

Institut für Umweltwissenschaften  
Universität Koblenz-Landau | Campus Landau

In Kooperation mit dem Zoo Landau in der Pfalz



## Diplomarbeit

# Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

vorgelegt von

Jasmin Beyle

jasmin.beyle@online.de

**30.09.2016**

# unfinished

Betreuung:

Prof. Dr. Martin Entling, Universität Koblenz – Landau

Dr. Jens-Ove Heckel, Zoo Landau in der Pfalz

Ko-Betreuung:

Dr. Thomas Geissmann, Anthropologisches Institut, Universität Zürich-Irchel

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Diplomarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Martin Entling und Jens-Ove Heckel, die meine Diplomarbeit betreut und begutachtet haben.

Auch bei meinem Ko-Betreuer, Thomas Geissmann, möchte ich mich vielmals für die vielen Anregungen und die Unterstützung bedanken. Seine Liebe zu den Gibbons war wirklich inspirierend.

Einen großen Dank spreche ich an Frau Christina Schubert aus, der rege Austausch, die konstruktive Kritik und der mentale Rückhalt waren eine große Hilfe für mich.

Ebenfalls möchte ich mich bei meinen Freunden bedanken, die viel Verständnis zeigten und mich unterstützten. Vor allem bei Francesca Kümmich, die mir mit viel Geduld, Interesse und Hilfsbereitschaft zur Seite stand, möchte ich mich bedanken. Auch meine Freunde Bodo Kinzel, Thorben Kraus und Leike Graue waren mir eine große Hilfe.

Ein besonderer Dank gilt allen Zuchtbuchführern und Zuchtbuchführerinnen für ihre Daten, auch Charlotte McDonald möchte ich für ihre Unterstützung danken.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern Monika und Manfred und Großeltern Ingrid und Hans bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und immer an mich geglaubt haben.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Theorie</b> .....	<b>4</b>
2.1 Einführung in Hylobatidae.....	4
2.1.1 Systematik .....	4
2.1.1.1 Gattung <i>Symphalangus</i> .....	5
2.1.1.2 Gattung <i>Nomascus</i> .....	6
2.1.1.3 Gattung <i>Hulock</i> .....	6
2.1.1.4 Gattung <i>Hylobates</i> .....	7
2.1.2 Verbreitungsgebiet.....	7
2.1.3 Bedrohungsfaktoren.....	9
2.1.4 Gefährdungskategorien.....	10
2.2 Zoologische Gärten und ihre Bedeutung .....	12
2.2.1 Die Aufgaben und Rolle der Zoos .....	13
2.2.2 Zuchtbücher .....	14
2.3 Überblick über Gibbons in Zoos .....	15
2.3.1 Platzproblematik .....	17
2.3.1.1 Management von Populationen .....	17
2.4 Potenzielle Mechanismen zur Entstehung von ungleichen Geschlechtsverhältnissen ....	18
<b>3. Material und Methoden</b> .....	<b>21</b>
3.1. Verfahren mit Zuchtbüchern.....	21
3.2 Quantitative Datenanalyse.....	22
<b>4. Ergebnisse</b> .....	<b>24</b>
4.1 Familie <i>Hylobatidae</i> .....	24
4.2. Schopfgibbons (Gattung <i>Nomascus</i> ) .....	27
4.3. Zwerggibbons (Gattung <i>Hylobates</i> ) .....	30
<b>5. Diskussion</b> .....	<b>33</b>
<b>6. Fazit</b> .....	<b>38</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>39</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>46</b>

## Tabellenverzeichnis

**Tabelle 1:** Rote Liste der *Hylobatidae* (Eigene Darstellung nach IUCN 2016-1)S 11

**Tabelle 2:** Überblick Haltungen im EAZA-Raum (nach [www.Zootierliste.de](http://www.Zootierliste.de), Stand 5.7.2016)

**Tabelle 3:** Übersicht Zuchtbuchführung (Quelle: EAZA - EEPs) S21

**Tabelle 4:** Berechnung der Alterskategorien S. 21

**Tabelle 5:** Überblick über die Anzahl der Geburten innerhalb der Gattungen S 24

**Tabelle 6:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter der Mutter bei Gibbons (Familie Hylobatidae) S.25

**Tabelle 7:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter des Vaters bei Gibbons (Familie Hylobatidae) S. 25

**Tabelle 8:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter der Mutter bei Siamangs (Gattung *Symphalangus*) S.26

**Tabelle 9:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter des Vaters bei Siamangs (Gattung *Symphalangus*) S.27

**Tabelle 10:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter der Mutter bei Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*) S. 29

**Tabelle 11:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter des Vaters bei Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*)

**Tabelle 12:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter des Vaters bei Zwerggibbons (Gattung *Hylobates*)

**Tabelle 13:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter des Vaters bei Zwerggibbons (Gattung *Hylobates*) S. 32

## **Abbildungsverzeichnis**

**Abbildung 1:** verschiedene Erscheinungsformen S.6

**Abbildung 2:** Verbreitungsgebiet der Gibbons (verändert, nach Geissmann 2014, S. 10)  
S.8

**Abbildung 3:** Artenzusammensetzung der Stichprobe für die Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*) S. 28

**Abbildung 4:** Übersicht der Verteilung der Arten und jeweiligen Geburten innerhalb der Gattung *Hylobates* S. 31

## Abkürzungen

### Abkürzung

AZA

EEP

ESP

ISP

LRC

mk

SRY-Gen

TWH

### Erläuterung

American Zoo and Aquarium Association

Europäisches Erhaltungszuchtprogramm

European Studbooks

International Studbooks

local resource competition

mean kinship

Sex-determining region Ygene

Trivers-Willard-Hypothese

*In the end we will conserve only what we love, we will love only what we understand, and we will understand only what we are taught.*

Baba Dioum, 1968

# Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

## **Zusammenfassung**

Um den Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons zu untersuchen wurden im Rahmen dieser Diplomarbeit Zuchtbücher verschiedener Gibbonarten im Europäischen Erhaltungszuchtprogramm (EEP) untersucht. Dabei wurden Alterskategorien definiert und der jeweilige Einfluss der Eltern getestet. Hierbei wird an die Forschung von Margulis et. al. angelehnt.

Neben dem Einfluss des Alters der Eltern auf das Geschlecht des Jungtieres wurde auch das Geschlechterverhältnis zoogeborener Gibbons untersucht.

Innerhalb jeder Gattung ist in einer Alterskategorie ein Einfluss auf die Geschlechterverteilung zu sehen, es ist nicht ersichtlich in wie weit dieser Einfluss durch beide Elternteile bedingt ist.

## 1. Einleitung

Die Haltung von Tieren und die damit verbundenen Ziele haben sich in vielen Jahrhunderten immer wieder verändert und bieten somit einen spannenden Einblick in die Kulturgeschichte des Menschen. Erste Aufzeichnungen von zoologischen Gärten finden sich schon 1800 v. Chr., ägyptische Pharaonen besaßen in ihren Palästen Käfige mit Wildtieren. In der Antike wurden diese in Europa dann vorwiegend zum Verzehr gehalten oder zur Unterhaltung für Arenakämpfe. In der Zeit von 108 v. Chr. bis 280 n. Christus sollen so etwa 420.000 Wildtiere umgekommen sein.

Nach dem Niedergang des Römischen Imperiums sind die meisten exotischen Tiere aus Europa verschwunden. Kaiser Karl der Große (747 – 814) hielt sich jedoch einige Tiere, die er als Geschenk von anderen Herrschern erhalten hatte. Mit den Kreuzzügen wurden wieder Tiere aus anderen Ländern eingeführt, die dann in Menagerien von Fürsten gehalten wurden. Auch der Landadel und Städte begannen „Thiergärten“ aufzubauen und exotische Tiere zu halten. Häufig wurde in dieser Zeit auch Wild aus den ansässigen Wäldern in den Stadtgräben gehalten, in Hungerszeiten wurden die selbigen dann verzehrt.

Zwischen dem 17. und 19. Jahrhundert wurden von Fürsten viele Tiergärten als Jagdgatter errichtet. Diese sind heute für Besucher geöffnet oder es entstand daraus ein neuer Tierpark. Im 19. Jahrhundert wurden über 100 zoologische Gärten gegründet, diese dienten vorwiegend der Erholung und Bildung. Auch im 20. Jahrhundert gab es eine starke Zunahme an Zooneugründungen. Hinzu kamen Schauaquarien und spezielle Zoos wie Safari-, Meeres- und Vogelparks (Dollinger 2012).

Heutzutage sind zoologische Gärten aus vielen Stadtbildern nicht mehr wegzudenken. Die Rolle der Zoos hat sich im Laufe der Zeit geändert, durch den immer größer werdenden Habitatverlust vieler Tierarten erlangen Zoos eine zunehmende Bedeutung als „Rettungsboote“ für gefährdete Arten ( Barongi et al. 2015; Hunter und Gibbs 2007).

Auch für den Fortbestand vieler Gibbonarten haben Zoos eine große Bedeutung da innerhalb der letzten 30 bis 40 Jahre die Populationsgrößen im Freiland sehr stark zurück gegangen sind (Cheyne 2009). Dabei stehen Zoos und Zuchtbuchführer vor mehreren großen Herausforderungen. So ist zum Beispiel der begrenzt zur Verfügung

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

stehende Platz in diesen Einrichtungen ein limitierender Faktor für die Zucht ebenso eine kleine Populationsgröße und auch ein Überschuss an Männchengeburten (Melfi 2012).

Ziel dieser Arbeit ist es, das Geschlechterverhältnis zoogeborener Gibbons zu untersuchen und den Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf das Geschlecht der Nachkommen zu bestimmen. Kapitel 2.1 gibt zunächst eine Einführung in die Familie der Gibbons, deren Systematik und die Gründe für die Bedrohung der freilebenden Populationen. Kapitel 2.2 erläutert die Rolle der Zoos und insbesondere ihren Beitrag zur Umsetzung von Arterhaltungsprogrammen. Bei Zuchtprogrammen stoßen Zoologische Gärten regelmäßig auf das Problem, dass die Zoopopulationen mancher Tierarten ein ungleiches Geschlechterverhältnis aufweisen. Es gibt verschiedene Theorien wie es zu einem Überschuss eines Geschlechtes kommen kann und durch welche Faktoren dieser Überschuss beeinflusst wird.

Um das Geschlechterverhältnis der zoogeborener Gibbons zu bestimmen werden Zuchtbücher verschiedener Gibbonarten im Europäischen Erhaltungszuchtprogramm (EEP) untersucht. Das Geschlechterverhältnis aller zoogeborener Gibbons wird nach Familie und Gattung berechnet. Anhand der Zuchtbuchdaten wird dann das Alter beider Eltern der jeweiligen Jungtiere bestimmt und der Einfluss auf die Bildung des Geschlechtes untersucht.

Die Nullhypothese lautet: Es gibt keinen Einfluss des Alters der Eltern auf das Geschlecht des Jungtieres und auch keine Unterschiede zwischen den Gattungen. Das Verhältnis der Geschlechter ist bei allen Gattungen gleich.

## 2. Theorie

### 2.1 Einführung in Hylobatidae

Im Folgenden wird die Systematik der Gibbons näher erläutert und zudem noch auf die Bedrohungen im Freiland eingegangen.

#### 2.1.1 Systematik

Gibbons gehören zur Überfamilie der Menschenaffen (Hominoidea). Die Menschenaffen lassen sich in zwei Familien unterteilen: die Großen Menschenaffen (Hominidae), zu denen die Gattungen der Schimpansen, Gorillas, Orang-Utans und auch die Menschen zählen und die Kleinen Menschenaffen (Hylobatidae). Die Hylobatidae werden ebenfalls in vier Gattungen unterteilt (Geissmann 2003):

- *Symphalangus* Siamangs
- *Nomascus* Schopfgibbons
- *Hulock* Weißbrauengibbons
- *Hylobates* Kleine oder Zwerggibbons

Alle vier Gattungen umfassen insgesamt 19 Arten (Chan et al. 2013; Geissmann 2003), sie machen somit über 70% der Menschenaffen aus (Geissmann 2014). Die Unterscheidungen zwischen den Gattungen erfolgen über die Anzahl der Chromosomen, die Schädelform und auch über die Größe. Obwohl Gibbons verschiedenartige Fellfärbungen zeigen, ist die Bestimmung einer Art anhand der Fellfärbung alleine nicht möglich. Einige Arten zeigen vielfältige Farbausprägungen, bei anderen ist die Färbung abhängig vom Geschlecht des Tieres (Geissmann 2003). Eine genaue Artbestimmung kann aber über die Analyse des Gesanges erfolgen, da diese Merkmale vererbt werden (Geissmann 1993; Konrad und Geissmann 2006). Auch ist es möglich durch den Gesang neue Arten zu entdecken, wie es bei *Nomascus annamensis* geschehen ist (Thinh et al. 2010). Gibbons singen entweder im Duett, bei denen Männchen und Weibchen unterschiedliche Strophen singen, oder alleine. Die Duettgesänge dienen der Markierung des Reviers und haben eine paarbindende

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Funktion, Sologesänge hingegen haben eine beschützende Funktion hinsichtlich ihres Wohngebiets und des Partners. Die Jungtiere singen schon ab dem 1. Lebensjahr mit ihren Eltern, jedoch produzieren alle weibliche Gesänge, die sogenannten *great calls*. Mit dem Eintreten der Geschlechtsreife beginnen die Männchen dann mit der für männliche Tiere typische Strophe (Geissmann 2003).

Gibbons haben sich anatomisch perfekt dem Leben in den Baumwipfeln angepasst. Die Arme sind länger als bei anderen Primaten, zusätzlich haben Gibbons längere und sehr kräftige Finger im Verhältnis zu ihrem Körperbau. Durch diese Anpassung können sich Gibbons durch das sogenannte Schwinghangeln (Brachiation) fortbewegen. Mit dieser Art der Fortbewegung können sie größer Abstände zwischen Bäumen überwinden und ihr Körpergewicht im Sinne der Energieersparnis optimal verteilen. Das Gewicht kann so verlagert werden, dass auch Früchte am Ende eines Astes erreicht werden können. Somit haben sie einen größeren Bewegungsspielraum und weniger Nahrungskonkurrenten. Neben reifen Früchten ernähren sie sich von Blättern und auch von Insekten. Eine weitere Besonderheit zeigen Gibbons bei der Fortbewegung am Boden, sie sind imstande sich aufrecht fortzubewegen. Dieses bipede Gehen tritt häufiger bei Gibbons als bei anderen nicht-menschlichen Primaten auf (Geissmann 2003).

Ungefähr 3% aller Säugetiere gelten als monogam lebend (Kleiman 1977), innerhalb aller Primatenfamilien gelten mindestens 14% als monogam (Rutberg 1983). Auch Gibbons zählen zu den monogamen Arten, jedoch wurden auch schon sexuelle Aktivitäten mit anderen Partnern beobachtet (Reichard 1995; Savini et al. 2009).

Die Geschlechtsreife tritt in einem Alter zwischen sechs und acht Jahren ein, in Menschenobhut kann diese auch früher einsetzen. Die Tragzeiten variieren zwischen sieben und acht Monaten. In ihrem natürlichen Lebensraum werden Gibbons 25 bis 35 Jahre alt, die Lebenserwartung ist in Zoos größer (Geissmann 2003).

### 2.1.1.1 Gattung *Symphalangus*

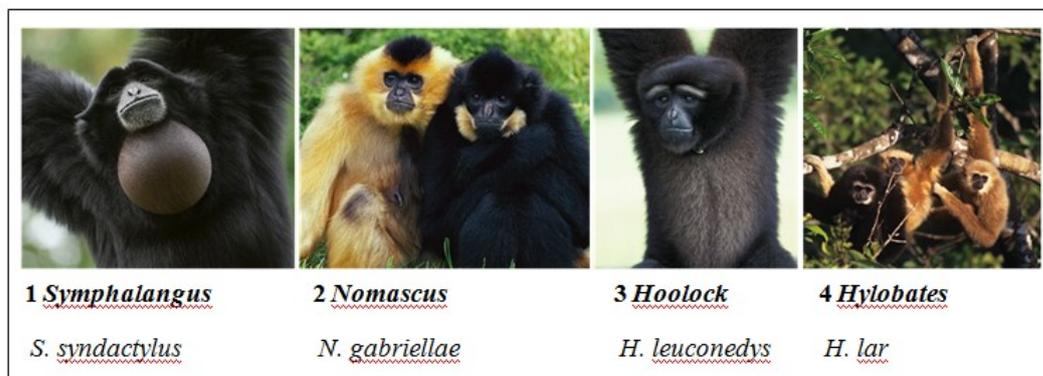
Die Gattung der Siamangs besteht lediglich aus einer Art, *Symphalangus syndactylus*. Auffällig bei dieser Art ist der große Kehlsack (vgl. Abb. 1 (1)) und mit einem Gewicht von etwa 10,7-11,9 kg die größte Gewichtsklasse bei Gibbons. Siamangs sind

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

einheitlich schwarz, die Männchen besitzen ein Genitalbüschel. Eine weitere Besonderheit findet sich an den Füßen des Siamangs. Der zweite und dritte Zeh sind miteinander verwachsen (Syndaktylie) (Geissmann 2003; Mootnick 2006).

### 2.1.1.2 Gattung *Nomascus*

Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*) erhielten ihren Namen aufgrund der verlängerten, nach oben stehenden Haare am Scheitel des Männchens. Die Männchen haben schwarzes Fell, je nach Art sind die Wangen hell gefärbt. Die Weibchen haben gelbes bis oranges Fell, der Scheitel ist schwarz gefärbt (vgl. Abb. 1 (2)). Jungtiere tragen alle ein helles Fell, bis sie sich im Alter von etwa einem bis anderthalb Jahren umfärben. Das schwarze Fell tragen sie dann bis zum Eintritt der Geschlechtsreife mit etwa vier bis fünf Jahren. Weibliche Tiere färben sich dann ein weiteres Mal um (Geissmann 2003; Nadler und Brockman 2014). Dieser Geschlechtsdichromatismus zeigt sich bei allen sieben Arten der Gattung *Nomascus* (Nadler und Brockman 2014).



**Abbildung 4:** verschiedene Erscheinungsformen

### 2.1.1.3 Gattung *Hulock*

Die Gattung *Hulock* wurde als Unterart der Gattung *Hylobates* geführt, bis die unterschiedliche diploide Chromosomenzahl festgestellt wurde (Prouty et al. 1983). So wurde eine neue Gattung mit dem Namen *Bunopithecus* eingeführt, da die Art eine

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

große Ähnlichkeit mit dem gleichnamigen Fossil *Bunopithecus sericus* aufwies (Ortiz et al. 2015). Im Jahr 2005 wurde die Gattung *Bunopithecus* in *Hulock* umbenannt (Mootnick und Groves 2005), da sich die Zahnstellung des Fossils stark von den heute lebenden Gibbons unterscheidet (Geissmann 2006).

Heute umfasst die Gattung *Hulock* zwei Arten: Den Westlichen Weissbrauengibbon (*H. hoolock*) und den Östlichen Weissbrauengibbon (*H. leuconedys*). Adulte Männchen tragen schwarzes Fell, die Weibchen haben ein helleres Fell und einen dunkelbraunen Bauch. Auffällig sind die dicken, weißen Augenbrauen (vgl. Abb.1 (3)) (Geissmann 2003; Mootnick 2006).

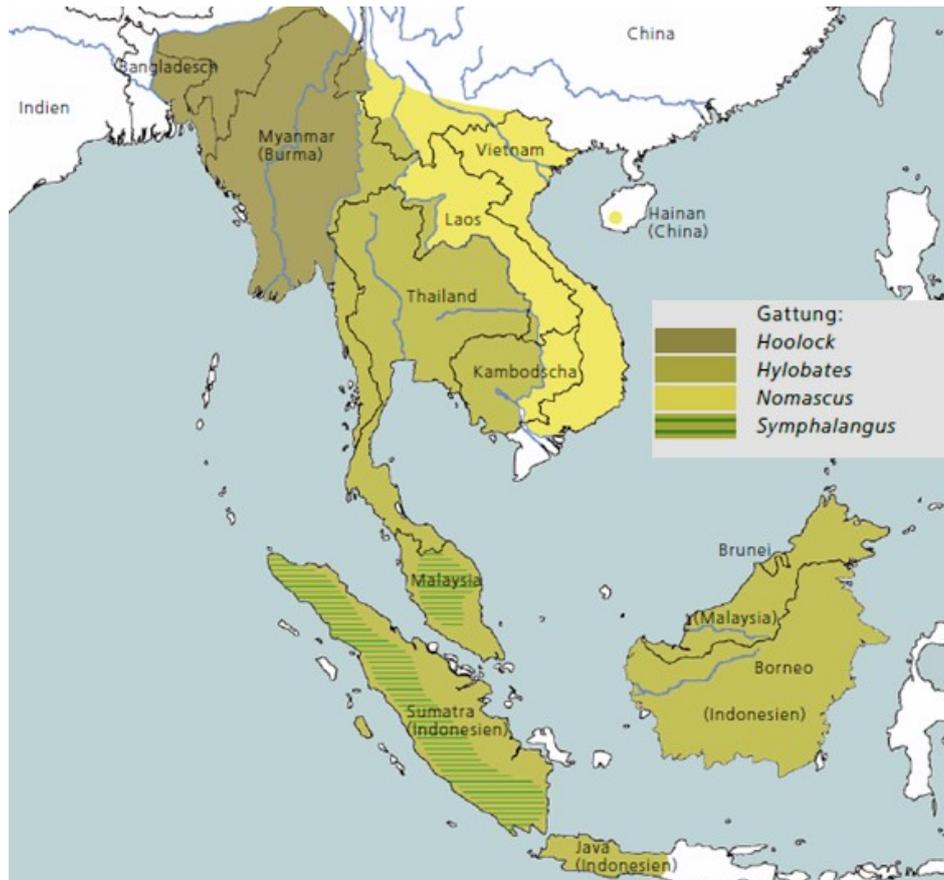
### 2.1.1.4 Gattung *Hylobates*

Mit 9 Arten ist die Gattung *Hylobates* die artenreichste. Gibbons dieser Gattung wiegen etwa 4,5-6,8 kg, bis auf *Hylobates pileatus* weisen sie keinen ausgeprägten Sexualdichromatismus auf (Geissmann 2003). Genitalschwellungen sind bei den Weibchen sehr markant, dies ist jedoch bei *H. pileatus* nicht zu beobachten. Zudem ist diese Art die einzige in der Gattung, bei der eine Umfärbung der Fellfarbe ab dem Alter von 10-12 Monaten stattfindet (Mootnick 2006). Gibbons der Gattung *Hylobates* weisen einen Gesichtskranz auf (vgl. Abb.1 (4)) (Geissmann 1994), zudem ist die Färbung polymorph (Geissmann 2003). Die diploide Chromosomenzahl ist 44 (Geissmann 2003; Mootnick 2006).

### 2.1.2 Verbreitungsgebiet

Gibbons bewohnen die Regenwälder Südostasiens. Das Verbreitungsgebiet (vgl. Abb.2) der Gibbons erstreckt sich vom Norden Indiens über Myanmar, Thailand, Laos, Vietnam, Kambodscha, Malaysia bis nach Indonesien und den dazugehörigen Inseln Borneo und Java (Mootnick 2006)

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons



**Abbildung 5:** Verbreitungsgebiet der Gibbons (verändert, nach Geissmann 2014, S. 10)

*Symphalangus syndactylus* kommt sympatrisch mit *Hylobates agilis* auf den indonesischen Inseln Malaysia und Sumatra vor (O'Brien et al. 2004).

Sechs der sieben Schopfgibbonarten leben im Süden Chinas, in Vietnam und den Nachbarländern Kambodscha und Laos (Nadler und Brockman 2014). *Nomascus hainanus* ist eine endemische Art die nur auf der Insel Hainan vorkommt. Das letzte Rückzugsgebiet ist das Bawangling National Nature Reserve (Geissmann 2014).

Das Verbreitungsgebiet der Hulocks erstreckt sich vom Osten Indiens über Bangladesch, den Süden Chinas und Myanmar. Die Lebensräume der zwei Arten werden durch den Fluss Chindwin getrennt, *H. leuconedys* findet sich östlich dieser natürlichen Begrenzung und *H. hoolock* westlich davon, wobei sich die Lebensräume im Norden überschneiden (Geissmann et al. 2009).

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Wie Abbildung 2 zeigt erstreckt sich das Verbreitungsgebiet der Gattung *Hylobates* über die Sundaregion, das südostasiatische Festland bis in den Südwesten Chinas (Geissmann 2003).

*Hylobates klossii* ist endemisch in Indonesien, diese Art findet man auf vier der Mentawai Inseln (Nijman 2009b), *Hylobates moloch* ist ebenfalls eine endemische Art und kommt nur auf Java vor (Nijman et al. 2015).

### 2.1.3 Bedrohungsfaktoren

Hauptsächlich sind Gibbons gefährdet durch die Abholzung der Wälder, Waldbrände, die Umwandlung ihrer Lebensräume und durch Bejagung (Nijman et al. 2015; O'Brien et al. 2004). Vor allem die Populationen der Siamangs sind durch Feuer stark zurück gegangen, da sie sehr territorial sind (O'Brien et al. 2003; O'Brien et al. 2004).

Der Lebensraum der Gibbons gehört zu den „Biodiversität Hotspots“ dieser Erde (Myers et al. 2000). Der Wildtierhandel ist international durch CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora) geregelt und wurde auch von allen asiatischen Nationen unterzeichnet, dennoch gehören Länder wie Malaysia, Indonesien, Vietnam und China zu den größten Exporteuren geschützter und wild gefangener Tiere (Nijman 2010). Gibbons sind unter Appendix I gelistet dessen ungeachtet wird der illegale Handel auf öffentlichen Märkten betrieben (Nijman et al. 2015).

Der Handel mit geschützten Tierarten ist für die ansässige Bevölkerung eine gute Einnahmequelle. Der Preis für ein Tier steigt, je gefährdeter es ist, demnach erhöht sich auch der soziale Status des Besitzers. Im Jahr 2000 lag der Preis für einen Siamang auf dem indonesischen „bird market“ bei durchschnittlich \$175.00 (Malone et al. 2003). Auf Sumatra werden vor allem Siamangs als Haustiere gehalten, doch auch *Hylobates agilis* wird oft auf Märkten angeboten (Nijman 2009b).

In der traditionellen vietnamesischen Medizin spielen Gibbons eine sekundäre Rolle, vorrangig werden Makaken und Languren verwendet (Nadler 2014). In der traditionellen chinesischen Medizin sind Knochen eines Gibbons sehr wertvoll, die daraus produzierte Creme soll beispielsweise Arthritis heilen (Zhou et al. 2005). Vor

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

allem der Körper von *Nomascus hainanus* soll als Paste verarbeitet große medizinische Wirkung zeigen. Durch den Habitatsverlust und die starke Bejagung ist diese Art die seltenste Primatenart der Welt (Chan et al. 2005), die Population besteht laut IUCN (2016-1) aus 15-20 adulten Individuen.

### 2.1.4 Gefährdungskategorien

Die *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN) hat Kriterien definiert um Tiere und Pflanzen in Gefährdungskategorien einzuteilen. Diese zeigen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit für Arten ist, auszusterben. Zur Beurteilung fließen unter anderem Kriterien wie die Größe der Population, die Veränderung des Artbestandes und auch die Größenänderung des natürlichen Habitats ein, anhand derer man die Aussterbewahrscheinlichkeit einer Tierart schätzen kann. Durch dieses System sollen Rote Listen vergleichbarer und gleichzeitig objektiver werden, da sich die Einteilung auf quantitative Merkmale bezieht.

Die Kategorie Extinct (EX) umfasst alle Taxa welche als ausgestorben gelten. Hier kann unterschieden werden, ob das Taxon in der Natur ausgestorben ist (EW – Extinct in the Wild) oder nur in einem bestimmten Lebensraum, beziehungsweise in einer Region (RE – Regionally Extinct).

Ist ein Lebewesen soweit gefährdet, dass es als vom Aussterben bedroht gilt, wird es als „Critically Endangered“ (CR) eingestuft, hier besteht ein extrem hohes Risiko des Aussterbens der Art. Innerhalb der Kategorie „Endangered“ (EN) besteht ein sehr hohes Risiko des Aussterbens, innerhalb der Kategorie „Vulnerable“ (VU) ist dieses Risiko hoch (Monney und Meyer 2005).

Die Einteilung in die jeweilige Kategorie erfolgt über die Abstufungen der Kriterien A-E: Rückgang der Population innerhalb von 10 Jahren/drei Generationen (A), geografische Verbreitung (B), Populationsgröße ist vermutlich kleiner als 250 fortpflanzungsfähige Individuen (C), Populationsgröße ist vermutlich kleiner als 50 fortpflanzungsfähige Individuen (D), Aussterberisiko zu mindestens 50% in 10 Jahren/drei Generationen (E) ( Frankham et al. 2007; Monney und Meyer 2005).

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Anhand dieser Einteilung fällt beispielsweise *Nomascus leucogenys* in die Kategorie CR (vgl. Tabelle 1), innerhalb von 45 Jahren (3 Generationen) ging die Population um schätzungsweise 80% zurück (*Nomascus leucogenys* - IUCN Red List).

Von allen 19 Gibbonarten stehen derzeit 18 auf der Roten Liste (IUCN Red List of Threatened Species 2016).

**Tabelle 1:** Rote Liste der *Hylobatidae* (Eigene Darstellung nach IUCN 2016-1)

<i>Vom Aussterben bedroht (CR)</i>	<b>Stark gefährdet (EN)</b>	<b>Verletztlich (VU)</b>
<i>Nomascus concolor</i>	<i>Hoolock hoolock</i>	<i>Hoolock leuconedys</i>
<i>Nomascus hainanus</i>	<i>Hylobates agilis</i>	
<i>Nomascus leucogenys</i>	<i>Hylobates albibarbis</i>	
<i>Nomascus nasutus</i>	<i>Hylobates klossii</i>	
	<i>Hylobates lar</i>	
	<i>Hylobates moloch</i>	
	<i>Hylobates muelleri</i>	
	<i>Hylobates pileatus</i>	
	<i>Hylobates abbotti</i>	
	<i>Hylobates funereus</i>	
	<i>Nomascus gabriellae</i>	
	<i>Nomascus siki</i>	
	<i>Symphalangus syndactylus</i>	

Wie Tab. 1 zeigt ist von den 18 Gibbonarten, welche in der Roten Liste geführt werden, nur eine Art als „verletztlich“ eingestuft worden, 13 jedoch als „stark gefährdet“ und vier Arten als „vom Aussterben bedroht“. Die 2010 neu entdeckte Art *Nomascus annamensis* (Thin et al. 2010) ist dort noch nicht verzeichnet. Gibbons gehören demnach zu den am stärksten gefährdeten Säugetiergruppen (Melfi 2012). Die fortschreitende Habitatzerstörung und Verkleinerung der freilebenden Populationen

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

birgt die Gefahr einer genetischen Verarmung, wodurch auch die Fähigkeit zur Anpassung verloren gehen kann. Umso wichtiger ist es, die genetische Vielfalt zu bewahren (Woodruff 1990).

Konfiszierte Gibbons werden in Zoos, Auffang- oder Rehabilitationscenter gebracht, wodurch Rückschlüsse auf die freilebenden Populationen und die Ausmaße des Handels mit ihnen gezogen werden können (Nijman et al. 2009a).

Eine Untersuchung von Chen et al. (2004) der Gibbonarten in taiwanischen Zoos zeigte, dass die Arten oftmals falsch bestimmt werden. Selten ist bekannt woher die Tiere stammen, ein DNA-Test ist zudem kostspielig und die Artbestimmung über den Gesang nur von Spezialisten durchführbar. Die Bestimmung erfolgt über die Farbe des Fells, dabei gibt es viele Verwechslungsmöglichkeiten. Dies führt zu Verpaarung unterschiedlicher Arten und der Erzeugung von Hybriden. Dieses Problem konnte nicht nur in Taiwan beobachtet werden, sondern auch in vielen anderen Zoos weltweit (Chen et al. 2004; Geissmann 1994)

Zoos, Auffang- oder Rehabilitationscenter erreichen schnell ihre Kapazitätsgrenzen (Nijman 2009b). Viele der Gibbons können aufgrund von gesundheitlichen Problemen, Verhaltensauffälligkeiten, dem Mangel an geschützten Auswilderungsgebieten und dem Fehlen von finanziellen Mitteln, nicht wieder ausgewildert werden. Neben in-situ Maßnahmen steigt die Bedeutung von ex-situ Maßnahmen in Zoos. Daher haben kontrollierte Zuchtprogramme einen hohen Stellenwert und ergänzen die in-situ Erhaltungsmaßnahmen (Chen et al. 2004). Konfiszierte Tiere können hierbei eine große Rolle spielen und helfen, außerhalb ihres Lebensraumes stabile Populationen zu bilden (Nijman et al. 2009a).

### **2.2 Zoologische Gärten und ihre Bedeutung**

Bei der Bedeutung der Zoologischen Gärten spielt generell die Arterhaltung eine große Rolle, insbesondere für die Haltung von Arten mit kleinen Populationen.

### **2.2.1 Die Aufgaben und Rolle der Zoos**

700 Millionen Menschen besuchen jedes Jahr Zoos und Aquarien der WAZA (World Association of Zoos and Aquariums). Zoologische Einrichtungen haben also eine hohe Einflussmöglichkeit auf den Besucher, in dem sie in ihnen Begeisterung für die Natur und das Verlangen wecken, diese zu schützen. (Barongi et al. 2015).

Der Gründer der modernen Tiergartenbiologie, Heini Hediger, formulierte vier Hauptaufgaben für zoologische Gärten: Sie dienen der Erholung, der Bildung, der Forschung und dem Arten- und Naturschutz (Dollinger 2012). Diese Aufgaben sind auch in der EU Richtlinie 1999/22/EG unter Artikel 3 als Anforderungen an den Zoo rechtlich festgehalten (Europäische Union), sowie in Deutschland im Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) § 42 (Lütkes und Ewer 2011). Die WAZA definiert die Rolle des Zoos und deren Aufgaben in der Welt-Zoo- und-Aquarien-Naturschutzstrategie (Barongi et al. 2015)

Vor allem in einer Stadt bietet ein Zoo für alle Sinne neue Reize, wie beispielsweise Tierlaute und Tiergerüche, die zur Erholung beitragen (Meier 2009). Die Gehege werden in modernen Zoos immer mehr dem natürlichen Lebensraum der Tiere nachgebildet. Der Besucher kann so in eine andere Welt eintauchen (Dollinger 2012).

Durch Gemeinschaftshaltungen verschiedener Tierarten in einem Gehege bekommen Besucher einen Einblick in die natürliche Lebensweise der Tiere und die Interaktionen miteinander. Zoopädagogen können diese dann näher erläutern, Wissen über die Tiere vermitteln und gleichzeitig auf den Lebensraumverlust der Arten durch menschliches Verhalten hinweisen. Diese Wissensvermittlung ist auch eine Grundlage für die Artenschutzarbeit der Zoos, sie ermöglicht Wiederansiedlungsprojekte und den Schutz, beziehungsweise die Förderung, von Habitaten (Simon und Phyl 2010).

Die Forschungsmöglichkeiten in Zoos sind sehr vielseitig und umfassen, um nur einige zu nennen, neben Tierhaltung, Verhalten, Ernährung und Krankheiten auch die Zuchtbuchforschung, Kryobiologie und die Entwicklung von Identifikationsverfahren. Oftmals können die Forschungsergebnisse praktisch angewendet und passende Maßnahmen ergriffen werden. Sie leisten damit einen wichtigen Beitrag zum Verstehen von Zusammenhängen und der Verbesserung der Tierhaltung sowie im Rahmen von Wiederansiedlungsprojekten (McGregor Reid et al. 2009).

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Zoologische Einrichtungen betreiben Natur – und Artenschutz durch Förderung von Artenschutzprojekte im natürlichen Verbreitungsgebiet einer Tierart (in-situ) und Erhaltungszuchtprogrammen (ex-situ) (Barongi et al. 2015).

Um die in situ Bestände gefährdeter Arten zu schützen, ist es erforderlich, die darauf bezogenen Freilandprojekte zu unterstützen und die Aufmerksamkeit der Besucher darauf zu lenken. Dies kann durch Aktionstage oder auch Broschüren und ähnliches Informationsmaterial geschehen (Dollinger 2012). In-situ Maßnahmen können Neu- bzw. Wiederansiedelungen, Eingliederung ex – situ gezüchteter Tiere in eine bestehende Population oder Lebensraumschutz ohne weitere Vergrößerung der Population von außen beinhalten (Meier 2009).

Die Zucht von Tieren in zoologischen Gärten und Aquarien mit anschließender Auswilderung konnte schon bei einigen Arten den Wiederaufbau einer Population unterstützen. Laut IUCN wurde so das Aussterben von 6 gefährdeten Vogelarten unterbunden und bei Säugetierarten konnte dadurch der Status von 9 Arten in der Roten Liste verbessert werden (Wittig und Niekisch 2014).

Durch die koordinierte Nachzucht von Tieren in zoologischen Gärten können stabile Zoopopulationen aufgebaut und Arten erhalten werden. Durch den Verlust von immer mehr Lebensräumen durch menschliche Aktivitäten ist es leider oft nicht möglich, diese Tiere in ihrem natürlichen Habitat wieder anzusiedeln. Hier ist es für Zoos wichtig nicht nur ex situ, sondern auch in situ zu handeln, damit Lebensräume und die dort lebenden Tiergruppen geschützt werden (Wittig und Niekisch 2014).

### **2.2.2 Zuchtbücher**

In wissenschaftlich geführten Zoos werden nachgezüchtete Tiere mit anderen Zoos getauscht. So bleibt zum einen die biologische Vielfalt in einem Zoo erhalten, zum anderen wird Inzucht vermieden. Bei solchen Transaktionen fließt zwischen den Einrichtungen kein Geld, das Wohl des Tieres und der Erhalt einer genetisch diversen, gesunden Population steht im Vordergrund. Diese Transfers werden nicht wahllos durchgeführt, das Populationsmanagement geschieht durch Zuchtbücher. Hier kann unterschieden werden zwischen den *European Studbooks* (ESB) und *International*

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

*Studbooks* (ISB) mit den jeweiligen Erhaltungszucht-Programmen. Innerhalb Europa gibt es das sogenannte Europäische Erhaltungszucht-Programm (EEP), der amerikanische Zooverbund AZA führt die *Species Survival Plans* (SSP) (Wittig und Niekisch 2014).

Zuchtbücher enthalten Informationen über jedes Tier einer Art, auch wenn dieses bereits verstorben ist. Es lässt sich daraus ablesen, wann das Tier geboren wurde und gestorben ist, wenn bekannt den Geburtsort und gegebenenfalls alle Transfers zwischen verschiedenen Zoos. Auch wird aus diesen Daten ersichtlich, welche Elternteile ein Tier hat. Somit lässt sich das Leben eines Zootieres rekonstruieren und nachvollziehen. Für eine eindeutige Identifikation bekommen die Tiere Zuchtbuchnummern zugewiesen (Wittig und Niekisch 2014). Für jedes Zuchtbuch gibt es einen Zuchtbuchführer, der in einem Mitgliedszoo der EAZA/AZA arbeitet.

Die ex- situ Population sollte so groß sein, dass auch in 100 Jahren noch 90% der ursprünglichen genetischen Diversität vorhanden ist (Meier 2009). Hierfür berechnet man den „mean kinship“ Koeffizient (mk). Dieser Wert zeigt an, wie weit die Gene eines Individuums schon in der Zoopopulation verbreitet sind (Hunter und Gibbs 2007). Ein Individuum mit einem niedrigen mk ist demnach genetisch wertvoller für die Population und sollte eher verpaart werden als ein Tier, dessen Gene in der Population vermehrt vertreten sind (Melfi 2012). Für die gesamte Population einer Art kann der durchschnittliche mean kinship berechnet werden, dieser zeigt dann die genetische Diversität innerhalb der Population an. Wird ein neues Tier geboren, so verändert sich dieser Koeffizient für alle Individuen, die mit diesem Tier verwandt sind, und ebenfalls für die Gesamtpopulation (Oliehoek 2009).

### 2.3 Überblick über Gibbons in Zoos

Erst nach dem 2. Weltkrieg wurden Gibbons in Zoos wie San Diego, San Francisco, Milwaukee, Frankfurt und auch in Berlin erfolgreich gehalten. Haltungsprobleme und Tiere, die nicht miteinander harmonierten, führten dazu, dass Zuchtprogramme nicht den gewünschten Erfolg brachten. Dies hat sich bis heute geändert. Viele Zoos halten Gibbons im Sommer auf bepflanzten Teichinseln. Käfige sollten recht groß sein und zudem die Möglichkeit zu natürlichen Fortbewegungs- und Verhaltensweisen bieten

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

**Tabelle 2:** Überblick Haltungen im EAZA-Raum (nach www.Zootierliste.de, Stand 5.7.2016)

<b>Lateinischer Name</b>		Artstatus	Aktuelle Haltungen	Ehemalige Haltungen
<i>Hylobates muelleri</i>	Borneogibbon	A	5	14
<i>Hylobates lar carpenter</i>	Carpenter-Weißhandgibbon	U	1	6
<b><i>Hylobates pileatus</i></b>	<b>Kappengibbon</b>	<b>A</b>	<b>17</b>	<b>32</b>
<i>Hylobates klossii</i>	Kloss-Gibbon	A	0	3
<i>Hylobates lar lar</i>	Malaiischer Weißhandgibbon	U	0	14
<i>Hylobates muelleri funereus</i>	Nordöstlicher Borneogibbon	U	0	1
<b><i>Hylobates agilis</i></b>	<b>Schlankgibbon</b>	<b>A</b>	<b>7</b>	<b>26</b>
<b><i>Hylobates moloch</i></b>	<b>Silbergibbon</b>	<b>A</b>	<b>9</b>	<b>22</b>
<i>Hylobates muelleri muelleri</i>	Südlicher Borneogibbon	U	1	4
<i>Hylobates lar entelloides</i>	Südthailändischer Weißhandgibbon	U	0	18
<i>Hylobates albibarbis</i>	Weißbartgibbon	A	0	1
<b><i>Hylobates lar</i></b>	<b>Weißhandgibbon</b>	<b>A</b>	<b>146</b>	<b>94</b>
<i>Hylobates muelleri abbotti</i>	Westlicher Borneogibbon	U	2	3
<i>Nomascus hainanus</i>	Hainan-Schopfgibbon	A	0	2
<b><i>Nomascus leucogenys</i></b>	<b>Nördlicher Weißwangengibbon</b>	<b>A</b>	<b>39</b>	<b>27</b>
<i>Nomascus nasutus</i>	Östlicher Schwarzschofpgibbon	A	0	1
<b><i>Nomascus gabriellae</i></b>	<b>Südlicher Gelbwangengibbon</b>	<b>A</b>	<b>30</b>	<b>25</b>
<b><i>Nomascus siki</i></b>	<b>Südlicher Weißwangengibbon</b>	<b>A</b>	<b>2</b>	<b>11</b>
<i>Nomascus concolor</i>	Westlicher Schwarzschofpgibbon	A	0	2
<i>Hoolock leuconedys</i>	Östlicher Weißbrauengibbon	A	0	1
<i>Hoolock hoolock</i>	Westlicher Weißbrauengibbon	A	0	9
<b><i>Symphalangus syndactylus</i></b>	<b>Siamang</b>	<b>A</b>	<b>60</b>	<b>33</b>

Anmerkung. Die hervorgehobenen Gibbonarten sind im Europäischen Erhaltungszuchtprogramm (EAZA - EEPs).

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

(z.B. Schwinghangeln) (Pies-Schulz-Hofen 2004). Gibbons werden in Familiengruppen gehalten, sobald bei dem Jungtier die Geschlechtsreife eintritt müssen sie separat gehalten werden (Margulis et al. 2011).

Von allen 19 Gibbonarten wurden bisher 16 in Zoos gehalten, aktuell sind es neun (vgl. Tab.2). Auch sechs Unterarten wurden in Zoos gehalten, aktuell sind es drei.

### **2.3.1 Platzproblematik**

Immer mehr Tierarten sind gefährdet und werden von Zoos gehalten und in koordinierten Zuchtprogrammen nachgezüchtet, dass dadurch entstehende Platzproblem kann Züchtungen beeinträchtigen (Barongi et al. 2015). Auch innerhalb der Zucht entsteht ein Überschuss durch Tiere mit einem hohen mean kinship, deren genetischer Wert nicht so hoch ist wie der von Tieren mit einem niedrigen mean kinship oder auch Hybride. Diese Tiere benötigen ebenfalls Platz, zudem sind die Kosten bei einer langen Lebensdauer sehr hoch (Melfi 2012).

Gründe für das zustande kommen dieser „überschüssigen“ Tiere sind ungewollte Schwangerschaften, unbeabsichtigte Züchtung von Hybriden, angeborene Beeinträchtigungen oder auch ein ungleiches Geschlechtsverhältnis. Es sind verschiedene Ansätze notwendig um dieses Problem in Zoos zu lösen. Eine Managementmaßnahme ist die Euthanasie der genetisch weniger wertvollen Tiere, was Platz schaffen würde für Nachzuchten mit einem höheren mean kinship. Diese Maßnahme wird aus moralischen und ethischen Gründen stark diskutiert (Lindburg 1991).

#### **2.3.1.1 Management von Populationen**

Es gibt mehrere Strategien um Populationen zu managen, unter anderem die Verringerung des mean kinship durch die Zuchtbuchanalyse, die maximale Vermeidung von Inzucht innerhalb der Population und den Erhalt einer konstant hohen effektiven Populationsgröße in allen Generationen (Leus et al. 2011).

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Mit der effektiven Populationsgröße ( $N_e$ ) kann die kleinste überlebensfähige Population berechnet werden (minimum viable population/MVP).  $N_E$  wird berechnet durch die Formel:

$$N_e = \frac{4N_f N_m}{N_f + N_m}$$

$N_f$  steht hierbei für die fortpflanzungsfähigen Weibchen in der Population und  $N_m$  für die Männchen.  $N_e$  ist dementsprechend immer kleiner als die Gesamtpopulationszahl. Das Verhältnis  $N_e/N$  zeigt, wie effektiv die Population die genetische Vielfalt erhält. (Frankham et al. 2007; Hunter und Gibbs 2007). Zu den Faktoren die die effektive Populationsgröße beeinflussen zählen neben Fluktuationen in der Populationsgröße und anderen Faktoren auch das ungleiche Geschlechterverhältnis. Ein Überschuss eines Geschlechts führt zu einer Verringerung von  $N_E$  (Woolfit 2009).

Für eine konstant hohe effektive Populationsgröße ist ein Geschlechterverhältnis von nahezu 1:1 von großer Bedeutung, allerdings leben viele Arten in polygamen Gruppen mit Hierarchien, woraus ungleiche Geschlechterverhältnisse entstehen (Lees und Wilcken 2009). Auch bei manchen Gibbonarten zeigt sich eine Tendenz zu einem Überschuss von Männchen ( Margulis et al. 2011; Melfi 2012).

### **2.4 Potenzielle Mechanismen zur Entstehung von ungleichen Geschlechterverhältnissen**

Bei Säugetieren tragen die Weibchen zwei X Chromosome, die Männchen hingegen ein X Chromosom und ein Y Chromosom. Das Geschlecht wird bestimmt durch das jeweilige Chromosom, das das befruchtende Spermium trägt. Maßgeblich daran beteiligt ist das SRY-Gen (Sex-determining region Y gene), dieses steuert die Entwicklung der männlichen Gonaden (Goodfellow und Lovell-Badge 1993; Wehner et al. 1995). Zudem können vaginale pH-Werte und Hormone zum Zeitpunkt der Empfängnis eine Rolle spielen (Chahnazarian 1988; Krackow 1995). Daraus sollte sich eigentlich ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis von 50:50 ergeben, was allerdings bei vielen Tierarten nicht nachgewiesen werden kann (Packer et al. 2000).

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Geschlechtsverhältnisse können eingeteilt werden in primäre, sekundäre und operationale. Primäre treffen eine Aussage über das Geschlechterverhältnis bei der Geburt, das sekundäre trifft eine Aussage über das Verhältnis von geschlechtsreifen Tieren, während das operationale Geschlechtsverhältnis aussagt, wie viele paarungsbereite Männchen und Weibchen es zu einem bestimmten Zeitpunkt gibt (Kappeler 2012).

Nach Fisher (1930) ist das Geschlechtsverhältnis von Populationen langfristig gleich. Eine Überproduktion eines bestimmten Geschlechtes würde auf Dauer zu einem Fortpflanzungsvorteil des weniger häufigen Geschlechtes führen (Kappeler 2012).

Nach (Trivers und Willard 1973) gebären Mütter, die in einer schlechten Kondition sind (z.B. Gewicht, Ernährung, Rang), mehr Weibchen als Männchen. Weibchen in einer guten Kondition sind fähig mehr in ihren Nachwuchs zu investieren, sodass dieser dann mit einem ebenfalls gesunden Weibchen in guter Kondition Nachwuchs zeugt. Die Kondition eines Männchens beeinflusst den Reproduktionserfolg mehr, als bei einem Weibchen. Demnach ist es die beste Strategie für Weibchen in guter Kondition Männchen zu gebären, während Weibchen in schlechterer Kondition die Chance auf gesunde und überlebensfähige Enkel erhöht, indem sie Töchter zur Welt bringen (Trivers und Willard 1973).

Einige Studien bestätigen die Trivers-Willard-Hypothese (TWH), beispielsweise konnte eine Studie über Berberaffen (*Macaca sylvanus*) bei Salem zeigen, dass höherrangige Weibchen mehr männlichen Nachwuchs bekommen, während Weibchen mit einem niederen Rang eher Weibchen zeugten (Paul und Kuester 1990). Eine andere Studie über Rhesusaffen (*Macaca mulatta*) zeigte jedoch das Gegenteil, hier brachten ranghöhere Weibchen mehr Töchter als Söhne zur Welt (Nevison 1997). Auch Altmann et al. fanden 1988 heraus, dass ranghohe weibliche Steppenpaviane (*Papio cynocephalus*) vermehrt Töchter gebären. Als Erklärung dient die „advantaged daughter hypothesis“ (Hiraiwa-Hasegawa 1993). Paviane gehören zu den Backentaschenaffen (Cercopithecinae), diese leben in Weibchen-Hierarchien. Männchen verlassen die Gruppe sobald sie geschlechtsreif sind, der Rang der Mutter wird an die Tochter vererbt (Matrilinen) (Geissmann 2003). Aufgrund dessen haben ranghohe Weibchen einen Vorteil wenn der Nachwuchs weiblich ist, rangniedrigen Weibchen entsteht kein Nachteil durch männlichen Nachwuchs (Hiraiwa-Hasegawa 1993).

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Mit der Hypothese der lokalen Ressourcenkonkurrenz (local resource competition - LRC) erläutert Clark (1978) die vermehrte Geburt von Männchen bei einer Galagoart (*G. crassicaudatus*). Auch bei anderen Primatenarten wandert ein Geschlecht ab, das andere Geschlecht konkurriert dann mit den anderen Familienmitgliedern um Ressourcen wie zum Beispiel Nahrung. Das Geschlechtsverhältnis verschiebt sich in Richtung des abwandernden Geschlechts, um so die Konkurrenz der verbliebenen Tiere zu vermindern (Clark 1978; Kappeler 2012; Silk und Brown 2008).

Umgekehrt verschiebt sich das Geschlechtsverhältnis in Richtung des Geschlechts, welches für die Eltern von Vorteil ist (Pen und Weissing 2000; Silk und Brown 2008). Dieser Vorteil entsteht beispielsweise, wenn der Nachwuchs hilft Geschwister groß zu ziehen und wird als „local resource enhancement“ bezeichnet (Kappeler 2012).

### 3. Material und Methoden

Die Auswertung der Daten bestand aus zwei Teilen, zum einen das Vorgehen mit den Zuchtbüchern und zum anderen die Auswertung dieser.

#### 3.1. Verfahren mit Zuchtbüchern

Die Zuchtbücher wurden bei den jeweiligen Zuchtbuchführern beantragt (vgl. Tab. 3), lediglich aus Bristol kam keine Rückmeldung. Es gibt demnach keine Daten zu *Hylobates agilis*.

**Tabelle 3:** Übersicht Zuchtbuchführung (Quelle: EAZA - EEPs)

Art	Zuchtbuchführung	Institution	Gründungsjahr
<i>Hylobates pileatus</i>	Robert Zingg	Zürich	1996
<i>Hylobates agilis</i>	Lynsey Bugg	Bristol	2010
<i>Hylobates moloch</i>	Matt Ford	Bekesbourne	1991
<i>Hylobates lar</i>	Job Stumpel	Emmen	1999
<i>Nomascus leucogenys</i>	Brice Lefaux	Mulhouse	1991
<i>Nomascus gabriellae</i>	Brice Lefaux	Mulhouse	1991
<i>Nomascus siki</i>	Brice Lefaux	Mulhouse	1991
<i>Symphalangus syndactylus</i>	Zak Showell	Twycross	2001

Die Zuchtbücher wurden in eine vorgefertigte Exceltabelle (Microsoft Office Excel 2007) übertragen. Die Zuchtbuchnummern wurden nach Geburtsjahr sortiert und das Geschlecht vermerkt. Zu den Zuchtbuchnummern der jeweiligen Eltern wurde das dazugehörige Geburtsdatum eingetragen. Um Fehler bei der Berechnung möglichst gering zu halten, wurde mit der Excelfunktion DATEDIF das Alter der Eltern zur Zeit der Geburt in Monaten berechnet.

Die Auswertung konnte nur mit Tieren durchgeführt werden, bei denen beide Elternteile und deren Geburtsdatum bekannt sind. Bei den zoogeborenen Gibbons ist das Datum der Geburt bekannt und kann in Ausnahmen um einige Tage abweichen. Vor allem bei Tieren, deren Eltern im Zuchtbuch als „wild“ oder „unk“ bezeichnet werden, wurde oft

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

nur das Geburtsjahr geschätzt. Um diese Tiere in die Auswertung mit einbeziehen zu können wurde die Jahresmitte berechnet. Bei 365 Tagen wurde für die Jahresmitte aufgerundet der 183. Tag gewählt, dies entspricht dem 2. Juli. Somit kann der Fehler bei dem genauen Geburtstag nie mehr als 6 Monate betragen, der Geburtstag dieser Tiere fällt somit auf den 2. Juli des jeweiligen Jahres.

Bei vielen Tieren stimmen Datum des ersten Events im Zuchtbuch und Datum der Geburt nicht mit dem überein. Wenn bei dem Event „capture“ das geschätzte Geburtsjahr und das Jahr des Events identisch waren, wurden von der Jahresmitte noch einmal 183 Tage abgezogen, somit fällt der geschätzte Geburtstag auf den 1. Januar des jeweiligen Jahres. Wurde bei dem Event „capture“ nur das Geburtsdatum aber nicht das Datum des Events geschätzt, so wurde der weitere Eventverlauf des Tieres betrachtet. Wenn ersichtlich war, dass sich das Tier etwa ein Jahr später in einem zoologischen Garten befand, wurde die Mitte des geschätzten Geburtsjahres als Geburtsdatum gewählt. Die Mitte des Geburtsjahres wurde auch als Geburtsdatum gewählt, wenn das Jahr des „capture“-Events auf ein späteres Jahr geschätzt wurde. Ebenso wurde verfahren, wenn es sich bei dem „transfer“-Event so verhielt.

Alle weiteren Zuchtbuchnummern, bei denen das erste Event im Zuchtbuch nicht der Geburt sondern dem „transfer“ entsprach, wurden nicht gewertet. Hier ist nicht abschätzbar, wie weit das geschätzte Geburtsdatum von dem tatsächlichen Geburtsdatum maximal abweicht.

### 3.2 Quantitative Datenanalyse

Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe der Statistik-Programme „IBM SPSS Statistics 23“ und Microsoft Office Excel 2007 durchgeführt.

In SPSS wurde für die drei Ausprägungen des Geschlechtes ein Wert codiert (m = 1; f = 2, u = 3). Alle Tiere mit unbekanntem Geschlecht wurden nicht in die Analyse mit einbezogen.

Für jede Alterskategorie wurde ein Zeitraum in Monaten definiert (vgl. Tabelle 4). Zunächst wurde eine Logistische Regression durchgeführt. Dann wurde der Daten geteilt und ein Zweiseitiger Binomialtest durchgeführt.

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Um die Geschlechtsverteilung in Abhängigkeit des Alters der Eltern für die Familie der Gibbons zu berechnen wurden alle drei Gattungen zusammen gefasst.

Um einen Überblick über die Altersverteilung der Eltern und des dazugehörigen Geschlechtes des Kindes zu bekommen, wurden verschiedene Alterskategorien berechnet (vgl. Tabelle 4).

**Tabelle 4:** Berechnung der Alterskategorien

Kategorie	Begrenzung in Monaten	Beschriftung in Jahren
1	1-96	< 8
2	97-120	8-10
3	121-156	11-13
4	157-192	14-16
5	193-240	17-20
6	241-300	21-25
7	301-360	26-30
8	361-999	>30

Die daraus entstehenden Abbildungen wurden jeweils in SPSS bearbeitet um bestehende Tendenzen zu erfassen. Die Verteilung der Geburten in die jeweilige Alterskategorie wurde nur für männliche und weibliche Gibbons berechnet, Tiere mit unbekanntem Geschlecht wurden nicht ausgewertet. Wenn das Geschlecht des Tieres in einem Zuchtbuch nicht bekannt ist, ist es entweder nach der Geburt verstorben oder das Geschlecht konnte noch nicht bestimmt werden.

#### 4. Ergebnisse

Die Ergebnisse sind unterteilt in die Resultate der zusammengefassten Gattungen (Familie) und dann wiederum in die einzelnen Gattungen.

##### 4.1 Familie *Hylobatidae*

Für die Auswertung des Einfluss des Alters der Eltern auf die Familie Hylobatidae werden alle drei Gattungen zusammengefasst. Insgesamt ergibt sich eine Datenmenge von 1414 Geburten bei denen das Geschlecht bekannt ist. Tabelle 5 zeigt, wie sich die Geburten auf die drei ausgewerteten Gattungen verteilen. Es werden innerhalb der Familie insgesamt mehr Männchen geboren (55,7 %) und auch innerhalb der drei Gattungen. Den Großteil der zoogeborenen Gibbons machen mit 735 Geburten Zwerggibbons aus, der kleinste Anteil stammt von den Schopfgibbons.

**Tabelle 5:** Überblick über die Anzahl der Geburten innerhalb der Gattungen

		Gattung			Gesamt
		<i>Hylobates</i>	<i>Nomascus</i>	<i>Symphalangus</i>	
Geschlecht	m	372	161	254	787
	f	363	75	189	627
Gesamt		735	236	443	1414

Für die Berechnung der Abhängigkeit des Alters der Mutter auf die Geschlechterverteilung konnten 1306 Daten ausgewertet werden. Die größte Anzahl an Geburten ist bei den 11 – 13 Jahre alten Müttern (Kategorie 3) zu sehen (vgl. Tabelle 6). Die Gesamtanzahl der Geburten steigt mit dem Alter der Mütter bis zu Kategorie drei und sinkt dann bis auf eine Geburtenanzahl von 52 bei Müttern über 30 Jahre. In allen Kategorien werden mehr Männchen als Weibchen geboren.

Ein signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl der Männchen und Weibchen kann in den Alterskategorien drei ( $p = 0,001$ ), fünf ( $p = 0,018$ ), sechs ( $p = 0,027$ ) und sieben ( $p = 0,037$ ) bestimmt werden.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

**Tabelle 6:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter der Mutter bei Gibbons (Familie Hylobatidae)

		Geschlecht		
		m	f	Gesamt
Alter der Mutter	< 8	73	60	133
	8 - 10	85	77	162
	11 - 13*	155	101	256
	14 - 16	124	98	222
	17 - 20*	127	91	218
	21 - 25*	95	66	161
	26 - 30*	62	40	102
	> 30	21	31	52
Gesamt		742	564	1306

Signifikante Kategorien mit \*

Für die Berechnung der Abhängigkeit des Alters des Vaters auf die Geschlechterverteilung konnten 1313 Daten ausgewertet werden. In Alterskategorie drei ist die höchste Anzahl an Geburten zu sehen:

**Tabelle 7:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter des Vaters bei Gibbons (Familie Hylobatidae)

		Geschlecht		
		m	f	Gesamt
Alter des Vaters	< 8	67	77	144
	8 - 10*	99	66	165
	11 - 13	128	100	228
	14 - 16	117	88	205
	17 - 20	107	96	203
	21 - 25*	99	70	169
	26 - 30*	71	45	116
	> 30	48	35	83
Gesamt		736	577	1313

Signifikante Kategorien mit \*

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Signifikante Unterschiede sind in Kategorie zwei ( $p = 0,012$ ), Kategorie sechs ( $p = 0,031$ ) und Kategorie sieben ( $p = 0,020$ ) zu sehen.

#### 4.2. Siamangs (Gattung *Symphalangus*)

Von den 443 Siamangs bei denen das Geschlecht bekannt ist, werden 25, 95 % von Weibchen zur Welt gebracht, die jünger als 11 Jahre alt sind. Bei den Weibchen im Alter von 8 - 10 Jahren und bei Weibchen im mittleren Alter von 14 – 16 zeichnet sich ein ausgeglichenes Geschlechtsverhältnis ab. In allen anderen Altersklassen ist die Anzahl der Männchen höher. In der Altersgruppe der 11-13 Jahre alten Mütter sind 59 Männchen (67 %) und 29 Weibchen zu verzeichnen, eine ähnliche Verteilung findet sich auch in der Kategorie der Mütter zwischen 17 und 20, hier beträgt die Anzahl der Männchen 65, 7 %. Tabelle 8 zeigt, dass Mütter in der Altersklasse drei insgesamt am meisten Nachwuchs bekommen, der Unterschied zwischen Weibchen und Männchen ist signifikant (Binomial Test,  $p = 0,002$ ). Eine Signifikanz zeigt sich auch in der Altersklasse 5 ( $p = 0,012$ ). Der Überschuss an insgesamt geborenen Männchen liegt bei 57 %.

**Tabelle 8:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter der Mutter bei Siamangs (Gattung *Symphalangus*)

		Geschlecht		Gesamt
		m	f	
Alter der Mutter	< 8	32	29	61
	8 - 10	25	29	54
	11 - 13*	59	29	88
	14 - 16	34	34	68
	17 - 20*	46	24	70
	21 - 25	31	22	53
	26 - 30	24	13	37
	> 30	3	9	12
Gesamt		254	189	443

Signifikante Kategorien mit \*

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Bei den Siamang Männchen konnten 441 Geburten ausgewertet werden. In sechs von acht Alterskategorien werden mehr Männchen als Weibchen geboren. Die größte Anzahl an Männchen kommt bei Vätern zur Welt, die zwischen 11 und 13 Jahre alt sind. In der ersten Kategorie werden prozentual mehr Weibchen geboren (53,8 %), ebenso in Kategorie fünf (57,1 %). Der prozentual größte Anteil an männlichen Geburten ist in der Kategorie der 26 bis 30 Jahre alten Väter zu finden (65,2 %). Signifikante Unterschiede zeigen sich in Kategorie zwei ( $p = 0,027$ ) und Kategorie drei ( $p = 0,017$ ).

**Tabelle 9:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter des Vaters bei Siamangs (Gattung *Symphalangus*)

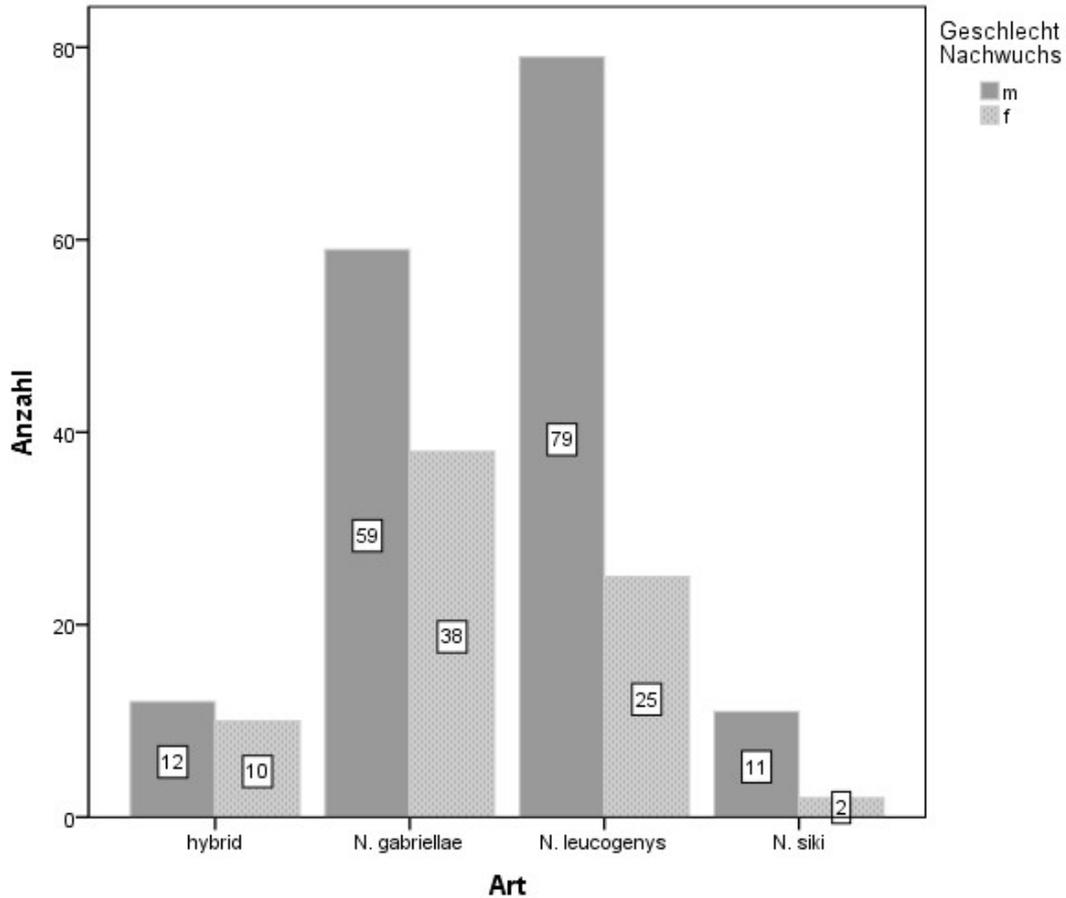
		Geschlecht		Gesamt
		m	f	
Alter des Vaters	< 8	24	28	52
	8 - 10*	39	21	60
	11 - 13*	54	31	85
	14 - 16	36	28	64
	17 - 20	27	36	63
	21 - 25	34	22	56
	26 - 30	30	16	46
	> 30	9	6	15
Gesamt		253	188	441

Signifikante Kategorien mit \*

#### 4.2. Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*)

Insgesamt sind 161 Männchen und 75 Weibchen geboren worden. Daraus ergibt sich ein Verhältnis von 68,2 % Männchen zu 31,8 % Weibchen. Die Geburtenanzahl ist bei *Nomascus siki* am geringsten (vgl. Abb. 3). *Nomascus siki* ist auch in einigen Hybriden vorhanden, hier ist das Geschlechterverhältnis nahezu gleich. Bei allen Arten sind mehr Männchen Geburten zu sehen.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons



**Abbildung 6:** Artenzusammensetzung der Stichprobe für die Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*)

Die Anzahl an Geburten in Abhängigkeit des Alters der Mutter steigt mit zunehmender Alterskategorie und sinkt wieder nach dem Höchstwert (vgl. Tabelle 6). Bei Müttern unter acht Jahren können bei Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*) insgesamt 17 Geburten erfasst werden. In der Alterskategorie der 11 – 13 Jahre alten Mütter findet sich mit 42 Geburten die größte Anzahl. Die niedrigste Anzahl an Geburten ist bei den Müttern > 30 zu sehen.

Die Geburtenzahl der Männchen steigt ebenfalls mit zu einem Höchstwert von 31 in Kategorie drei und sinkt dann bis zur Kategorie acht auf neun Geburten. Bei den Weibchen werden anteilmäßig die meisten innerhalb der Alterskategorien vier und fünf geboren (13 Geburten). In der Alterskategorie acht ist nur eine Weibchen-Geburt zu sehen.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Ein signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl der Männchen und Weibchen kann in den Alterskategorien zwei ( $p = 0,029$ ), drei ( $p = 0,003$ ) und acht ( $p = 0,021$ ) gesehen werden.

Die Analyse beinhaltet die Geburt von 219 Gibbons, davon sind 150 männlich und 69 weiblich.

**Tabelle 10:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter der Mutter bei Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*)

		Geschlecht		Gesamt
		m	f	
Alter der Mutter	< 8	12	5	17
	8 - 10*	22	9	31
	11 - 13*	31	11	42
	14 - 16	26	13	39
	17 - 20	25	13	38
	21 - 25	13	11	24
	26 - 30	12	6	18
	> 30*	9	1	10
Gesamt		150	69	219

Signifikante Kategorien mit \*

Die Analyse für den Einfluss des Alters des Vaters beinhaltet die Geburt von 218 Gibbons, davon sind 149 männlich und 69 weiblich.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

**Tabelle 11:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter des Vaters bei Schopfgibbons (Gattung *Nomascus*)

		Geschlecht		Gesamt
		m	f	
Alter des Vaters	< 8	17	12	29
	8 - 10*	20	8	28
	11 - 13	27	14	41
	14 - 16	24	16	40
	17 - 20*	23	6	29
	21 - 25*	20	5	25
	26 - 30	8	6	14
	> 30*	10	2	12
Gesamt		149	69	218

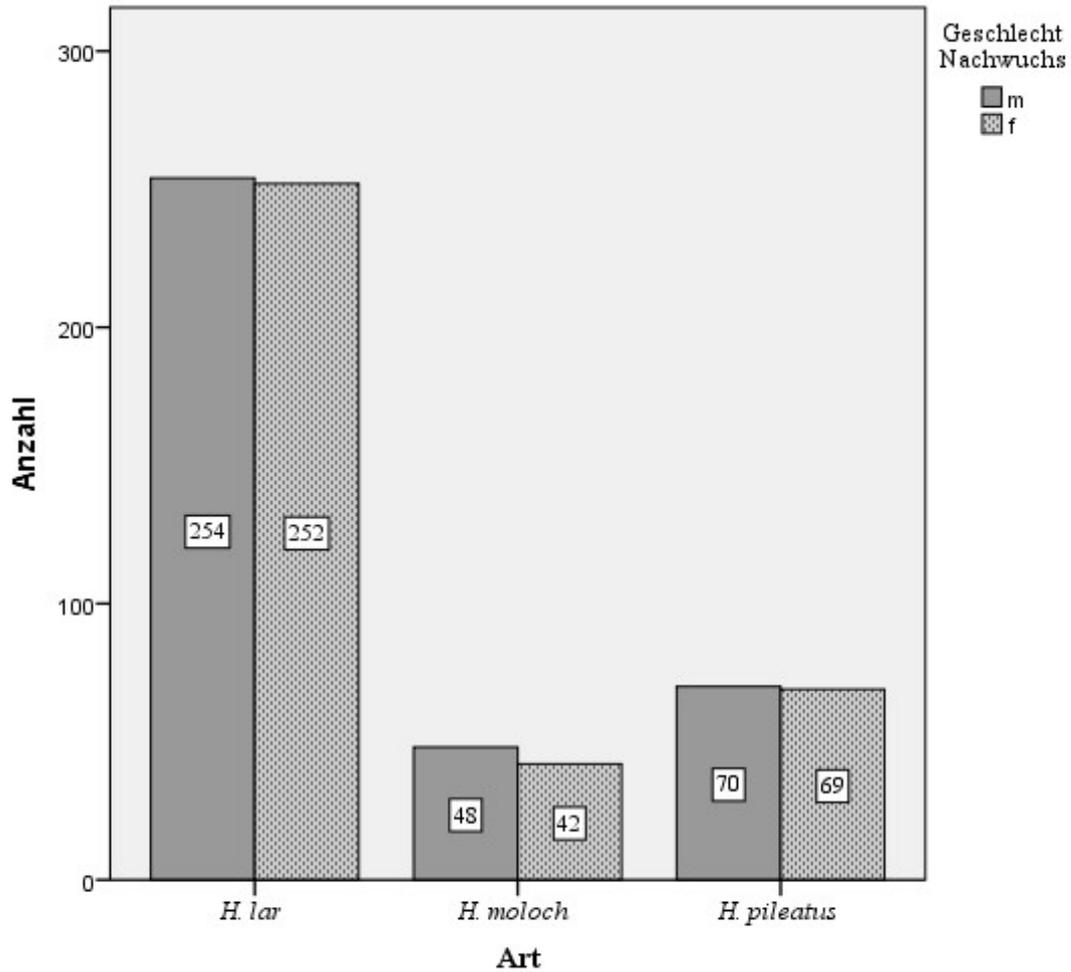
Signifikante Kategorien mit \*

Eine signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl der Männchen und Weibchen kann in den Alterskategorien zwei ( $p = 0,036$ ), fünf ( $p = 0,002$ ) und acht ( $p = 0,039$ ) berechnet werden.

#### 4.3. Zwerggibbons (Gattung *Hylobates*)

Für die Zwerggibbons konnten 735 Geburten in die Analyse mit einbezogen werden. An Abb. 4. kann man erkennen, dass etwa 70 % der Geburten bei *Hylobates lar* zu verzeichnen sind. Das Geschlechterverhältnis ist bei allen drei Arten nahezu gleich, die größte Abweichung ist bei *H. moloch* zu sehen (53,3 % Männchen). Innerhalb der gesamten Population ist ein Überschuss an Männchen - Geburten zu erkennen (50,6 %).

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons



**Abbildung 4:** Übersicht der Verteilung der Arten und jeweiligen Geburten innerhalb der Gattung *Hylobates*

Für die Auswertung des Einflusses der Mutter konnten 644 Geburten mit einbezogen werden. Anhand Tabelle 12 ist zu sehen, dass die Anzahl der Geburten mit der Alterskategorie steigt, und nach dem Höchstwert wieder sinkt. Innerhalb der Alterskategorie drei ist die Gesamtanzahl am größten. In Alterskategorie zwei und acht werden mehr Weibchen als Männchen geboren

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

**Tabelle 12:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter des Vaters bei Zwerggibbons (Gattung *Hylobates*)

		Geschlecht		
		m	f	Gesamt
Alter der Mutter	< 8	29	26	55
	8 - 10	38	39	77
	11 - 13*	65	61	126
	14 - 16	64	51	115
	17 -20	56	54	110
	21 - 25	51	33	84
	26 - 30	26	21	47
	> 30*	9	21	30
Gesamt		338	306	644

Signifikante Kategorien mit \*

Der Höchstwert an Geburten bei beiden Geschlechtern findet sich in der Altersklasse der 11 – 13 Jahre alten Weibchen. Es konnte eine Signifikanz ( $p = 0,043$ ) festgestellt werden.

Für die Auswertung des Einflusses der Mutter konnten 654 Geburten mit einbezogen werden. Die Höchstzahl an Geburten insgesamt findet sich bei den Vätern innerhalb der Alterskategorie fünf.

**Tabelle 13:** Geschlechterverteilung der Jungtiere in Abhängigkeit vom Alter des Vaters bei Zwerggibbons (Gattung *Hylobates*)

		Geschlecht Nachwuchs		
		m	f	Gesamt
Alter des Vaters	< 8	26	37	63
	8 - 10*	40	37	77
	11 - 13	47	55	102
	14 - 16	57	44	101
	17 -20	57	54	111
	21 - 25	45	43	88
	26 –30*	33	23	56
	> 30*	29	27	56
Gesamt		334	320	654

Signifikante Kategorien mit \*

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Signifikanzen zeigen sich innerhalb der Kategorie zwei ( $p = 0,012$ ), der Kategorie sieben ( $p = 0,031$ ) und Kategorie acht ( $p = 0,020$ ).

### 5. Diskussion

Die Auswertung ergab, dass innerhalb der Familie der Hylobatidae mehr Männchen als Weibchen geboren werden. Hierbei gibt es Unterschiede zwischen den Gattungen. Die Geburtenanzahlen pro Gattung unterscheiden sich sehr voneinander, was aber auch an der Größe der Zoopopulation liegen kann.

Betrachtet man die Geschlechterverteilung aller Gattungen, so verläuft die Anzahl der Geburten bei den Müttern und Vätern ähnlich. Die Anzahl der Geburten steigt bis zu einem Alter von 11 – 13 Jahren, danach werden pro Kategorie weniger Gibbons geboren. Bei Weibchen unter acht Jahren kommen mehr Männchen auf die Welt, bei den Vätern verhält es sich umgekehrt. Signifikante Unterschiede zeigen sich bei den Alterskategorien der Mütter in der Kategorie mit der größten Anzahl an Geburten, hier ist der Unterschied zwischen der Anzahl männlicher und weiblicher Nachkommen am deutlichsten ( $p = 0,001$ ). Die Kategorien fünf, sechs und sieben sind hier auch signifikant, diese Kategorien umfassen Mütter von 17 bis 30 Jahren. Da die Signifikanzwerte sinken lässt sich vermuten, dass der Einfluss des Alters der Mutter mit höherem Alter sinkt.

Auffällig bei dem Einfluss der Väter ist, dass junge Väter mehr Weibchen produzieren und in allen anderen Altersklassen dann wieder ein Überschuss an Männchen herrscht. Zwischen 8 und zehn Jahren zeigt sich hier ein signifikanter Unterschied. Wie bei den Müttern ist der Unterschied des Geschlechterverhältnisses auch bei Vätern signifikant, jedoch erst ab einem Alter von 20 Jahren. Die Signifikanz steigt aber mit zunehmendem Alter.

Wie sich schon zeigte sind die Geschlechtsverhältnisse der jeweiligen Gattungen unterschiedlich. Aus der Zusammenfassung der Gattungen lässt sich schwer ableiten wie groß der Einfluss des Alters der Eltern ist und wie dieser sich je nach Gattung unterscheidet und eventuell in der gesamten Betrachtung ausgleicht.

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Die Gattung *Symphalangus* besteht nur aus einer Art bei der auch ein Überschuss an Männchengeburten zu sehen ist. Hier ist die Gesamtanzahl an Geburten in einer Altersspanne von 11 – 13 Jahren bei beiden Elternteilen am größten und auch signifikant. Interessant ist bei den Müttern, dass die Anzahl der Geburten innerhalb der ersten drei Kategorien steigt, die Anzahl der Weibchen aber gleich bleibt und erst Mütter der Altersklasse vier wieder mehr Weibchen produzieren. Bei den 14 – 16 Jahre alten Müttern geht die Anzahl der männlichen Geburten soweit zurück, dass hier das Geschlechterverhältnis ausgeglichen ist. Bei den Vätern sieht man einen leichten Überschuss an Weibchen in der ersten Kategorie, zwischen acht und 13 Jahren gibt es einen signifikanten Überschuss an Männchen.

Bei den Schopfgibbons haben Männchen und Weibchen zwischen acht und zehn Jahren einen Einfluss auf die Ungleichverteilung der Geschlechter, dies trifft auch auf Weibchen zwischen 11 und 13 Jahren und auch auf Weibchen über 30 Jahre zu.

Bei den Schopfgibbonmännchen ist der Einfluss auf das Geschlecht des Jungtieres auch noch sichtbar zwischen 17 und 25 Jahren, ebenso bei Männchen die älter als 30 Jahre sind.

Zwerggibbons haben einen kleinen Überschuss an Männchen von 50, 6 %. Weibchen zwischen 21 und 25 Jahren haben einen Einfluss auf den Männchenüberschuss, Weibchen über 30 Jahre einen Einfluss auf den Weibchenüberschuss.

Zwerggibbonmännchen zwischen acht und zehn Jahren beeinflussen die Geschlechtsbildung zu Gunsten der Männchen, ebenso Männchen von 21 bis 30.

.Margulis et al. (2011) untersuchten Zuchtbücher der der Gibbonarten *Nomascus leucogenys*, *Hylobates lar* und *Symphalangus syndactylus*. Das Alter der Gibbons wurde in drei Kategorien eingeteilt:  $\leq 12$  („young“), 13-20 („prime“) und  $\geq 21$  („old“) und der Zusammenhang mit dem Alter der Eltern berechnet. Ebenso wurde für jede Art die Anzahl der Geburten und der jeweiligen Überlebensrate bis zu einem Jahr und bis zu 5 Jahren berechnet. Auch wurde berechnet, wie sich das Geschlechterverhältnis über Zeitabständen von 10 Jahren ändert.

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Für *Nomascus leucogenys* wurde festgestellt, dass signifikant mehr Männchen geboren werden, jedoch auch die Sterblichkeitsrate innerhalb eines Jahres höher liegt als bei den Weibchen (88,6 %, Männchen 75,9 %) sowie auch bis zum Erreichen des 5. Lebensjahres (Weibchen 85,7 %, Männchen 68,5 %). Das Geschlechterverhältnis tendiert in allen Dekaden zu mehr Männchen. Mittelalte Mütter (13-20) brachten signifikant mehr Männchen auf die Welt.

Für *Hylobates lar* wurde kein signifikantes Geschlechterverhältnis berechnet, allerdings jedoch eine signifikant größere Überlebensrate der Weibchen. Das Geschlechterverhältnis tendierte über die verschiedenen Zeiträume immer leicht zu Männchen.

Bei *Symphalangus syndactylus* war das Geschlechterverhältnis nahezu gleich (49 % Männchen), die Autoren stellten aber fest, dass junge Mütter unter 13 Jahren signifikant mehr Weibchen zur Welt brachten. Dieses Ergebnis kann mit dieser Arbeit nicht bestätigt werden.

Die Anzahl der Altersklassen spielt für solch eine Auswertung eine große Rolle. Die Einteilung der Alterskategorien muss bei der Interpretation bedacht werden, je nachdem wie weit oder eng die Altersgrenzen gezogen werden zeigt sich ein anderes Bild. In der Studie von Margulis et al. wurden drei Alterskategorien gewählt die aber verschiedene Zeiträume umfassen. Normalerweise werden Gibbons mit sieben bis acht Jahren geschlechtsreif, im Zoo kann diese Geschlechtsreife aber früher eintreten. Aufgrund dieser Überlegung wurden in der vorliegenden Arbeit mehr Alterskategorien verwendet, die auch insgesamt einen größeren Zeitraum umfassen. Somit ist zu sehen, dass es durchaus einige Gibbons gibt die schon in einem jüngeren Alter Nachwuchs bekommen. Auch konnten durch mehrere Alterskategorien Unterschiede bei etwas älteren Gibbons betrachtet werden. In der Studie von Margulis fallen alle Gibbons die älter als 20 Jahre sind in eine Alterskategorie, diese Kategorie hat die größte Altersspanne. Dadurch, dass die Lebenserwartung bei Gibbons in Zoos steigt, können diese auch noch in einem höheren Alter Eltern werden.

Bei drei Alterskategorien hat man für jede Kategorie mehr Geburten pro Kategorie, die unterschiedlichen Geschlechterverhältnisse können sich dort besser abzeichnen. Durch die Wahl mehrerer Altersklassen sind die Unterschiede zwischen den verschiedenen

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Kategorien besser erkennbar, die Datenmenge pro Kategorie aber auch geringer. So wird es bei einer kleinen Datenmenge schwer die Daten mit einer geeigneten statistischen Methode auszuwerten. Da die Tragzeiten nicht bekannt sind wurde das Alter der Eltern zur Zeitpunkt der Geburt ausgewertet. Es ist möglich, dass einige Gibbons aufgrund der Tragzeiten von sieben bis acht Monaten in eine andere Kategorie eingestuft werden müssten.

Auch wenn sich bei der Auswertung an manchen Stellen zeigte, dass in bestimmten Alterskategorien tatsächlich mehr Männchen zur Welt kamen, so ist es doch schwer zu sagen ob diese Tatsache nur durch das Alter dieses Elternteils beeinflusst wird. Um zu sehen, wie sich das Alter beider Eltern auf die Geschlechtsbildung auswirkt, gäbe es mit dieser Methode viel Interpretationsspielraum. Wenn man den Einfluss beider Eltern anhand von Alterskategorien messen wollen würde, so müsste man hier auch Altersgrenzen festlegen. Um dies an einem Beispiel deutlich zu machen: Der Einfluss zweier Gibbons im Alter zwischen 11 und 13 Jahren würde bedeuten, dass die Altersgrenze nicht größer sein darf als das maximale Alter in dieser Kategorie im Quadrat. Die Problematik hierbei ist dann aber, dass durch diese Methode auch Gibbonpaare in diese Kategorie fallen, die allein betrachtet in unterschiedliche Kategorien zuzuordnen wären. So könnte ein Elternteil sehr jung sein, der andere Elternteil aber um einige Jahre älter.

Ein weiterer Faktor der die Ergebnisse beeinflussen kann ist die Zuweisung eines Alters für nicht-zoogeborene Gibbons. Wie in Kapitel 3.1. beschrieben musste den Eltern teilweise ein Geburtsdatum zugeordnet werden. Durch die angewandte Methode bleibt der Fehler einer falschen Einschätzung zwar sehr klein, jedoch konnten einige Eltern so nicht in die Auswertung mit einbezogen werden.

Bei der vorliegenden Arbeit wurde nicht berechnet, ob es sich um ein primäres, sekundäres oder operationales Geschlechtsverhältnis handelt. Die Anzahl der Tiere ohne Geschlecht bildet sich aus Gibbons die nach der Geburt verstorben sind oder Gibbons, bei denen das Geschlecht noch nicht festgestellt werden konnte. Auch einige Individuen bei denen das Geschlecht bekannt ist, sind einige Tage oder kurz nach der Geburt verstorben.

## Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

In der Studie von Margulis et al. wurde dies untersucht, die Sterblichkeitsrate der Männchen war bei *H. lar* und *N. leucogenys* größer als die Sterblichkeitsrate der Weibchen. Eine Ausweitung dieser Untersuchung könnte Aufschluss darüber geben, ob die hohe Sterblichkeit der Männchen durch den Überschuss an Männchen - Geburten kompensiert werden kann.

Wie in Kapitel 2.4 erläutert wurde gibt es verschiedene Mechanismen und Theorien, die ein ungleiches Geschlechterverhältnis erklären. Einige dieser Theorien beziehen sich auf polygame Primaten, da Gibbons gemeinhin als monogam angesehen werden können sie hier nicht angewendet werden. Ob Gibbons wirklich ausschließlich monogam leben kann diskutiert werden, da sie im Zoo aber paarweise gehalten werden kann dieser Punkt als Erklärung für den Überschuss an Männchen bei zoogeborenen Gibbons vernachlässigt werden. Dadurch, dass Jungtiere männlichen und weiblichen Geschlechtes in ihrem natürlichen Lebensraum abwandern hätten die Weibchen keinen Vorteil durch diesen Überschuss, weder die Hypothese der lokalen Ressourcenkonkurrenz noch das Model der lokalen Ressourcenverbesserung (local resource enhancement) finden hier Anwendung. Durch die Lebensweise in der kleinen Familiengruppe spielt auch der Rang eines Weibchens keine Rolle.

Die ebenso in Kapitel 2.4. beschriebene Theorie von Trivers und Willard (1973) besagt, dass Weibchen in einer guten Kondition mehr Männchen gebären, da sie fähig sind mehr in den Nachwuchs zu investieren. Auch hier lässt sich diskutieren ob dieses Modell für Gibbons anwendbar ist. Durch die Haltung im Zoo sollten alle Weibchen in einer guten Kondition sein, das Geschlechterverhältnis wäre dann deutlicher zu Gunsten der Männchen. Zudem ist bei Gibbons kein sexueller Dimorphismus zu erkennen, aus dem man ein höheres Investment schließen könnte.

Das ungleiche Geschlechtsverhältnis bei Gibbons ist für Zoos und Zuchtbuchführer ein Problem und die Bestimmung der Ursache eine Notwendigkeit für eine effektive Zucht.

Das Alter der Eltern scheint einen Einfluss auf die Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons zu haben, allerdings ist nicht ersichtlich ob noch andere Faktoren eine Rolle spielen könnten. Eine Erweiterung der Datenmenge und ein anderes Testdesign könnten dieser Ergebnisse untermauern.

## 6. Fazit

Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss des Alters der Eltern auf zoogeborener Gibbons zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden Zuchtbücher verschiedener Gibbonarten im Europäischen Erhaltungszuchtprogramm (EEP) untersucht.

Es konnte festgestellt werden, dass es innerhalb der Familie Hylobatidae einen Überschuss an männlichem Nachwuchs gibt, sich dieser aber je nach Gattung unterscheidet.

Männchen und Weibchen einer Gattung haben einen unterschiedlichen Einfluss auf das Geschlecht des Nachwuchses. Es ist jedoch nicht ersichtlich, ob hier auch ein kombinierter Effekt beider Eltern auftritt.

Für die Arterhaltung und Züchtung dieser stark gefährdeten Primaten sind weitere Untersuchungen notwendig. Mögliche Einflussfaktoren könnten sich in der Haltung und Ernährung von Gibbons finden. Da Modelle zur Erklärung von ungleichen Geschlechtsverhältnissen bei Gibbons nicht anwendbar sind, sollten weitere Einflüsse und die Kombinationen derer untersucht werden.

Da das ungleiche Geschlechterverhältnis und das ansteigende Platzproblem eine effektive Zucht beeinträchtigen können, sollten Zoos auch ihre Rolle als Bildungseinrichtung weiter ausbauen und auf die Gefährdung dieser Primatenfamilie hinweisen. Effektive in-situ Maßnahmen können den Druck auf ex-situ Einrichtungen verringern und so zusätzlich zum Schutz der Gibbons beitragen.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

**Literaturverzeichnis**

- Altmann, J.; Hausfater, G.; Altmann, S. A. (1988): Determinants of reproductive success in savannah baboons, *Papio cynocephalus*. In: T. H. Clutton-Brock (Hg.): Reproductive success. Studies of individual variation in contrasting breeding systems. Chicago, Ill.: University of Chicago Press, S. 403–418.
- Barongi, R.; Bonner J.P.; Boyle, P.; Burns, S.; Byers, O.; Dick, G. (2015): Committing to conservation. The world zoo and aquarium animal welfare strategy. Gland (28, Rue Mauverney, 1196): Bezug WAZA Executive Office.
- Chahnazarian, Anouch (1988): Determinants of the sex ratio at birth. Review of recent literature. In: *Biodemography and Social Biology* 35 (3-4), S. 214–235. DOI: 10.1080/19485565.1988.9988703.
- Chan, Bosco P. L.; Fellowes, J. R.; Geissmann, T.; Jianfeng, Z. (2005): Hainan gibbon status survey and conservation action plan. Version 1 (last updated November 2005). Hong Kong: [Kadoorie Farm & Botanic Garden] (Kadoorie Farm & Botanic Garden technical report, no. 3).
- Chan, Yi-Chiao; Roos, Christian; Inoue-Murayama, Miho; Inoue, Eiji; Shih, Chih-Chin; Pei, Kurtis Jai-Chyi; Vigilant, Linda (2013): Inferring the evolutionary histories of divergences in *Hylobates* and *Nomascus* gibbons through multilocus sequence data. In: *BMC evolutionary biology* 13, S. 82. DOI: 10.1186/1471-2148-13-82.
- Chen, H.-C.; Geissmann, T.; Chen.P.-C. (2004): A survey of the taxonomic status of captive gibbons in Taiwan. In: *The Raffles Bulletin of Zoology* 52 (1), S. 265–269.
- Cheyne, Susan M. (2009): The Role of Reintroduction in Gibbon Conservation: Opportunities and Challenges. In: Danielle Whittaker und Susan Lappan (Hg.): *The Gibbons. New Perspectives on Small Ape Socioecology and Population Biology*. first. New York, NY: Springer-Verlag New York (Developments in Primatology), S. 477–496.
- Clark, A. B. (1978): Sex ratio and local resource competition in a prosimian primate. In: *Science (New York, N.Y.)* 201 (4351), S. 163–165. DOI: 10.1126/science.201.4351.163.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

- Dollinger, Peter (Hg.) (2012): Die zoologischen Gärten des VDZ. Gärten für Tiere ;  
Erlebnisse für Menschen ; 125 Jahre Verband Deutscher Zoodirektoren e. V. 1.  
Aufl. Köln: Bachem.
- EAZA - EEPs. Online verfügbar unter [http://eaza.portal.isis.org/ACTIVITIES/CP/  
Pages/EEPs.aspx](http://eaza.portal.isis.org/ACTIVITIES/CP/Pages/EEPs.aspx), zuletzt geprüft am 05.07.2016.
- Europäische Union: RICHTLINIE 1999/22/EG DES RATES vom 29. März 1999 über  
die Haltung von Wildtieren. Richtlinie 1999/22/EG. Online verfügbar unter  
[http://www.dguv.de/medien/inhalt/praevention/fachbereiche/fb-  
verkehr/documents/zoorichtlinie.pdf](http://www.dguv.de/medien/inhalt/praevention/fachbereiche/fb-verkehr/documents/zoorichtlinie.pdf).
- Fisher, R. A. (1930): The Genetical Theory of Natural Selection. Clarendon: Oxford.
- Frankham, Richard; Ballou, Jonathan D.; Briscoe, David A. (2007): Introduction to  
conservation genetics. 7. print. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Geissmann, T. (1993): Evolution of Communication in Gibbons (Hylobatidae). Ph.D.  
thesis. Zürich University, Zürich. Anthropological Institute, Philosoph Faculty II.
- Geissmann, T. (1994): Systematik der Gibbons. In: Zeitschrift des Kölner Zoo 37 (2),  
S. 65–77.
- Geissmann, T. (2006): Forschungsbesprechung: Hulocks erhalten einen neuen  
Gattungsnamen. In: *Gibbon Conservation* (Nr. 2), S. 37–39.
- Geissmann, T.; Grindley, M.; Momberg, F.; Lwin, N.; Moses, S. (2009): Hoolock  
gibbon and biodiversity survey and training in southern Rakhine Yoma,  
Myanmar. In: *Gibbon Journal* (Nr. 5).
- Geissmann, Thomas (2003): Vergleichende Primatologie. Berlin, Heidelberg: Springer  
Berlin Heidelberg.
- Geissmann, Thomas (2014): Gibbons - die singenden Menschenaffen. Begleitheft zur  
Ausstellung. Zürich: Anthropologisches Institut und Museum der Universität  
Zürich.
- Goodfellow, P. N.; Lovell-Badge, R. (1993): SRY and sex determination in mammals.  
In: *Annual review of genetics* 27, S. 71–92. DOI:  
10.1146/annurev.ge.27.120193.000443.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

- Hiraiwa-Hasegawa, Mariko (1993): Skewed birth sex ratios in primates. Should high-ranking mothers have daughters or sons? In: *Trends in Ecology & Evolution* 8 (11), S. 395–400. DOI: 10.1016/0169-5347(93)90040-V.
- Hunter, Malcolm L.; Gibbs, James P. (2007): *Fundamentals of conservation biology*. 3. ed. Malden, Mass.: Blackwell.
- IUCN Red List of Threatened Species (2016).
- Kappeler, Peter M. (2012): *Verhaltensbiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kleiman, D. G. (1977): Monogamy in Mammals. In: *The Quarterly Review of Biology* 51 (1), S. 39–69.
- Konrad, R.r; Geissmann, T. (2006): Vocal Diversity and Taxonomy of *Nomascus* in Cambodia. In: *Int J Primatol* 27 (3), S. 713–745. DOI: 10.1007/s10764-006-9042-3.
- Krackow, S. (1995): POTENTIAL MECHANISMS FOR SEX RATIO ADJUSTMENT IN MAMMALS AND BIRDS. In: *Biological Reviews* 70 (2), S. 225–241. DOI: 10.1111/j.1469-185X.1995.tb01066.x.
- LEES, C. M.; WILCKEN, J. (2009): Sustaining the Ark. The challenges faced by zoos in maintaining viable populations. In: *International Zoo Yearbook* 43 (1), S. 6–18. DOI: 10.1111/j.1748-1090.2008.00066.x.
- Leus, K.; TRAYLOR-HOLZER, K.; LACY, R. C. (2011): Genetic and demographic population management in zoos and aquariums. Recent developments, future challenges and opportunities for scientific research. In: *International Zoo Yearbook* 45 (1), S. 213–225. DOI: 10.1111/j.1748-1090.2011.00138.x.
- Lindburg, Donald G. (1991): Zoos and the “surplus” problem. In: *Zoo Biol.* 10 (1), S. 1–2. DOI: 10.1002/zoo.1430100102.
- Lütkes, Stefan; Ewer, Wolfgang (2011): *Bundesnaturschutzgesetz. Neues Bundesnaturschutzgesetz seit 1. März 2010, Berücksichtigung der neuen Landesnaturschutzgesetze, Erläuterungen der europarechtlichen Vorgaben*. München: Beck.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

- Malone, N. M.; Fuentes, A.; Purnama, A. R.; Adi Putra I.M.W. (2003): DISPLACED HYLOBATIDS: BIOLOGICAL, CULTURAL, AND ECONOMIC ASPECTS OF THE PRIMATE TRADE IN JAWA AND BALI, INDONESIA. In: *Tropical Biodiversity* 8 (1), S. 41–49.
- Margulis, Susan W.; Burns, Faith; Rothenberg, Adrienne (2011): Sex ratio bias in managed populations of hylobatids. In: *Folia primatologica; international journal of primatology* 82 (4-5), S. 224–235. DOI: 10.1159/000335131.
- McGregor Reid, G.; Macdonald, A.; Fidgett, A.; Hiddinga, B.; Leus, K. (Hg.) (2009): Das Forschungspotential in Zoos und Aquarien. Die Forschungsstrategie der EAZA. European Association of Zoos and Aquaria. Fürth: Filander.
- Meier, Jürg (2009): Handbuch Zoo. Moderne Tiergartenbiologie. 1. Aufl. Bern: Haupt.
- Melfi, V. A. (2012): Ex situ gibbon conservation. Status, management and birth sex ratios. In: *Int. Zoo Yb.* 46 (1), S. 241–251. DOI: 10.1111/j.1748-1090.2011.00150.x.
- Monney, J.-C.; Meyer, A. (2005): Rote Liste der gefährdeten Reptilien der Schweiz. Hg. v. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, und Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz. Bern (BUWAL-Reihe: Vollzug Umwelt.).
- Mootnick, Alan; Groves, Colin (2005): A New Generic Name for the Hoolock Gibbon (Hylobatidae). In: *Int J Primatol* 26 (4), S. 971–976. DOI: 10.1007/s10764-005-5332-4.
- Mootnick, Alan R. (2006): Gibbon (Hylobatidae) Species Identification Recommended for Rescue or Breeding Centers. In: *Primate Conservation* 21, S. 103–138. DOI: 10.1896/0898-6207.21.1.103.
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; da Fonseca, G. A.; Kent, J. (2000): Biodiversity hotspots for conservation priorities. In: *Nature* 403 (6772), S. 853–858. DOI: 10.1038/35002501.
- Nadler, T. (2014): Primates in traditional medicine in Vietnam. In: Tilo Nadler und Diane K. Brockman (Hg.): *Primates of Vietnam. Cuc Phuong National Park, Vietnam: Endangered Primate Rescue Center*, S. 51–54.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

- Nadler, Tilo; Brockman, Diane K. (Hg.) (2014): *Primates of Vietnam*. Cuc Phuong National Park, Vietnam: Endangered Primate Rescue Center.
- Nevison, Claire (1997): Social rank and birth sex ratios in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). In: *Applied Animal Behaviour Science* 51 (3-4), S. 285–291. DOI: 10.1016/S0168-1591(96)01111-2.
- Nijman, V. (2009b): An assessment of trade in gibbons and orang-utans in Sumatra, Indonesia. Petaling Jaya, Selangor, Malaysia.
- Nijman, V.; Yang Martinez, C-f; Shepherd, C. R. (2009a): Saved from trade. Donated and confiscated gibbons in zoos and rescue centres in Indonesia. In: *Endang. Species. Res.* 9, S. 151–157. DOI: 10.3354/esr00218.
- Nijman, Vincent (2010): An overview of international wildlife trade from Southeast Asia. In: *Biodivers Conserv* 19 (4), S. 1101–1114. DOI: 10.1007/s10531-009-9758-4.
- Nijman, Vincent; Spaan, Denise; Rode-Margono, Eva Johanna; Wirdateti; Nekaris, K. A. I. (2015): Changes in the primate trade in Indonesian wildlife markets over a 25-year period: Fewer apes and langurs, more macaques, and slow lorises. In: *American Journal of Primatology*. DOI: 10.1002/ajp.22517.
- Nomascus leucogenys* - IUCN Red List. Online verfügbar unter <http://www.iucnredlist.org/details/39895/0>, zuletzt geprüft am 18.09.2016.
- O'Brien, Timothy G.; Kinnaird, Margaret F.; Nurcahyo, Anton; Iqbal, Mohamed; Rusmanto, Mohamed (2004): Abundance and Distribution of Sympatric Gibbons in a Threatened Sumatran Rain Forest. In: *International Journal of Primatology* 25 (2), S. 267–284. DOI: 10.1023/B:IJOP.0000019152.83883.1c.
- O'Brien, Timothy G.; Kinnaird, Margaret F.; Nurcahyo, Anton; Prasetyaningrum, Maya; Iqbal, Muhammad (2003): Fire, demography and the persistence of siamang (*Symphalangus syndactylus*, Hylobatidae) in a Sumatran rainforest. In: *Animal Conservation* 6 (2), S. 115–121. DOI: 10.1017/S1367943003003159.
- Oliehoek, Pieter A. (2009): Genetic conservation of endangered animal populations. Dissertation. Wageningen University, Wageningen.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

- Ortiz, Alejandra; Pilbrow, Varsha; Villamil, Catalina I.; Korsgaard, Jessica G.; Bailey, Shara E.; Harrison, Terry (2015): The Taxonomic and Phylogenetic Affinities of *Bunopithecus sericus*, a Fossil Hylobatid from the Pleistocene of China. In: *PLoS one* 10 (7), e0131206. DOI: 10.1371/journal.pone.0131206.
- Packer, C.; Collins, D. A.; Eberly, L. E. (2000): Problems with primate sex ratios. In: *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 355 (1403), S. 1627–1635. DOI: 10.1098/rstb.2000.0725.
- Paul, A.; Kuester, J. (1990): Adaptive significance of sex ratio adjustment in semifree-ranging Barbary macaques (*Macaca sylvanus*) at Salem. In: *Behav Ecol Sociobiol* 27 (4), S. 287–293. DOI: 10.1007/BF00164902.
- Pen, I.; Weissing, F. J. (2000): Sex-ratio optimization with helpers at the nest. In: *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* 267 (1443), S. 539–543. DOI: 10.1098/rspb.2000.1034.
- Pies-Schulz-Hofen, Robert (2004): Die Tierpflegerausbildung. 45 Tabellen. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Parey.
- Prouty, Leonard A.; Buchanan, Philip D.; Pollitzer, William S.; Mootnick, Alan R. (1983): Taxonomic note. *Bunopithecus*: A genus-level taxon for the hoolock gibbon (*Hylobates hoolock*). In: *Am. J. Primatol.* 5 (1), S. 83–87. DOI: 10.1002/ajp.1350050110.
- Reichard, Ulrich (1995): Extra-pair Copulations in a Monogamous Gibbon (*Hylobates lar*). In: *Ethology* 100 (2), S. 99–112. DOI: 10.1111/j.1439-0310.1995.tb00319.x.
- Rutberg, Allen T. (1983): The evolution of monogamy in primates. In: *Journal of Theoretical Biology* 104 (1), S. 93–112. DOI: 10.1016/0022-5193(83)90403-4.
- Savini, T.; Boesch, C.; Reichard, U. (2009): Varying Ecological Quality Influences the Probability of Polyandry in White-handed Gibbons (*Hylobates lar*) in Thailand. In: *Biotropica* 41 (4), S. 503–513. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2009.00507.x.
- Silk, J. B.; Brown, G. R. (2008): Local resource competition and local resource enhancement shape primate birth sex ratios. In: *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* 275 (1644), S. 1761–1765. DOI: 10.1098/rspb.2008.0340.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

- Simon, L.; Phyl, T. (Hg.) (2010): Umweltbildung - tierisch gut! Ein Praxisleitfaden für Schule, Zoo & Co. Zoo Osnabrück. München: Oekom-Verl.
- Thin, V. N.; Mootnick, A. R.; Thanh, V. N.; Nadler, T.; Roos, C. (2010): A new species of crested gibbon, from the central Annamite mountain range. In: *Vietnamese Journal of Primatology* 1 (4), S. 1–12.
- Trivers, Robert L.; Willard, Dan E. (1973): Natural Selection of Parental Ability to Vary the Sex Ratio of Offspring. In: *Science* 179 (4068), S. 90–92. DOI: 10.1126/science.179.4068.90.
- Wehner, Rüdiger; Gehring, Walter; Kühn, Alfred (1995): Zoologie. 23., neu bearb. Aufl. Stuttgart: Thieme.
- Wittig, Rüdiger; Niekisch, Manfred (2014): Biodiversität: Grundlagen, Gefährdung, Schutz. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Woodruff, D. D. (1990): Genetics and the conservation of animals in fragmented habitats. In: In Harmony with Nature. Proceedings of the International Conference on Tropical Biodiversity. Malay Nature Society. Kuala Lumpur, Malaysia, S. 258–272.
- Woolfit, Megan (2009): Effective population size and the rate and pattern of nucleotide substitutions. In: *Biology letters* 5 (3), S. 417–420. DOI: 10.1098/rsbl.2009.0155.
- Zhou, Jiang; Wei, Fuwen; Li, Ming; Zhang, Jianfeng; Wang, Deli; Pan, Ruliang (2005): Hainan Black-crested Gibbon Is Headed For Extinction. In: *Int J Primatol* 26 (2), S. 453–465. DOI: 10.1007/s10764-005-2933-x.

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

**Anhang**

Test auf Binominalverteilung für Alter der Mütter auf das Geschlecht der Jungtiere (Familie Hylobatidae)

Test auf Binomialverteilung							
Alter der Mutter/Hylobatidae		Kategorie	N	Beobachteter Anteil	Testanteil	Exakte Signifikanz (2-seitig)	
.	Geschlecht	Gruppe 1	m	45	,42	,50	,101
		Gruppe 2	f	63	,58		
		Gesamt		108	1,00		
< 8	Geschlecht	Gruppe 1	m	73	,55	,50	,298
		Gruppe 2	f	60	,45		
		Gesamt		133	1,00		
8 - 10	Geschlecht	Gruppe 1	m	85	,52	,50	,582
		Gruppe 2	f	77	,48		
		Gesamt		162	1,00		
11 - 13	Geschlecht	Gruppe 1	m	155	,61	,50	,001
		Gruppe 2	f	101	,39		
		Gesamt		256	1,00		
14 - 16	Geschlecht	Gruppe 1	f	98	,44	,50	,093
		Gruppe 2	m	124	,56		
		Gesamt		222	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

17 -20	Geschlecht	Gruppe 1	f	91	,42	,50	,018
		Gruppe 2	m	127	,58		
		Gesamt		218	1,00		
21 - 25	Geschlecht	Gruppe 1	m	95	,59	,50	,027
		Gruppe 2	f	66	,41		
		Gesamt		161	1,00		
26 - 30	Geschlecht	Gruppe 1	f	40	,39	,50	,037
		Gruppe 2	m	62	,61		
		Gesamt		102	1,00		
> 30	Geschlecht	Gruppe 1	m	21	,40	,50	,212
		Gruppe 2	f	31	,60		
		Gesamt		52	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Test auf Binominalverteilung für Alter der Väter auf das Geschlecht der Jungtiere (Familie Hylobatidae)

<b>Test auf Binomialverteilung</b>							
Alter des Vaters/Hylobatidae		Kategorie		N	Beobachteter		Exakte Signifikanz (2- seitig)
					Anteil	Testanteil	
.	Geschlecht	Gruppe 1	f	50	,50	,50	1,000
		Gruppe 2	m	51	,50		
		Gesamt		101	1,00		
< 8	Geschlecht	Gruppe 1	f	77	,53	,50	,453
		Gruppe 2	m	67	,47		
		Gesamt		144	1,00		
8 - 10	Geschlecht	Gruppe 1	f	66	,40	,50	,012
		Gruppe 2	m	99	,60		
		Gesamt		165	1,00		
11 - 13	Geschlecht	Gruppe 1	m	128	,56	,50	,074
		Gruppe 2	f	100	,44		
		Gesamt		228	1,00		
14 - 16	Geschlecht	Gruppe 1	m	117	,57	,50	,050
		Gruppe 2	f	88	,43		
		Gesamt		205	1,00		
17 -20	Geschlecht	Gruppe 1	m	107	,53	,50	,483
		Gruppe 2	f	96	,47		
		Gesamt		203	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

21 - 25	Geschlecht	Gruppe 1	f	70	,41	,50	,031
		Gruppe 2	m	99	,59		
		Gesamt		169	1,00		
26 - 30	Geschlecht	Gruppe 1	m	71	,61	,50	,020
		Gruppe 2	f	45	,39		
		Gesamt		116	1,00		
> 30	Geschlecht	Gruppe 1	m	48	,58	,50	,187
		Gruppe 2	f	35	,42		
		Gesamt		83	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Test auf Binominalverteilung für Alter der Mütter auf das Geschlecht der Jungtiere (Gattung *Symphalangus*)

<b>Test auf Binomialverteilung</b>							
Alter der Mutter/Symphalangus		Kategorie		N	Beobachteter		Exakte Signifikanz (2- seitig)
					Anteil	Testanteil	
< 8	Geschlecht	Gruppe 1	m	32	,52	,50	,798
		Gruppe 2	f	29	,48		
		Gesamt		61	1,00		
8 - 10	Geschlecht	Gruppe 1	m	25	,46	,50	,683
		Gruppe 2	f	29	,54		
		Gesamt		54	1,00		
11 - 13	Geschlecht	Gruppe 1	m	59	,67	,50	,002
		Gruppe 2	f	29	,33		
		Gesamt		88	1,00		
14 - 16	Geschlecht	Gruppe 1	f	34	,50	,50	1,000
		Gruppe 2	m	34	,50		
		Gesamt		68	1,00		
17 - 20	Geschlecht	Gruppe 1	f	24	,34	,50	,012
		Gruppe 2	m	46	,66		
		Gesamt		70	1,00		
21 - 25	Geschlecht	Gruppe 1	m	31	,58	,50	,272
		Gruppe 2	f	22	,42		
		Gesamt		53	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

26 - 30	Geschlecht	Gruppe 1	f	13	,35	,50	,099
		Gruppe 2	m	24	,65		
		Gesamt		37	1,00		
> 30	Geschlecht	Gruppe 1	m	3	,25	,50	,146
		Gruppe 2	f	9	,75		
		Gesamt		12	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Test auf Binominalverteilung für Alter der Väter auf das Geschlecht der Jungtiere Gattung Symphalangus)

<b>Test auf Binomialverteilung</b>							
Alter des Vaters/Symphalangus		Kategorie		N	Beobachteter		Exakte Signifikanz (2- seitig)
					Anteil	Testanteil	
.	Geschlecht	Gruppe 1	m	1	,50	,50	1,000
		Gruppe 2	f	1	,50		
		Gesamt			2		
< 8	Geschlecht	Gruppe 1	f	28	,54	,50	,678
		Gruppe 2	m	24	,46		
		Gesamt			52		
8 - 10	Geschlecht	Gruppe 1	m	39	,65	,50	,027
		Gruppe 2	f	21	,35		
		Gesamt			60		
11 - 13	Geschlecht	Gruppe 1	m	54	,64	,50	,017
		Gruppe 2	f	31	,36		
		Gesamt			85		
14 - 16	Geschlecht	Gruppe 1	m	36	,56	,50	,382
		Gruppe 2	f	28	,44		
		Gesamt			64		
17 -20	Geschlecht	Gruppe 1	m	27	,43	,50	,314
		Gruppe 2	f	36	,57		
		Gesamt			63		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

21 - 25	Geschlecht	Gruppe 1	f	22	,39	,50	,141
		Gruppe 2	m	34	,61		
		Gesamt		56	1,00		
26 - 30	Geschlecht	Gruppe 1	m	30	,65	,50	,054
		Gruppe 2	f	16	,35		
		Gesamt		46	1,00		
> 30	Geschlecht	Gruppe 1	f	6	,40	,50	,607
		Gruppe 2	m	9	,60		
		Gesamt		15	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Test auf Binominalverteilung für Alter der Mütter auf das Geschlecht der Jungtiere (Gattung *Nomascus*)

Test auf Binomialverteilung							
Alter der Mutter/ <i>Nomascus</i>	Kategorie	N	Beobachteter		Exakte Signifikanz (2- seitig)		
			Anteil	Testanteil			
.	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	11	,65	,50	,332
		Gruppe 2	f	6	,35		
		Gesamt		17	1,00		
< 8	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	12	,71	,50	,143
		Gruppe 2	f	5	,29		
		Gesamt		17	1,00		
8 - 10	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	22	,71	,50	,029
		Gruppe 2	f	9	,29		
		Gesamt		31	1,00		
11 - 13	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	31	,74	,50	,003
		Gruppe 2	f	11	,26		
		Gesamt		42	1,00		
14 - 16	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	26	,67	,50	,053
		Gruppe 2	f	13	,33		
		Gesamt		39	1,00		
17 -20	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	25	,66	,50	,073
		Gruppe 2	f	13	,34		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

		Gesamt		38	1,00		
21 - 25	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	13	,54	,50	,839
		Gruppe 2	f	11	,46		
		Gesamt		24	1,00		
26 - 30	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	12	,67	,50	,238
		Gruppe 2	f	6	,33		
		Gesamt		18	1,00		
> 30	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	9	,90	,50	,021
		Gruppe 2	f	1	,10		
		Gesamt		10	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Test auf Binominalverteilung für Alter der Väter auf das Geschlecht der Jungtiere (Gattung *Nomascus*)

Test auf Binomialverteilung							
Alter des Vaters/ <i>Nomascus</i>	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe	Kategorie	N	Beobachteter		Exakte Signifikanz (2-seitig)
					Anteil	Testanteil	
.	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	f	6	,33	,50	,238
		Gruppe 2	m	12	,67		
		Gesamt		18	1,00		
< 8	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	f	12	,41	,50	,458
		Gruppe 2	m	17	,59		
		Gesamt		29	1,00		
8 - 10	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	20	,71	,50	,036
		Gruppe 2	f	8	,29		
		Gesamt		28	1,00		
11 - 13	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	27	,66	,50	,060
		Gruppe 2	f	14	,34		
		Gesamt		41	1,00		
14 - 16	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	24	,60	,50	,268
		Gruppe 2	f	16	,40		
		Gesamt		40	1,00		
17 - 20	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	23	,79	,50	,002

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

		Gruppe 2	f	6	,21		
		Gesamt		29	1,00		
21 - 25	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	20	,80	,50	,004
		Gruppe 2	f	5	,20		
		Gesamt		25	1,00		
26 - 30	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	8	,57	,50	,791
		Gruppe 2	f	6	,43		
		Gesamt		14	1,00		
> 30	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	10	,83	,50	,039
		Gruppe 2	f	2	,17		
		Gesamt		12	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Test auf Binominalverteilung für Alter der Mütter auf das Geschlecht der Jungtiere (Gattung *Hylobates*)

**Test auf Binomialverteilung**

Alter der Mutter/ <i>Hylobates</i>	Kategorie	N	Beobachteter		Exakte Signifikanz (2- seitig)	
			Anteil	Testanteil		
.	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1 m	34	,37	,50	,021
		Gruppe 2 f	57	,63		
		Gesamt	91	1,00		
< 8	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1 m	29	,53	,50	,788
		Gruppe 2 f	26	,47		
		Gesamt	55	1,00		
8 - 10	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1 m	38	,49	,50	1,000
		Gruppe 2 f	39	,51		
		Gesamt	77	1,00		
11 - 13	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1 m	65	,52	,50	,789
		Gruppe 2 f	61	,48		
		Gesamt	126	1,00		
14 - 16	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1 m	64	,56	,50	,263
		Gruppe 2 f	51	,44		
		Gesamt	115	1,00		
17 -20	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1 m	56	,51	,50	,924
		Gruppe 2 f	54	,49		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

		Gesamt		110	1,00		
21 - 25	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	51	,61	,50	,063
		Gruppe 2	f	33	,39		
		Gesamt		84	1,00		
26 - 30	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	26	,55	,50	,560
		Gruppe 2	f	21	,45		
		Gesamt		47	1,00		
> 30	Geschlecht Nachwuchs	Gruppe 1	m	9	,30	,50	,043
		Gruppe 2	f	21	,70		
		Gesamt		30	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

Test auf Binominalverteilung für Alter der Väter auf das Geschlecht der Jungtiere (Gattung *Hylobates*)

Test auf Binomialverteilung						
Alter des Vaters/Hylobates	Kategorie	N	Beobachteter		Exakte Signifikanz (2-	
			Anteil	Testanteil	seitig)	
.	Geschlecht	Gruppe 1	f	50	,50	1,000
		Gruppe 2	m	51	,50	
		Gesamt		101	1,00	
< 8	Geschlecht	Gruppe 1	f	77	,53	,453
		Gruppe 2	m	67	,47	
		Gesamt		144	1,00	
8 - 10	Geschlecht	Gruppe 1	f	66	,40	,012
		Gruppe 2	m	99	,60	
		Gesamt		165	1,00	
11 - 13	Geschlecht	Gruppe 1	m	128	,56	,074
		Gruppe 2	f	100	,44	
		Gesamt		228	1,00	
14 - 16	Geschlecht	Gruppe 1	m	117	,57	,050
		Gruppe 2	f	88	,43	
		Gesamt		205	1,00	
17 - 20	Geschlecht	Gruppe 1	m	107	,53	,483
		Gruppe 2	f	96	,47	
		Gesamt		203	1,00	
21 - 25	Geschlecht	Gruppe 1	f	70	,41	,031
		Gruppe 2	m	99	,59	

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

		Gesamt		169	1,00		
26 - 30	Geschlecht	Gruppe 1	m	71	,61	,50	,020
		Gruppe 2	f	45	,39		
		Gesamt		116	1,00		
> 30	Geschlecht	Gruppe 1	m	48	,58	,50	,187
		Gruppe 2	f	35	,42		
		Gesamt		83	1,00		

Der Einfluss des Alters der Parentalgeneration auf die  
Geschlechtsbildung ex-situ geborener Gibbons

**Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit bestätige ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig verfasst wurde und ich keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel – insbesondere keine im Quellenverzeichnis nicht benannten Internet-Quellen - benutzt habe und die Arbeit von mir vorher nicht in einem anderen Prüfungsverfahren eingereicht wurde. Die eingereichte schriftliche Fassung entspricht der auf dem elektronischen Speichermedium CD-ROM.

Landau, den 30.09.2016

.....

(Unterschrift)