sind die Populationen im Vergleich zur Methode Mahalanobis-Abstand in Abbildung 17 sehr klumpenartig. Es gibt zwar wieder eine klare Trennlinie in der ersten Diskriminanzfunktion zwischen den nördlichen und den südlichen Populationen. Zudem fallen diesmal die Poey Populationen eindeutig dem Norden zu. Aber in der zweiten Diskriminanzfunktion liegen alle Populationen im selben Bereich. Hier ist keine Unterscheidung möglich. Weiter ist die Trennung zwischen den einzelnen Gebieten nicht sehr gut erkennbar. Bei den südlichen Populationen kann die Unterscheidung noch besser erkannt werden, aber die grossen Ansammlungen sind auf engem Raum. Bei den nördlichen Populationen ist die Verklumpung noch stärker und es gibt eine leichte Durchmischung der verschiedenen Populationen.

Bei der Diskriminanzanalyse in sechs Gebiete sind von den total 240 (5 Methoden x 48 Populationen) Populationen 9 falsch klassiert (3,75 %) (Tabellen 31 und 32). Auf die Abbildung der übrigen Tabellen wird aus Platzgründen verzichtet. Vier davon betreffen Populationen aus Samling, welche alle dem Gebiet Phnom Preech zugeteilt wurden. Da drei dieser vier Populationen aus drei unterschiedlichen Metho-

den stammen, liegt der Verdacht nahe, dass es sich dreimal um die gleiche Population handelt. Die übrigen falsch klassierten Populationen betreffen alle nördliche Populationen. Dabei wird zweimal eine Veunsai-Population Taveng zugeordnet. Die übrigen „Fehler“ kommen alle nur bei einer Methode vor und unterliegen damit quasi den anderen vier Methoden.

Bei der Diskriminanzanalyse in sieben Gebiete sind von den gesamthaft 240 Populationen nur fünf falsch klassiert (2,08 %) (Tabelle 33 und 34). Auch hier wird auf die Abbildung von allen Tabellen aus Platzgründen verzichtet. Zwei der falsch klassierten Populationen sind Mechung anstelle von Samling zugeordnet worden. Die anderen drei kommen wiederum nur bei einer Methode vor.

3.2.4 Variabilität in der Gesangscharakteristik innerhalb der Populationen

In den Abbildungen 15 bis 18 sieht man bereits die Verteilung der einzelnen Gruppen und den jeweiligen Abstand zum Gruppenzentrum. Bei einer Aufteilung in sieben Gebiete ist die Streuung bei fast allen Populationen etwa gleich gross, einzig im Gebiet Bach Ma ist der Standardfehler bei allen Methoden am kleinsten. Bei einer Aufteilung in sechs Gebiete ist ebenfalls der Standardfehler beim Gebiet Bach Ma am kleinsten (Tabelle 35). Diese Resultate lassen darauf schliessen, dass die Gesangsvariabilität im Gebiet Bach Ma weniger ausgeprägt ist als in den übrigen Gebieten. Auffallend ist zudem, dass der Standardfehler bei einer Aufteilung in sechs Gebiete im Gebiet Phnom Preech kleiner ist, als bei einer Aufteilung des Gebietes Phnom Preech in zwei Populationen. Dies deutet darauf hin, dass in diesem Gebiet das gleiche Taxon vorkommt und die Unterschiede durch Fehler beim Auswerten oder durch familienspezifische Dialekte entstanden sein können.

Tabelle 35

Standardfehler der multidimensionalen Distanz der einzelnen Populationen zum jeweiligen Gruppenzentrum mit den verschiedenen Selektionskriterien in der Diskriminanzanalyse.

		WL	NEV	MA	KA	RV
7er	Samling	2.17	1.90	2.39	2.14	2.12
	Laoka	2.17	2.70	2.19	2.44	2.57
	Mechung	2.57	2.32	1.95	2.18	2.27
	Poey	1.91	2.12	1.92	2.35	2.09
	Veunsai	2.12	2.13	2.24	2.03	2.44
	Taveng	2.27	2.38	2.35	2.51	1.86
	Bach Ma	1.46	1.54	1.92	1.52	1.72
6er	Samling	2.09	2.01	2.14	1.89	1.90
	Phnom Preech	2.15	1.93	1.68	1.89	2.17
	Poey	1.75	1.89	2.16	1.98	1.85
	Veunsai	2.07	1.99	2.42	2.04	2.27
	Taveng	2.02	2.23	1.96	2.25	1.82
	Bach Ma	0.93	1.12	1.45	1.37	1.82

3.2.5 Vergleich der geographischen und vokalen Distanz zwischen den Studienpopulationen

Die geographische Distanz zwischen den einzelnen Studiengebieten wurde gemessen als die Minimaldistanz zwischen zwei Gebieten, deren Position in der Abbildung 1 angegeben ist. Die kurzen Distanzen zwischen den Aufnahmeorten innerhalb der einzelnen Gebiete wurden vernachlässigt. Zudem wurden die beiden Aufnahmeorte der Poey Kommune als ein Gebiet zusammengefasst (Khamaeng Village und Mas Village).

Die vokale Distanz zwischen den Studiengebieten wurde gemessen als die Distanz zwischen den Zentroiden der einzelnen Populationen auf den Streudiagrammen der Diskriminanzanalyseergebnisse (Abbildungen 12 bis 15). Die vokalen Distanzen wurden einzeln hergeleitet für die Diskriminanzanalysen.

Danach wurde geprüft, ob die geographischen Distanzen mit den vokalen Distanzen übereinstimmen. Die Distanzmatrizen werden in den Tabellen 36 und 37 aufgelistet. Um einen Vergleich zwischen den vokalen Distanzen und den geographischen Distanzen in einer Einheit zu erhalten, wurden auch noch Tabellen mit den prozentualen Anteilen der vokalen und der geographischen Distanzen berechnet. (Tabelle 42 bis 45). Nach Thinh et al. (2010) kommen in den Gebieten Samling und Phnom Preech *N. gabriellae* vor und in den übrigen Gebieten *N. annamensis*. Die vokalen Distanzen zwischen *N. gabriellae*- und *N. annamensis*-Gebieten müssten klar grösser sein als die vokalen Distanzen innerhalb der *N. gabriellae*- oder innerhalb der *N. annamensis*-Gebiete. Die Tabellen 42 bis 45 zeigen die prozentuellen Anteile der vokalen und geographischen Distanzen. Die grün eingefärbten Bereiche zeigen die Prozentwerte der Verbindungen zwischen einer *N. gabriellae*- und einer *N. annamensis*-Population.

Tabelle 36

Geographischer Abstand zwischen den Untersuchungsgebieten, eingeteilt in sieben Gebiete.

km	Laoka	Mechung	Poey	Veunsai	Taveng	BachMa
Samling	62	71	201	217	231	440
Laoka		10	138	157	175	371
Mechung			129	148	161	364
Poey				40	33	254
Veunsai					42	229
Taveng						223

Tabelle 37

Geographischer Abstand zwischen den Untersuchungsgebieten, eingeteilt in sechs Gebiete.

km	Phnom Preech	Poey	Veunsai	Taveng	BachMa
Samling	70	201	217	231	440
Phnom Preech		133	153	166	367
Poey			40	33	254
Veunsai				42	229
Taveng					223

Tabelle 38

Vokale Distanz, eingeteilt in sieben Gebiete mit Selektionskriterium RV.

Vokale Dis- tanz	Taveng	Veunsai	Poey	Mechung	Laoka	Samling
RV						
Bach Ma	4.258	5.456	7.036	6.438	7.965	8.93
Taveng		1.213	11.22	9.608	12.056	12.464
Veunsai			12.432	10.743	13.269	13.626
Poey				4.614	1.24	4.197
Mechung					4.394	2.983
Laoka						3.227

Tabelle 39

Vokale Distanz, eingeteilt in sieben Gebiete mit Selektionskriterium WL.

Vokale Distanz	Taveng	Veunsai	Poey	Mechung	Laoka	Samling
WL						
Bach Ma	2.753	3.264	6.934	5.945	6.837	8.188
Taveng		2.305	9.677	8.571	9.582	10.679
Veunsai			9.375	9.04	9.598	11.372
Poey				3.147	1.322	4.687
Mechung					1.979	2.443
Laoka						3.379

Tabelle 40

Vokale Distanz, eingeteilt in sechs Gebiete mit Selektionskriterium MA.

Vokale Distanz	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
MA					
Bach Ma	4.22	6.258	5.683	8.103	9.831
Taveng		10.476	7.878	11.325	11.093
Veunsai			7.531	6.464	11.329
Poey				3.938	4.293
Phnom Preech					5.633

Tabelle 41

Vokale Distanz, eingeteilt in sechs Gebiete mit Selektionskriterium WL.

Vokale Distanz	Taveng	Veunsai	Poey	Phnom Preech	Samling
WL					
Bach Ma	1.808	6.42	4.87	6.061	6.937
Taveng		7.988	6.621	7.69	8.734
Veunsai			2.252	0.605	4.692
Poey				1.667	3.188
Phnom Preech					4.147

Tabelle 42

Prozentualer Anteil an der geographischen Distanz, eingeteilt in sieben Gebiete.

	Samling	Laoka	Mechung	Poey	Veunsai	Taveng	Bach Ma
Samling		5.07	5.81	16.45	17.76	18.90	36.01
Laoka	6.79		1.10	15.12	17.20	19.17	40.64
Mechung	8.04	1.13		14.61	16.76	18.23	41.22
Poey	25.28	17.36	16.23		5.03	4.15	31.95
Veunsai	26.05	18.85	17.77	4.80		5.04	27.49
Taveng	26.71	20.23	18.61	3.82	4.86		25.78
Bach Ma	23.39	19.72	19.35	13.50	12.17	11.86	

Tabelle 43

Prozentualer Anteil an der vokalen Distanz, eingeteilt in sieben Gebiete.

	Samling	Laoka	Mechung	Poey	Veunsai	Taveng	Bach Ma
Samling		7.67	6.30	10.31	29.01	26.86	19.86
Laoka	8.83		8.51	3.42	30.55	28.91	19.78
Mechung	7.76	9.12		11.10	28.30	26.01	17.71
Poey	11.71	3.38	10.23		28.74	27.54	18.41
Veunsai	24.58	22.49	19.45	21.44		3.46	8.57
Taveng	24.52	22.93	19.26	22.14	3.73		7.43
Bach Ma	23.13	20.00	16.73	18.88	11.78	9.47	

Tabelle 44

Prozentualer Anteil an der geographischen Distanz, eingeteilt in sechs Gebiete.

	Samling	Phnom Preech	Poey	Veunsai	Taveng	Bach Ma
Samling			6.04	17.34	18.72	19.93
Phnom Preech		7.87		14.96	17.21	18.67
Poey		30.41	20.12		6.05	4.99
Veunsai		31.86	22.47	5.87		6.17
Taveng		33.24	23.88	4.75	6.04	
Bach Ma		29.08	24.26	16.79	15.14	14.74

Tabelle 45

Prozentualer Anteil an der vokalen Distanz, eingeteilt in sechs Gebiete.

Vokal%	Samling	Phnom Preech	Poey	Veunsai	Taveng	Bach Ma
Samling		14.00	10.71	22.93	28.37	24.00
Phnom Preech	17.58		10.07	12.71	34.18	25.46
Poey	15.61	11.70		20.41	30.26	22.02
Veunsai	25.03	11.04	15.28		28.84	19.80
Taveng	25.47	24.43	18.63	23.72		7.74
Bach Ma	27.86	23.53	17.53	21.06	10.01	

Es wurde keine signifikante Korrelation zwischen der geographischen und der vokalen Distanz festgestellt, weder mit *Wilks' Lambda* noch mit *Rao's V* als Selektionskriterium (Pearson Korrelation, Einteilung in sechs Gebiete $r = 0.116$, $p = 0.681$, und $r = 0.2$, $p = 0.474$ und bei einer Einteilung in sieben Gebiete $r = 0.175$, $p = 0.449$ und $r = 0.246$, $p = 0.281$). Dennoch schliesst eine nichtsignifikante Korrelation nicht aus, dass die geographischen Distanzen einen Einfluss auf die vokalen Distanzen haben.

Um die vokalen Distanzen zwischen Populationen unabhängig von der geographischen Distanz zu ermitteln, wurden die vokalen Residuen zwischen den geographischen Distanzen (unabhängige Variable) und den vokalen Distanzen (abhängige Variable) berechnet (Abbildungen 19 und 20). Die berechneten Residuen waren ähnlich und korrelierten stark miteinander (Korrelationskoeffizient 0.968, p -Wert < 0.01). Grosse positive Residuen lassen darauf schliessen, dass vokale Distanzen grösser sind als aufgrund ihrer geographischen Distanz vermutet, während negative Residuen darauf hindeuten, dass die vokalen Distanzen näher beieinander liegen als aufgrund der geographischen Distanz vermutet. Die Residuen sind per Definition nicht von der unabhängigen Variablen (Geographische Distanz) beeinflusst. Eine Korrelation zwischen den vokalen und geographischen Distanzen ist vorhanden, aber diese Korrelation muss nicht signifikanterweise durch die relativ kleine Probengrösse entstehen, und sie hat zudem keinen Einfluss auf die Residuen.

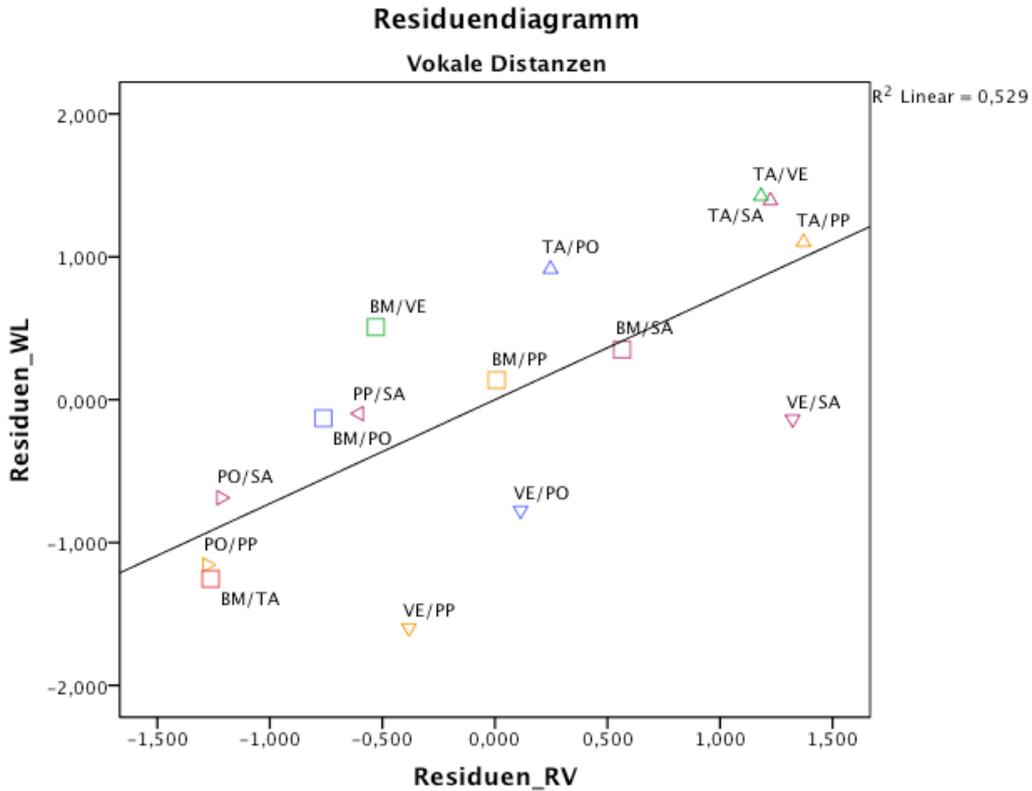


Abbildung 18: Residuendiagramm mit den vokalen Distanzen zwischen den einzelnen Untersuchungsgebieten und den Residuen mit Selektionskriterium RV zu Selektionskriterium WL bei einer Einteilung in sechs Gebiete.

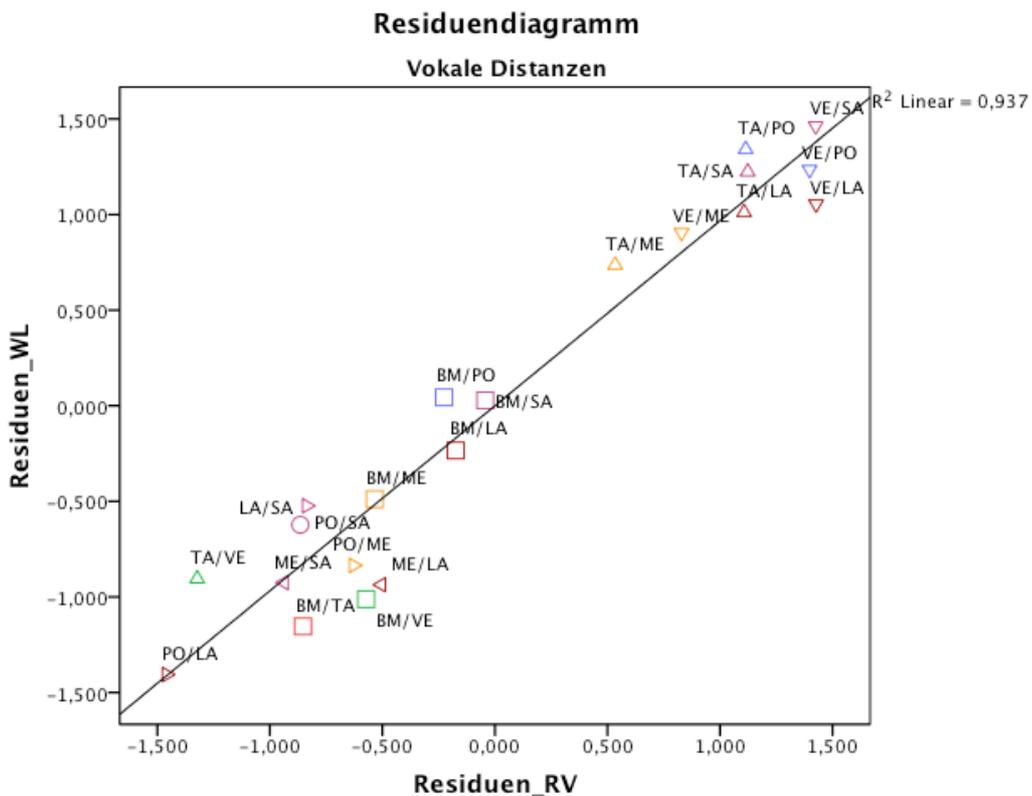


Abbildung 19: Residuendiagramm mit den vokalen Distanzen zwischen den einzelnen Untersuchungsgebieten und den Residuen mit Selektionskriterium RV zu Selektionskriterium WL bei einer Einteilung in sieben Gebiete.

4 Diskussion

4.1 Gesangsdiversität

Bis zur Studie von Konrad 2004 war man der Ansicht, dass alle Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*), welche östlich des Mekong in Kambodscha vorkommen, zu den *N. gabriellae* zu zählen sind. Konrad und Geissmann haben dann nachgewiesen, dass es mit großer Wahrscheinlichkeit nicht nur *N. gabriellae* in Ostkambodscha gibt, sondern dass ein großer Bereich zwischen den einzelnen Verbreitungsgebieten von *N. siki* und *N. gabriellae* in Zentralvietnam, Südlaos und Nord-Ost Kambodscha sich im Gesang unterscheidet von den typischen Rufen der beiden Taxa (Geissmann, 1995a; Geissmann et al., 2000). Sowohl Fellfärbung als auch Gesangsdaten von diesem Bereich liessen auf eine grosse Hybridzone oder die Existenz einer damals noch unbekanntes Spezies hindeuten. Thin et al. wiesen dann 2010 nach, dass es sich tatsächlich um eine neue Spezies handelt, um *N. annamensis*.

In der aktuellen Studie untersuchte ich die Gesangsdiversität von fünf *Nomascus*-Populationen in Kambodscha (Samling Logging Concession, Phnom Preech Wildlife Sanctuary, Poey Commune und zwei Lokalitäten im Virachey Nationalpark) und einer Lokalität in Zentralvietnam (Bach Ma). Zweck dabei war es herauszufinden, ob ihre Gesangsbilder mit den ursprünglich beschriebenen Gesangsbildern von *N. annamensis* und *N. gabriellae* übereinstimmen.

Die Resultate der Diskriminanzanalyse zeigen, dass es möglich ist, die Aufnahmen aus den sechs Gebieten zu unterscheiden. Abhängig vom angewandten Selektionskriterium reicht die Gesamtklassifikationsgenauigkeit (d.h. der Prozentsatz der korrekt klassierten Gesänge) von 91,7 % bis 100 %. Bei einer zusätzlichen Unterteilung der beiden Populationen im Phnom Preech Wildlife Sanctuary reicht die Gesamtklassifikationsgenauigkeit sogar von 93,8 % bis 100 %. Dies lässt darauf schließen, dass es doch erhebliche Gesangsunterschiede zwischen den untersuchten Populationen gibt.

Das Ausmass der Gesangsdifferenzen zwischen den einzelnen untersuchten Populationen ist nicht gleich groß für alle Paare der verglichenen Gebiete. Zudem scheinen sich die geprüften Populationen in der Variabilität und im Ausdruck der gruppentypischen Gesangscharakteristik zu unterscheiden. Wie schon Konrad (2004), als auch Thinh et al. (2010) feststellten, können die untersuchten Populationen in Gruppen geordnet werden. (1) Samling (Südostkambodscha) (2) Phnom

Preech (Laoka, Mechung) (Zentralkambodscha) (3) Bach Ma (Zentralvietnam) und (4) Veunsai, Taveng und Poey (Nordostkambodscha). Die einzelnen Gruppen werden anschliessend einzeln diskutiert.

4.1.1 Südostkambodscha (Samling)

Die Gibbonpopulationen aus Samling können ganz klar von den Aufnahmen aus den Gebieten Nordostkambodscha und Zentralvietnam getrennt werden. Bei allen Diskriminanzanalysen und mit allen verschiedenen Methoden werden die Aufnahmen aus Samling immer von den Aufnahmen aus Zentralvietnam und aus Nordostkambodscha getrennt. Je nach Methode werden die Samlingpopulationen auch ziemlich klar von den Populationen aus Phnom Preech getrennt. Allerdings nicht im selben Rahmen wie zu den Populationen aus Nordostkambodscha und Zentralvietnam.

4.1.2 Phnom Preech (Laoka / Mechung)

Die Aufnahmen aus dem Phnom Preech Wildlife Sanctuary können in den verschiedenen Diskriminanzanalysen ebenfalls deutlich von den Aufnahmen aus Zentralvietnam und aus Nordostkambodscha unterschieden werden. Die Unterscheidung in die beiden Teilgebiete Laoka und Mechung zeigt eine grosse Übereinstimmung in diesem Gebiet.

Zusammenfassend stimmen die Daten sehr gut mit den Aussagen von Thinh et al. (2010) überein, die besagen, dass sich die Taxongrenze zwischen *N. gabriellae* und *N. annamensis* zwischen den südlichen Gebieten (Samling und Phnom Preech) und den nördlichen Gebieten (Veunsai, Taveng, Poey und Bach Ma) befindet.

4.1.3 Nordostkambodscha (Veunsai, Taveng, Poey)

Die Populationen aus Nordostkambodscha (Veunsai, Taveng und Poey) sind bei allen Diskriminanzanalysen klar von den südlichen Populationen getrennt. Die Abgrenzung zwischen Veunsai und Taveng ist sehr schwach und es gibt eine Überlappung zwischen diesen beiden Gebieten. Je nach Methode liegt auch Poey im Überlappungsbereich der beiden Gebiete. Bei einer Methode (Mahalanobis Abstand)

werden die Aufnahmen aus Poey sehr klar von den beiden anderen nordostkambodschanischen Gebieten getrennt. Ein grosser Mahalanobis Abstand wird erreicht, wenn eine oder mehrere unabhängige Variablen Extremwerte anzeigen.

4.1.4 Zentralvietnam (Bach Ma)

Die Aufnahmen aus Bach Ma klumpen relativ stark um ihre Gruppenmittelpunkte. Sie sind klar getrennt von den Aufnahmen aus dem südlichen Ostkambodscha. Dagegen gibt es einige Überlappungen mit den Aufnahmen aus Nordostkambodscha. Dies trotz der grösseren geographischen Distanz von Bach Ma zu den nordostkambodschanischen Gebieten als von den südlichen Gebieten zu Nordostkambodscha. Auch diese Feststellung stimmt mit den Aussagen von Thinh et al. (2010) überein, welche die Gibbons in Zentralvietnam und in Nordostkambodscha als *N. annamensis* einstufen. Die Klumpenbildung zeigt eine sehr gute Übereinstimmung der einzelnen Aufnahmen aus diesem Gebiet.

4.2 Taxon-spezifische Gesangscharakteristik

Geissmann et al. (2000) beschreiben eine Serie von Gesangscharakteristiken welche geeignet sind um verschiedene Schopfgibbons, darunter *N. leucogenys*, *N. siki* und *N. gabriellae* zu differenzieren. Thinh et al. (2010) beschrieb die Gesangscharakteristiken der *N. annamensis*. Aufgrund der allgemein angenommenen Verbreitung dieser Taxa, sollten *N. annamensis* und *N. gabriellae* in dieser Studie vorkommen mit mindestens einer Population (Bach Ma und Samling). In einer qualitativen Analyse prüfte ich mein Gesangsmaterial, um zu sehen, ob eine meiner Populationen lückenlos übereinstimmt mit den vorher bestimmten Charakteristiken von einer der Schopfgibbon-Taxa (Geissmann et al., 2000; Thinh et al., 2010). Danach testete ich, ob die Bestimmung der Populationen zu den Taxa, basierend auf Gesangscharakteristiken, übereinstimmt mit der vermuteten Verbreitung.

Viele Gesangscharakteristiken, welche in den Populationen geprüft werden konnten (C bis L in der Tabelle 6) zeigen Abweichungen von den erwarteten Resultaten. Die qualitative Bestimmung der Populationen zu den Taxa *N. annamensis* und *N. gabriellae* basierend auf der taxon-spezifischen Gesangscharakteristik stimmt nur teilweise mit dem vermuteten Artstatus der untersuchten Populationen überein.

Die Klassifizierung der Populationen von Samling als *N. gabriellae* und Bach Ma als *N. annamensis* wird weitgehend bestätigt. Für Bach Ma konnte die Art der

Staccato-Noten nicht überprüft werden. Die Populationen von Phnom Preech als *N. gabriellae* lassen sich ebenfalls sehr gut klassifizieren.

Zur genauen Aufschlüsselung der Tabellen 13 bis 21 werden die einzelnen Variablegruppen, welche durch die Gesangscharakteristiken für die Unterscheidung bestimmt worden sind, besprochen.

Variablegruppe C (Rel. Dauer HT/ Rel. Dauer bis max. Biegung/ Frequenz bei max. Biegung) Tabelle 13:

Bei den nördlichen Populationen sind der relative Horizontanteil, als auch die relative Dauer bis zur maximalen Biegung grösser/länger als bei den südlichen Populationen. Zudem ist die Frequenz bei der maximalen Biegung tiefer. Diese Resultate sind nach der Vorhersage erwartet worden. Einzig die Populationen von Poey stimmen nicht exakt mit den Vorhersagen überein. Die Frequenz bei der maximalen Biegung ist sehr hoch, was bei *N. annamensis* nicht zu erwarten wäre.

Variablegruppe D (Rel. Dauer Rollteil/ Anzahl Rollen/ Dauer Rolle 1) Tabelle 14:

In dieser Variablegruppe stimmen die Vorhersagen nicht mit den Resultaten überein. Bei der relativen Dauer des Rollteils und bei der Anzahl Rollen liegen die südlichen Gebiete und Bach Ma nahe beisammen. Die relative Dauer des Rollteils in den übrigen nördlichen Gebieten ist bedeutend grösser. Erwartet worden wäre eine grössere Dauer der südlichen Gebiete. Auch die Dauer der ersten Rolle ist bei den südlichen Populationen viel länger als bei den nördlichen Populationen. Aber da *N. gabriellae* trillerartige Rollen von sich gibt, sollten die Rollen der südlichen Populationen kürzer sein.

Variablegruppe E (Dauer Endteil/ Relative Dauer Endteil) Tabelle 15:

Der Endteil kann bei diesen Aufnahmen nicht zur Unterscheidung zwischen *N. annamensis* und *N. gabriellae* beitragen. Bei beiden Variablen gibt es jeweils ein Maximum als auch ein Minimum im Norden und im Süden. Laut Vorhersage sollte der Endteil bei den nördlichen Populationen länger sein. Dies kann allerdings in dieser Arbeit nicht bestätigt werden.

Variablegruppe F (Frequenz maximal/ Frequenz minimal/ Frequenzbereich/ Frequenzbereich Tiefpunkt- letzte Rolle) Tabelle 16:

Die Maximalfrequenz ist, wie erwartet, bei den südlichen Populationen höher. Die Minimalfrequenz dagegen ist durch alle Populationen gestreut. Trotzdem stimmt der Frequenzbereich wieder mit den Erwartungen überein und im Süden wird in einem grösseren Frequenzbereich gesungen. Auch beim Frequenzbereich der letzten Rolle stimmen die Vorhersagen gut mit den Resultaten überein. Gesamthaft stimmen die Resultate der Variablegruppe F ziemlich gut mit den Vorhersagen überein.

Variablegruppe G (Anzahl Noten Weibchen) Tabelle 17:

Die Anzahl Noten der nördlichen Populationen ist grösser als die des Südens. Dieses Resultat war vermutet worden.

Variablegruppe H (Startfrequenzbereich) Tabelle 18:

Der erwartete Startfrequenzbereich für die nördlichen Populationen sollte tiefer sein als der Bereich für die südlichen Populationen. Auch bei diesem Kriterium stimmen Vorhersage und Resultate überein.

Variablegruppe I (Anzahl Oo-Noten/ Dauer Oo-Teil/ Frequenzbereich 1. Oo-Note) Tabelle 19:

Die Erwartungen von mehr Oo-Noten, einem längeren Oo-Teil und einem kleineren Frequenzbereich der 1. Oo-Note für die nördlichen Gebiete werden durch die Resultate meiner Analyse gestützt.

Variablegruppe K (1. Zwischennotenintervall, letztes Zwischennotenintervall) Tabelle 20:

Auch bei dieser Variablegruppe liegen die Vorhersagen und Resultate nahe zusammen.

Variablegruppe L (Startfrequenzbereich zwischen Noten 1 und 2/ Startfrequenzbereich zwischen Noten 2 und 3/ Startfrequenzbereich zwischen den letzten beiden Noten) Tabelle 21:

Diese Variablegruppe, die kleinere Frequenzbereiche für die nördlichen Populationen annimmt, wird durch die Resultate meiner Analyse bestätigt.

Die meisten Variablegruppen stimmen mit den Erwartungen überein. Einzig bei den Variablegruppen D und E bestätigen meine Resultate die Erwartungen nicht. Bei der Variablegruppe E handelt es sich um Variablen, welche die Rollen vermessen haben. Eigentlich war erwartet worden, dass die nördlichen Populationen langsamere Rollen singen. Dadurch müsste die Dauer der ersten Rolle markant länger sein als bei den schnellen Rollen der südlichen Populationen. Zudem sollte der Rollenteil einen relativ grösseren Anteil am Total ausmachen. Und im Süden sollten es dafür viele schnelle Rollen haben. Meine Resultate zeigen aber einen sehr geringen relativen Anteil für die Bach Ma-Populationen. Dagegen ist die Anzahl der Rollen bei den Gebieten aus Nordostkambodscha höher als bei den südlichen Gebieten. Die erste Rolle dauert bei meinen Resultaten bei den nördlichen Populationen viel kürzer als bei den südlichen Populationen.

Bei der Variablegruppe E handelt es sich um die Gruppe, welche die Variablen über den Endteil enthält. Diese Variablegruppe lässt keinen Trend erkennen und trägt nicht zur Unterscheidung zwischen den Populationen des Nordens und des Südens bei.

Unterschiede innerhalb der einzelnen Taxa

N. annamensis

Innerhalb der Populationen, welche zu *N. annamensis* gezählt werden, stellen die Populationen aus Bach Ma bei zwanzig der 23 Variablen entweder das Maximum oder das Minimum dar. Die Populationen aus Poey stellen ebenfalls häufig das Maximum/Minimum dar (15/23). Somit sind Maxima/Minima für die Populationen aus Taveng und Veunsai nur bei elf Variablen zu finden.

Diese Resultate passen gut zur geographischen Verteilung der Populationen. Bach Ma ist das am nördlichsten liegende Gebiet und befindet sich relativ gesehen weit entfernt von den übrigen Gebieten. Als Folge davon entsprechen die Variablen häufig den Extremwerten innerhalb des Taxon.

Demgegenüber ist Poey zwar das am südlichsten liegende Gebiet, aber geographisch liegt es in unmittelbarer Nähe zu den Gebieten Taveng und Veunsai. Allerdings liegt der Fluss San zwischen diesen Gebieten. Dass Poey so häufig den Extremwert darstellt, ist durch die geographische Distanz somit nicht zu erklären. Als Erklärung bieten sich deshalb mehrere Varianten an. Erstens könnte der Fluss San als

Trennlinie innerhalb der Art zu einem „Dialekt“ geführt haben, welcher sich von den anderen nordostkambodschanischen Populationen unterscheidet. Eine andere Variante ist die Möglichkeit, dass die Populationen aus Poey näher an den südlichen Populationen liegen als angenommen. Diese Variante wird zusätzlich gestützt, da die Populationen aus Poey häufig nahe bei den Populationen aus dem Südosten liegen bei den einzelnen Variablen. Eine weitere Möglichkeit liegt in der geringen Menge von Daten aus Poey. Durch die geringe Menge an Gesängen aus Poey steigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein einzelner Ausreisser mehr Gewicht erhält.

Die Daten aus Taveng und Veunsai liegen häufig zwischen den Extremen. Dies entspricht der geographischen Verteilung und bestätigt die Vorhersagen.

N. gabriellae

Da es nur zwei Gebiete gibt, in denen *N. gabriellae* vorkommen soll, ist eine Unterscheidung innerhalb dieser Populationen schwierig.

Von den untersuchten 23 Variablen liegen die meisten nahe zusammen. Nur bei vier der 23 Variablen gibt es grössere Unterschiede zwischen den Gebieten. Zwei dieser Variablen betreffen den Endteil. Die Populationen aus Phnom Preech haben einen längeren Endteil als die Populationen aus Samling. Dadurch ist auch der relative Anteil des Endteils der Populationen aus Phnom Preech um einiges grösser als bei den Populationen aus Samling. Eine weitere trennende Variable betrifft die Minimalfrequenz. Die Populationen aus Phnom Preech zeigen eine sehr tiefe Minimalfrequenz, während die Populationen aus Samling in diesem Bereich hoch liegen. Laut Vorhersagen sollten die Populationen von *N. gabriellae* eine tiefe Minimalfrequenz haben. Also sind die Populationen aus Samling eine nicht zu erwartende Änderung zur Norm. Die letzte abweichende Variable betrifft den Startfrequenzbereich zwischen den Noten 1 und 2. Während dieser Bereich bei den Populationen aus Phnom Preech sehr gross ist, ist der Startfrequenzbereich bei den Populationen aus Samling viel kleiner. Die Frequenz bei den Populationen aus Phnom Preech steigt somit in einem viel stärkeren Bereich als bei den Populationen aus Samling. Auch bei dieser Variablen liegt das Resultat von Phnom Preech näher an der Vorhersage.

Interessant an diesen ausgesuchten Variablen ist, dass bei Unterschieden immer das weiter südlich liegende Samling näher an den Populationen aus dem Norden liegt als das geographisch dazwischen liegende Phnom Preech. Eine Erklärung für diese Eigenheit kann nur in einem speziellen Dialekt gesucht werden.

Was schon Konrad (2004) bemerkte, gilt auch für diese Studie. Einige Limiten der qualitativen Analyse, welche in diesem Abschnitt beschrieben wurden, sollten berücksichtigt werden: Bei diesem Prozedere nahm ich an, dass die Populationen taxonomisch homogen sind, und daher fasste ich alle Gruppen derselben Population zusammen. Die unterschiedlichen Populationen zeigen eine stark unterschiedliche Anzahl an Gibbongruppen und einige Populationen wurden nur durch wenige Aufnahmen repräsentiert. Die taxonomische Bestimmung war strikt dichotom und ich benutzte zur Bestimmung qualitative Charakteristika (mit Ausnahme der Great Call-Noten).

Ausserdem kann es immer noch relevant sein, dass in der Studie von Geissmann et al (2000), *N. siki* nur durch Zootiere repräsentiert wurden (Geissmann, pers.

Komm.). Obwohl Gesänge von Zootieren, welche als *N. gabriellae* angesehen wurden, übereinstimmen mit wild lebenden Gibbons im vermuteten Verbreitungsgebiet dieses Taxons, während dies bei *N. siki* nicht zutrifft (Geissmann, pers. Komm.). Somit wäre auch noch interessant, einen Vergleich anzustellen der Gesangscharakteristiken innerhalb der einzelnen Gattungen zwischen in Zoo lebenden Tieren und Tieren, welche noch in freier Natur vorkommen.

4.3 Geographische Distanz gegenüber vokaler Distanz

Es gibt einige ältere Studien über die geographische Variation und die populationsinterne Variabilität (z.B. Arcady, 1996; Fischer et al., 1998; Hafen, 1998; Maeda & Masataka, 1987; Mitani et al., 1992, 1999). Diese Studien verglichen aber nur jeweils zwei Proben. Dabei ist es schwierig, Aussagen aufzuzeigen, welche die aktuelle Relevanz der beobachteten Gesangsdifferenzen aufzeigen. Konrad (2004) machte, wie ich in der vorliegenden Studie, einen Vergleich von mehr als zwei Populationen. Davon kann man mehr aussagekräftige Resultate ableiten. In einer solchen Studie sind mehr paarweise Distanzen involviert und damit multiple Vergleiche möglich.

Die aktuelle Studie vergleicht Gesangsproben aus sieben verschiedenen Gebieten mit unterschiedlicher geographischer Distanz zwischen den Lokalitäten. Dies ermöglicht 14 paarweise Vergleiche. Für jedes Paar kann der relative Wert der Gesangsdistanz bestimmt werden (z.B. durch multivariate Analyse). Der Grad der Gesangsdistanz kann benützt werden als ein Indikator für den Grad der genetischen Unterschiede zwischen den Populationen. Damit kann kontrolliert werden, in welchem Umfang Gesangsdifferenzen zwischen lokalen Populationen mit geographischen Distanzen korrespondieren. Zudem können Gesangsunterschiede wichtige Anzeichen für die Bestätigung der Positionen der taxonomischen und biogeographischen Grenze zwischen Populationen beschaffen. Dies wurde in Studien über Vögel, Baumfrösche und Primaten gezeigt (Baker, 1974, 1975; Dallmann & Geissmann, 2001a; Ralin, 1977; Konrad, 2004).

In der vorliegenden Studie wurde der Vergleich von Gesangs- und geographischer Distanz zwischen Populationen gebraucht um eine weitere Evaluation des taxonomischen Status der untersuchten Gibbonpopulationen vorzunehmen, vor allem für die Gebiete mit mehreren Populationen (Nordost-Kambodscha und Zentral-Kambodscha). Wenn die Gesangsdistanz zwischen den lokalen Populationen mit der

geographischen Distanz korrespondiert, kann man vermuten, dass sie wahrscheinlich die willkürliche genetische Drift widerspiegelt. Eine Abweichung einer derart einfachen Beziehung muss jedoch nicht auf genetische Isolation zwischen Populationen hindeuten.

Die Gesangsdistanz wurde gemessen als die Distanz zwischen den jeweiligen Populationsschwerpunkten der Diskriminanzresultate (Abbildungen 15 bis 18).

Der Zusammenhang zwischen paarweiser Gesangs- und geographischer Distanz war nicht signifikant. Die Gesangsdistanzen zeigen zwischen Samling und Poey/Mechung/Laoka etwa einen Drittel der Distanz von Samling zu Taveng und Veunsai und von Samling zu Bach Ma etwa zwei Drittel zur Distanz Samling zu Taveng/Veunsai.

Bei der Einteilung in nur sechs Populationen sind die Unterschiede schwerer auszumachen. Wiederum ist der Abstand zwischen Samling und Phnom Preech resp. Poey etwa ein Drittel des grössten Abstandes. Die Unterschiede zwischen Samling und den anderen Populationen zeigen sich je nach Auswertungsmethode mehr oder weniger ausgeprägt.

Je nach Population, von der man ausgeht und je nach Auswertungsmethode, zeigen sich erstaunliche Resultate. Ich habe deshalb jedes der Gebiete einmal als Ursprung genommen und habe von dort einen Vergleich mit den anderen Gebieten gemacht.

Einteilung in sechs Gebiete

Samling

Die vokalen Unterschiede zu den nördlichen Gebieten sollten grösser sein als zu Phnom Preech. Dies trifft, mit Ausnahme von Poey, auch zu.

Phnom Preech

Erstaunlicherweise liegen sowohl Poey, als auch Veunsai vokal näher bei Phnom Preech als Samling. Die nördlichen Gebiete Taveng und Bach Ma zeigen klare Unterschiede, wie sie auch zu erwarten waren.

Poey

Die vokalen Unterschiede zu den südlichen *Gabriellae*-Gebieten sind viel kleiner als die Unterschiede zu den nördlichen Gebieten.

Veunsai

Zu Taveng, welches sich im gleichen Wald befindet, sind die vokalen Unterschiede sehr gross. Demgegenüber sind die Unterschiede zu Phnom Preech, welche gross sein sollten, sehr gering. Die üblichen Werte entsprechen den Erwartungen.

Taveng

Vokal liegt Taveng sehr nahe bei Bach Ma, auch wenn die geographische Distanz zwischen den beiden Gebieten so gross ist wie von Taveng zu Samling. Auch hier fällt zudem der grosse Unterschied zu Veunsai auf.

Bach Ma

Die berechneten Unterschiede entsprechen genau den Erwartungen.

Die Daten von Poey sind allerdings mit Vorsicht zu geniessen, da nur eine begrenzte Datenmenge aus diesem Gebiet zur Verfügung stand. Ansonsten fällt vor allem die Nähe von Phnom Preech zu Veunsai auf und der grosse Unterschied zwischen Veunsai und Taveng bei geringer geographischer Entfernung.

Einteilung in sieben Gebiete

Bei der Einteilung in sieben Gebiete stimmen die berechneten Unterschiede sehr gut mit den Erwartungen überein. Einzig das Gebiet von Poey liegt bei dieser Berechnung klar näher an den südlichen Gebieten mit *N. gabriellae* als an den zu erwartenden nördlichen Gebieten mit *N. annamensis*. Aber wie bereits erwähnt, stellt das Gebiet von Poey durch die kleine Datenmenge eine Unsicherheit dar.

Residuen

Die Residuen sollten, per Definition, die Gesangsdifferenzen zwischen den Populationen abbilden, nachdem der gesamte Einfluss der geographischen Distanz ausgeschaltet wurde. Die Residuen (Abbildung 19 und 20) deuten auf tiefe relative Gesangsdifferenzen zwischen Bach Ma und den nordostkambodschanischen Populationen von Taveng und Veunsai sowie Mechung, und auf die in etwa erwarteten Resultate für Bach Ma zu den übrigen Regionen. Die Gebiete Taveng und Veunsai zeigen tiefe relative Gesangsdifferenzen zueinander und zu Bach Ma und zu den anderen Gebieten hohe relative Gesangsdifferenzen. Die Gebiete Poey, Laoka, Mechung und Samling zeigt tiefe relative Gesangsdifferenzen zu einander und hohe relative Gesangsdifferenzen zu den anderen nordostkambodschanischen Gebieten Taveng

und Veunsai. Diese Resultate entsprechen den Erwartungen, da die Aufnahmen der nördlichen Gebiete von *N. annamensis* und die Aufnahmen der südlichen Gebiete von *N. gabriellae* stammen sollten. Wiederum das einzige Fragezeichen zeigt sich beim Gebiet von Poey. Die Populationen von dort scheinen näher an *N. gabriellae* zu liegen als an *N. annamensis*.

4.4 Implikationen für Gibbontaxa und Hybridisation

4.4.1 Samling

Wie bereits in den Studien von Konrad (2004) und Thinh et al. (2010), kommt auch diese Studie zum Schluss, dass die Samling-populationen, welche die südlichsten Populationen dieser Studie darstellen, von *N. gabriellae* bevölkert werden. Die Samling-Populationen gehören wahrscheinlich zu den südlichsten Populationen von Ostkambodscha und die Gesangsproben passen sehr gut ins Gesangsbild von *N. gabriellae*. Thinh et al. (2010) verglichen Aufnahmen aus Samling auch mit anderen Populationen und es zeigte sich klar, dass in Samling *N. gabriellae* leben.

4.4.2 Phnom Preech

Aus dem Gebiet Phnom Preech hat Thinh et al. (2010) ebenfalls Daten ausgewertet. Und wie bei den Proben aus Samling kommen sowohl Thinh et al. als auch meine Ergebnisse zum selben Schluss. In Phnom Preech sind, wie im südlicheren Samling, *N. gabriellae* beheimatet. Auch hier passen die gemachten Aufnahmen gut überein mit den Standardproben von *N. gabriellae*.

4.4.3 Lomphat

Für die genaue Bestimmung der Grenze zwischen *N. gabriellae* im Süden und *N. annamensis* nördlich davon wäre das Gebiet von Lomphat das wichtigste und aussagekräftigste Gebiet gewesen. Leider kommen in Lomphat keine Gibbons mehr vor und es ist daher nicht mehr möglich zu bestimmen, ob, wie von Thinh et al. (2010)

postuliert, der Fluss Srepok die Grenze zwischen *N. annamensis* und *N. gabriellae* darstellt oder ob der Trockenwald weiter südlich die Grenze sein könnte.

4.4.4 Poey

Die Resultate der Populationen aus der Poey Kommune sind sehr schwierig zu interpretieren aufgrund des kleinen Datensatzes. Da nur wenige Gruppen in die Analyse einfließen, kann das zu fehlerhaften Resultaten führen, wenn die wenigen Datensätze nicht repräsentativ sind für die gesamte Population. Da die Aufnahmen aus Poey zudem aus dem Jahre 2004 stammen, ist es sehr fragwürdig, ob in der Zwischenzeit in dieser Region noch Gibbons zu hören und zu sehen sind. Falls aber die Resultate repräsentativ sind und es in Poey noch Gibbons gibt, dann passen die Resultate der Diskriminanzanalyse je nach Selektionskriterium eher zu den *N. annamensis*-Regionen des Nordens. Bei der Taxon-spezifischen Gesangscharakteristik liegen die Populationen aus Poey dagegen näher bei den südlichen *N. gabriellae*-Gebieten. Die Region Poey ist von den nördlichen Regionen durch den Fluss San abgetrennt und gegenüber den südlichen Regionen trennt der Srepok-Fluss das Gebiet Poey ab. Beide Flüsse erreichen in diesem Gebiet eine Breite von mehr als 50 Metern (eigene Schätzung) und wären daher als Taxongrenze geeignet. Und da beinahe alle Taxongrenzen auch Flüsse sind, wären beide Flüsse auch prädestiniert als Taxongrenze. Die Region Poey bleibt damit mit einem Fragezeichen behaftet, denn falls in Poey tatsächlich *N. gabriellae* vorhanden wären, würde das die Grenzziehung von Thinh et al. (2010) in Frage stellen. Aber mit den wenigen Datensätzen ist eine klare Bestimmung nicht möglich.

4.4.5 Virachey (Taveng und Veunsai)

Wie bereits erwähnt, gibt es keinen Beleg für eine geographische Barriere zwischen den Gibbonpopulationen aus Veunsai und Taveng. Deshalb werden sie hier als eine Population diskutiert. Bei der Diskriminanzanalyse liegen beide Gebiete ganz klar bei den nördlichen *N. annamensis* Gebieten, was so auch zu erwarten war. Abweichungen gibt es bei der taxon-spezifischen Gesangscharakteristik. Hier sind die beiden Gebiete nicht deckungsgleich. Während Taveng nahe bei Bach Ma liegt,

also beim erwarteten *N. annamensis*, liegen die vokalen Werte von Veunsai nahe bei Phnom Preech, wo ja eigentlich *N. gabriellae* beheimatet sind. Dies ist sehr erstaunlich, da die beiden Populationen im gleichen Wald liegen und auch nicht durch eine grössere Barriere getrennt sind. Da die beiden Populationen aber bei der Diskriminanzanalyse nahe zusammen liegen, kann es sich bei der vokalen Nähe zu Phnom Preech bei den Veunsai-Populationen auch um ein spezielles Merkmal im Gesang der beiden Gebiete handeln. Die Populationen aus Virachey entsprechen damit den erwarteten *N. annamensis*-Gebieten, was von Konrad (2004) vermutet wurde und inzwischen von Thinh et al. (2010) bestätigt wurde. Jedes Gebiet zeichnet sich durch leicht unterschiedliche Dialekte aus, aber gesamthaft stimmt das Bild mit den bereits veröffentlichten Meinungen überein.

4.4.6 Mögliche Taxongrenzen

Wie bereits erwähnt, gehen Thinh et al. (2010) davon aus, dass die Taxongrenze zwischen *N. gabriellae* im Süden und *N. annamensis* im Norden in Kambodscha durch den Fluss Srepok gebildet wird. Der Srepok ist ein breiter Fluss, der den Nordosten von Kambodscha etwa 50 km südlich der Poeykommune von Ost nach West vom Südosten abtrennt. Überprüfungen von Karten haben aber noch eine zweite mögliche Taxongrenze aufgezeigt. Zwischen den Gebieten im Norden und Phnom Preech im Süden liegt der östliche Teil der zentralen Trockenwälder Indochinas (u.a. Baltzer et al., 2001). Diese Wälder sind geprägt durch trockenes weites Waldland mit einzelnen Fragmenten von feuchterem Grasland und immergrünem Regenwald (Legris & Blasco, 1972). Diese Wälder sind grösstenteils für Gibbons nicht bewohnbar. In Richtung Vietnam ist dieses Trockenwaldgebiet umrahmt von einem Halbkreis der Annamite-Bergkette mit ihren grossen immergrünen Regenwäldern. Die Ausläufer der Annamite-Gebirgskette erstrecken sich im Norden Kambodschas ins Gebiet des Virachey-Nationalparks und im Süden in den Bereich von Snuol und Samling. Möglicherweise wurden die Gibbonpopulationen in diesen beiden Gebieten genetisch isoliert durch das grosse dazwischen liegende Gebiet des Trockenwaldes. Ebenfalls eine Möglichkeit wäre es, dass der zentrale Trockenwald in früherer Zeit von Brücken mit tropischem Regenwald durchzogen war und sich so eine Verbindung zwischen den Gibbons im Norden und im Süden ergeben hat. Ähnlich soll die Verbreitung im Dipterocarp-Wald im Nordosten Thailands vonstatten gegang-

gen sein (Srikosamatara & Doungkhae, 1982). Leider gibt es in dem grossen Trockenwaldgebiet zwischen den nördlichen und den südlichen Gebieten beinahe keinen geeigneten Lebensraum für Gibbons mehr, wo man noch Gesangsproben sammeln könnte, um dem Rätsel genauer auf die Spur zu kommen. Das kleine Gebiet mit immergrünem Regenwald im Lomphat Wildlife Sanctuary beherbergt auf alle Fälle keine Gibbons mehr. Meine Resultate stützen die Resultate von Thinh et al. (2010), allerdings müssen im Gebiet der Poey-Kommune einzelne Abstriche ins Auge gefasst werden.

4.4.7 Das grössere Bild

In dieser Arbeit wird ein weiteres Mal bestätigt, was bereits seit längerem vermutet wurde (Geissmann, 1995a; Geissmann et al., 2000; Konrad, 2004) und seit der Studie von Thinh et al. (2010) als bestätigt gilt. Es gibt im Osten von Kambodscha zwei verschiedene Taxa von Gibbons, im Nordosten den *Nomascus annamensis* und im Südosten den *Nomascus gabriellae*. Leider konnte durch das Fehlen von Gibbons in einzelnen Gebieten und damit durch das Fehlen von Daten die genaue Grenze zwischen den beiden Taxa nicht exakt bestätigt werden.

Die Resultate der vorliegenden Studie über die Gesangsdiversität der kambodschanischen Schopfgibbons kann die genaue Grenze zwischen den beiden Schopfgibbon-Taxa weder bestätigen noch widerlegen. Da im zentralen Ostkambodscha die verbliebenen Regenwälder stark fragmentiert sind und sehr unter dem Bevölkerungsdruck zu leiden haben (Rodung, Wilderei, etc.) ist es mehr als fragwürdig, ob die Grenze zwischen den beiden Taxa jemals genauer bestimmt werden kann, oder dazu sehr viele Mittel in Form von Zeit und Geld eingesetzt werden müssen.

4.5 Signifikanzlimiten

Multivariate Analysen wurden in einer Vielzahl von primatologischen Studien angewendet um Gesangscharakteristika zwischen Individuen, Gruppen oder Populationen zu vergleichen (Arcady, 1996; Arcady et al., 1996; Chapman & Weary, 1980; Dallmann & Geissmann, 2009; Maeda & Masaka, 1987; Mitani et al., 1992; Mitani et al., 1999; Konrad, 2004). In der vorliegenden Studie brachte die multivariate Analyse

den Nachweis, dass sie adäquat ist, um die Trennung zwischen Gibbongruppen nach Gesang vorzunehmen. Auf der Basis des abgeleiteten Trennungsmodells ist es möglich, Gesangsähnlichkeiten von Gibbongesängen abzuschätzen, deren Ursprung unbekannt ist. Ein weiteres Verdienst der multivariaten Analyse ist die Tatsache, dass die Originalmessungen verwendet werden können, d.h. es ist nicht nötig eine Kodierung in diskrete Merkmale (character state) vorzunehmen. Andererseits beruht die Trennung zwischen den Gruppen nur auf der An- bzw. Abwesenheit von Gemeinsamkeiten. Obwohl Gemeinsamkeiten häufig mit phylogenetischen Beziehungen korrelieren, ist dies nicht immer der Fall (Geissmann, 2003). Gemeinsamkeiten müssen nicht gezwungenerweise phylogenetische Beziehungen anzeigen, sondern können auch auf beibehaltenen einfachen Merkmalen basieren, sogenannten „symplesiomorphic“ Merkmalen, oder das Resultat sein von konvergenter Evolution.

4.6 Schlussfolgerungen

Die Fragen, welche zu Beginn dieser Studie formuliert wurden, können wie folgt beantwortet werden:

- (1) Die gesanglichen Unterschiede zwischen den südlichen *N. gabriellae*-Populationen und den nördlichen *N. annamensis*-Populationen sind in den Aufnahmen und den Auswertungen klar ersichtlich. Allerdings gibt es einige Unterschiede innerhalb der einzelnen Taxa. Diese Unterschiede können durch die geringe Datenmenge von einzelnen Gebieten, durch lokale Dialekte oder durch die natürliche Isolation von einzelnen Gebieten entstanden sein.
- (2) Die Gesangsmerkmale zwischen *N. gabriellae* und *N. annamensis* ändern sich sprunghaft. Leider kann durch die fehlenden Daten keine exakte Grenze gekennzeichnet werden. Die Grenze liegt zwischen dem Gebiet von Phnom Preech im Süden und dem Virachey National Park im Norden.
- (3) Die Grenze zwischen den beiden Taxa dürfte mit grosser Wahrscheinlichkeit der Fluss Srepok sein. Allerdings kann mit dem bestehenden Material auch nicht ausgeschlossen werden, dass der Trockenwald im zentralen Ostkambodscha ebenfalls als Grenze fungieren könnte.

6. Literaturverzeichnis

- ARCADY, A. C. (1996). Phrase structure of wild chimpanzee pant hoots: Patterns of production and interpopulation variability. *American Journal of Primatology* 39, 159 - 178.
- ARCADY, A. C., ROBERT, D. UND BOESCH, C. (1996). Buttress drumming by wild chimpanzees: Temporal pattering, phrase integration into loud calls, and preliminary evidence for individual distinctiveness. *Primates* 39, 505-518.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. AND WEIBER, R. (1994). *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*, 7 edition. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg.
- BAKER, M. C. (1974). Genetic structure of two populations of white-crowned sparrows (*Zonotrichia leucophrys*) with different song dialects. *Condor* 76, 351 - 356.
- BAKER, M. C. (1975). Song dialects and genetic differences in white-crowned sparrows (*Zonotrichia leucophrys*). *Evolution* 29, 226 - 241.
- BALTZER, M., NGUYEN THI DAO, SHORE, R., HARDCASTLE, J., LONG, B., CLAY, K. UND SPRINGER, J. (2001). *The forests of the Lower Mekong Ecoregion Complex*. WWF Indochina, Hanoi.
- BOUTAN, L. (1913). Le pseudo-language. Observations effectuées sur un anthropoïde: Le gibbon (*Hylobates leucogenys* - Ogilby). *Actes de la Société Linéenne de Bordeaux* 67, 5-80, + 1 plate.
- BROCKELMAN, W. Y., AND SCHILLING, D. (1984). Inheritance of stereotyped gibbon calls. *Nature* 312, 634-636.
- BROCKELMAN, W. Y., AND SRIKOSAMATARA, S. (1993). Estimation of density of gibbon groups by use of loud songs. *American Journal of Primatology* 29, 93-108.
- BROSIUS, F. (1998). *SPSS 8.0.: Professionelle Statistik unter Windows*. MITP-Verlag.
- CARPENTER, C. R. (1940). A field study in Siam of the behavior and social relations of the gibbon (*Hylobates lar*). *Comparative Psychology Monographs* 16, 1-212.
- CASAER, J., HERMY, M., COPPIN, P. AND VERHAGEN, R. (1999). Analysing

- Space Use Patterns by Thiessen Polygon and Triangulated Irregular Network interpolation. A Non-parametric Method for Processing Telemetric Animal Fixes. *International Journal of geographical Information Science* 13, 499-511.
- CHAPMAN, C. A., UND WEARY, M. (1980). Variability in spider monkeys' vocalizations may provide basis for individual recognition. *American Journal of Primatology* 22, 279 - 284.
- CHARIF, R. A., MITCHELL, S. AND CLARK, C. W. (1995). Canary 1.2.4 user's manual. Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, New York.
- CHIVERS, D. J. (1977). The lesser apes. In *Primate conservation* (ed. Prince Rainier III of Monaco and G. H. Bourne), pp. 539-598. Academic Press, New York.
- CHIVERS, D. J. (2001). The swinging singing apes: Fighting for food and family in far-east forests. In *The apes: Challenges for the 21st century*. Brookfield Zoo, May 10-13, 2000, Conference Proceedings (ed. Chicago Zoological Society), pp. 1-28. Chicago Zoological Society, Brookfield, Illinois, U.S.A.
- CLEMENTS, T. J. (2003). Development of a monitoring program for Seima Biodiversity Conservation Area, Southern Mondulhiri, Cambodia (unpublished report). The Wildlife Conservation Society (WCS) Cambodia Program, Phnom Penh, Cambodia.
- CREEL, N. & PREUSCHOFT, H. (1984). Systematics of the lesser apes: A quantitative taxonomic analysis of craniometric and other variables. In *The lesser apes. Evolutionary and behavioural biology* (ed. H. Preuschoft, D. J. Chivers, W. Y. Brockelman and N. Creel), pp. 562-613. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- DALLMANN, R., UND GEISSMANN, T. (2009). Individual and geographical variability in the songs of wild silvery gibbons (*Hylobates moloch*) on Java, Indonesia. *The gibbons: New perspectives on small ape socioecology and population*. Eds: Lappan, S. and Whitacker, D. J., 91 - 110.
- DALLMANN, R. & GEISSMANN, T. (2001). Different levels of variability in the female song of wild silvery gibbons (*Hylobates moloch*). *Behaviour* 138, 629-648.
- DEICHSEL, G., UND TRAMPISCH, H. J. (1985). *Biometrie. Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart und New York.
- DELAHAY, R. J., LANGTON, S., SMITH, G.C., CLIFTON-HADLEY, R.S. AND CHEESEMAN, C.L. (2000). The spatio-temporal distribution of Mycobacte-

- rium bovis (bovis tuberculosis) infection in a high-density badger population. *Journal of Animal Ecology* 69, 428-441.
- DEPUTTE, B. L. (1982). Duetting in male and female songs of the white-cheeked gibbon (*Hylobates concolor leucogenys*). In *Primate communication* (ed. S. T. Snowdon, C. H. Brown and M. R. Petersen), pp. 67-93. Cambridge University Press, Cambridge.
- DESAI, A. A. & VUTHY, L. (1996). Status and distribution of large mammals in eastern Cambodia. Results of the first foot surveys in Mondulkiri and Rattanakiri provinces. IUCN/FFI/WWF Large Mammal Conservation Project, Phnom Penh, Cambodia.
- DUDENREDAKTION. (2009). Duden 01; Die deutsche Rechtschreibung, 25. Auflage edition. Bibliographisches Institut (Dudenverlag), Mannheim/Wien/Zürich.
- FISCHER, J., HAMMERSCHMIDT, K. UND TODT, D. (1998). Local variation in barbary macaque shrill barks. *Animal Behavior* 56, 623 - 629.
- GEISSMANN, T. (1984). Funktion der gesanglichen Lautäußerungen des Siamangs, *Hylobates syndactylus* (Raffles, 1821). Diploma thesis thesis, Anthropological Institute, Zürich University.
- GEISSMANN, T. (1993). Evolution of communication in gibbons (Hylobatidae). Ph.D. thesis thesis, Anthropological Institute, Philosoph. Faculty II, Zürich University.
- GEISSMANN, T. (1995). Gibbon systematics and species identification. *International Zoo News* 42, 467-501.
- GEISSMANN, T. (1995). The yellow-cheeked gibbon (*Hylobates gabriellae*) in Nam Bai Cat Tien (southern Vietnam) revisited. *Primates* 36, 447-455.
- GEISSMANN, T. (1997). New sounds from the crested gibbons (*Hylobates concolor* group): First results of a systematic revision. In *Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft: Kurzpublikationen – Short Communications*, 90. Jahresversammlung 1997 in Mainz (ed. D. Zissler), pp. 170. Gustav Fischer, Stuttgart.
- GEISSMANN, T. (1999). Duet songs of the siamang, *Hylobates syndactylus*: II. Testing the pair-bonding hypothesis during a partner exchange. *Behaviour* 136, 1005-1039.
- GEISSMANN, T., UND ORGELDINGER, M. (2000). The relationship between

- duet songs and pair bonds in Siamangs, *Hylobates syndactylus*. *Animal Behaviour* 60, 805-809.
- GEISSMANN, T., NGUYEN XUAN DANG, LORMÉE, N. UND MOMBERG, F. (2000). Vietnam primate conservation status review 2000. Flora & Fauna International, Indochina Program, Hanoi.
- GEISSMANN, T. (2002). Duet-splitting and the evolution of gibbon songs. *Biological Reviews* 77, 57-76.
- GEISSMANN, T. (2002). Taxonomy and evolution of gibbons. In *Anthropology and primatology into the third millennium: The Centenary Congress of the Zürich Anthropological Institute (Evolutionary Anthropology Vol. 11, Supplement 1)* (ed. C. Soligo, G. Anzenberger and R. D. Martin), pp. 28-31. Wiley-Liss, New York.
- GEISSMANN, T. (2003). *Vergleichende Primatologie*. Springer Verlag, Heidelberg & New York.
- GOUSTARD, M. (1976). The vocalizations of *Hylobates*. In *Gibbon and siamang*, vol. 4 (ed. D. M. Rumbaugh), pp. 135-166. Karger, Basel and New York.
- HAFEN, T. (1998). *Dialekte bei Lemuren. Bioakustische, morphometrische und molekulargenetische Untersuchungen zur intraspezifischen Variabilität beim grauen Mausmaki (Microcebus murinus)*. Cuvilier Verlag, Göttingen.
- HAIMOFF, E. H. (1984). A possible case of deception in the song of the siamang. *American Journal of Primatology* 6, 407 (Abstract only).
- HAIMOFF, E. H. (1984). Acoustic and organizational features of gibbon songs. In *The lesser apes. Evolutionary and behavioural biology* (ed. H. Preuschoft, D. J. Chivers, W. Y. Brockelman and N. Creel), pp. 333-353. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- HAIMOFF, E. H. (1984). The organization of song in the Hainan black gibbon (*Hylobates concolor hainanus*). *Primates* 25, 225-235.
- HAIMOFF, E. H., CHIVERS, D. J., GITTINS, S. P. & WHITTEN, A. J. (1982). A phylogeny of gibbons (*Hylobates* spp.) based on morphological and behavioural characters. *Folia Primatologica* 39, 213-237.
- HAIMOFF, E. H., GITTINS, S. P., WHITTEN, A. J. & CHIVERS, D. J. (1984). A phylogeny and classification of gibbons based on morphology and ethology. In *The lesser apes. Evolutionary and behavioural biology* (ed. H. Preuschoft, D. J. Chivers, W. Y. Brockelman and N. Creel), pp. 614-632. Edinburgh Uni-

- versity Press, Edinburgh.
- HAIMOFF, E. H. & MOOTNICK, A. (1983). Dichotomous key for the species identification of adult gibbons. AAZPA (American Association of Zoological Parks and Aquariums) Regional Conference Proceedings 1983, 76-78.
- IUCN (2011). 2011 IUCN Red List of Threatened Species. <www.redlist.org>. Runtergeladen am 08 Januar 2012. Gland, Switzerland, IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources), Gland, Switzerland
- KONRAD, R. (2004). Vocal diversity and taxonomy of the crested gibbons (genus *Nomascus*) in Cambodia. Diploma thesis, Anthropological Institute, Zürich University.
- KONRAD, R. & GEISSMANN, T. (2006). Vocal diversity and taxonomy of the crested gibbons (genus *Nomascus*) in Cambodia. *International Journal of Primatology* 27,
- KOSCHNICK, W. J. (1993). Standardwörterbuch der Sozialwissenschaften.
- LEGRIS, P., UND BLASCO, F. (1971). *Cambodge: Carte internationale du Tapis vegetal et des conditions écologique* (ed. I. français), Pondichéry.
- LEIGHTON, D. R. (1987). Gibbons: Territoriality and monogamy. In *Primate societies* (ed. B. B. Smuts, D. L. Cheney, R. M. Seyfarth, R. W. Wrangham and T. T. Struhsaker), pp. 135-145. University of Chicago Press, Chicago and London.
- LINDMAN, H. R. (1974). *Analysis of variance in complex experimental designs*. W.H. Freeman & Co, San Francisco.
- LONG, B., ROTH, B., HOLDEN, J. & UCK, S. (2000). Large mammals. In *Cardamom Mountains: Biodiversity Survey 2000* (ed. J. C. Daltry and F. Momberg), pp. 49-68. Fauna & Flora International, Cambridge, U.K.
- LONG, B. & SWAN, S. R. (2000). *Cambodian primates. Surveys in the Cardamom mountains and northeast Mondulhiri province*. Fauna & Flora International, Indochina Programme Office, Hanoi.
- MAEDA, T., UND MASATAKA, N. (1987). Local-specific vocal behavior of the tamarin (*Saguinus l. labiatus*). *Ethology* 7, 525 - 530.
- MARLER, P. (1977). The evolution of communication. In *How animals communicate* (ed. T. A. Sebeok), pp. 45-70. Indiana University Press, Bloomington and London.

- MARSHALL, J. T. & MARSHALL, E. R. (1976). Gibbons and their territorial songs. *Science* 193, 235-237.
- MARSHALL, J. T. & SUGARDJITO, J. (1986). Gibbon systematics. In *Comparative primate biology, vol. 1: Systematics, evolution, and anatomy* (ed. D. R. Swindler and J. Erwin), pp. 137-185. Alan R. Liss, New York.
- MARSHALL, J. T., SUGARDJITO, J. & MARKAYA, M. (1984). Gibbons of the lar group: Relationships based on voice. In *The lesser apes. Evolutionary and behavioural biology* (ed. H. Preuschoft, D. J. Chivers, W. Y. Brockelman and N. Creel), pp. 533-541. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- MATHER, R. (1992). A field study of hybrid gibbons in central Kalimantan, Indonesia. Ph.D. thesis, Sub. Dept. of Veterinary Anatomy, Cambridge University.
- MITANI, J. C., HASEGAWA, T., GROS-LOUIS, J., MARLER, P. UND BYRNE, R. W.: (1992). Dialects in wild chimpanzees? *American Journal of Primatology* 27, 233 - 243.
- MITANI, J. C., HUNLEY, K. L. UND MURDOCH, M. E. (1999). Geographic variation in the calls of wild chimpanzees: A reassessment. *American Journal of Primatology* 47, 133 - 151.
- NORUSIS, M. J. (1994). *SPSS Professional Statistics 6.1*. SPSS Inc, Chicago.
- O'SULLIVAN, D., AND UNWIN, D.J. (2003). *Geographic Information Analysis*. John Wiley, New Jersey.
- RALIN, D. B. (1977). Evolutionary aspects of mating call variation in a diploid-tetraploid species complex of treefrogs (*Anura*). *Evolution* 31, 721 - 736.
- RENCHER, A. C. (1995). *Methods of multivariate analysis*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- SCHILLING, D. (1984). Song bouts and duetting in the concolor gibbon. In *The lesser apes. Evolutionary and behavioural biology* (ed. H. Preuschoft, D. J. Chivers, W. Y. Brockelman and N. Creel), pp. 390-403. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- SENG, T. (2001). Surveys for tigers and other large mammals in Virachey National Park (2000-2001). WWF Cambodia Conservation Program, Phnom Penh, Cambodia.
- SIEGEL, S., AND CASTELLAN, N. J., JR. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral science*, 2nd edition. McGraw Hill, New York.

- SRIKOSAMATARA, S., UND DOUNGKHAIE, S. (1982). Dry dipterocarp forest as a barrier to gibbon dispersal: A survey in Phu Phan National Park, northeast Thailand. *Natural History Bulletin of the Siam Society* 30, 25 - 32.
- STATSOFT, I. (2004). *Electronic Statistics Textbook*. StatSoft, Tulsa.
- TALLENTS, L., GEISSMANN, T., TRINH DINH HOANG & LA QUANG TRUNG. (2001). Survey for crested gibbons (genus *Nomascus*) in Bach Ma National Park, Viet Nam, April 2001. Unpublished survey report. *Fauna & Flora International, Indochina Programme Office, Hanoi*.
- TENAZA, R. (1985). Songs of hybrid gibbons (*Hylobates lar* x *H. muelleri*). *American Journal of Primatology* 8, 249-253.
- THINH, V. N., MOOTNICK, A. R., THANH VU NGOC, NADLER, T. UND ROOS, C. (2010). A new species of crested gibbon, from the central Annamite mountain range. *Vietnamese Journal of Primatology* 4, 1 - 12.
- THORPE, W. H. (1961). *Bird song. The biology of vocal communication and expression in birds*. University Press, Cambridge.
- TIMMINS, R. J. & OU RATTANAK. (2001). The importance of Phnom Prich Wildlife Sanctuary and adjacent areas for the conservation of tigers and other key species: A summary. *WWF Cambodia Conservation Program, Phnom Penh, Cambodia*.
- WALSTON, J., DAVIDSON, P. & MEN SORIYUN. (2001). A wildlife survey of southern Mondulkiri province, Cambodia. *The Wildlife Conservation Society (WCS) Cambodia Program, Phnom Penh, Cambodia*.

10. Anhang

10.1 Name und Erklärung der benutzten Variablen

Name der Variablen	Nr.	Spalte	Name	Zeichnung	Einheit	Beschreibung
	♂					
	1	B	AnzahlM			Anzahl Noten in der gesamten ♂-Strophe
	2	C	Total(s)AT		s	Dauer der ♂-Strophe
	3	D	a(s)AG	a	s	Dauer der ersten Note
	4	E	b(s)AH	b	s	Dauer des Horizontalteils
	5	F	HT(%)AK		%	Relative Dauer des Horizontalteils
	6	G	c(s)Ai	c	s	Dauer des Trogteils
	7	H	TT(%)AV		%	Relative Dauer des Trogteils
	8	I	C(Hz)D		Hz	Maximale Frequenz im Horizontalteil
	9	J	E(Hz)H		Hz	Minimale Frequenz im Horizontalteil
	10	K	d(Hz)AJ		Hz	Frequenzbereich des Horizontalteils
	11	L	DmB(s)AX		s	Dauer bis zur maximalen Biegung
	12	M	DmB(%)AY		%	Relative Dauer bis zur maximalen Biegung
	13	N	D(Hz)F		Hz	Frequenz bei maximaler Biegung
	14	O	g(s)AK	g	s	Dauer der zweiten Note
	15	P	IT(j/n)AZ			Ist ein Initialteil vorhanden?
	16	Q	IT(s)AQ		s	Dauer des Initialteils
	17	R	IT(%)BA		%	Relative Dauer des Initialteils
	18	S	RT(s)AR		s	Dauer des Rollteils
	19	T	RT(%)BB		%	Relative Dauer des Rollteils
	20	U	RollenBD			Anzahl Rollen
	21	V	h(s)AL	h	s	Dauer der ersten Rolle
	22	W	ET(s)AS		s	Länge des Endteils
	23	X	ET(%)BC		%	Relative Länge des Endteils
	24	Y	G(Hz)K		Hz	Startfrequenz der zweiten Note
	25	Z	K oder k			Maximale Frequenz der zweiten Note
	26	AA	H(Hz)M		Hz	Minimale Frequenz der zweiten Note
	27	AB	Freq.B(Hz)BE		Hz	Frequenzbereich der zweiten Note
	28	AC	j(Hz)AN	j	Hz	Frequenzbereich des Initialteils der 2. Note
	29	AD	K1(Hz)Q		Hz	Frequenzbereich der ersten Rolle
	30	AE	k(Hz)AO	k	Hz	Frequenzbereich Tiefpunkt zu erster Rolle
	31	AF	S/U/W/Y/AA(Hz)		Hz	Frequenzbereich der letzten Rolle
	32	AG	kl(Hz)AP		Hz	Frequenzbereich Tiefpunkt zu letzter Rolle
	33	AH	M(Hz)AE		Hz	Minimalfrequenz Endteil

		♀			
34	AI	Länge(s)	s	Dauer des gesamten Great call des ♀	
35	AJ	AnzahlW		Anzahl der Noten im Great call	
36	AK	SFB(Hz)	Hz	Startfrequenzbereich	
37	AL	2'500Hz		erreicht die maximale Frequenz 2'500 Hz?	
38	AM	Oo		Anzahl Oo-Noten	
39	AN	Oo(s)	s	Dauer des Oo-Teils	
40	AO	Oo(%)	%	Relative Dauer des Oo-Teils	
41	AP	Bark		Anzahl Bark-Noten	
42	AQ	Bark(s)	s	Dauer des Bark-Teils	
43	AR	Bark(%)	%	Relative Dauer des Bark-Teils	
44	AS	GC-Coda(s)	s	Dauer von Ende Great call bis Beginn Coda	
45	AT	1.Oo(s)	s1	s	Dauer der ersten Oo-Note
46	AU	1.Oo(Hz)	r1	Hz	Frequenzbereich der ersten Oo-Note
47	AV	2.Oo(s)	s2	s	Dauer der zweiten Oo-Note
48	AW	2.Oo(Hz)	r2	Hz	Frequenzbereich der zweiten Oo-Note
49	AX	1.Bark(s)	s4	s	Dauer der ersten Bark-Note
50	AY	1.Bark(Hz)	r4	Hz	Frequenzbereich der ersten Barknote
51	AZ	x.Bark(s)	s7	s	Dauer der letzten Note
52	BA	i1(s)	i1	s	Dauer des ersten Zwischennotenintervalls
53	BB	i2(s)	i2	s	Dauer des zweiten Zwischennotenintervalls
54	BC	iz(s)	i6	s	Dauer des letzten Zwischennotenintervalls
55	BD	r1(Hz)		Hz	Startfrequenzbereich der ersten zwei Noten
56	BE	r2(Hz)		Hz	Startfrequenzbereich zwischen Note zwei und drei
57	BF	rz(Hz)		Hz	Startfrequenzbereich zwischen den letzten beiden Noten

10.2 Akkustische Begriffe, welche für die Variabledefinitionen gebraucht werden

Begriff	Definition
Rolle	Eine schnelle Sequenz welche einen steilen Frequenzan- und abstieg enthält.
Twitter	Wiederholte schnelle Wechsel zwischen zwei Frequenzen (Tönen). Ein Twitter wird nicht sehr weit getragen und daher selten im Sonagramm sichtbar.
Finaler Up-sweep	Ein steiler schneller Frequenzanstieg am Ende einer Note. Im Sonagramm sichtbar als beinahe vertikale Linie. Allgemein kann die Frequenz am Ende der Linie nicht exakt bestimmt werden, da die Sonagrammlinie langsam ausläuft mit steigender Frequenz. Daraus resultierend kann an diesen Stellen nur die Zeit und nicht die Frequenz gemessen werden.
Dauer	Bezieht sich auf die Dauer einer Note. Gemessen in Sekunden, als Zeitspanne zwischen dem Beginn und dem Ende einer Note.
Intervall	Bezieht sich auf das Zeitintervall zwischen zwei nachfolgenden Noten. Gemessen in Sekunden, als Zeitspanne zwischen dem Ende der ersten Note und dem Beginn der folgenden Note.
Bereich	Bezieht sich auf den Frequenzbereich zwischen zwei verschiedenen Frequenzen. Gemessen in Hertz, berechnet durch die Differenz der Frequenz am höheren Punkt minus die Frequenz am tieferen Punkt.

Ankerpunkt Charakteristischer Punkt auf der Sonagrammlinie, an dem Zeit und/oder Frequenz gemessen wurden. Siehe auch Anhang 10.3 und 10.4

10.3 Definitionen der Notentypen, Notenteile, Ankerpunkte und Tangenten

10.3.1 Die erste Note der multi-modulierten Strophe des Männchens

Note 1	Einheit	Definition
Notenanordnung:		
Horizontalteil		Der erste der zwei ausgeprägten Teile einer Note, charakterisiert durch ein relativ konstantes Frequenzlevel, d.h. keine steilen An- oder Abstiege der Frequenz. Somit verläuft die Sonagrammlinie beinahe horizontal.
Trogtteil		Der zweite Teil der Note, charakterisiert durch einen charakteristischen Frequenzabfall zum Notenfrequenzminimum und einem folgenden schnellen und steilen Frequenzanstieg. Somit formt die Sonagrammlinie einen Trog.
Ankerpunkte und Tangenten:		
A	s & Hz	Beginn der Note
B	s & Hz	Halbzeit der Note
C	s & Hz	Ende des Horizontalteils, bestimmt durch die
Maximalf		requenz des Horizontalteils
D	s & Hz	Maximale Biegung im Übergang von Horizontal-
zu		Trogtteil
E	s & Hz	Frequenzminimum
e	s	Ende der Note, definiert als Position einer verti-
kalen		Tangente, die von rechts an die Note geschoben
wird		

10.3.2 Der zweite Teil der multi-modulierten Strophe des Männchens

Note 2ff	Einheit	Definition
Notenanordnung:		
Initialteil		Der erste von drei ausgeprägten Teilen der Note, charakterisiert durch einen markanten Frequenzabfall zu einem lokalen Frequenzminimum.
Rollteil		Der zweite Teil der Note, charakterisiert durch mehrere, aber mindestens eine Rolle. In Fall von mehreren Rollen erscheint ein Trog zwischen zwei sich folgenden Rollen.
Endteil		Der dritte Teil der zweiten Note und die folgenden Noten. Charakterisiert durch ein relativ konstantes Frequenzlevel und einem mehr oder weniger starken Anstieg am Ende der Noten.
Ankerpunkte und Tangenten		
E	s & Hz	Beginn der Note(n)
F	s & Hz	Frequenzminimum im Initialteil
G	s & Hz	Grenze Initialteil zu Rollteil, markiert durch den ersten steilen Anstieg
H	s & Hz	Frequenzminimum zwischen zwei Rollen
Hi	s & Hz	Wenn der Rollteil aus mehr als zwei Rollen besteht, gibt es mindestens ein zusätzliches lokales Minimum.
J	s & Hz	Grenze zwischen Rollteil und Endteil, markiert durch das Ende des letzten steilen Abfalls im Sonagramm
K	s & Hz	Frequenzminimum im Endteil
k	s	Ende der Note, wird ebenfalls bestimmt durch eine Tangente, die von rechts an die Note geschoben wird.

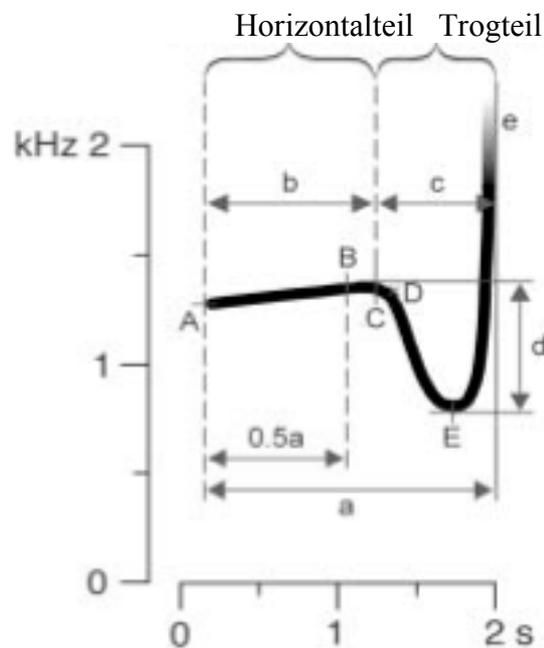
10.3.3 Der weibliche Great Call

Great Call	Einheit	Definition
Notentypen:		
Oo Noten		Die Frequenz steigt vom Beginn bis zum Ende der Note nicht mehr als 1 kHz pro Sekunde.
Bark-Noten		Die Frequenz steigt vom Beginn bis zum Ende der Note um mehr als 1 kHz pro Sekunde.
Twitter Note		Eine Note in der der Twitteranteil mindestens 50% der Dauer der gesamten Note ausmacht.
Zwischennoten		Zwischennoten liegen zwischen Bark- und Twitternoten, sie beginnen als Bark- und enden als Twitternoten. So lange der steile Frequenzanstieg nicht klar abgesetzt ist im Vergleich zur vorausgehenden Note, werden die Zwischennoten als Barknoten angesehen.
Satzkomposition:		
Oo Phase		Die Phase enthält alle Oo-Noten eines Great Call.
Bark Phase (Accelerando-Teil)		Die Phase enthält alle Bark-Noten eines Great Call
Twitter Phase		Die Phase enthält alle Twitternoten eines Great Call.
Ankerpunkte & Tangenten:		
P	s & Hz	Beginn der ersten Note, (erste Oo-Note)
Q	s & Hz	Ende der ersten Note
R	s & Hz	Beginn der zweiten Note (zweite Oo-Note)
S	s & Hz	Ende der zweiten Note
T	s & Hz	Beginn der dritten Note (dritte Oo-Note)
U	s & Hz	Ende der dritten Note
V	s & Hz	Beginn der vierten Note (erste Bark-Note)
W	s & Hz	Ende der vierten Note

X	s & Hz	Beginn der fünften Note (zweite Bark-Note)
x	s	Ende der fünften Note, definiert durch eine Tangente, die von rechts an die Note geschoben wird
Y	s & Hz	Beginn der sechsten Note (dritte Bark-Note)
y	s	Ende der sechsten Note, definiert durch eine Tangente, die von rechts an die Note geschoben wird
Z	s & Hz	Beginn der siebten Note (vierte Bark-Note)
z	s	Ende der letzten Note, definiert durch eine Tangente, die von rechts an die Note geschoben wird

10.4 Bestimmung der Variablen in den Sonagrammen

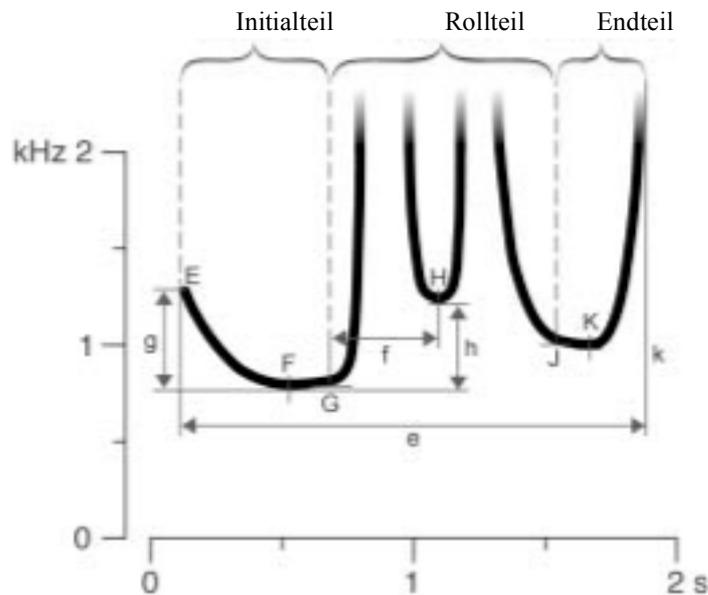
10.4.1 Die erste Note des männlichen multi-modulierten Satzes



übernommen aus Konrad, 2004

Stilisiertes Sonagramm (nur die wichtigen Frequenzen werden angezeigt) der ersten Note des multi-modulierten Satzes des Männchens. Die Aufteilung in zwei Teile, die Ankerpunkte und Tangenten, die Zeitdauern und Frequenzbereiche, welche auf diesem Notentypen vermessen wurden.

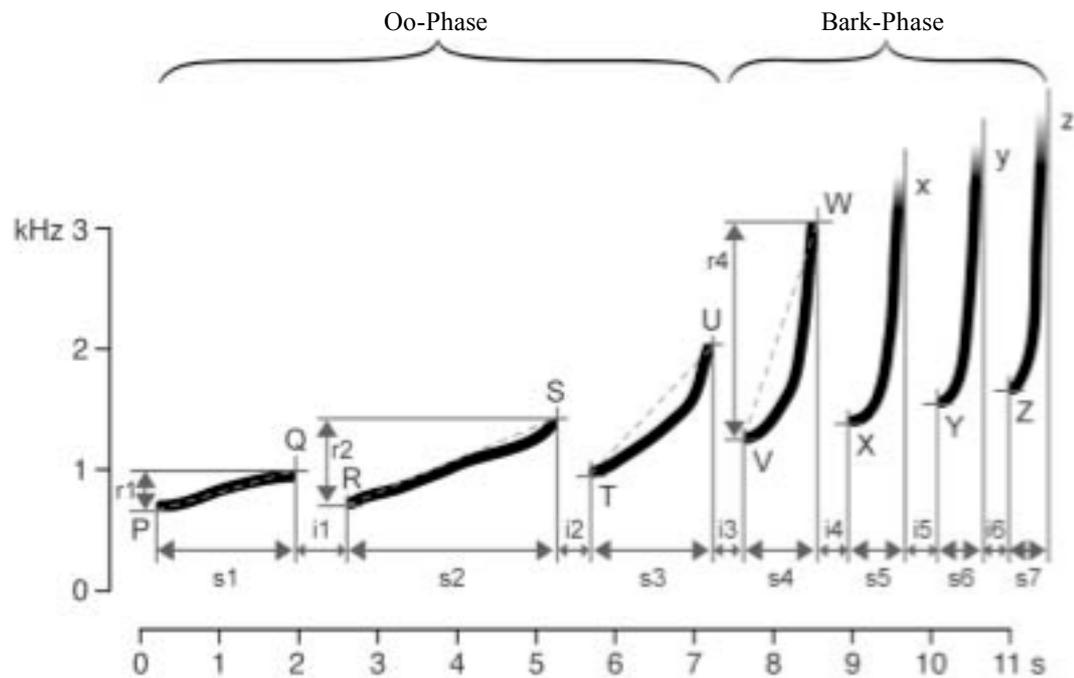
10.4.2 Die zweite Note des männlichen multi-modulierten Satzes



übernommen aus Konrad, 2004

Stilisiertes Sonogramm (nur die wichtigen Frequenzen werden angezeigt) der zweiten Note des multi-modulierten Satzes. Die Aufteilung in drei Teile, alle Ankerpunkte und Tangenten, die Zeitdauern und Frequenzbereiche, welche auf diesem Notentypen vermessen wurden.

10.4.3 Der weibliche Great Call Satz



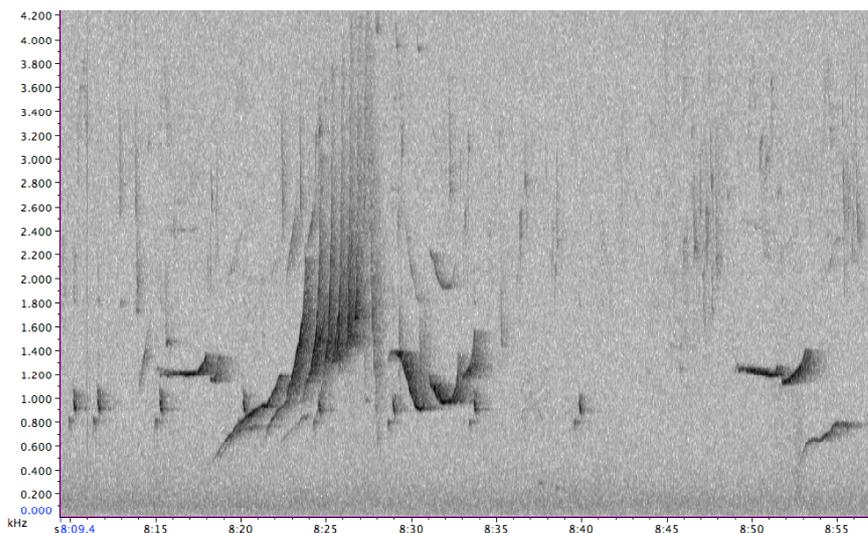
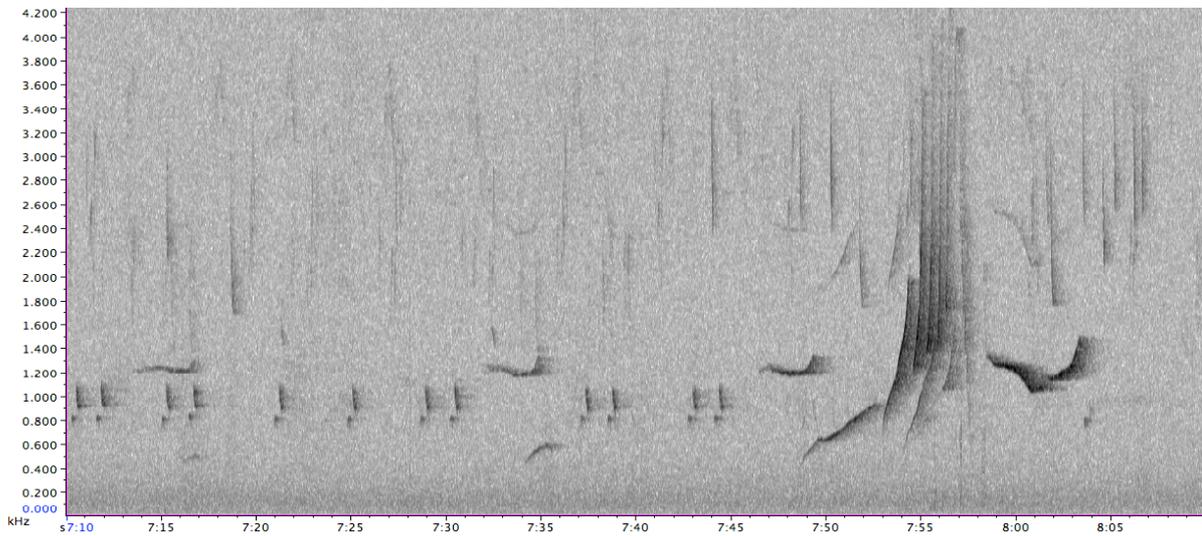
übernommen aus Konrad, 2004

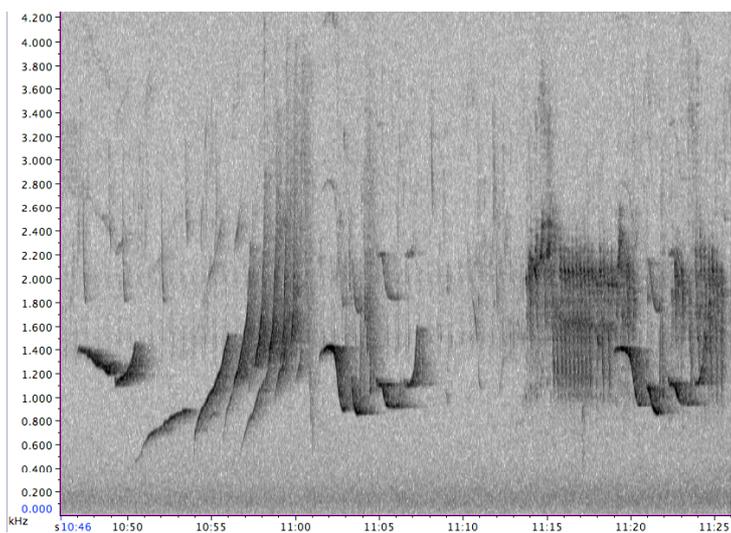
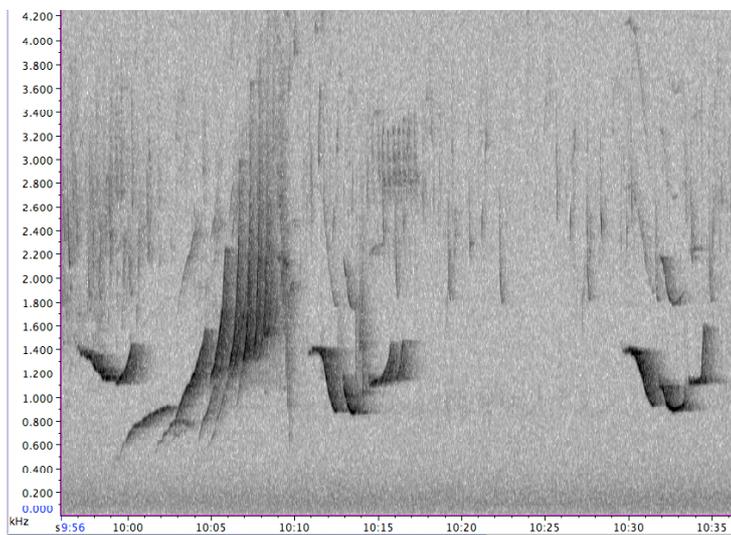
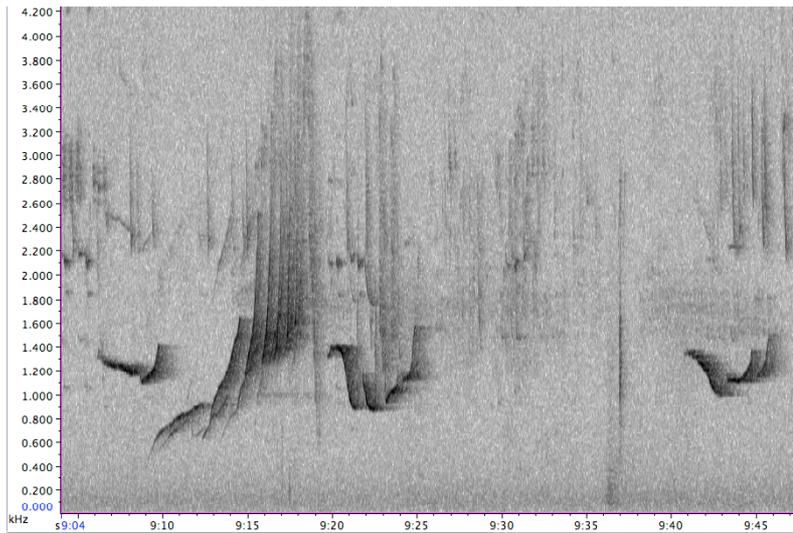
Stilisiertes Sonagramm (nur die wichtigen Frequenzen werden angezeigt) des Great Call. Die Aufteilung in zwei Teile, alle Ankerpunkte und Tangenten, die Zeitdauern, Intervalle und Frequenzbereiche, welche auf diesem Notentypen vermessen wurden.

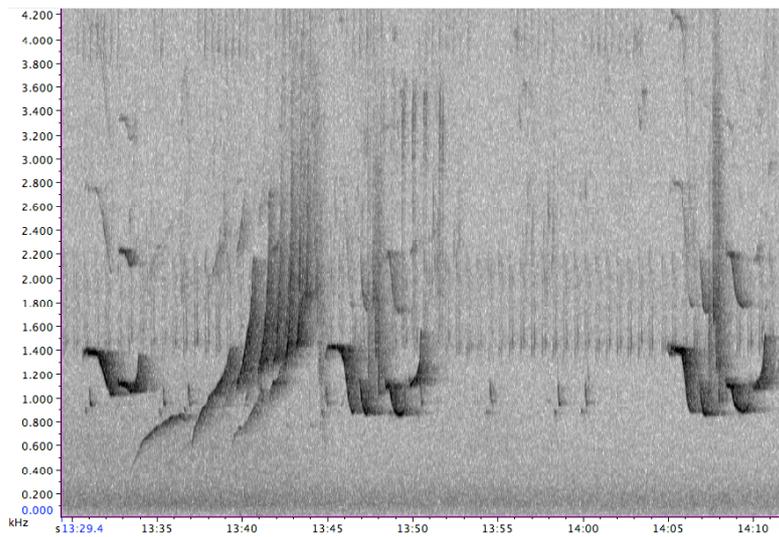
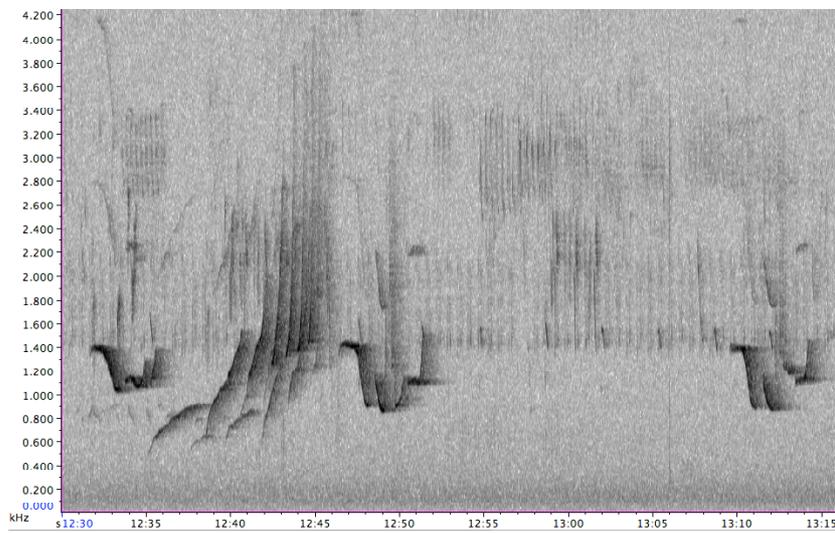
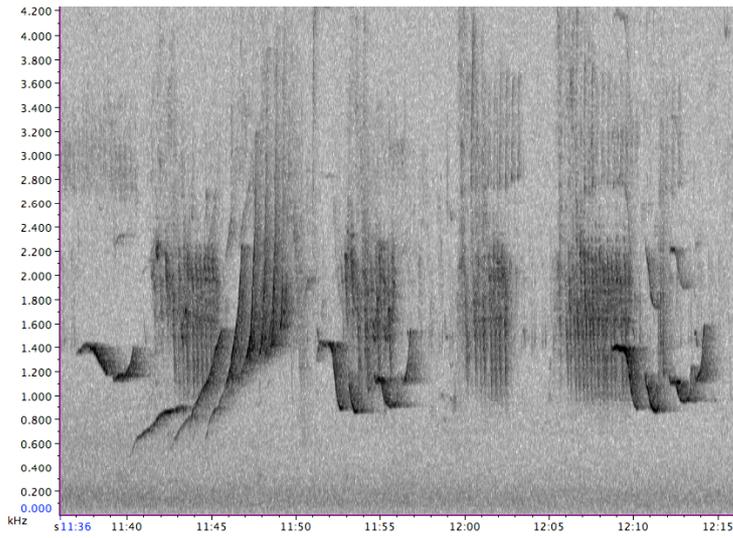
10.5 Sonagramm

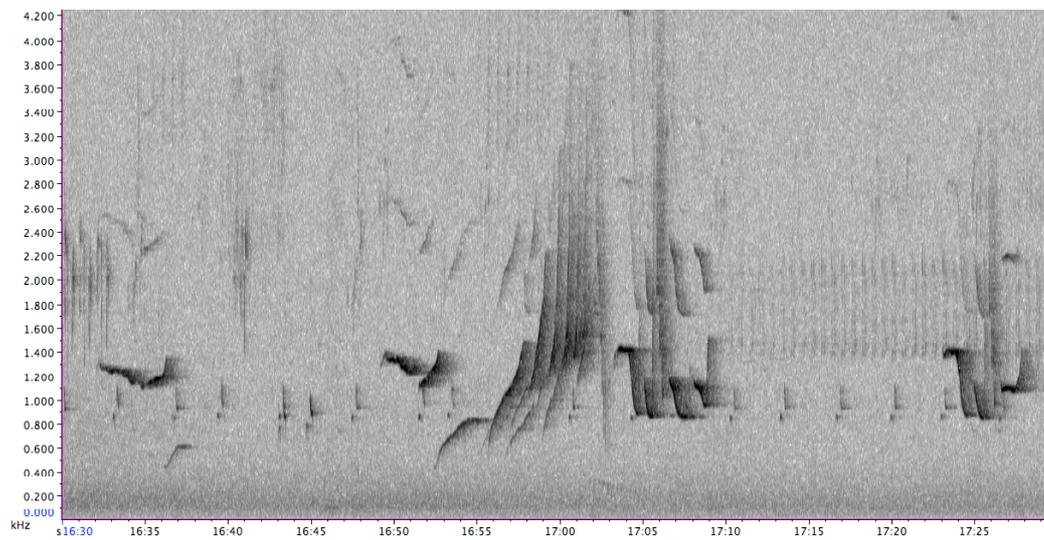
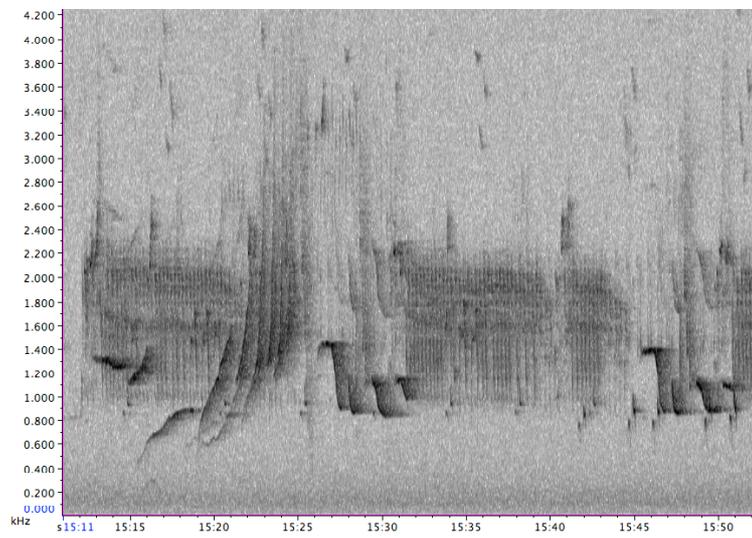
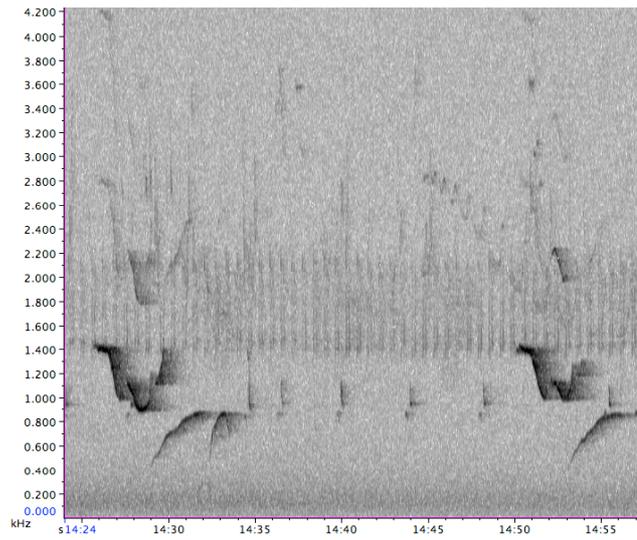
10.5.1 Sonographischer Ausschnitt einer Gesangsperiode

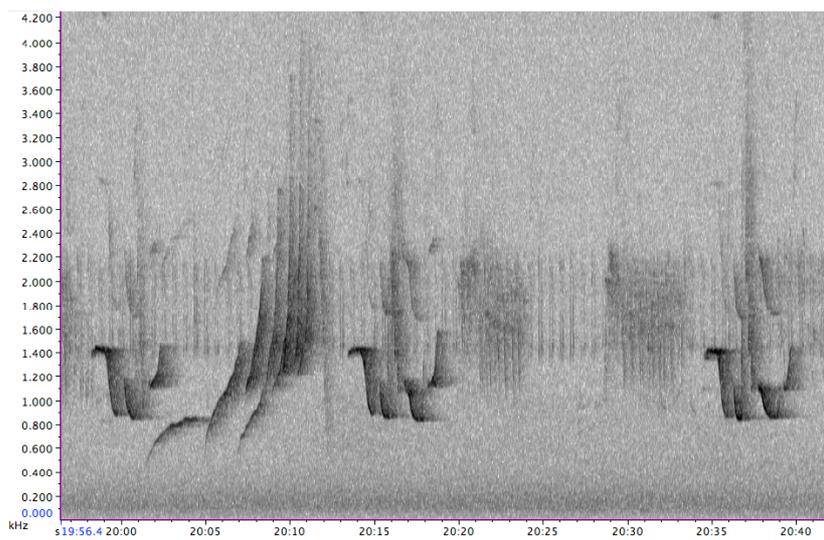
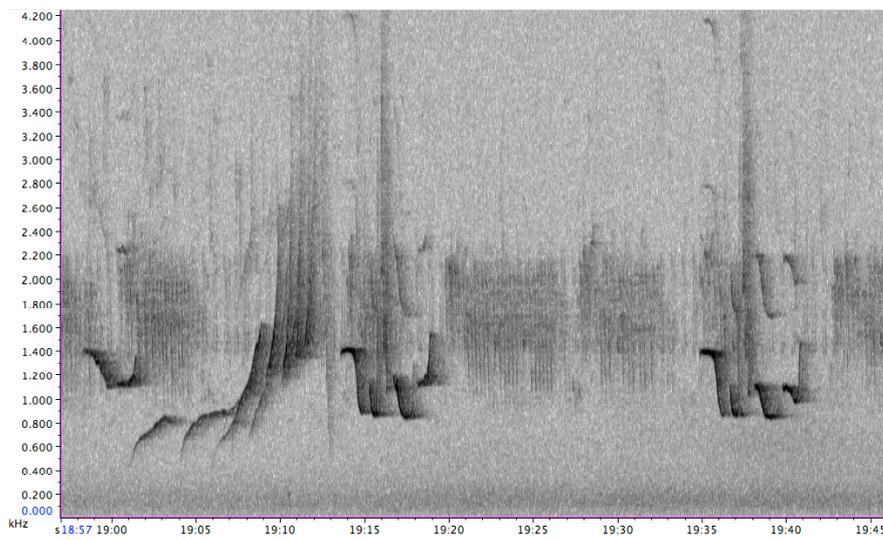
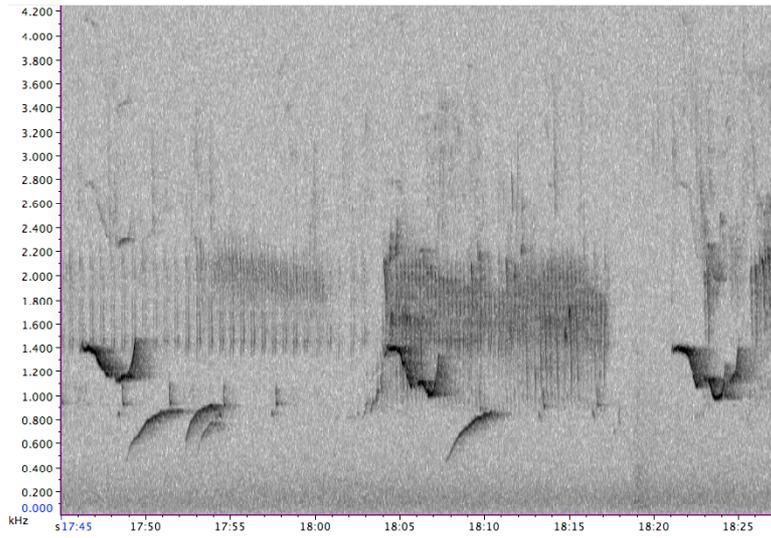
Im Anhang 10.5 ist ein sonographischer Ausschnitt einer Gesangsperiode abgebildet. Es handelt sich dabei um eine Aufnahme aus dem Gebiet Mechung im Phnom Preech Wildlife Sanctuary vom 03. Februar 2008. Teile der Aufnahme werden nicht abgebildet. Es sind nur die Sequenzen abgebildet, die auch Gibbongesang enthalten. In der X-Achse ist die Zeit angegeben und in der Y-Achse die Frequenz. Es werden alle Gibbongesänge während einer vollen Gesangsperiode von 14 Minuten abgebildet. Die Gesänge starten bei 07:10 und enden bei ca. 21:00.

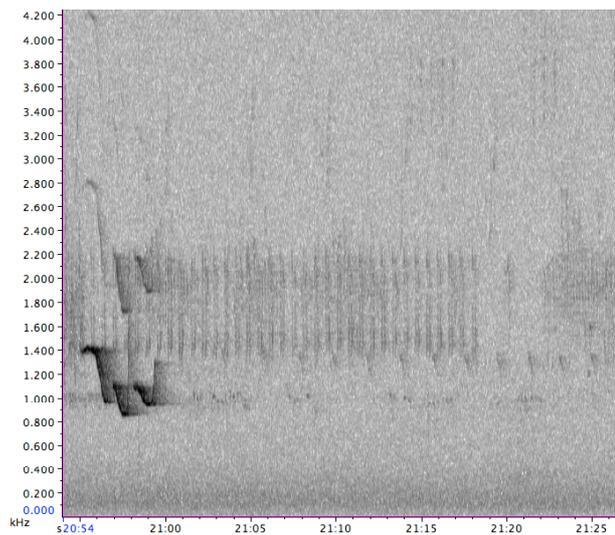












10.5.2 Great Call und Coda

Eine Sequenz von einem Great Call eines Weibchens und der anschliessenden Antwort, des Codas, des Männchens. Die Zeitachse wurde, verglichen mit der gesamten Gesangssequenz, gestreckt, und die Frequenz wird nur noch zur Hälfte dargestellt.

