



Primaten

Katalog zur Ausstellung



Jahre  
1977 - 2017

Deutsches Primatenzentrum

Leibniz-Institut für Primatenforschung

Titelbild: Nahaufnahme des Gesichtes eines Anubispavians (*Papio anubis*), fotografiert im Lake-Manyara-Nationalpark in Tansania. Von den sechs in Afrika lebenden Pavianarten hat der Anubispavian die weiteste Verbreitung, er bewohnt die gesamte Sahelzone südlich der Sahara von Mauretanien und Mali bis in den Sudan und im Süden bis in die Demokratische Republik Kongo und Tansania. Wegen seines olivgrünen Fells wird er auch Grüner Pavian genannt. Foto: Sascha Knauf

# *Primaten*

Ausstellung

11. September 2017 bis 28. Februar 2018

am

**Deutsches Primatenzentrum**

Leibniz-Institut für Primatenforschung

# Danksagung

---

An dieser Stelle möchten wir uns bei allen Ideengebern, Unterstützern und tatkräftigen Helfern bedanken, die das Entstehen dieser Ausstellung in den letzten Wochen und Monaten ermöglicht und bereichert haben. Ohne die hilfreichen Tipps und Ratschläge vieler erfahrener Museumsschaffender, die Leihgaben – seien es Exponate oder Ausstattung – aus dem Fundus der Sammlungen der Universität und anderer Göttinger Institute sowie die vielen helfenden Hände im DPZ, hätten wir die Ausstellung nicht in dieser Form realisieren können.

Unser herzlicher Dank richtet sich an:

das **Zoologische Museum der Universität Göttingen** und das **Naturkundemuseum Erfurt** für das Restaurieren und zur Verfügung stellen zahlreicher Primatendermoplastiken

das **Zentrum Anatomie der Universitätsmedizin Göttingen** für die Leihgaben eines menschlichen Skelettes und menschlicher Schädel

die **Zentrale Kustodie der Universität Göttingen** und das **Max-Planck-Institut für experimentelle Medizin, Göttingen** für das Ausleihen von Tisch- und Standvitrinen

das **Zoologische Forschungsmuseum Alexander Koenig, Bonn**, das **Senckenberg Naturmuseum Frankfurt** und das **Museum für Naturkunde Berlin** für Beratung und viele hilfreiche Tipps

die **IUCN SSC Primate Specialist Group** für die Einsicht in das unveröffentlichte Manuskript „Primates in Peril – The World’s 25 Most Endangered Primates 2016-2018“

**Stephen Nash** für das zur Verfügung stellen seiner Illustrationen der meistbedrohten Primatenarten

die **Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Sektion Organismische Primatenbiologie des DPZ** für Beratung und zur Verfügung stellen von Materialien

die **Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Claudia Fichtel, Julia Fischer, Kurt Hammerschmidt, Eckhard W. Heymann, Peter M. Kappeler, Julia Ostner, Christian Roos, Oliver Schülke und Dietmar Zinner vom DPZ sowie Tobias Deschner vom MPI für evolutionäre Anthropologie** für die wissenschaftliche Beratung bei der Erstellung der Katalogtexte und Exponate sowie für Ihre Bereitschaft, die Ausstellung mit Vorträgen zu bereichern

die **Abteilung Infektionspathologie des DPZ** für das zur Verfügung stellen von Primatenskeletten, -schädeln und -extremitäten

die **Stabsstellen Betriebstechnik und IT** sowie die **Internen Dienste** für technische Unterstützung, Hilfe beim Aufbau und Transport von Exponaten.

# Inhalt

---

Primaten – Wir sind viele .....	05
1. Primatenmerkmale .....	07
Wir und die Anderen	
2. Evolution und Diversität der Primaten .....	09
Makis, Makaken und mehr	
Down to the bone	
3. Bedrohung .....	19
Primaten in Gefahr	
4. Sozialsysteme.....	23
Wer mit wem?	
5. Regenwaldökologie.....	27
Kleine Affen und große Bäume	
6. Freilandforschung in Thailand.....	31
Gestresste Affenmütter und ihre Kinder	
7. Freilandforschung über Lemuren.....	35
Im Reich der Schattengeister	
8. Biodiversität und Artenvielfalt.....	41
Das wertvollste Kapital unserer Erde	
9. Kognition .....	45
Können Affen statistisch denken?	
10. Kommunikation.....	49
Auf der Suche nach der Entstehung der Sprache	



# Primaten – Wir sind viele

---

Der Mensch ist ein Primate. Ebenso wie das niedliche Totenkopffäffchen, der kraftstrotzende Gorilla und der intelligente Schimpanse. Damit sind schon mal die wichtigsten Klischees bedient. Viel interessanter ist es, sich die verschiedenen Sozialsysteme dieser heterogenen Tiergruppe anzuschauen oder herauszufinden, wie sich die einzelnen Arten im Laufe der Evolution entwickelt und an ihre verschiedenen Lebensräume angepasst haben. Da gibt es die friedlichen Guinea-Paviane im Senegal, die in mehrschichtigen Gesellschaften leben. Und die nur auf Madagaskar vorkommenden Lemuren mit ihrer großen Vielfalt an Formen und Lebensweisen. In Südamerika lässt sich hervorragend beobachten, wie sich Affen und Pflanzen aneinander angepasst haben und zum Funktionieren des Ökosystems Regenwald beitragen. Welchen Einfluss Stress in der Schwangerschaft auf das Leben von Affenkindern hat, untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Assammakaken in Thailand. Dies sind nur einige Schlaglichter aus der Forschung an den vier Feldstationen des Deutschen Primatenzentrums (DPZ), die in der Ausstellung „Primaten“ aufgegriffen werden.

Sehen wir einem (Altwelt-)Affen ins Gesicht, so erkennen wir einen Verwandten. Dies führt fast zwangsläufig zu der Frage, wie es geschehen konnte, dass der Mensch so deutlich höhere geistige Fähigkeiten entwickelt hat als alle anderen Primaten. Hätte die Evolution auch anders verlaufen können, wie der Film „Planet der Affen“ suggeriert? Und wie steht es mit unserer Verantwortung vor dem Hintergrund, dass rund 60 Prozent aller Primatenarten vom Aussterben bedroht sind, während wir Menschen uns rasant bis in die letzten Winkel der Erde ausbreiten?

In der Ausstellung „Primaten“ wollen wir unsere Faszination für die Primatenforschung mit den Besucherinnen und Besuchern teilen und einen Einblick geben in die Welt unserer nächsten Verwandten. Interaktive Expona-

te, Dermoplastiken verschiedener Affenarten sowie Bilder und Filme entführen in das Reich der Primaten von Südamerika über Afrika und Madagaskar bis nach Thailand. Wir laden Sie ein, unsere Forscherinnen und Forscher sowie ihre Studienobjekte kennenzulernen.

Wir bedanken uns beim Zoologischen Museum und der Zentralen Kustodie der Universität Göttingen, beim Zentrum Anatomie der Universitätsmedizin Göttingen, beim Naturkundemuseum Erfurt, beim Max-Planck-Institut für Experimentelle Medizin, bei der IUCN Primate Specialist Group, bei Stephen Nash und bei den vielen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des DPZ für ihre vielen hilfreichen Tipps, Beratung, Kritik, die freundlichen Leihgaben und die tatkräftige Unterstützung für unsere Ausstellung.

Wir wünschen Ihnen interessante Einsichten während des Rundgangs durch unsere Ausstellung und freuen uns über Ihr Feedback.

Stabsstelle Kommunikation  
Deutsches Primatenzentrum



Illustration eines männlichen Borneo Orang-Utans (*Pongo pygmaeus*). Bei diesen ausschließlich baumbewohnenden Menschenaffen sind Hände und Füße an das Greifen angepasst. Illustration mit freundlicher Genehmigung von © Stephen D. Nash / IUCN SSC Primate Specialist Group 2013.



## Wir und die Anderen

### Was ist ein Primat?

**Exponate:** 1.1 Dermoplastik: Borneo Orang-Utan ■ 1.2 Schautafel: Was ist ein Primat?

„Wenn wir nicht absichtlich unsere Augen schließen, so können wir nach unseren jetzigen Kenntnissen annähernd unsere Abstammung erkennen und dürfen uns derselben nicht schämen“, schrieb Charles Darwin 1871 in „Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl“ und löste damit einen Aufschrei aus. Sollen wir etwa vom Affen abstammen? Dabei war diese Ähnlichkeit zwischen dem Menschen und den Affen bereits gut 100 Jahre zuvor Carl Linnaeus aufgefallen, der 1758 in der berühmten zehnten Auflage seiner „Systema Naturae“ den Menschen zu den Primaten gesellte. Während Linnaeus jedoch noch von einer Schöpfung der Arten ausging, war Darwin von einem gemeinsamen Vorfahren aller heute lebenden Primaten, einschließlich des Menschen, überzeugt.

Brauchen wir also nur unsere eigenen Merkmale anzuschauen und erkennen bei Übereinstimmung sofort alle anderen Primaten? So einfach ist es nicht. Schaut man sich die gemeinsamen Merkmale der Primaten an, so sind viele von ihnen ursprüngliche Säugetiermerkmale, die auch in anderen Säugetierordnungen auftreten, wie zum Beispiel die Fünfgliedrigkeit der Hände und Füße. Nur eine sogenannte Synapomorphie – ein abgeleitetes Merkmal, das bei einem gemeinsamen Vorfahren entstanden sein muss und bei anderen Gruppen nicht auftritt – lässt eine eindeutige Identifizierung zu. So ein eindeutiges Merkmal gibt es bei den Primaten nicht. Deshalb wird in der Regel eine Kombination von Merkmalen herangezogen, die eine Eingrenzung der Ordnung ermöglicht (Martin 1990).

Auffällig ist die Betonung des Gesichtssinnes. Die Augen sind nach vorn gerichtet, was ein dreidimensionales Sehen ermöglicht. Der Geruchssinn ist demgegenüber bei den meisten Arten eher reduziert. Die Hände und Füße sind an das Greifen angepasst und haben Tastfelder, soge-

nannte Papillarleisten, an ihren Innenseiten sowie meistens flache Nägel. Mit Ausnahme des Menschen können alle Primaten ihre Großzehe opponieren, das heißt den anderen Zehen gegenüberstellen. Insgesamt scheint es eine Tendenz zu einer aufrechteren Körperhaltung zu geben. Auf den ersten Blick weniger offensichtlich sind die Reduktion der Anzahl der Zähne auf maximal 36 und die geringe Spezialisierung der Backenzähne. Das Gehirn der Primaten ist relativ groß und die Dichte von Nervenzellen in der Hirnrinde ist höher als bei anderen Säugetieren, was in Zusammenhang mit der visuellen Spezialisierung diskutiert wird (Barton 2006).

Auch in ihrer Lebensgeschichte unterscheiden sich Primaten von den meisten anderen Säugetieren. Die einzelnen Lebensabschnitte sind deutlich verlängert: Auf eine lange Tragzeit folgt ein langsames Wachstum der Jungtiere und eine späte Geschlechtsreife. Insgesamt werden wenige Jungtiere geboren, in die dann aber viel investiert wird. Alle Primaten, mit Ausnahme des Menschen, sind Bewohner der Tropen und Subtropen und die meisten leben in Gruppen (Geissmann 2003).

#### Literatur

- Barton RA (2006): Primate brain evolution: integrating comparative, neurophysiological, and ethological data. *Evolutionary Anthropology* 15: 224-236.
- Martin RD (1990): *Primate Origins and Evolution – A Phylogenetic Reconstruction*. London, Chapman and Hall.
- Geissmann T (2003): *Vergleichende Primatologie*. Berlin, Springer Verlag.



Lemuren (Lemuriformes) 106 Arten



Loriartige (Loriformes) 35 Arten



Koboldmakis (Tarsiiformes) 11 Arten



Neuweltaffen (Platyrrhini) 175 Arten



Schlank- und Stummeltaffen (Colobinae) 78 Arten



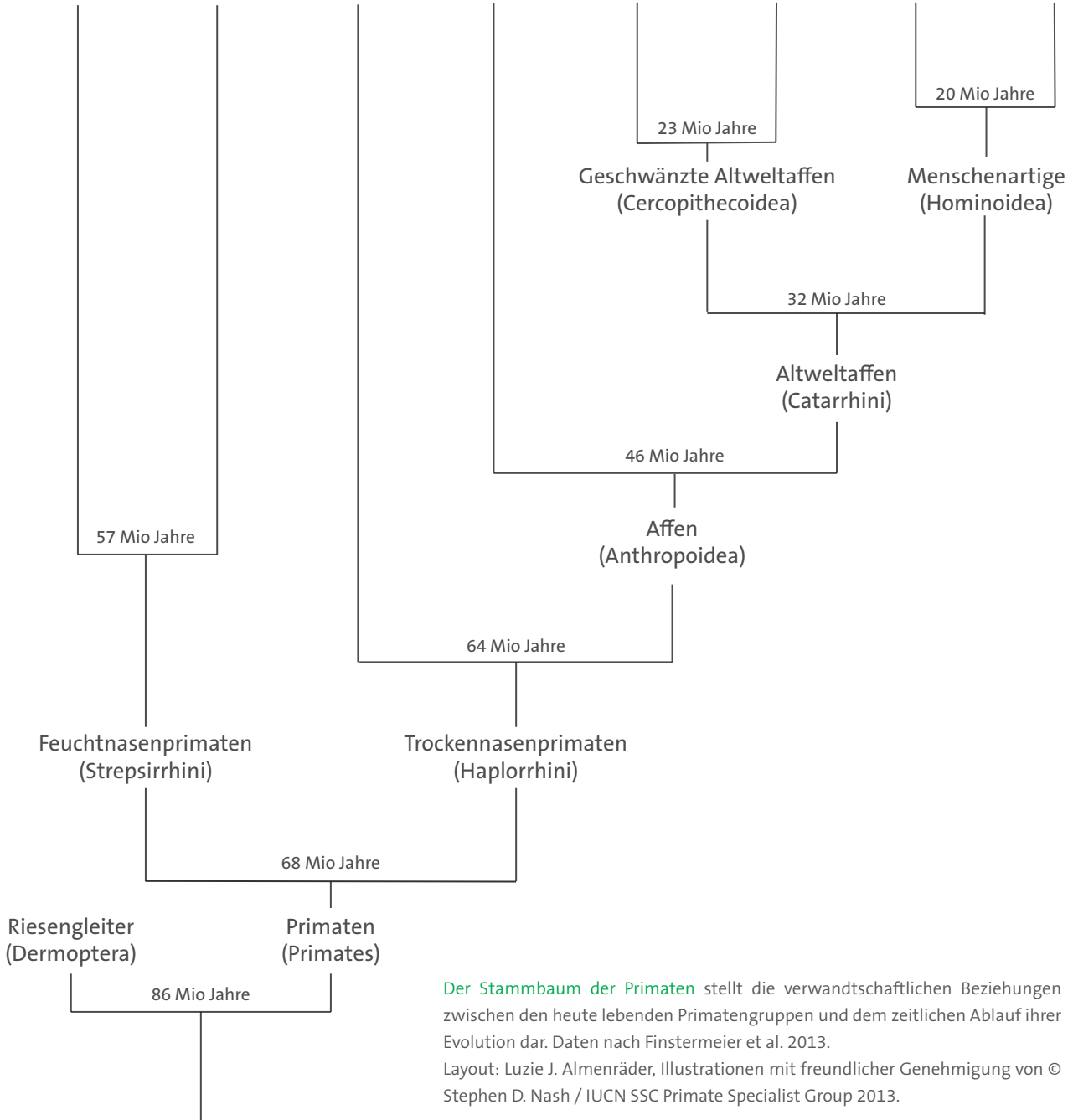
Backentaschenaffen (Cercopithecoinae) 82 Arten



Gibbons (Hylobatidae) 20 Arten



Menschenaffen (Hominidae) 7 Arten



Der Stammbaum der Primaten stellt die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den heute lebenden Primatengruppen und dem zeitlichen Ablauf ihrer Evolution dar. Daten nach Finstermeier et al. 2013.

Layout: Luzie J. Almenröder, Illustrationen mit freundlicher Genehmigung von © Stephen D. Nash / IUCN SSC Primate Specialist Group 2013.

# Makis, Makaken und mehr

## Die Vielfalt der Primaten und wie sie entstand

**Exponate:** 2.1 Wandinstallation: Stammbaum der Primaten ■ 2.2 Dermoplastiken: Vielfalt der Primatenarten ■ 2.3 Schattensrisse: Größenunterschiede – vom Mausmaki bis zum Gorilla ■ 2.4 Interaktive Schautafel: Stammbaumquiz

Betrachtet man die heute lebenden Arten der Ordnung der Primaten, stößt man auf eine erstaunliche Vielfalt in Größe, Aussehen und Spezialisierungen, so dass es manchmal unglaublich scheint, dass sie alle von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen. Dieser gemeinsame Vorfahre entstand, als sich die sogenannten Primatomorpha in den Vorfahren der heutigen Riesengleiter (Dermoptera) und den ersten Primaten aufspalteten und lebte vor ungefähr 80 Millionen Jahren. Die nächsten Verwandten der Primaten sind also nicht, wie lange geglaubt, die Spitzhörnchen (Scandentia), sondern katzenartige Säugetiere, deren Besonderheit eine Flughaut ist, die alle Extremitäten und den Schwanz umspannt und mit deren Hilfe die Tiere von Baum zu Baum gleiten können (Mason et al. 2016). Während die Ordnung der Riesengleiter heute nur noch zwei in Südostasien lebende Arten umfasst, werden bei den Primaten aktuell 514 Arten in 16 Familien unterschieden. Die Zahl der Arten ist in den vergangenen 20 Jahren durch die neuen Möglichkeiten der Artunterscheidung mit genetischen Methoden rasant gestiegen.

Die Diversifizierung der Primaten begann vor ungefähr 68 Millionen Jahren mit der Aufspaltung in Feuchtnasenprimaten (Strepsirrhini) und Trockennasenprimaten (Haplorrhini) (Finstermeier et al. 2013), gut erkennbar an ihrem feuchten unbehaarten Nasenspiegel beziehungsweise ihrer trockenen behaarten Nase. Bei den Feuchtnasenprimaten unterscheidet man heute zwei Gruppen, die Lemuren (Lemuriformes) und die Loriartigen (Lorisiformes). Die Lemuren leben ausschließlich auf Madagaskar und den Komoren und umfassen fünf Familien mit 106 Arten, zu denen die kleinsten Primaten der Welt, die Mausmakis, gehören. Zu den Loriartigen gehören die Familien der Loris und der Galagos. Während sich die afrikanischen Galagos mit ihren langen Hinterbeinen

springend fortbewegen, sind bei den langsamen Loris der Daumen und die Großzehe verstärkt und der zweite Finger beziehungsweise Zeh extrem reduziert, was ihnen den Namen „Greifzangen-Kletterer“ einbrachte.

Den Feuchtnasenprimaten gegenüber stehen die Trockennasenprimaten, die sich vor rund 64 Millionen Jahren in Koboldmakis (Tarsiiformes) und eigentliche Affen (Anthropoidea) aufgespalten haben. Die Familie der kleinen nachtaktiven Koboldmakis mit den großen Augen lebt mit elf Arten in Südostasien. Vor rund 46 Millionen Jahren erfolgte die Aufspaltung der Affen in Neuweltaffen (Platyrrhini) und Altweltaffen (Catarrhini), die, wie ihre Namen besagen, ausschließlich in Süd- und Mittelamerika beziehungsweise in Afrika und Asien beheimatet sind. Ein deutliches Unterscheidungsmerkmal von Neuwelt- und Altweltaffen ist die Form der Nase. Während bei den Neuweltaffen die Nasenscheidewand breit ist und die runden Nasenlöcher nach außen zeigen, weshalb sie auch Breitnasenaffen genannt werden, ist die Nasenscheidewand bei den Altweltaffen schmal und die eng beieinanderstehenden Nasenlöcher zeigen nach vorn beziehungsweise nach unten.

Neuweltaffen umfassen 175 Arten in fünf Familien, die zum Teil besondere Spezialisierungen aufweisen. Bei den Krallenaffen (Callitrichidae) sind die Nägel, mit Ausnahme der Großzehe, zu Krallen umgeformt, was den kleinen Tieren das Klettern an senkrechten Baumstämmen ermöglicht. Bei den Klammerschwanzaffen (Atelidae) ist der hintere untere Teil des Schwanzes haarlos und mit Tastfeldern versehen, dient als Greifschwanz und wird oft als die Fünfte Hand bezeichnet.

Die Altweltaffen spalteten sich vor ungefähr 32 Millionen Jahren in die Geschwänzten Altweltaffen (Cercopithecidae) und die langschwänzigen Altweltaffen (Hominoidea).



Der Japan-Makak (*Macaca fuscata*) gehört zu den Backentaschenaffen. Einige Vertreter dieser Art haben es sich angewöhnt, im Winter in heißen Quellen zu baden. Foto: Sebastian Lehmann

pithecoidea) und die Menschenartigen (Hominoidea). Die Meerkatzenverwandten (Cercopithecidae) sind die einzige Familie der Geschwänzten Altweltaffen, die mit 160 Arten die artenreichste innerhalb der Primaten darstellt. Man unterscheidet zwei große Unterfamilien, die Schlank- und Stummelaffen (Colobinae) und die Backentaschenaffen (Cercopithecinae). Schlank- und Stummelaffen kommen sowohl in Afrika als auch in Südostasien vor und haben sich mehr oder weniger auf die Ernährung mit Blättern spezialisiert. Dafür haben sie einen mehrteiligen Magen mit Cellulose-abbauenden Bakterien, ähnlich wie die Wiederkäuer. Die Backentaschenaffen dagegen sind Allesfresser, die ähnlich wie ein Hamster ihre Nahrung in Backentaschen verstauen können. Zu ihnen gehören die bekanntesten Primatenarten, wie Paviane, Rhesusaffen oder die buntgesichtigen Mandrills.

Bei den Menschenartigen unterscheidet man die sogenannten Kleinen Menschenaffen, die Gibbons (Hylobatidae), von den Großen Menschenaffen (Hominidae). Die beiden Familien haben sich vor ungefähr 20 Millionen Jahren voneinander getrennt. Gibbons sind Baumbewohner und leben in kleinen Familiengemeinschaften in den Regenwäldern Südostasiens. Wie alle Menschenaffen haben sie keinen Schwanz. Es gibt 20 verschiedene Gibbonarten. Zu den Großen Menschenaffen gehören zwei Orang-Utan-Arten, zwei Gorilla- und zwei Schimpansenarten sowie die einzige heute noch lebende Menschenart *Homo sapiens*. Während sich die Orang-Utans und die Gorillas bereits vor 15 beziehungsweise acht Millionen Jahren von den übrigen Menschenaffen trennten, lebte der letzte gemeinsame Vorfahre von Mensch und Schimpansen bis vor ungefähr sechs Millionen Jahren (Mittermeier et al. 2013).

## Stammt der Mensch vom Affen ab?

Es steht wohl heutzutage außer Frage, dass der Mensch, wie alle anderen Lebewesen auch, ein Produkt der Evolution ist und dass es einen gemeinsamen Vorfahren aller heute lebenden Primaten, einschließlich des Menschen, gegeben hat. Das Problem scheint daher eher ein semantisches zu sein: Wie bezeichnen wir unsere gemeinsamen Vorfahren? Wissenschaftlich korrekt ist in



Der Sansibar-Stummelaffe (*Ptilinopus kirkii*) ist ein Vertreter der Schlank- und Stummelaffen. Foto: Olivier Lejade, France (P8200013.JPG) [CC BY-SA 2.0 (creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0)], Wikimedia Commons

jedem Fall die Bezeichnung „Primat“. In der deutschsprachigen Wissenschaft bezeichnet man die Anthroidea, jene Gruppe, die sich nach Aufspaltung der Trocken-nasenprimaten von den Koboldmakis getrennt hat, als „eigentliche Affen“, in neuerer Literatur auch nur noch als „Affen“. Diese beinhaltet alle Familien der Neuwelt- und Altweltaffen, einschließlich Menschenaffen - und damit den Menschen. Wenn man also bereits diesen ersten Anthropoiden, der vor 64 Millionen Jahren lebte, als Affen bezeichnet, muss man folgerichtig davon ausgehen, dass unsere Vorfahren der letzten 64 Millionen Jahre Affen waren. Es bleibt also nur eine einzige logische Antwort auf die Frage: Der Mensch stammt nicht nur vom Affen ab, er ist auch einer.

### Literatur

- Mason VC, Li G, Minx P, Schmitz J, Churakov G, Doronina L, Melin AD, Dominy NJ, Lim NT-L, Springer MS, Wilson RK, Warren WC, Helgen KM, Murphy WJ (2016): Genomic analysis reveals hidden biodiversity within colugos, the sister group of primates. *Science Advances* 2: e1600633.
- Finstermeier K, Zinner D, Brameier M, Meyer M, Kreuz E, Hofreiter M, Roos C (2013): A mitogenomic phylogeny of living primates. *PLoS One* 8(7): e69504.
- Mittermeier RA, Ryland AB, Wilson DE (2013): *Handbook of the Mammals of the World*. Vol. 3. Primates. Barcelona, Lynx Edicions.



Die Abbildung zeigt Schädel verschiedener weiblicher Primaten. Von links nach rechts: Mensch (*Homo sapiens*), Schimpanse (*Pan troglodytes*), Javaneraffe (*Macaca fascicularis*), Gehaubter Kapuzineraffe (*Sapajus apella*), Katta (*Lemur catta*), Grauer Mausmaki (*Microcebus murinus*).

Präparationen der Affenschädel: Wolfgang Henkel, Foto: Karin Tilch

# Down to the bone

## Die Evolution steckt in unseren Knochen

**Exponate:** 2.5 Skelette: Weißbüschelaffe, Mantelpavian und Mensch ■ 2.6 Schautafeln: Anpassungen der Primatenskelette an die Fortbewegung ■ 2.7 Tischvitrine: Schädel, Extremitäten und Schwänze verschiedener Primatenarten ■ 2.8 Schautafel: Merkmale der Hände, Füße und Schädel ■ 2.9 Dermoplastik: Hand eines Gorillas

Ob Lemuren im Trockenwald von Madagaskar, Paviane in den Savannengebieten Afrikas oder Orang-Utans im feuchten Regenwald von Indonesien – Primaten haben sich im Laufe der Evolution an verschiedene Lebensräume angepasst. Dabei zeigen sie eine große Vielfalt an unterschiedlichen Lebensweisen, die sich zum Beispiel in Fortbewegungsarten, Aktivitätszeiten, Nahrungsbeschaffung, Sozialleben oder der Kommunikation manifestieren. Die evolutionäre Anpassung eines Tieres an seinen Lebensraum durch Ausprägung bestimmter Merkmale wird als Adaptation bezeichnet. Diese Merkmale verschaffen Lebewesen gegenüber anderen einen evolutionären Vorteil (Vermeij 1978).

Die Vielfalt der heute lebenden Primaten ist das Ergebnis einer sogenannten adaptiven Radiation. Es bedeutet, dass aus einer weniger spezialisierten Art (Urprimat) durch Ausbildung spezifischer Anpassungen an vorhandene Umweltverhältnisse viele stärker spezialisierte Arten entstehen. Die Primaten sind somit eine Gruppe eng verwandter Tiere, die unterschiedliche Merkmale in Körperbau oder Verhaltensweisen entwickelt haben, um verschiedene Lebensräume nutzen zu können. Einige dieser Anpassungen können unter anderem sehr gut im Aufbau des Skeletts, speziell der Extremitäten, beobachtet werden.

### Laufen, Springen, Hangeln – das Primatenskelett

Bezogen auf Spezialisierungen im Körperbau sind Primaten eine eher homogene Gruppe. Unterschiede zeigen sich jedoch besonders im Aufbau der Arme und Beine in Abhängigkeit von der Fortbewegungsweise. Bei Primaten können vereinfacht vier Hauptarten der Fortbewegung unterschieden werden: vierbeiniges Laufen, senkrecht

Klettern und Springen, Schwinghangeln und zweibeiniges Laufen. Innerhalb dieser Haupttypen haben sich zum Teil mehrere Unterkategorien und zahlreiche Variationen zwischen den verschiedenen Primatenarten entwickelt. Auch können die einzelnen Primatenarten nicht strikt den vier Fortbewegungsarten zugeordnet werden. Denn bis auf den Menschen, der ausschließlich auf zwei Beinen geht, sind Primaten sehr flexibel in ihrer Fortbewegungsweise. Ein Schimpanse zum Beispiel läuft je nach Umgebung auf vier Beinen, klettert auf Bäume, schwingt von Ast zu Ast und kann auch zeitweise auf zwei Beinen unterwegs sein. Südamerikanische Klammer- oder Spinnenaffen laufen agil auf allen Vieren in den Bäumen, hangeln sich aber auch geschickt von Ast zu Ast und nehmen dabei ihren Greifschwanz als fünftes Gliedmaß zu Hilfe. Trotz dieser fließenden Übergänge sind Tendenzen zur bevorzugten Fortbewegung bei den einzelnen Arten erkennbar, deren Anpassung sich im Körperbau zeigt. Die Unterschiede zwischen den vier Hauptfortbewegungsarten werden im Wesentlichen davon bestimmt, in welchem Maße die Arme oder Beine zum Klettern, Springen, Laufen oder Hangeln eingesetzt werden.

Primatenarten, die überwiegend klettern und von Ast zu Ast springen, haben kräftigere und längere hintere Gliedmaßen ausgebildet. Galagos, Koboldmakis oder Lemuren wie Indris oder Wieselmakis haben sich so sehr gut an ihre Lebensweise in den Bäumen angepasst. Auch beim Menschen, der als einzige Primatenart ausschließlich auf zwei Beinen unterwegs ist, sind die unteren Gliedmaßen stärker ausgebildet. Arten, die dagegen eher auf allen Vieren laufen, haben nahezu gleich lange Vorder- und Hinterextremitäten. Allerdings gibt es auch hier zum Teil Unterschiede in der Dominanz der Hinterbeine. Languren oder Stummelaffen beispielsweise bewegen sich vier-



Gipsabdruck vom rechten Fuß eines weiblichen Westlichen Gorillas (*Gorilla gorilla*). Die Großzehe ist abgespreizt und opponierbar, was eine Greifbewegung ermöglicht. Abdruck: Werner Beckmann, Foto: Karin Tilch

beinig fort, springen aber auch häufig und haben einen „galoppierenden Gang“ entwickelt, was ihnen kräftigere Hinterbeine eingebracht hat. Bei Läufern, die sich überwiegend am Boden aufhalten, unterscheidet man zwischen Arten, die die gesamte Hand aufsetzen, wie zum Beispiel Paviane, Mandrills oder Makaken, und Arten, die auf den Fingerknöcheln laufen, wie Gorillas oder Schimpansen. Die baumlebenden Läufer sind eine sehr heterogene Gruppe, zu der diverse Vertreter von Lemuren, Loris, Altwelt- und Neuweltaffen gehören (Martin 1990, Napier und Groves 2017).

Die Menschenaffen haben aufgrund ihres zunehmenden Gewichtes das Hangeln als Fortbewegungsweise unter dem Ast entwickelt (Napier und Napier 1985). Besonders die Gibbons haben diese Art der Fortbewegung perfektioniert, die als Schwinghangeln oder Brachiation bezeichnet wird. Dabei schwingen sie nur unter Einsatz ihrer vorderen Gliedmaßen, abwechselnd von Ast zu Ast greifend, durch die Bäume. Ihre Arme sind dafür besonders lang und kräftig ausgebildet. Auch alle anderen Menschenaffenarten können sich hangelnd fortbewegen. Sie nehmen dabei aber auch oft ihre hinteren Gliedmaßen zu Hilfe, was als vierbeiniges Hangeln oder Klettern be-

zeichnet wird. Besonders geschickt sind dabei die Orang-Utans (Martin 1990).

Neben der Länge der vorderen Extremitäten zeigen auch die Beweglichkeit des Schultergelenks und die Formen der Hände eine Anpassung an das Hangeln unter dem Ast. Affenarten, die sich vornehmlich auf allen Vieren fortbewegen, können ihre Vorderextremitäten nur in begrenztem Maße seitlich abspreizen. Der ovale Gelenkkopf des Schultergelenks lässt hauptsächlich eine Vor- und Zurückbewegung zu. Die Hangler besitzen dagegen einen Kugelgelenkkopf im Schultergelenk, der eine dreidimensionale Schulterbeweglichkeit ermöglicht (Eimerl und De Vore 1977). Auch die Handform gibt Aufschluss über die Fortbewegungsweise. Hangelnde Affenarten krümmen ihre letzten Finger-

glieder ohne Benutzung des Daumens um den Ast. Sie bilden also mit der Hand sozusagen einen „Haken“ und greifen nicht um den Ast. Ihr Daumen sitzt daher tief in der Nähe des Handgelenks am schmalen Handteller oder ist stark reduziert, wie bei den Klammeraffen. Alle vierbeinig laufenden Affenarten besitzen dagegen einen relativ breiten Handteller mit kurzen Fingern und hohem Daumenansatz (Kuhn 1988).

### Mit Kraft und Präzision – Hände und Füße

Alle Primatenarten haben gut ausgebildete Hände, die zum Greifen geeignet sind. Das befähigt sie dazu, Dinge wie mit einer Zange gut festzuhalten und bringt ihnen entscheidende Vorteile bei der täglichen Nahrungsbeschaffung und der Fortbewegung. Primaten können gut klettern, weil sie sich auch in den höchsten Baumwipfeln sicher festhalten. Sie können Blätter und Früchte pflücken, Nüsse knacken und Werkzeuge benutzen. Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der sogenannten Opponierbarkeit des Daumens. Es bedeutet, dass dieser den anderen Fingern gegenübergestellt werden kann. Ermöglicht wird diese Beweglichkeit durch ein Sattelgelenk an der Basis des Daumens – ein Gelenk, das wie zwei aufeinander-



der gestülpte Sattel aussieht und eine Bewegung in zwei Ebenen zulässt.

Bei den Altweltaffen, zu denen auch Menschenaffen inklusive Mensch gehören, ist die Opponierbarkeit des Daumens besonders weit entwickelt. Lemuren, Galagos, Loris, Koboldmakis und auch Neuweltaffen haben kein Sattelgelenk, sondern ein Scharniergelenk am Daumen ausgebildet. Der Daumen ist von der übrigen Hand abgespreizt und kann nur seitlich zur Hand bewegt, jedoch nicht vollständig opponiert werden. Diese begrenzte Rotationsfähigkeit des Daumens wird als Pseudo-Opponierbarkeit bezeichnet. Auch die Einzelfingerbeweglichkeit ist bei den Altweltaffen höher entwickelt als bei den anderen Primatenarten. Während diese jeden Finger einzeln bewegen können (Einzelfingerkontrolle), sind Lemuren, Loris, Galagos, Koboldmakis und Neuweltaffen nicht in der Lage, die Finger unabhängig voneinander zu bewegen. Beim Ergreifen von Gegenständen nehmen sie die ganze Hand und krümmen alle Finger gleichzeitig (Ganzhandkontrolle) (Martin 1990).

Diese eingeschränkte Beweglichkeit der Finger hat Auswirkungen auf die Feinmotorik der Hand. Altweltaffen sind in der Lage, sowohl mit der ganzen Hand zu greifen (Kraftgriff) als auch mit einzelnen Fingern (Präzisionsgriff), was ihnen Feinmanipulationen an Gegenständen von höchster Genauigkeit erlaubt. Alle anderen Primatenarten sind aufgrund der Anatomie ihrer Hände nur in der Lage, den Kraftgriff auszuführen (Napier und Groves 2017).

Neben den Greifhänden besitzen alle Primatenarten auch Greiffüße. Im Laufe der Evolution hat nur der Mensch die Fähigkeit zum Greifen mit dem Fuß verloren. Alle anderen Primaten besitzen eine opponierbare Großzehe, die den anderen Zehen gegenübergestellt werden kann und das Klettern und Festhalten von Nahrung erleichtert. Der menschliche Fuß funktioniert dagegen mit seinen kurzen Zehengliedern und dem nicht opponierbaren Großzeh wie ein steifer Hebel und ist sehr gut für das Zurücklegen langer Distanzen in flachem Gelände geeignet.



Hand eines männlichen jungen Sumatra Orang-Utans (*Pongo abelii*). Der Daumen ist opponierbar und in Anpassung an eine vornehmlich hangelnde Fortbewegung gegenüber den anderen Fingern verkürzt. Präparation: Wolfgang Henkel, Foto: Karin Tilch

## Primatenschädel und Sinne

Der Schädel der Primaten beherbergt wie bei allen anderen Säugetieren das Gehirn, die speziellen Sinnesorgane Augen, Ohren und Nase sowie den Kauapparat. Grob kann der Schädel in einen hinteren Gehirnschädel und einen vorderen Gesichtsschädel unterteilt werden. Obwohl der Aufbau bei allen Primaten ungefähr gleich ist, können die Schädel verschiedener Primatenarten unterschiedliche Erscheinungsformen haben – abhängig von der Größe und den zahlreichen Funktionen und Anpassungen.

Die Größe des Schädels wird im Wesentlichen von der Größe des Gehirns bestimmt. Primaten haben im Vergleich zu anderen Säugern verhältnismäßig große Gehirne. Innerhalb des Stammbaums der Primaten steigen Größe und Gewicht der Gehirne im Verhältnis zur Körpergröße an. Während das Gehirn eines Mausmakis auf Madagaskar nur rund 1,7 Gramm und das eines Kattas ungefähr 23 Gramm wiegt (MacLean et al. 2009), bringen Makaken-Gehirne schon rund 100 Gramm auf die Waage. Die Gehirne von Menschenaffen, wie Schimpanse und Orang-Utan, wiegen ungefähr 300 bis 500 Gramm. Das größte Denkgorgan besitzt der Mensch mit durchschnittlich 1300 Gramm (Bradbury 2005). Dementsprechend haben Menschenaffen und Menschen auch die größten Gehirnschädel entwickelt.

Der Teil des Gehirns, der sich bei Primaten signifikant weiterentwickelt hat, ist die Großhirnrinde, auch Neo-



Schädel eines nachtaktiven Westlichen Fettschwanzmakis (*Cheirogalaeus medius*) mit großen Augenhöhlen. Präparation: Wolfgang Henkel, Foto: Karin Tilch



Schädel eines männlichen Kattas (*Lemur catta*). Der Gesichtsschädel ist dem Gehirnschädel vorgelagert. Die Augen sind schräg nach vorn gerichtet und von knöchernen Postorbitalbögen umgeben, die nach hinten offen sind. Präparation: Wolfgang Henkel, Foto: Karin Tilch

cortex genannt. Sie umfasst den größten Teil des Gehirns und ist unter anderem für die Verarbeitung von sensorischen Signalen aus unserer Umwelt zuständig. Während bei den meisten Säugetieren der Geruchssinn eine übergeordnete Rolle spielt, hat er sich bei den Primaten im Laufe der Evolution zurückgebildet. Lemuren, die in der Nacht aktiv sind, besitzen noch einen gut entwickelten Geruchssinn und setzen ihn beispielsweise bei der Prüfung von Nahrung oder Kontakt mit Artgenossen ein. Tagaktive Altwelt- und Menschenaffen orientieren sich dagegen eher über ihren gut entwickelten visuellen Sinn. Die Entwicklung eines ausgeprägten visuellen Systems führte zur Erweiterung und Differenzierung des Neocortex (Napier und Groves 2017).

Die Schwerpunktverlagerung in Entwicklung und Einsatz der Sinnesorgane lässt sich auch an der Schädelform erkennen. Lemuren, wie Kattas oder Varis, besitzen eine hundartige Schnauze und eine flache Stirn. Ihr Gesichtsschädel befindet sich vor dem Gehirnschädel. Bei den anderen Primaten führte die Reduktion des Geruchssinns auch zur Rückentwicklung der knöchernen Bestandteile der Nase. Daher liegt der Gesichtsschädel unter dem Gehirnschädel. Eine Ausnahme bilden Altweltaffen wie Paviane oder Mandrills. Bei ihnen sind die Kieferknochen stark ausgebildet und bilden eine langgezogene Schnauze. Der Gesichtsschädel liegt aber auch bei ihnen unter dem stark aufgewölbten Gehirnschädel.



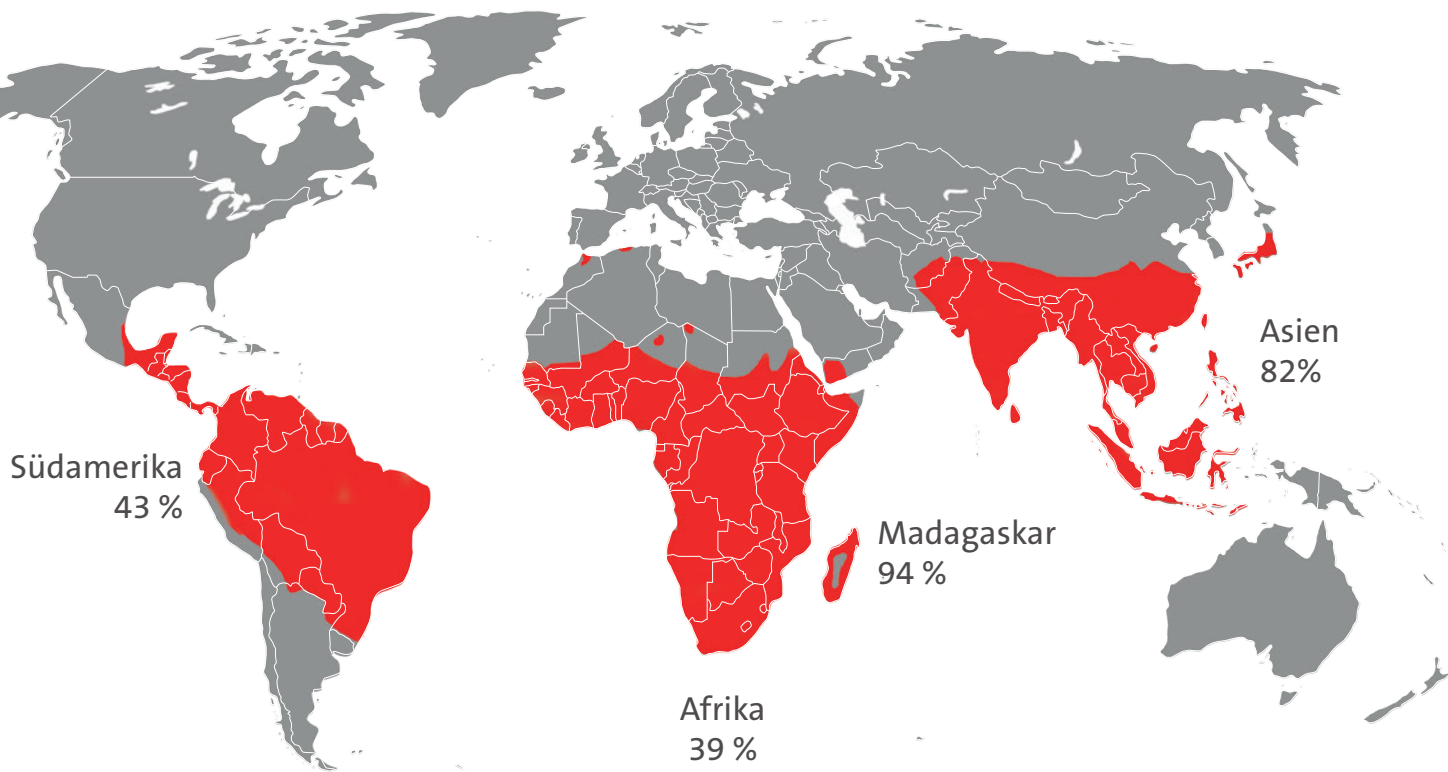
Schädel eines weiblichen Schimpansen (*Pan troglodytes*). Die Augen sind nach vorn gerichtet. Der Gesichtsschädel liegt unter dem Gehirnschädel. Die Augenhöhlen sind durch eine knöcherne Scheidewand verschlossen, so dass die Augen in einem „Becher“ liegen. Präparation: Wolfgang Henkel, Foto: Karin Tilch

Die Größe der Augenhöhlen im Schädel hängt unmittelbar mit der Größe der Augen zusammen. Große Augenhöhlen weisen deshalb eher auf Nachtaktivität hin und sind beispielsweise bei Mausmakis, Galagos oder Koboldmakis zu beobachten. Im Gegensatz zu vielen anderen Säugern sind die Augenhöhlen bei Primaten seitlich von einem knöchernen Ring (engl.: postorbital bar) begrenzt. Bei Lemuren ist die Augenhöhle nach hinten offen. Bei höheren Primaten sind die Augenhöhlen hinten durch eine knöcherne Scheidewand verschlossen, so dass die Augen wie in einem Becher liegen (engl.: postorbital closure). Auch die Augenposition ist bei Lemuren eher schräg nach vorn ausgerichtet, während alle anderen Primatenarten eine frontale Augenstellung haben. Die nach vorn gerichteten Augen verkleinern zwar das Sichtfeld, ermöglichen aber ein hochentwickeltes räumliches Sehvermögen, das die Beurteilung von Tiefen und Abständen ermöglicht und eine Anpassung der Primaten an eine Lebensweise und Fortbewegung in den Bäumen zeigt (Martin 1990).

#### Literatur

- Bradbury J (2005): Molecular insights into human brain evolution. *PLoS Biology* 3(3), e50
- Eimerl S, De Vore I (1977): *Die Primaten*. Hamburg, Time Life Book.
- Kuhn HJ (1988): Herrentiere oder Primaten. In: Grzimek B (Hrsg.): *Grzimeks Enzyklopädie der Säugetiere*. Band 4, Kindler Verlag, München

- MacLean EL, Barrickman NL, Johnson EM, Wall CE (2009): Sociality, ecology and relative brain size in lemurs. *Journal of Human Evolution* 56: 471-478.
- Martin RD (1990): *Primate Origins and Evolution: A Phylogenetic Reconstruction*. London, Chapman and Hall.
- Napier JR, Napier PH (1985): *The Natural History of Primates*. London, The British Museum.
- Napier JR, Groves CP (2017): *Primate*. Encyclopedia Britannica Online. Encyclopedia Britannica Inc.
- Vermeij GJ (1978): *Biogeography and Adaptation: Patterns of Marine Life*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.



Die Weltkarte zeigt die Verbreitung der heute lebenden Primaten sowie den Anteil bedrohter Arten in der jeweiligen Region. Daten aus Estrada et al. 2017. Karte: Graphics Factory CC, [www.vectorworldmap.com](http://www.vectorworldmap.com), Abbildung: Luzie J. Almenröder

## Primaten in Gefahr

### Warum sind so viele Arten vom Aussterben bedroht?

**Exponate:** 3.1 Interaktive Weltkarte: Bedrohte Primaten ■ 3.2 Schautafeln: Die 25 meistbedrohten Primaten der Welt ■ 3.3 Schautafeln: Liste aller derzeit bekannten Primatenarten mit Bedrohungsstatus ■ 3.4 Schautafel: Warum sind Primaten bedroht? ■ 3.5: Palmöl, Soja, Tropenholz – Was können wir tun?

Das Aussterben von Arten ist ein natürlicher Vorgang, der sich zu einem gewissen Grad ständig ereignet. Die Geschwindigkeit aber, mit der heutzutage Tier- und Pflanzenarten aussterben, liegt weit über dem normalen Maß. Ein solches Phänomen bezeichnet man als Massenaussterben. In der Erdgeschichte hat es immer wieder solche Zeiten gegeben. Bekannt ist vor allem das große Massenaussterben vor 65 Millionen Jahren, dem fast alle Saurier zum Opfer gefallen sind. Während dies früher aufgrund natürlicher Katastrophen (Asteroideneinschläge, Klimaveränderungen) geschah, ist das heutige Massenaussterben auf den Menschen zurückzuführen. Die explosionsartige Vermehrung der menschlichen Bevölkerung und die damit einhergehende Übernutzung der natürlichen Ressourcen führen dazu, dass sehr vielen Arten ihre Lebensgrundlage entzogen wird (Kolbert 2015). Die nicht-menschlichen Primaten sind davon in besonderem Maße betroffen, da sie in Regionen leben, in denen das Bevölkerungswachstum besonders hoch ist und die durch politische Instabilität und Armut geprägt sind (Estrada et al. 2017).

Die Weltnaturschutzunion (International Union for Conservation of Nature, kurz IUCN) evaluiert für ihre „Rote Liste der bedrohten Arten“ die verfügbaren Daten möglichst vieler Tier- und Pflanzenarten. Von den 513 nicht-menschlichen Primatenarten konnten bisher 448 Arten evaluiert werden. Von diesen mussten 279 Arten als bedroht eingestuft werden. Das entspricht 62 Prozent. 63 Arten (14 Prozent) gelten sogar als unmittelbar vom Aussterben bedroht. Lokale Schwerpunkte

der Bedrohung liegen in Madagaskar und in Südostasien. Auf Madagaskar sind 94 Prozent der dort lebenden Lemuren bedroht, fast ein Viertel steht sogar kurz vor dem Aussterben. In Asien sind 82 Prozent der Primaten bedroht, darunter auch die beiden Orang-Utan-Arten. Damit sind alle Menschenaffen – mit Ausnahme des Menschen – bedroht, denn auch die Gorillas und Schimpansen Afrikas sowie die Gibbons Süd- und Südostasiens stehen als stark gefährdet beziehungsweise vom Aussterben bedroht auf der Roten Liste (IUCN 2016). Offiziell ist in den letzten 100 Jahren noch keine Primatenart ausgestorben. Allerdings wurden Miss Waldron Stummelaffen (*Ptilocolobus waldronae*) seit 20 Jahren nicht mehr gesichtet und die Population der Hainan-Schopfgibbons (*Nomascus hainanus*) beläuft sich auf gerade einmal 30 Individuen.

Hauptbedrohungsfaktor für die meisten Primatenpopulationen ist die Zerstörung ihres natürlichen Lebensraums. Dieser wird in erster Linie in Agrarland zum Anbau von Nutzpflanzen oder zu Weide für die Viehzucht umgewandelt. Kommen die

Der Katta (*Lemur catta*) wurde von der IUCN Primate Specialist Group in die Liste der 25 meistbedrohten Primaten 2016-2018 aufgenommen. Die beliebten Tiere werden häufig illegal als Haustiere in Hotels und Restaurants gehalten, wo sie als Touristenattraktion gelten.  
Foto: Lars Washausen



Primaten dann nur in einem relativ kleinen umgrenzten Gebiet vor, wie es beispielsweise bei vielen Lemuren auf Madagaskar der Fall ist, dann genügt oft die Abholzung eines einzigen Waldes, um eine Art in Bedrängnis zu bringen. Dabei ist es nicht immer der Nahrungsbedarf in den Herkunftsländern, der mit diesen Flächen gedeckt werden soll, sondern zum Beispiel auch der Bedarf der Industrieländer an billigem Palmöl und Viehfutter auf Sojabasis. Darüber hinaus werden viele tropische Wälder zur

Gewinnung von Edel- und Nutzhölzern abgeholzt. Trotz des wachsenden Bewusstseins sind auch hierzulande tropische Edelhölzer immer noch ein begehrtes Material, beispielsweise für Terrassenböden und Möbel.

Neben der wirtschaftlichen Ausbeutung ihres Lebensraums ist auch die direkte Bejagung ein Grund für sinkende Primatenzahlen. In vielen armen, häufig von Bürgerkriegen zerstörten Ländern stellen Wildtiere oft die einzige Proteinquelle dar, so dass manche Wälder geradezu leer geschossen sind. So ist die Population des Östlichen Flachlandgorillas (*Gorilla beringei graueri*) in der Demokratischen Republik Kongo in nur einer Generation um 77 Prozent reduziert worden. Aber auch in Schwellenländern, wie Brasilien, ist der Jagddruck auf Primaten immer noch hoch. So führen der Abbau von Bodenschätzen und die damit einhergehende Erschließung entlegener Regionen, in der Regel unweigerlich zur Bejagung der Wildtiere in der Umgebung. Ebenso ist der Handel mit Primaten als Haustiere immer noch ein lukratives Geschäft und in vielen Gegenden Südostasiens werden Primatenprodukte in der traditionellen Medizin verwendet (Schwitzer et al. im Druck).

Die Bedrohungsfaktoren sind vielfältig und es wird keine einfache Lösung für das Problem schwindender Primatenpopulationen geben. Aber es ist klar, dass es nicht ausschließlich ein Problem der Herkunftsregionen ist und dass sich auch die Industrieländer Gedanken darüber machen müssen, was ihnen der Schutz unserer biologisch nächsten Verwandten wert ist (Es-trada et al. 2017).



Javaneraffen (*Macaca fascicularis*) auf einem Markt in Jakarta, Indonesien. Der illegale Handel mit Primaten ist ein Faktor, der die Bestände vieler Arten bedroht.  
Foto: V. Nijman



**Abgeholzter Wald** auf Sumatra, Indonesien. Die Zerstörung ihrer natürlichen Lebensräume ist einer der Hauptgründe für die Bedrohung von Primaten. Besonders in Indonesien werden jährlich große Regenwaldareale abgeholzt, um Palmölplantagen anzulegen.

Foto: W.F. Laurance

#### Literatur

Kolbert E (2015): *Das Sechste Sterben: Wie der Mensch Naturgeschichte schreibt*. Berlin, Suhrkamp.

Estrada A, Garber PA, Rylands AB, Roos C, Fernandez-Duque E, Di Fiore A, Nekaris KA-I, Nijman V, Heymann EW, Lambert JE, Rovero F, Barelli C, Setchell JM, Gillespie TR, Mittermeier RA, Verde Arregoitia L, de Guinea M, Gouveia S, Dobrovolski R, Shanee S, Shanee N, Boyle SA, Fuentes A, MacKinnon KC, Amato KR, Meyer ALS, Wich S, Sussman RW, Pan R, Kone I, Li B (2017): Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science Advances* 3: e1600946.

International Union for Conservation of Nature (2016): *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2015-4. Frei verfügbar unter: [www.iucnredlist.org/](http://www.iucnredlist.org/).

Schwitzer C, Mittermeier RA, Rylands AB, Chiozza F, Williamson EA, Wallis J, Cotton A (im Druck): *Primates*

*in Peril: The World's 25 Most Endangered Primates 2016-2018*. IUCN SSC Primate Specialist Group (PSG), International Primatological Society (IPS), Conservation International (CI), and Bristol Zoological Society, Arlington. Frei verfügbar unter: [www.primates-g.org/](http://www.primates-g.org/) (voraussichtlich ab Nov 2017).





## Wer mit wem?

### Das Sozialleben der Paviane

**Exponate:** 4.1 Schautafel: Die Sozialsysteme der Paviane ■ 4.2 Videoprojektion: Pavianforschung im Senegal ■ 4.3 Schautafel: Die Forschungsstation Simenti

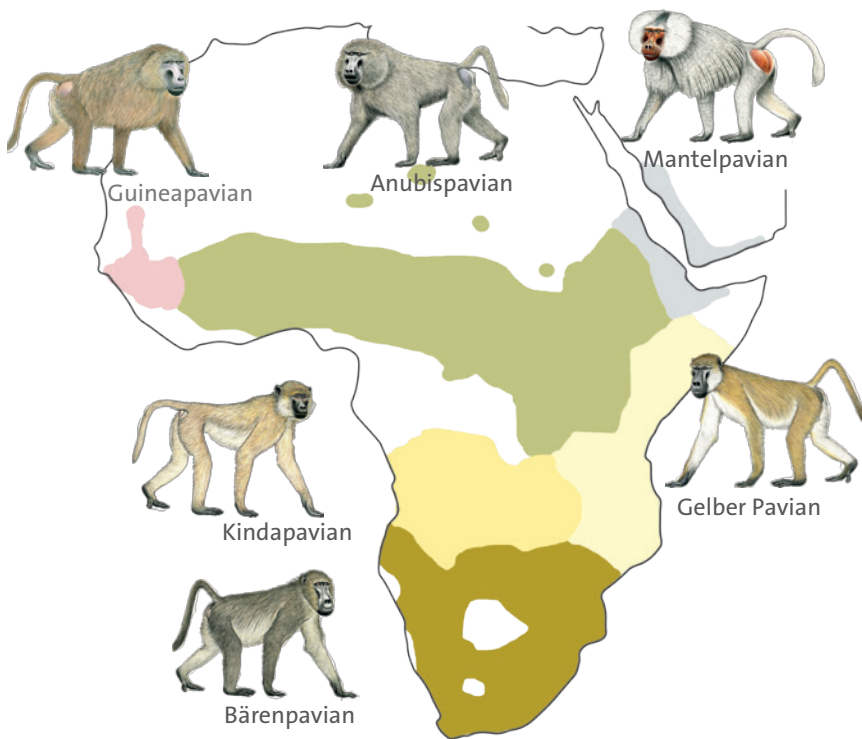
Es ist ein grundlegendes Bedürfnis des Menschen, etwas über sich und seine Eigenarten zu erfahren. Als Biologen suchen wir in erster Linie in unseren evolutionären Wurzeln nach Erklärungen für verschiedene Wesensmerkmale. Besonders interessant ist dabei die evolutionäre Grundlage unserer sozialen Beziehungen und damit unserer Gesellschaftssysteme. Die Verhaltensforschung untersucht seit fast 100 Jahren das Verhalten verwandter Arten und solcher, die sich unter ähnlichen ökologischen Bedingungen entwickelt haben, um über Unterschiede und Gemeinsamkeiten den Einfluss von ökologischen Gegebenheiten und genetischen Voraussetzungen auf das Verhalten von Arten zu verstehen. Der Mensch wurde dabei in der Regel mit seinen engsten Verwandten, den beiden Schimpansenarten, verglichen. Bei nur zwei Arten bietet dies im Fall der Sozialsysteme allerdings nur begrenzte Vergleichsmöglichkeiten.

Die Gattung Paviane umfasst sechs Arten, die über den ganzen afrikanischen Kontinent verbreitet sind, mit Ausnahme der Regenwälder und extremer Trockengebiete. Da die Arten untereinander eng verwandt sind, aber in unterschiedlichen Sozialsystemen leben, stellen sie ein ideales Studienobjekt für die Untersuchung des Einflusses von Umweltbedingungen und Stammesgeschichte auf die soziale Evolution dar. Da der größte Teil ihrer Evolutionsgeschichte im selben Zeitraum und in denselben Savannenlebensräumen ablief wie die unserer menschlichen Vorfahren, sind Paviane darüber hinaus ein vielversprechendes Modell für die soziale Evolution des Menschen (Fischer et al. 2017).

Eine Gruppe Guineapaviane (*Papio papio*) bei der sozialen Fellpflege. Guineapaviane leben in einem mehrschichtigen Sozialsystem und pflegen differenzierte soziale Beziehungen.  
Foto: Matthias Klapproth

Ein Sozialsystem setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Da ist zum einen die soziale Organisation, welche die Gruppenzusammensetzung beschreibt. Dazu gehören Gruppengröße, zahlenmäßiges Geschlechterverhältnis und welche Individuen zwischen Gruppen wechseln (Abwandern). Zum anderen stellt sich die Frage nach dem Paarungssystem. Wer pflanzt sich mit wem fort und gibt es Unterschiede im Reproduktionserfolg zwischen Gruppenmitgliedern? Dem gegenüber steht die Sozialstruktur, welche die Beziehungen zwischen den Gruppenmitgliedern beschreibt. Gibt es zum Beispiel enge Beziehungen zwischen den Geschlechtern auch außerhalb der Fortpflanzungszeit? Gibt es Ranghierarchien oder spezielle Beziehungen zwischen Individuen, die man als Freundschaften bezeichnen könnte (Kappeler und van Schaik 2002)?

Am besten untersucht sind bisher die Mantelpaviane (*Papio hamadryas*). Sie kommen am Horn von Afrika und im südwestlichen Arabien vor und leben in einem mehrstufigen Sozialsystem. Die Basis bildet die Ein-Mann-Gruppe, bestehend aus einem Männchen und einem bis mehreren Weibchen. Das Männchen separiert seine Weibchen von anderen Ein-Mann-Gruppen und paart sich nur mit ihnen. Mehrere Ein-Mann-Gruppen schließen sich zu Clans zusammen, mehrere Clans wiederum bilden eine Bande. Bei den Mantelpavianen sind die Weibchen das abwandernde Geschlecht, während die Männchen überwiegend in ihrem Clan bleiben. Die Savannenpaviane – Bärenpavian (*Papio ursinus*), Anubispavian (*Papio anubis*), Gelber Pavian (*Papio cynocephalus*) – leben in Mehrmännchen-Mehrweibchen-Gruppen. Es gibt keine Exklusivität in der Fortpflanzung, aber höher-rangige Männchen zeugen meist mehr Nachwuchs. Engere Bindungen bestehen zwischen den Weibchen. Diese Bindungen beruhen in den meisten Fällen auf engen



### Die Verbreitungsgebiete der Paviane.

Karte: Dietmar Zinner, Illustrationen mit freundlicher Genehmigung von © Stephen D. Nash / IUCN SSC Primate Specialist Group 2013

Verwandtschaftsbeziehungen. Gelegentlich werden aber auch länger anhaltende „Freundschaften“ von Weibchen mit erwachsenen Männchen beobachtet. Die Männchen sind das abwandernde Geschlecht (Swedell 2011). Über Kindapaviane (*Papio kindae*) ist bisher so gut wie nichts bekannt und auch Guineapaviane (*Papio papio*) wurden bis zur Gründung der Feldstation Simenti nicht systematisch in Langzeitstudien untersucht.

#### Die Forschungsstation Simenti

Die Forschungsstation CRP Simenti (Centre de Recherche de Primatologie Simenti) wurde 2007 vom DPZ im Niokolo-Koba-Nationalpark im Südosten Senegals gegründet. Der Park liegt in der tropischen Savannenzone und ist von stark saisonalen Niederschlägen geprägt. Die Trockenzeit dauert von November bis Mai, die Regenzeit von Juni bis Oktober. Die Studienpopulation in Simenti umfasst mehr als 300 Paviane, wobei sich die Forschungsarbeit auf ungefähr 70 Individuen konzentriert. Das Studiengebiet liegt direkt am Gambia-Fluss mit seinen ausgeprägten Galeriewäldern. Neben den Guineapavianen kommen

noch vier weitere Primatenarten im Studiengebiet vor: Senegal-Galagos (*Galago senegalensis*), Westliche Grüne Meerkatzen (*Chlorocebus sabaeus*), Husarenaffen (*Erythrocebus patas*) und Temminck-Stummelaffen (*Ptilocolobus temmincki*). Etwa 50 Kilometer von der Forschungsstation entfernt lebt auch noch eine kleine Schimpansenpopulation (*Pan troglodytes verus*) im Park.

Die ersten Studienergebnisse zum Sozialsystem der Guineapaviane zeigen das Bild einer verschachtelten, mehrschichtigen Gesellschaft, ähnlich der der Mantelpaviane. Basis bildet die Unit, bestehend aus einem Männchen und einem bis mehreren Weibchen. Mehrere Units bilden eine Party, mehrere Partys eine Gang. Im Gegensatz zur Mantelpaviangesellschaft beruht die Männchen-Weibchen-Beziehung hier aber eher auf Freiwilligkeit. Die Weibchen pflegen mit ihrem Männchen enge soziale Beziehungen und paaren sich fast ausschließlich mit ihm. Manchmal gehört auch ein zweites Männchen zur Unit. Die Stabilität der Beziehung des Weibchens zu seinem Männchen variiert stark. Manche Weibchen wechseln zu anderen Männchen, sowohl

innerhalb als auch außerhalb ihrer Party, ohne dass ihr Männchen eingreift. Mantelpavianmännchen dagegen verhindern durch aggressives Hüten, dass ihre Weibchen Kontakte mit anderen Männchen aufnehmen. Unter den Guineapavian-Männchen gibt es keine ausgeprägte lineare Dominanzhierarchie. Dafür zeigen sie starke soziale Beziehungen untereinander und relativ wenig Aggression.

Der Ursprung der Paviane liegt wahrscheinlich im südlichen Afrika, von wo aus sie sich vor rund zwei Millionen Jahren über den afrikanischen Kontinent ausbreiteten (Zinner et al. 2011). Interessant ist, dass die am entferntesten von diesem Gebiet lebenden Guinea- und Mantelpaviane mehrschichtige Gesellschaftssysteme mit Abwanderung der Weibchen entwickelt haben, während bei den Savannenpavianen die Weibchen sesshaft sind und die Männchen abwandern. Wie es zu einem solchen Wandel in der sozialen Organisation kommen konnte, ist bis heute nicht geklärt. Besonders das Sozialsystem der Guineapaviane mit seiner mehrschichtigen Organisation, starken Männchen-Männchen-Beziehungen und überwiegend weiblicher Abwanderung entspricht jedoch

erstaunlich dem Bild, das man sich heute von frühen menschlichen Gesellschaften macht, die sich unter denselben ökologischen Bedingungen des Savannenlebens entwickelt haben.

#### Literatur

- Fischer J, Kopp GH, Dal Pesco F, Goffe A, Hammerschmidt K, Kalbitzer U, Klapproth M, Maciej P, Ndao I, Patzelt A, Zinner D (2017): Charting the neglected West: The social system of Guinea baboons. *American Journal of Physical Anthropology* 162: 15-31.
- Kappeler PM, van Schaik CP (2002): Evolution of primate social systems. *International Journal of Primatology* 23: 707-740.
- Swedell L (2011): African Papionins: Diversity of social organization and ecological flexibility. In: Campbell CJ (ed.): *Primates in Perspective*, 2nd edition. New York, Oxford University Press: 241-277.
- Zinner D, Buba U, Nash S, Roos C (2011): Pan-African voyagers. The phylogeography of baboons. In: Sommer V, Ross C (eds.) *Primates of Gashaka: Socioecology and Conservation in Nigeria's Biodiversity Hotspot*. New York, Springer: 267-306.



Die Forschungsstation Simenti (Centre de Recherche de Primatologie Simenti) liegt im Südosten Senegals im Niokolo-Koba-Nationalpark. Foto. Ludwig Ehrenreich



# Kleine Affen und große Bäume

## Die Ökologie des Amazonasregenwaldes

**Exponate:** 5.1 Schautafel: Samenausbreitung durch Krallenaffen im Amazonas-Regenwald ■ 5.2 Modell: Keimungsexperiment ■ 5.3 Tischvitrine: Kleine Affen verbreiten große Samen ■ 5.4 Schautafel: Die DPZ-Forschungsstation in Peru ■ 5.5 Dermoplastiken: Südamerikanische Primaten

Tropische Regenwälder gehören zu den artenreichsten Ökosystemen dieser Erde. Das komplexe Zusammenspiel der Tier- und Pflanzenarten trägt zur Aufrechterhaltung und Funktionsfähigkeit dieser Ökosysteme bei, die unter anderem auch für das Klima von weltweiter Bedeutung sind. Als Bestandteile der komplexen Nahrungsnetze spielen Primaten eine wichtige Rolle im Ökosystem. Durch ihre Interaktion mit Blüten und Früchten können Primaten als Bestäuber und Samenausbreiter fungieren. Die Ausbreitung der Samen, das heißt ihr Transport von der Mutterpflanze weg, bietet mehrere Vorteile für die Pflanze. So kann sie neue Lebensräume besiedeln und entgeht dem unter Mutterpflanzen besonders hohen Fraßdruck (Kricher 2011). Mehr als die Hälfte aller Primatenarten ernährt sich überwiegend von Früchten und fast alle nehmen zumindest gelegentlich Früchte zu sich. Da Primaten bis zu 40 Prozent der Biomasse von Fruchtfressern in tropischen Wäldern ausmachen können, spielen sie eine wesentliche Rolle bei der Samenausbreitung und Waldregeneration (Chapman 1995).

Seit 1994 werden kontinuierlich Studien an der DPZ-Forschungsstation Estación Biológica Quebrada Blanco (EBQB) im Amazonastiefland-Regenwald in Nordost-Peru durchgeführt, die sich mit der Ausbreitung von Samen durch zwei Krallenaffenarten beschäftigen. Die Nahrung der Schnurrbarttamarine (*Saguinus mystax*) und der Schwarzstirntamarine (*Leontocebus nigrifrons*) besteht zu mehr als der Hälfte aus Früchten, wobei die Tiere nur das Fruchtfleisch verdauen, die heruntergeschluckten

Samen aber unverdaut ausscheiden. Die 300 bis 600 Gramm schweren Tiere schlucken dabei Samen von einer Länge bis zu 2,5 Zentimetern und einem Durchmesser von mehr als einem Zentimeter. Um Vergleichbares zu leisten, müsste ein Mensch eine kleine Kokosnuss verschlucken. Die Samen von rund 90 Pflanzenarten werden von den Tamarinen im Umkreis von bis zu 600 Metern von der Mutterpflanze ausgebreitet (Heymann et al. 2017). Den Samen schadet der Gang durch den Verdauungstrakt der Primaten nicht, sie keimen genauso gut wie nicht verschluckte Samen (Knogge et al. 2003). Die Tamarine tragen in besonderem Maße zur Waldregeneration bei, da sie auch Samen von primärem Regenwald in Sekundärwald eintragen, der sich nach natürlicher (Windbruch) oder menschlicher (Abholzung) Störung in Regeneration befindet (Culot et al. 2010).

Bereits seit 1985 arbeiten DPZ-Forscher auf der EBQB und führten hier die ersten DPZ-Feldstudien durch. Die



Der erste Forschungsstation des DPZ, die Estación Biológica Quebrada Blanco (EBQB) in Peru, 1985. Foto: Ursula Bartecki

Ein Schnurrbarttamarin (*Saguinus mystax*) am Amazonas. Diese kleinen Primaten spielen eine wichtige Rolle für die Ökologie des Regenwaldes. Foto: Cindy Hurtado



Zwei Schnurrbartamarine fressen die Früchte eines *Pouteria torta*-Baums. Durch die Ausbreitung der Samen tragen die Tamarine zur Regeneration des Waldes bei.  
Foto: Mojca Stojan-Dolar

Station liegt etwa 90 Kilometer südöstlich der nächsten Stadt Iquitos und ist von dort in einer eineinhalbtägigen Reise per Boot zu erreichen. Das Camp besteht aus zwei einfachen Hütten, die auf einer Lichtung im Primärregenwald aufgebaut wurden. Das Klima ist feuchtheiß mit einer mittleren Jahrestemperatur von 28 Grad Celsius und rund 3000 Millimeter Jahresniederschlag. Es kommen 13 Primatenarten im Studiengebiet vor. Neben den beiden Tamarinarten wurden in den vergangenen Jahren auch Rote Springaffen (*Plecturocebus cupreus*) näher untersucht.

#### Literatur

Kricher J (2011): *Tropical Ecology*. Princeton University Press.

Chapman CA 1995): Primate seed dispersal: coevolution and conservation implications. *Evolutionary Anthropology* 4:74-82.

Heymann EW, Culot L, Knogge C, Noriega Pina TE, Tirado Herrera ER, Klapproth M, Zinner D (2017): Long-term consistency in spatial patterns of primate seed dispersal. *Ecology and Evolution* 7: 1435-1441.

Knogge C, Tirado Herrera ER, Heymann EW (2003): Effects of passage through tamarin guts on the germination potential of dispersed seeds. *International Journal of Primatology* 24: 1121-1128.

Culot L, Munoz Lazo FJJ, Huynen M-C, Poncin P, Heymann EW (2010): Seasonal variation in seed dispersal by tamarins alters seed rain in secondary rain forest. *International Journal of Primatology* 31: 553-569.



*Discophora guianensis*. Diese Früchte werden von den Tamarinen komplett verschluckt. Es wird jedoch nur das fettreiche Fruchtfleisch verdaut, während die Samen unverdaut in einiger Entfernung vom Mutterbaum wieder ausgeschieden werden. Foto: Stefanie Heiduck



Schädel eines Schwarzkopftamarins (*Leontocebus illigeri*) und eines Samens (*Abuta grandifolia*). Die kleinen Tamarine schlucken erstaunlich große Früchte. Diese Frucht passt gerade so durch den Kiefer des Primaten. Foto: Karin Tilch





# Gestresste Affenmütter und ihre Kinder

## Assam-Makaken im natürlichen Lebensraum erforschen

**Exponate:** 6.1 Science Comic: Freilandforschung mit Assam-Makaken ■ 6.2 Fotografien: Eindrücke aus dem thailändischen Bergwald

Gezielt beobachten und gleichzeitig die natürlichen Lebensverhältnisse erforschen – Freilandforschung kommt als empirische Forschungsmethodik auch in der Primatenbiologie zum Einsatz. Das Besondere: Die Wissenschaftler beobachten die Affen im natürlichen Umfeld, es wird keine künstliche Umgebung geschaffen. Die Forscher erfassen nicht nur detaillierte Informationen über einzelne Tiere und deren Gruppenverhalten, sondern stellen auch einen Zusammenhang zu den Verhältnissen in der Umwelt dar. So erhalten sie neue Erkenntnisse über (Sozial-) Verhalten, Ökologie, Biodiversität und Evolution der Affen sowie über Kommunikation und kognitive Leistungen.

### Stress im Mutterleib

In einer kürzlich veröffentlichten Studie untersuchten Verhaltensökologen um Julia Ostner erstmals in freier Wildbahn den Einfluss von vorgeburtlichem mütterlichen Stress auf Affenbabys. Im Untersuchungsgebiet an der Feldstation Phu Khieo Wildlife Sanctuary (PKWS) in Thailand beobachteten die Forscher schwangere Assam-Makakenweibchen und ihre Jungtiere während der ersten Lebensjahre. Dass mütterlicher Stress einen Einfluss auf das Ungeborene haben kann, ist schon seit längerem bekannt. Mediziner und Biologen diskutieren, ob der mütterliche Einfluss bei den Nachkommen generell einen krankhaften Zustand auslöst, oder ob sich einige Einflüsse auch als evolvierte Anpassungsmechanismen erklären lassen. Können also Mütter ihren Nachwuchs im Uterus so umprogrammieren, dass er später besser an seine Umwelt angepasst ist? Untersuchun-

gen an kurzlebigen Säugern wie Ratten stützen diese These, denn bei ihnen ist die Umwelt, in der die Mutter die Jungen austrägt, der Umwelt, in der die Jungen sich schon wenige Monate später fortpflanzen werden, sehr ähnlich. Die neue Studie legt nun nahe, dass Stresseffekte in der Schwangerschaft auch bei langlebigen Säugetieren wie Affen auftreten und sowohl Nachteile als auch Vorteile für die Entwicklung der Jungtiere mit sich bringen. Junge Affen, deren Mütter in der Schwangerschaft durch Nahrungsknappheit gestresst waren, wuchsen schneller als Altersgenossen mit weniger gestressten Müttern. Das beschleunigte Wachstum war jedoch auch mit einer verlangsamten Entwicklung motorischer Fähigkeiten und einem geschwächten Immunsystem verbunden. Im nächsten Schritt untersuchen die Wissenschaftler nun, ob das beschleunigte Wachstum auch zu einer früheren Geschlechtsreife führt. Dann ließe sich die Beschleunigung des Lebenszyklus als Anpassung an eine stressbedingte verringerte Lebenserwartung deuten.


QR-Code zum Film: Dieser Film zeigt junge Assam-Makaken in Thailand.



### Literatur

Berghänel A, Heistermann M, Schülke O, Ostner J (2016): Prenatal stress effects in a wild, long-lived primate: predictive adaptive responses in an unpredictable environment. *Proceedings of the Royal Society B* 283: 20161304.

Zur detaillierten Beschreibung des Lebensraums wurden regelmäßig Daten zur Verfügbarkeit von Nahrung aufgenommen.  
Foto: Kittisak Srithorn



Wie sich Stress der durch Nahrungsknappheit verursacht wurde, auf die Nachkommen auswirkt, haben DPZ-Forscher um Julia Ostner an Assam-Makaken erforscht. Foto: Kittisak Srithorn





# Im Reich der Schattengeister

## Lemurenforschung auf Madagaskar

**Exponate:** 7.1 Schautafel: Forschung im Trockenwald – die Feldstation Kirindy ■ 7.2 Filminstallation: Wie man mit Lemuren duscht – Doktorandin Katja Rudolph über Spannendes und Kurioses bei ihrer Arbeit an der Freilandstation in Madagaskar ■ 7.3 Schautafel: Baumbewohnern auf der Spur – Langzeitforschung über Lemuren ■ 7.4 Tischvitrine: Arbeitsmaterialien und Messgeräte eines Freilandforschers ■ 7.5 Modell: Kleidung und Ausrüstung eines Freilandforschers

„Welch wunderbares Land Madagaskar ist! Es würde nicht nur zufällige Beobachter, sondern ganze akademische Studien verdienen. Madagaskar, das kann ich allen Naturforschern verkünden, ist das wahre Gelobte Land; dort hat sich die Natur in ihr privates Heiligtum zurückgezogen, um an verschiedenen Entwürfen zu arbeiten, die sie nirgendwo anders hervorgebracht hat:

Die merkwürdigsten, die wunderbarsten Formen findet man bei jedem Schritt...“

(Naturforscher Joseph Philibert Commerçon in einem Brief an den Mathematiker Joseph Jérôme Lefrançais de Lalande, 1771)

Madagaskar ist seit Jahrhunderten ein Mekka für Naturforscher. Die Insel vor der Südostküste Afrikas ist ein besonders beeindruckendes Beispiel für den Reichtum unserer Natur und die faszinierenden Wege der Evolution. Mit einer Fläche von rund 587.000 Quadratkilometern ist sie ungefähr so groß wie Frankreich und beherbergt fünf Prozent aller bekannten Tier- und Pflanzenarten. Der größte Teil der Flora und Fauna auf Madagaskar ist endemisch, das heißt, nirgendwo sonst auf der Welt zu finden (Pyritz 2012). Dazu gehören rund 80 Prozent aller Pflanzenarten, 51 Prozent aller Vögel, 91 Prozent aller Reptilien sowie nahezu alle Amphibien (99 Prozent) und Säugetiere (100 Prozent bis auf Fledertiere und einige von Menschen eingeführte Arten). In den Jahrtausenden der Isolation konnte sich auf dem Eiland eine einzigartige Tier- und Pflanzenwelt entwickeln, die durch ihre große Vielfalt besticht und dabei einige Kuriositäten zu bieten hat.

Die wohl bekanntesten Vertreter der Tierwelt Madagaskars sind die Lemuren. Sie gehören zur Unterordnung der Feuchtnasenprimaten, die sich vor rund 68 Millionen Jahren aus den Urprimaten entwickelt haben (Finstermeier

2013). Ihr Name leitet sich vom lateinischen Wort Lemures ab. Im antiken Rom wurden so die Schattengeister der Verstorbenen bezeichnet. Die fremdartigen Laute der Tiere, ihre markanten Gesichter mit den großen Augen sowie ihre häufig nachtaktive Lebensweise inspirierte die ersten Madagaskar-Forscher im 16. und 17. Jahrhundert zu dieser Namensgebung. Derzeit sind 106 Lemurenarten bekannt, die ausschließlich auf Madagaskar und den Komoren leben. Isoliert vom Festland konnten sie ihre eigene evolutionäre Entwicklung durchlaufen, die eine bemerkenswerte Vielfalt an Formen und Lebensweisen hervorgebracht hat (Pyritz 2012).

### Die Forschungsstation Kirindy

Die Wissenschaftler des Deutschen Primatenzentrums erforschen seit 1993 Lemuren an der Freilandstation Kirindy auf Madagaskar. Ihren Namen hat die Station von dem Waldgebiet, in dem sie liegt: dem Ala'ni Kirindy, einem Trockenwald an der Westküste Madagaskars. Das Wort Kirindy bedeutet so viel wie „dichter Wald mit wilden Tieren“. Erste Studien an Lemuren im Kirindy-Wald wurden bereits Ende der 1980er Jahre von dem Ökologen Jörg U. Ganzhorn durchgeführt. Als dieser 1993 die Leitung der DPZ-Forschungsgruppe Verhaltensforschung und Ökologie (heute Abteilung Verhaltensökologie und

Ein junger Larvensifaka (*Propithecus verreauxi*) lernt, wie man Blätter von dornigen Zweigen pflückt. Foto: Uwe Zimmermann



Die Forschungsstation Kirindy im Jahr 2005. Foto: Manfred Eberle

Soziobiologie) antrat, wurde dort eine Feldstation vom DPZ aufgebaut. Nach Ganzhorns Weggang an die Universität Hamburg im Jahr 1997, übernahm Peter Kappeler die Leitung der Abteilung und der Forschungsstation (Heymann und Ganzhorn 2015).

Kirindy ist heute die größte der vier DPZ-Feldstationen. Bis zu zehn Wissenschaftler können dort gleichzeitig arbeiten und werden von 15 madagassischen Mitarbeitern unterstützt. Die Station ist mit einer eigenen Küche, einem Brunnen und verschiedenen Gebäuden zum Leben, Arbeiten und der Lagerung von Geräten ausgestattet. Strom wird über eine Solaranlage erzeugt. Lebensmittel, Trinkwasser und Ausrüstung werden einmal in der Woche von der Basisstation in Morondava, der nächstgelegenen Stadt rund 60 Kilometer südwestlich der Station, mit einem Geländewagen geholt. Im Kirindy-Wald haben die Forscher vier Studiengebiete mit einer Gesamtfläche von rund 180 Hektar und einem Wegesystem von mehr als 120 Kilometern für ihre Arbeit erschlossen. Acht Lemurenarten leben dort, die von den Wissenschaftlern zu verschiedenen Fragestellungen untersucht werden. Dabei konzentrieren sie sich unter anderem auf Verhalten, Ökologie und Biodiversität der Tiere.

### Langzeitforschung

Die Forscher beobachten im Kirindy-Wald Gruppen von habituierten Lemurenarten. Diese Tiere sind an die Gegenwart der Menschen gewöhnt und ignorieren sie deshalb weitgehend. Die Wissenschaftler folgen ihnen durch ihre Streifgebiete und beobachten einzelne Tiere im Besonderen. Dabei studieren sie vor allem das Verhalten des Tieres in der Gruppe und die Interaktionen mit seiner Umwelt. Die Forscher lassen die Tiere dabei weitgehend in Ruhe, so dass sie in ihren natürlichen Verhaltensweisen nicht beeinträchtigt werden. In regelmäßigen Zeitabständen werden die Lemuren gefangen, um beispielsweise Größe, Gewicht und Gesundheit zu überwachen. Dabei werden die Tiere gewogen, gemessen und markiert, zum Beispiel durch farbige Halsbänder oder Fellrasuren. Außerdem werden einzelne Tiere mit Senderhalsbändern versehen, um sie mittels Radio-Telemetrie im Wald aufzuspüren.

Schwerpunkt der Forschungsarbeit in Madagaskar sind mittlerweile Langzeitstudien, die sich über zwei Jahrzehnte erstrecken. Sie sind äußerst wichtig, um generations- und artenübergreifende Abläufe zu verstehen und evolutionäre Fragen auf mehreren Ebenen, bezogen auf Art, Bestand, Gruppe oder einzelne Individuen, zu beant-



worten. Dabei untersuchen die Forscher vor allem soziale Verhaltensweisen, Lebensgeschichten einzelner Tiere und demografische Trends innerhalb der verschiedenen Lemurenarten. Wichtig sind dabei Faktoren, die einen Einfluss auf den Fortpflanzungserfolg und das Überleben der Tiere haben (Kappeler et al. 2012).

Eine der acht Lemurenarten, die die DPZ-Wissenschaftler seit Mitte der 1990er Jahre im Kirindy-Wald beobachten, sind die Larvensifakas (*Propithecus verreauxi*). Diese relativ großen Lemuren sind tagaktiv und baumlebend. Zwei bis zwölf Individuen leben dabei zusammen in gemischtgeschlechtlichen Gruppen. Larvensifakas sind akrobatische Springer und können mühelos bis zu zehn Meter weit von Baum zu Baum springen.

In den vergangenen 20 Jahren konnten die Forscher durch intensive Beobachtungen mehrerer Sifaka-Gruppen demografische Entwicklungen, Fortpflanzungs- und Wachstumsraten, durchschnittliche Lebenserwartungen sowie Abwanderungsverhalten der Tiere studieren. Die Ergebnisse zeigen, wie die Tiere mit ihren täglichen Problemen umgehen und wie sich umweltbedingte und soziale Einflüsse auf das Verhalten der Tiere auswirken. Beispielsweise konnten die Forscher nachweisen, dass

das Verschwinden und die Neugründung von Sifaka-Gruppen hauptsächlich durch den Einfluss von Fressfeinden und die Abwanderung der Weibchen zustande kommt (Kappeler & Fichtel 2012). Sifakas sind eine beliebte Beute für einige madagassische Raubtiere wie die Fossa. Besonders für sehr kleine Sifaka-Gruppen mit drei bis vier Tieren kann ein Fossa-Angriff verheerende Folgen haben.

Wenn Sifaka-Weibchen abwandern, verlassen sie eine Gruppe und schließen sich einer neuen an. Diese weiblichen Gruppenwechsel passieren vermutlich zum einen, um dem Wettbewerbsdruck gegenüber anderen Weibchen in der Gruppe zu entgehen, denn die Forscher haben herausgefunden, dass diese weniger Junge bekommen, je mehr Weibchen in einer Gruppe leben. Zum anderen wird durch die Gruppenwechsel Inzucht in besonders kleinen Gruppen vermieden. Mit diesem Verhalten erhöhen die Sifakas ihre Fortpflanzungsrate und damit schlussendlich ihre Überlebenschancen. Da Sifakas erst mit vier bis fünf Jahren geschlechtsreif werden, Weibchen generell seltener abwandern als Männchen und die Gruppenwechsel häufig sehr schnell vonstattengehen, können solche Vorgänge nur in Langzeitstudien erfasst werden (Kappeler und Fichtel 2012).



Ein Larvensifaka (*Propithecus verreauxi*) mit Halsbandsender im Kirindy-Wald in Madagaskar.  
Foto: Claudia Fichtel

## Bedrohung

Madagaskars einzigartige Tier- und Pflanzenwelt ist seit vielen Jahren gefährdet; hauptsächlich aufgrund der Lebensraumzerstörung durch den Menschen. Hauptbedrohungen sind Brandrodung und Holzeinschlag, um Bauholz oder Acker- und Weideland zu gewinnen (Gorenflo et al. 2011, Scales 2011). Verschwinden jedoch die natürlichen Wälder, ist das fatal für die darin lebenden Tiere und Pflanzen. Die Waldflächen, die jährlich gerodet werden, sind in den letzten Jahrzehnten immer größer geworden. In den Jahren 1973 bis 2010 wurden jährlich im Durchschnitt über 600 Hektar Wald zerstört. Von 2008 bis 2010 wurden sogar rund 1800 Hektar gerodet. Wenn die Entwaldung in diesem Maße weitergeht, wird der Wald bis zum Jahr 2049 komplett verschwunden sein, was das Ende für viele vom Wald abhängige Tierarten bedeuten würde (Zinner et al. 2014).

Auch die Lemuren sind davon betroffen. Von 106 Arten sind derzeit 90 stark gefährdet oder vom Aussterben bedroht. Neben der Zerstörung ihres Lebensraumes, fallen sie auch oft der Jagd zum Opfer oder werden gefangen und als Haustiere gehalten. Mit ihren Langzeitstudien helfen die DPZ-Wissenschaftler, die Biologie der Lemuren und wichtige Überlebensfaktoren besser zu verstehen. Damit und auch mit ihrer Anwesenheit an der Forschungsstation tragen sie wesentlich zum Schutz



der Tiere und der sie umgebenden Ökosysteme bei (Kappeler et al. 2012).

#### Literatur

- Pyritz LW (2012): *Madagaskar: von Makis und Menschen*. Heidelberg, Springer.
- Finstermeier K, Zinner D, Brameier M, Meyer M, Kreuz E, Hofreiter M, Roos C (2013): A mitogenomic phylogeny of living primates. *PLoS ONE* 8(7): e69504.
- Gorenflo LJ, Corson C, Chomitz KM, Harper G, Honzák M, Özler B (2011): Exploring the association between people and deforestation in Madagascar. In: Cincotta R, Gorenflo L (Hrsg.): *Human Population: Its Influences on Biological Diversity*. Berlin, Heidelberg, Springer: 197-221.
- Heymann EW, Ganzhorn JU (2015): History of primate behavioural and ecological field research at the German Primate Center. *Primate Biology* 2: 73-80.
- Kappeler P, van Schaik CP, Watts DP (2012): The values and challenges of long-term field studies. In: Kappeler P & Watts DP (Hrsg.): *Long-term Field Studies of Primates*. Berlin, Heidelberg, Springer: 3-18.
- Kappeler P & Fichtel C (2012): A 15-year perspective on the social organization and life history of sifaka in Kirindy Forest. In: Kappeler P, Watts DP (Hrsg.): *Long-term Field Studies of Primates*. Berlin, Heidelberg, Springer: 101-121.
- Scales IR (2011): Farming at the forest frontier: Land use and landscape change in Western Madagascar, 1986-2005. *Environment and History* 17: 499-524.
- Zinner D, Wygoda C, Razafimanantsoa L, Rasoloarison R, Andrianandrasana HT, Ganzhorn JU, Torkler F (2014): Analysis of deforestation patterns in the central Menabe, Madagascar, between 1973 and 2010. *Regional Environmental Change* 14: 157-166.



Der Berthe-Mausmaki (*Microcebus berthae*) gehört zur Familie der Katzenmakis (Cheirogaleidae) und ist der kleinste lebende Primat der Welt. Er wurde 1993 von DPZ-Forschern im Kirindy-Wald entdeckt. Foto: Manfred Eberle

Die **Biodiversität** wird durch ein sensibles Gleichgewicht bestimmt. In einer Lebensgemeinschaft stehen die Organismen miteinander in Wechselwirkung. Die Bedeutung eines jeden „Bausteins“ kann sich jederzeit ändern.  
Foto: Karin Tilch



# Das wertvollste Kapital unserer Erde

## Eine Abhängigkeit, die wir gerne vergessen

**Exponate:** 8.1 Modell: Ein sensibles System ■ 8.2 Fensteraufkleber: Biologische Vielfalt unserer Erde ■ 8.3 Tischvitrine: Historische Artbestimmung ■ 8.4 Fotocollage: Mausmakis – Verschiedene Arten mit ähnlichem Erscheinungsbild ■ 8.5 Schautafel: Genetische Methoden zur Artbestimmung ■ 8.6 Tischvitrine: Biodiversität erfassen und messen

Ein beliebtes Geschicklichkeitsspiel: Am Anfang kann man viele Hölzchen aus dem Turm herausziehen, ohne dass dieser zusammenbricht. Er wird jedoch mit jedem fehlenden Teil zunehmend instabiler. Welches Hölzchen besonders wichtig ist, ändert sich im Spielverlauf. Ähnlich verhält es sich mit der Biodiversität. Der Begriff umschreibt die Erforschung und Lehre der biologischen Vielfalt unserer Erde und deren Bedrohungen. Die biologische Vielfalt umfasst die Vielfalt der Arten, die genetische Vielfalt innerhalb einer Art sowie die Vielfalt der Ökosysteme. Biologische Gemeinschaften brauchen Diversität, um zu bestehen und sich weiter zu entwickeln. In einer Lebensgemeinschaft stehen alle Organismen, mögen diese auch noch so klein und unscheinbar sein, in Wechselwirkung miteinander und sind ein Stück weit voneinander abhängig. Diese Wechselwirkung ist ein dynamisches System – die Bedeutung eines jeden „Bausteins“ kann sich jederzeit ändern. So ist es der natürliche Lauf der Natur, dass sich neue Arten bilden oder aussterben. Auch Änderungen im Ökosystem sind natürliche Prozesse. Doch der Mensch greift manchmal so stark in die Natur ein, dass sich Lebensgemeinschaften und Ökosysteme nicht regenerieren können – die Biodiversität ist bedroht. Ökosysteme werden vom Menschen zerstört, Tiere und Pflanzen werden ausgerottet. Das Aussterben einer Art ist unwiederbringlich und kann eine ganze Lebensgemeinschaft zum Zusammenstürzen bringen (Streit 2007, Convention on Biological Diversity 1992).

Warum darf uns Menschen die Biodiversität nicht egal sein? Wozu brauchen wir sie? Wir sind ein Teil der Natur und stehen ebenso mit ihr in Wechselwirkungen wie alle anderen Organismen der Erde. Die Natur sichert unsere Lebensgrundlage, ohne die wir nicht existieren würden, und deckt unsere grundlegenden Bedürfnisse, Ernährung

und Gesundheit, ab. Viele Verfahren und Bewegungsformen, die bei uns als „technische Innovationen“ gelten, haben wir aus der Natur abgeschaut. Beispielsweise könnten wir nicht fliegen und tauchen, wüssten nicht, wie man Abfall verwerten kann oder wie praktisch ein Klettverschluss ist. Dass unser Überleben von der Vielfältigkeit der Natur abhängt, wird gerne vergessen. So führen Übernutzung von Landflächen und Ressourcen, Umweltverschmutzung und Klimawandel dazu, dass Gebiete nicht nur für Mensch und Tier unbewohnbar werden (Neßhöver 2013).

### Die Vielfalt der Arten

Artenvielfalt und Artenschutz sind gebräuchliche Begriffe. Aber was ist eine Art und was macht sie aus? Wissenschaftler haben verschiedene Konzepte und Definitionen entwickelt, um auf diese Frage eine Antwort zu finden. In der Biologie, speziell in den Teildisziplinen Evolutionsbiologie, Ökologie, Umwelt- und Artenschutz ist eine Artdefinition von großer Bedeutung. Denn eine Art, auch Spezies genannt, beschreibt in der biologischen Klassifikation die Grundeinheit.

Die bekanntesten Ansatzpunkte sind das morphologische, das biologische und das phylogenetische Artkonzept. Mit dem morphologischen Konzept werden Lebewesen mit gleichem Erscheinungsbild und Verhalten zusammengefasst. Mit dem biologischen Artbegriff werden Lebewesen zusammengefasst, die sich untereinander fortpflanzen können und fortpflanzungsfähige Nachkommen erzeugen. Der phylogenetische Artbegriff verbindet mehrere Ansatzpunkte miteinander. Er fasst eine Gemeinschaft von Lebewesen mit derselben Abstammung sowie bestimmte Verwandtschaftsgruppen auf der Ebene der

biologischen Systematik als Art auf. Die Gemeinschaft besteht aus mehreren Populationen. Eine Art beginnt zu existieren, sobald sie sich von einer anderen Art evolutiv abgetrennt hat. Spaltet sich eine Art weiter auf oder stirbt aus, existiert diese Art nicht mehr. Der Verwandtschaftsgrad zwischen Arten wird mit molekularbiologischen Untersuchungsmethoden geprüft. Eine einzige Antwort auf die Frage, was eine Art ist, welche die Anforderungen aller Fachgebiete erfüllt, wurde noch nicht gefunden (Zinner & Roos 2014, Wilkins 2011). Für welches Konzept man sich entscheidet, ist nicht immer eine rein biologische oder akademische Frage, sondern auch eine politisch relevante Angelegenheit. Sie spielt nicht nur bei der Identifizierung neuer Arten eine wichtige Rolle, sondern auch bei der Einstufung von Organismen in die Liste bedrohter Arten, bei der Ausweisung von Naturschutzgebieten, Naturschutzmaßnahmen und Gesetzgebungen (Fischer 2012).

### Vom Affenfell zur Sequenzierung

Organismen wurden früher in der Regel nach dem morphologischen Artkonzept, also nach dem äußeren Erscheinungsbild, in Arten zusammengefasst. So wurden auch in der historischen Primatologie Arten meistens optisch anhand des Aussehens und der Fellfärbung klassifiziert. Naturforscher und Zoologen brachten von ihren Forschungsreisen Primatenfelle mit, die dann genau beschrieben und bestimmt wurden. In Lehr- und Forschungssammlungen werden solche Felle bis heute aufbewahrt. Die Anzahl der gelisteten Primatenarten hat in den vergangenen Jahren stark zugenommen. Während 1996 rund 230 Arten bekannt waren, sind es heute mehr als doppelt so viele. Das Aufkommen von molekularbiologischen Methoden zusammen mit phylogenetischen Studien hat zu diesem starken Anstieg geführt (Wilkins 2011). Im Erscheinungsbild können sich Organismen also sehr ähnlich sein, aber dennoch verschiedenen Arten angehören. Noch vor 20 Jahren waren zwei Mausmaki-Arten bekannt. Die kleinen, nachtaktiven Primaten aus Madagaskar sehen sich alle sehr ähnlich. Sie besitzen meist ein braunes Fell und große Augen. Mit Hilfe genetischer Untersuchungen ließen sich in den letzten Jahren weitere Arten unterscheiden, so dass heute 24 Mausmaki-Arten bekannt sind. Bei genetischen Untersuchungen wird das Erbgut analysiert. Die DNS wird aus Gewebe, Blut, Haaren oder Kot extrahiert. Anschließend

werden Markergene amplifiziert und sequenziert. Bei einer Sequenzierung lesen die Wissenschaftler die Abfolge der Basenpaare eines Gens ab. Mit diesem genetischen Code können Arten und Verwandtschaftsverhältnisse sehr gut bestimmt werden. Wie groß jedoch der Unterschied zwischen zwei Tieren sein muss, damit es sich um eine neue Art handelt, wird immer wieder in Fachkreisen diskutiert. Heutzutage werden vermehrt Hochdurchsatz-Sequenzierungsmethoden genutzt, die eine sehr viel größere Menge an Sequenzdaten liefern als die herkömmlichen Methoden.

### Artenvielfalt erfassen und messen

Um die biologische Vielfalt von Primaten und anderen Säugetieren an einem bestimmten Standort zu erforschen, verwenden Wissenschaftler seit langem unterschiedlichste Methoden. Musste man sich früher noch auf eigene Beobachtungen oder die Erzählungen Einheimischer verlassen, erleichtern heute Techniken wie Kamerafallen oder Horchboxen die Arbeit. Neben diesen Verfahren kommen heute auch zunehmend genetische Methoden zum Einsatz. Beispielsweise wird aus Kot, den man am Waldboden findet, DNS extrahiert und genetisch typisiert. Über den genetischen Code kann die entsprechende Tierart, von der die Probe stammt, bestimmt werden. Eine relativ neue Methode, um Biodiversität genetisch zu bestimmen, ist die Verwendung von DNS aus blutsaugenden Tieren, wie Mücken, Zecken oder Blutegeln. Durch die genetische Analyse des Mageninhalts kann bestimmt werden, an welchen Tieren sich die Blutsauger labten. Blutegel leben sowohl an Land als auch im Wasser und sind besonders in feuchten Wäldern in hoher Zahl anzutreffen. Aufgrund ihrer Vorliebe für das Blut anderer Tiere und das des Menschen, stellen sie eine vielversprechende Methode dar, um die Artenvielfalt an bestimmten Orten einzuschätzen (Schnell 2015).

Forscher sammeln in festgelegten Gebieten die Egel auf. Aus den gesammelten Blutegeln wird im Labor DNS isoliert. Diese enthält zusätzlich zur Erbinformation der Blutegel auch die der Tiere, an denen die Egel zuvor Blut gesaugt hatten. Durch Sequenzierung bestimmter Gene können unterschiedliche Tierarten identifiziert werden. Wissenschaftler nutzen die Blutegel, um die Artenvielfalt an einem bestimmten Standort zu erfassen, um neue



Grauer Mausmaki (*Microcebus murinus*)



Goodman-Mausmaki (*Microcebus lehilahytsara*)



Berthe-Mausmaki (*Microcebus berthae*)



Marohita-Mausmaki (*Microcebus marohita*)



Zwerg-Mausmaki (*Microcebus myoxinus*)



Ganzhorns Mausmaki (*Microcebus ganzhorni*)

Mausmakis sehen sich zum Verwechseln ähnlich, gehören aber dennoch verschiedenen Arten an. Häufig lassen sich die Arten nur mit genetischen Untersuchungen unterscheiden. Fotos: (von links nach rechts) E. Huchard, R. Zingg, M. Eberle, B. Ramahefasoa, Bikeadventure at German Wikipedia, G. Donati.

Tierarten zu identifizieren und um ökologischen Fragestellungen nachzugehen. Darüber hinaus wollen die Forscher mit Hilfe der Blutegel Methoden für ein standardisiertes Monitoring der Biodiversität entwickeln.

#### Literatur

United Nations Environment Programme UNEP (1992): *Convention on Biological Diversity: United Nations Conference 4 on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, 4.-14. June 1992*. New York, United Nations.

Fischer J (2012): *Affengesellschaft*. Berlin, Suhrkamp.

Neßhöver C (2013): *Biodiversität. Unsere wertvollste Ressource*. Freiburg, Verlag Herder

Schnell IB, Sollmann R, Calvignac-Spencer S, Siddall M, Yu DW, Wilting A, M Thomas P Gilbert (2015): iDNA from terrestrial haematophagous leeches as a wildlife surveying and monitoring tool – prospects, pitfalls and avenues to be developed. *Frontiers in Zoology* 12: 24.

Streit B (2007): *Was ist Biodiversität: Erforschung, Schutz und Wert biologischer Vielfalt*. Münschen, C.H. Beck Verlag.

Wilkins JS (2011): Philosophically speaking, how many species concepts are there? *Zootaxa* 2765: 58-60.

Zinner D, Roos C (2014): So what is a species anyway? A primatological perspective. *Evolutionary Anthropology* 23: 21-23.



# Können Affen statistisch denken?

## Mit Verhaltenstests die geistigen Fähigkeiten erforschen

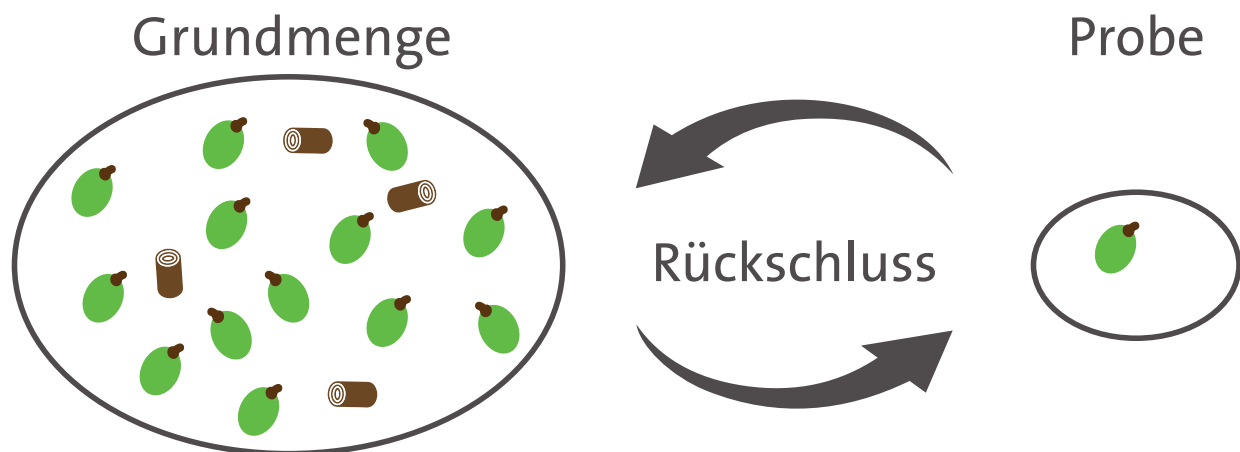
**Exponate:** 9.1 Video: Intuitive Statistik bei Kleinkindern und Affen ■ 9.2 Schautafel: Können Affen statistisch denken? ■ 9.3 Jelly-Belly-Bohnen-Spender: Wahrscheinlichkeiten im Alltag

„Jedes dritte Los gewinnt!“ Heißt das, dass ich drei Lose kaufen muss, um auf jeden Fall mit einem Preis nach Hause zu gehen? Sollte ich einen Schirm mitnehmen bei 30 Prozent Regenwahrscheinlichkeit? Im alltäglichen Leben sind wir ständig mit Wahrscheinlichkeiten konfrontiert und verhalten uns entsprechend einer Kosten-Nutzen-Abwägung. Ziehe ich ein Parkticket, wenn ich nur kurz ein paar Brötchen kaufen möchte, oder riskiere ich es, einen Strafzettel zu bekommen?

Der Umgang mit Wahrscheinlichkeiten ist eine elementare geistige Fähigkeit des Menschen. Doch wie hat sie sich im Laufe der Evolution entwickelt? Handelt es sich um etwas, das nur der Mensch kann, oder sind auch unsere nahen und entfernteren Verwandten dazu in der Lage?

Studien mit Kleinkindern und Menschenaffen haben gezeigt, dass beide intuitive Statistik beherrschen, also einen Sinn dafür entwickeln können, was wahrscheinlich ist und was nicht. Kleinkinder, denen man Behälter mit begehrten und weniger interessanten Bauklötzen in verschiedenen Mengenverhältnissen gezeigt hat, haben zielsicher gewusst, in welchen Behälter der Studienleiter greifen muss, um ein begehrtes Spielzeug zu erhalten (Denison und Su 2014). Auch Schimpansen können von einer Grundmenge ausgehend Rückschlüsse auf eine Probe aus dieser Grundmenge ziehen (Rakoczy et al. 2014). Damit war also klar, dass unsere nächsten Verwandten mit Wahrscheinlichkeiten umgehen können, aber wie sieht es mit weiter entfernten Verwandten Primaten aus?

45



**Menschenaffen** können von einer Grundmenge ausgehend Rückschlüsse darauf ziehen, wie die Probe wahrscheinlich aussehen wird.  
Abbildung: Sarah Placi und Luzie J. Almenräder

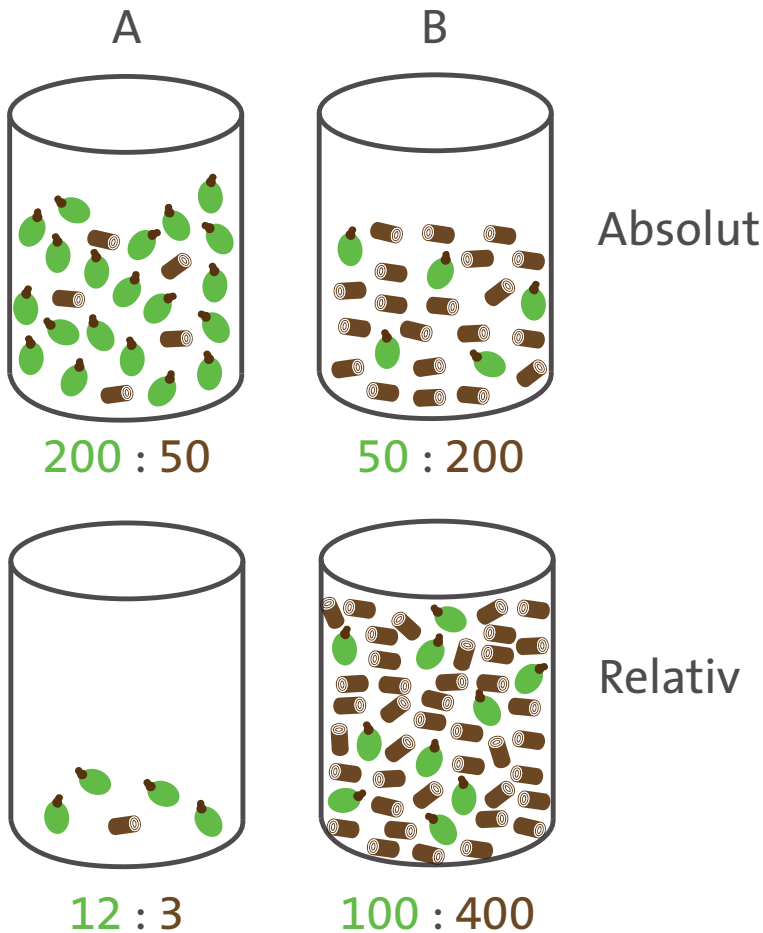
Doktorandin Sarah Placi bei einem Verhaltenstest mit einem Javaneraffen (*Macaca fascicularis*). Foto: Sebastian Mast

## Können Javaneraffen Wahrscheinlichkeiten abschätzen?

Sarah Placi, Doktorandin in der Abteilung Kognitive Ethologie, führt Verhaltenstests mit Javaneraffen durch. Sie bietet den Tieren unterschiedliche Futtersorten in verschiedenen Mengenverhältnissen an: süße Trauben und weniger beliebte Futterpellets. In Eimer A befinden sich beispielsweise 200 Trauben und 50 Pellets, in Eimer B 50 Trauben und 200 Pellets. Die Tiere können beide Eimer und deren Inhalt sehen. Sarah Placi greift nun gleichzeitig in die beiden Eimer, nimmt wahllos jeweils ein Teil heraus und zeigt dem Affen ihre beiden geschlossenen Fäuste. Das Tier soll nun auf die Hand zeigen, aus der es eine Belohnung haben will. Im genannten Beispiel sollte der Affe auf die Hand zeigen, die in Eimer A gegriffen hat, da hier die Wahrscheinlichkeit größer ist, eine begehrte

Weintraube zu erhalten. Schwieriger wird es in Versuch zwei. Hier enthält Eimer A 12 Weintrauben und 3 Pellets, Eimer B 100 Weintrauben und 400 Pellets. Wenn der Affe relative Wahrscheinlichkeiten abschätzen kann, sollte er Eimer A wählen, auch wenn sich in Eimer B viel mehr Weintrauben befinden.

Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass einige Javaneraffen zwar in der Lage waren, die absoluten Mengen zu vergleichen, nicht aber die Verhältnisse der Mengen bei ihrer Entscheidung berücksichtigten: Im zweiten Versuch wussten die Affen nicht, welche Hand mit höherer Wahrscheinlichkeit Trauben enthielt.



Behälter A und B mit verschiedenen Mengenverhältnissen von Trauben und Futterpellets.  
Abbildung: Sarah Placi und Luzie J. Almenröder



## Wie entwickeln sich kognitive Fähigkeiten bei Menschen und Affen?

Intuitive Statistik ist ein gutes Beispiel, um die evolutionäre Entwicklung der geistigen Fähigkeiten des Menschen nachzuvollziehen. Die mit uns nah verwandten Menschenaffen beherrschen diese Fähigkeit, die weiter entfernt verwandten Javaneraffen haben Schwierigkeiten damit. Weitere Studien, unter anderem im Rahmen dieses Projekts, sollen helfen zu verstehen, wie humanspezifische, geistige Fähigkeiten im Laufe der Evolution entstanden sind. Liegt es daran, dass unser Gehirn besonders gut in der Lage ist, Informationen aus verschiedenen Quellen zusammenzufügen und zu verarbeiten?

### Literatur

Rakoczy H, Clüver A, Saucke L, Stoffregen N, Gräbener A, Migura J, Call J (2014): Apes are intuitive statisticians. *Cognition* 131(1): 60-68.

Denison S, Xu F (2014): The origins of probabilistic inference in human infants. *Cognition* 130(3): 335-347.



Ein Javaneraffe (*Macaca fascicularis*) in der Primatenhaltung am DPZ. Foto: Christian Schlögl



# Auf der Suche nach der Entstehung der Sprache

## Oder: Wie kommunizieren Affen?

**Exponate:** 10.1 Tischvitrine mit Forschungsutensilien ■ 10.2 Touchscreen: Verhaltensexperimente mit Grünen Meerkatzen ■ 10.3 Touchscreen: Affenstimmenquiz ■ 10.4 Riechstation ■ 10.5 Schauraum: Inspektion und Applikation von Duftmarken bei Weißbüschelaffen ■ 10.6 Abbildungen: Räumliche Verteilung von Duftmarkierungen

„Kommunikation ist ein Prozess, in dem ein Sender spezifisch gestaltete Signale oder Signalmuster einsetzt, um das Verhalten eines Signalempfängers zu modifizieren“ (Dawkins und Krebs 1978).

Die meisten nicht-menschlichen Primaten leben in Gruppen. Um die Interaktionen innerhalb und zwischen Gruppen zu koordinieren und um ihre Sozialbeziehungen zu regulieren, müssen Primaten kommunizieren. Dazu setzen sie verschiedene Signalmodalitäten ein. Dazu gehören: akustische Signale (Laute), visuelle Signale (Gesten, Mimik, Fellfärbungen, Körperschwellungen), taktile Signale (Berührungen) und olfaktorische Signale (Duftmarken).

Die Suche nach den evolutionären Wurzeln unserer Sprache führt Wissenschaftler immer wieder zu unseren nächsten und nahen Verwandten: 1933 zogen die Forscher und Eheleute Winthrop und Luella Kellog ihren Sohn und ein Schimpansenkind gemeinsam auf. Mit 16 Monaten konnte der kleine Schimpanse Gua etwa 100 englische Wörter verstehen. Sprechen lernte er jedoch nie. Im Gegensatz zu Gua erhielt die Schimpansin Viki, die 1947 vom Psychologen Keith Hayes und seiner Frau Cathy aufgezogen wurde, gezielten Sprachunterricht. Viki lernte auf Wörter zu reagieren, teilweise reagierte sie aber auch auf die die Wörter begleitenden Gesten oder den Tonfall der Hayes. Sie lernte aber nicht, die Wörter auszusprechen. Dies weist bereits auf einen wesentlichen Unterschied zwischen der Sprachfähigkeit von uns Menschen und unseren nächsten Verwandten, den nicht-menschlichen Primaten (Affen) hin: Während die Fähigkeit, auf Unterschiede in Lauten adäquat zu reagieren, im Laufe der Stammesentwicklung zunahm, entwickelten sie keine Fähigkeit, Laute zu imitieren oder neue Laute zu generieren.

Tabitha Price nimmt die Laute der Westlichen Grünmeerkatze (*Chlorocebus sabeus*) auf. Foto: Kognitive Ethologie

### Rufen Affen „Achtung Adler!“?

1980 machten die kommunikativen Fähigkeiten von Affen, die nicht zu den Menschenaffen gehören, Schlagzeilen. Beruhend auf Beobachtungen von Tom Struhsaker untersuchten Robert Seyfarth, Dorothy Cheney und Peter Marler in Kenia die Rufe der Südlichen Grünmeerkatzen (*Chlorocebus pygerythrus* bisher *Cercopithecus aethiops*). Erblicken die Altweltaffen Schlangen, Adler oder Leoparden, stoßen sie akustisch verschiedene Rufe aus und zeigen spezifisches Fluchtverhalten: Entdecken sie einen Leopard, klettern sie auf die Bäume und schauen zum Boden. Beim Auftauchen eines Adlers klettern die Tiere auf tiefer gelegene Äste und blicken zum Himmel. Wird eine Schlange entdeckt, stellen sie sich auf die Hinterbeine und suchen den Boden ab (Fischer 2012).

In Playbackexperimenten wiesen Seyfarth, Cheney und Marler nach, dass allein das Vorspiel der Laute ausreicht, um die adäquaten Reaktionen auszulösen (Seyfarth et al. 1980). Kurzfristig kursierte das Wort „Sprache“ im Zusammenhang mit diesen Alarmrufen, da die Laute als Symbole, die verschiedene Raubfeinde bezeichnen, angesehen wurden. Allerdings wurde schnell klar, dass dies nicht der Fall ist. Erstens sind diese Laute angeboren und mehr oder weniger in ganz Afrika gleich. Zweitens bezeichnen diese Laute nicht einen spezifischen Raubfeind: So werden „Leoparden-Alarmrufe“ auch auf andere große Landräuber oder andere bedrohliche Situationen, „Adler-Alarmrufe“ auf Luftfeinde, unter anderem auch auf fallende Äste, gegeben.

## Eine „Geisterbahn“ für Affen

Julia Fischer, Leiterin der Abteilung Kognitive Ethologie am Deutschen Primatenzentrum, und ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter untersuchen die Kommunikation von Primaten, um zu verstehen, welche Rückschlüsse dies auf die Evolution der menschlichen Sprache zulässt. Ausgehend von den Studien von Robert Seyfarth, Dorothy Cheney und Peter Marler (1980) machte die Doktorandin Tabitha Price Playback-Experimente mit der im Senegal vorkommenden Westlichen Grünmeerkatze (*Chlorocebus sabaues*). Um zu testen, ob Westliche Grünmeerkatzen wie Südliche Grünmeerkatzen auf Schlange, Leopard und Adler reagieren, baute die junge Forscherin eine Art „Geisterbahn für Affen“ (Fischer 2012). Den Tieren wurden selbstgebastelte Attrappen eines Leoparden aus Plüsch und eines Python aus Stoff präsentiert. Die Affen reagierten heftig auf die Attrappen und äußerten Alarmruf-Sequenzen. Ihr Verhalten unterschied sich aber etwas von dem der Südlichen Grünmeerkatze. So kletterten die Tiere in beiden Situationen schnell in die Bäume. Bei der Präsentation des Plüschleoparden kletterten sie jedoch deutlich höher (Price und Fischer 2014). Die Rufe zeichneten die Forscher auf.

In weiteren Experimenten zeigte Tabitha Price den Grünen Meerkatzen im Senegal erst eine der beiden Attrappen und spielte mit zeitlichem Abstand von einem Tonbandgerät einen Alarmruf vor. Der Alarmruf entsprach nicht immer dem vorher gesetzten Kontext. Nachdem



Die von Tabitha Price selbst gebastelte Python-Attrappe wurde mit einer Seilwinde über den Boden gezogen.

Foto: Tabitha Price.

den Tieren der Python gezeigt wurde, konnte auch der Leoparden-Alarmruf vom Tonband erklingen oder aber ein neutraler Ton. Hierfür wählten die Wissenschaftler Stimmen von Vögeln, die keine Raubvögel sind.

Unabhängig von der gezeigten Attrappe reagierten die Tiere auf einen Leoparden-Ruf vom Tonband, als sei ein Leopard zugegen, und kletterten hoch in die Bäume. Wurde die Leoparden-Attrappe präsentiert und der Leoparden-Ruf vorgespielt, blieben die Affen deutlich länger im Baum.

Tierlaute, die wie die der Westlichen und Südlichen Grünmeerkatzen eine eindeutige Signalstruktur haben und beim Signalempfänger kontextunabhängig eine Reaktion hervorrufen, als ob sich das Signal auf ein bestimmtes Ereignis beziehen würde, werden als funktionell referenzielle Laute bezeichnet. Ob Affen tatsächlich, wie wir Menschen, die Vorstellung von einem Leoparden haben, wenn sie einen Leoparden-Alarmruf äußern oder hören, wissen wir jedoch nicht (Fichtel et al. 2011, Fischer 2017).

Aus weiteren Untersuchungen von Wissenschaftlern am DPZ wissen wir, dass die Lautgebung von Primaten angeboren und wenig variabel ist. Kurt Hammerschmidt und Kollegen (2001) untersuchten beispielsweise die Lautäußerungen von sechs Totenkopffaffen in den ersten 20 Lebensmonaten. Fünf der sechs Affen wuchsen bei ihren Affenmüttern in der Gruppe auf. Das sechste Tier war taub und wurde von Menschen aufgezogen. Es hatte keinen Kontakt zu anderen Affen. Von Geburt an äußerten alle sechs Tiere die zwölf Lauttypen, die auch die erwachsenen Tiere im Repertoire haben. Dabei veränderte sich die akustische Struktur über die Zeit kaum. Und auch die Laute vom isoliert aufgewachsenen Jungtier unterscheiden sich nicht von denen der übrigen Jungtiere. Dass das Lautrepertoire von Geburt an festgelegt und wenig variabel ist, zeigt sich auch innerhalb der Gattung der Grünen Meerkatzen (*Chlorocebus*). Das Lautrepertoire der beiden Unterarten der Südlichen Grünmeerkatze (*C. p. Pygerythrus* und *C. p. hilgerti*) weist nur minimale Unterschiede zu den Rufen der männlichen Tiere der Westlichen Grünmeerkatze (*C. sabaues*) auf (Price et al. 2014). Neurobiologische Studien zeigen, dass Affen keine Willkürkontrolle über die akustische Struktur der Laute haben (Jürgens 1992).



Eine Westliche Grünmeerkatze (*Chlorocebus sabeus*) warnt mit einem Alarmruf vor einem Raubfeind. Foto: Kognitive Ethologie

Die „richtige“ Reaktion der Meerkatzen auf die Laute ist erlernt. Junge Westliche Grünmeerkatzen warnen vor fast jedem Vogel in der Luft. Durch die Reaktion anderer Gruppenmitglieder lernen sie, vorm tatsächlichen Raubfeind, dem Adler, zu warnen (Seyfarth und Cheney 1980, Fischer 2012).

#### Sender und Empfänger: der feine Unterschied

Sprache zeichnet sich dadurch aus, dass Wörter gelernt werden müssen. Sie wird kulturell übermittelt. Wörter können erfunden werden und sie sind arbiträr. Was ein Wort bezeichnet, beruht auf Konventionen. Die Beziehung zwischen Bezeichnendem und Bezeichnetem ist willkürlich. Zudem ist Sprache referentiell und hat eine Syntax. Außerdem ist sie situationsgebunden und kann sich auf räumlich und zeitlich entfernte Sachverhalte beziehen. Um die gesendeten Signale zu verstehen, sind die Empfänger in der Lage, die Vielfalt der empfangenen akustischen Signale kategorisch wahrzunehmen. Affen

stimmen weitgehend in den Empfängerkriterien mit uns überein, aber in keinem der Sender (Produzenten)-Kriterien (Fischer 2017).

#### Im Dickicht der Düfte

Verständigung mittels Duftstoffen (olfaktorische Kommunikation) gehört zu den stammesgeschichtlich ältesten Formen der Kommunikation. Insbesondere bei Säugetieren werden dabei neben Urin, Kot und Speichel auch die Sekrete spezieller Hautdrüsen (Duftdrüsen) beim sogenannten „Markierverhalten“ eingesetzt (Eisenberg und Kleiman 1972).

Duftdrüsen und Markierverhalten sind innerhalb der Primaten bei den madagassischen Lemuren und bei Neuweltaffen am stärksten ausgeprägt (Schilling 1979, Epple 1986). So verfügen die madagassischen Kattas (*Lemur catta*) über Duftdrüsen im Bereich der Genitalien (Anogenitaldrüse) und auf Ober- und Unterarm (Brachial- und Antebrachialdrüse), und die südamerikanischen Krallenaffen (Marmosetten und Tamarine) besitzen neben der Anogenitaldrüse Drüsen über dem Schambein (Suprapubische Drüse) und dem Brustbein (Sternaldrüse; Epple 1986). Bei Altweltaffen sind Duftdrüsen und Markierverhalten eher selten; nur bei afrikanischen Mandrills und einigen Meerkatzen besitzen männliche Individuen eine Sternaldrüse und zeigen das entsprechende Markierverhalten (Loireau und Gautier-Hion 1988, Feistner 1991). Duftdrüsensekrete werden beim Markieren auf Äste und Stämme, aber auch auf Artgenossen aufgebracht. Männliche Kattas markieren auch den eigenen Schwanz und wedeln diesen dann in sogenannten „Stinkkämpfen“ Artgenossen entgegen (Jolly 1966). Das Vorhandensein von Duftdrüsen und Markierverhalten legt nahe, dass olfaktorische Kommunikation im Leben zahlreicher Primaten eine wichtige Rolle spielt.

Für Säugetiere wird häufig angenommen, dass Duftmarkieren der Kennzeichnung und Verteidigung von Territorien diene (Gosling 1982). Wenn mit den üblicherweise täglich zurückgelegten Strecken die Grenzen des Territoriums regelmäßig aufgesucht werden können, werden diese markiert: Ist das Streifgebiet aber so groß, dass die

Grenzen nicht regelmäßig aufgesucht und daher „ökonomisch verteidigt“ werden können, werden Duftmarken über das gesamte Gebiet verteilt. So stoßen „Eindringlinge“ mit einiger Wahrscheinlichkeit auf die Marken und erhalten Information über die Besitzer (Gorman 1990). Auch für Tamarine und Marmosetten, wie die hier gezeigten Weißbüschelaffen (*Callithrix jacchus*), wurde häufig eine territoriale Funktion des Markierens angenommen, ohne dass es aus dem Freiland entsprechende Belege gegeben hätte. In den ersten systematischen Freilandstudien zum Markierverhalten von Tamarinen zeigte DPZ-Wissenschaftler Eckhard W. Heymann, dass diese ihre Territorien sehr wohl „ökonomisch verteidigen“ könnten, trotzdem aber das Markieren nicht an den Grenzen stattfindet. Vielmehr markieren Tamarine dort am häufigsten, wo sie sich auch am meisten aufhalten. Somit ist eine territoriale Funktion eher unwahrscheinlich (Heymann 2000). Untersuchungen an freilebenden Weißbüschelaffen kamen zum gleichen Ergebnis (Lazaro-Perea et al. 1999). Warum also markieren Tamarine und Marmosetten?

In Untersuchungen, die zwischen 1984 und 1990 in der ehemaligen Abteilung Physiologie des DPZ durch Gisela Epple und ihr Team erfolgten, wurde gezeigt, dass die Markiersekrete von Tamarinen hochkomplexe Gemische



Weißbüschelaffen (*Callithrix jacchus*) besitzen Drüsen im Genitalbereich sowie über dem Schambein und dem Brustbein. Foto: Manfred Eberle

aus über 100 Substanzen sind (Epple et al. 1993). Bemerkenswert ist dabei vor allem der hohe Anteil von Proteinen und ungesättigten Fettsäuren, also Substanzen, die der Körper eher für Aufbau und Erhalt des Körpers und seiner Funktionen einsetzen sollte, anstatt sie für Duftmarken zu „verschwenden“. Dies gilt umso mehr, wenn für die Aufnahme dieser Substanzen eine aufwendige und teilweise riskante Nahrungssuche notwendig ist. Diese Befunde führten Heymann zusammen mit der Beobachtung, dass bei den Tamarinen Weibchen sehr viel häufiger markieren als Männchen und ihre Duftmarken in erster Linie von Männchen berochen werden (Heymann 1998), zu der Hypothese, dass Tamarine, insbesondere Weibchen, durch Duftmarkieren ihre Qualität anzeigen. Dazu muss man wissen, dass bei Tamarinen und anderen Krallenaffen eine hohe Fortpflanzungskonkurrenz zwischen Weibchen besteht. In einer Gruppe pflanzt sich meistens nur ein Weibchen fort, auch wenn andere fruchtbare Weibchen anwesend sind. Weiterhin werden als Regelfall Zwillinge geboren. Bei der Geburt besitzen sie bereits 15 bis 20 Prozent der mütterlichen Körpermasse und sie entwickeln sich schnell. Ihre Aufzucht ist daher energetisch aufwendig (Tardif 1994). Es sind vor allem die Männchen, welche die schweren Jungtiere tragen. Die Mutter nimmt sie hingegen nur zum Säugen. Für Männchen wäre es daher von Vorteil, Informationen über die Qualität des Weibchens, in dessen Jungtiere sie investieren, zu bekommen. Weibchen sollten also ihre Qualität anzeigen, vor allem die Fähigkeit, schwere und sich schnell entwickelnde Jungtiere ausreichend mit Nährstoffen zu versorgen. Weibchen, die es sich „leisten können“, häufig zu markieren und dabei Proteine und ungesättigte Fettsäuren zu „verschwenden“, sollten also einen Vorteil erzielen (Heymann 2003). Diese Hypothese kann jedoch nicht im Freiland getestet werden, sondern erfordert experimentelle Untersuchungen in Gefangenschaft.

Düfte spielen jedoch auch jenseits des Markierverhaltens eine größere Rolle im Leben von Primaten als gemeinhin angenommen. So zeigte Clemence Poirotte aus der Abtei-



**Düfte und Gerüche** spielen bei menschlichen und nicht-menschlichen Primaten eine wichtige Rolle und gewinnen auch in der Forschung zunehmend an Bedeutung. Foto: Karin Tilch

lung Verhaltensökologie und Soziobiologie des DPZ, dass Mandrills in der Lage sind, den Parasitenbefall von Gruppenmitgliedern am Kotgeruch zu erkennen, und stark parasitierte Individuen bei der sozialen Fellpflege meiden (Poirotte et al. 2017).

Auch bei Nahrungssuche und –aufnahme sind Düfte für Primaten wichtig (Nevo und Heymann 2015). In seinem Promotionsprojekt am DPZ wies Omer Nevo zusammen mit einem internationalen Team durch Tests an Klammeraffen in Mexiko erstmals nach, dass Primaten reife und unreife Früchte am Duft unterscheiden können (Nevo et al. 2015).

Dass Geruch und geruchliche Wahrnehmung auch bei uns Menschen sehr wichtig sind, zeigt das tägliche Leben (beispielsweise die Verwendung von Parfüm und Deodorants). Die Bedeutung des Geruchs für Menschen wurde nicht zuletzt durch die Verleihung des Nobelpreises für Medizin und Physiologie im Jahr 2004 an Linda Buck und Richard Axel für die Erforschung des menschlichen Riechsystems unterstrichen. Bei nicht-menschlichen Primaten findet dieser „vernachlässigte Sinn“ (Heymann 2006) allmählich auch die Beachtung, die seinem Stellenwert in Verhalten und Ökologie entspricht.

#### Literatur

- Dawkins R, Krebs JR (1978): Animal signals: information or manipulation. In: Krebs JR, Davies NB (eds.) *Behavioral Ecology: An Evolutionary Approach*. Oxford, Blackwell Scientific: 282-309.
- Eisenberg JF, Kleiman DG (1972): Olfactory communication in mammals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 3: 1-32.
- Epple G (1986): Communication by chemical signals. In: Mitchell G, Erwin J (eds): *Comparative Primate Biology, 2A: Behavior, observation, and Ecology*. New York, Alan R. Liss: 531-580.
- Epple G, Belcher AM, Küderling I, Zeller U, Scolnick L, Greenfield KL, Smith AB, III (1993) Making sense out of scents: species differences in scent glands, scent-marking behaviour, and scent-mark composition in the Callitrichidae. In: Rylands AB (ed): *Marmosets and Tamarins Systematics, Behaviour, and Ecology*. Oxford University Press: 123-151.
- Feistner ATC (1991) Scent marking in mandrills, *Mandrillus sphinx*. *Folia Primatologica* 57:42-47.
- Fichtel C, Scheiner E, Maak B (2011): Über die Kommunikation bei nichtmenschlichen Primaten und die Evolution von Sprache. In: Dreesmann D, Graf D, Witte K (eds): *Evolutionsbiologie: Moderne Themen für den Unterricht*. Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag: 217-258.
- Fischer J (2012): *Affengesellschaft*. Berlin, Suhrkamp. 167-246.
- Fischer J (2017): Primate vocal production and the riddle of language evolution. *Psychonomie Bulletin and Review* 24(1): 72-78
- Gorman ML (1990): Scent marking strategies in mammals. *Revue Suisse de Zoologie* 97: 3-29.
- Gosling L (1982): A reassessment of the function of scent marking in territories. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 60:89-118.
- Hammerschmidt K, Freudenstein T, Jürgens U (2001): Vocal development in squirrel monkeys. *Behaviour* 138: 1179-1204.

- Heymann EW (1998): Sex differences in olfactory communication in a wild primate, *Saguinus mystax* (Callitrichinae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 43: 37-45
- Heymann EW (2000): Spatial patterns of scent marking in wild moustached tamarins, *Saguinus mystax*: no evidence for a territorial function. *Animal Behaviour* 60: 723-730.
- Heymann EW (2003): Scent marking, paternal care, and Sexual selection in callitrichines. In: Jones CB (ed): *Sexual selection and Reproductive Competition in Primates: New Perspectives and Directions*. Norman, American Society of Primatologists: 305-325.
- Heymann EW (2006): The neglected sense - olfaction in primate behavior, ecology, and evolution. *American Journal of Primatology* 68: 519-524.
- Jolly A (1966) *Lemur Behavior*. University of Chicago Press.
- Jürgens U (1992): On the neurobiology of vocal communication. In: Papousek H, Jürgens U, Papousek M (eds): *Nonverbal Vocal Communication*. Cambridge University Press: 31-42.
- Lazaro-Perea C, Snowdon CT, de Fátima Arruda M (1999): scent-marking behavior in wild groups of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 46(5): 313-324.
- Loireau JN, Gautier-Hion A (1988): Olfactory marking behaviour in guenons and its implications. In: Gautier-Hion A, Bourliere F, Gautier J-P, Kingdon J (eds): *A Primate Radiation: Evolutionary Biology of the African Guenons*. Cambridge University Press: 246-253.
- Nevo O, Heymann EW (2015): Led by the nose: olfaction in primate foraging ecology. *Evolutionary Anthropology* 24: 137-148.
- Nevo O, Orts Garri R, Ayasse M, Hernandez Salazar LT, Heymann EW, Schulz S, Laska M (2015): Chemical recognition of fruit ripeness in spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). *Scientific Reports* 5: 14895.
- Poirotte C, Massol F, Herbert A, Willaume E, Bomo PM, Kappeler PM, Charpentier MJ (2017): Mandrills use olfaction to socially avoid parasitized conspecifics. *Science Advances* 3: e1601721.
- Price T, Fischer J (2014): Meaning attribution in the West African green monkey: influence of call type and context. *Animal Cognition* 17(2): 277-286.
- Price T, Ndiaye O, Hammerschmidt K, Fischer J (2014): Limited geographic variation in the acoustic structure of and responses to adult male alarm barks of African green monkeys. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 68(5): 815-825.
- Seyfarth RM, Cheney DL, Marler P (1980): Monkey responses to three different alarm calls: Evidence of predator classification and semantic communication. *Science* 210: 801-803.
- Seyfarth RM, Cheney DL (1980): The Ontogeny of vervet monkey alarm calling behavior: a preliminary report. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 54: 37-56.
- Schilling A (1979): Olfactory communication in prosimians. In: Doyle GA, Martin RD (eds): *The Study of Prosimian Behavior*. New York, Academic Press: 461-542.
- Tardif SD (1994): Relative energetic cost of infant care in small-bodied neotropical primates and its relation to infant-care patterns. *American Journal of Primatology* 34: 133-143.



# Impressum

---

Dieser Katalog wird herausgegeben von der Deutsches Primatenzentrum GmbH (DPZ) – Leibniz-Institut für Primatenforschung

Stabsstelle Kommunikation  
Kellnerweg 4  
37077 Göttingen  
0551 3851-359, presse@dpz.eu

Redaktion: Dr. Susanne Diederich (ViSdP)  
Luzie J. Almenräder, Dr. Stefanie Heiduck, Dr. Sylvia Siersleben, Karin Tilch

Gestaltung: Heike Klensang

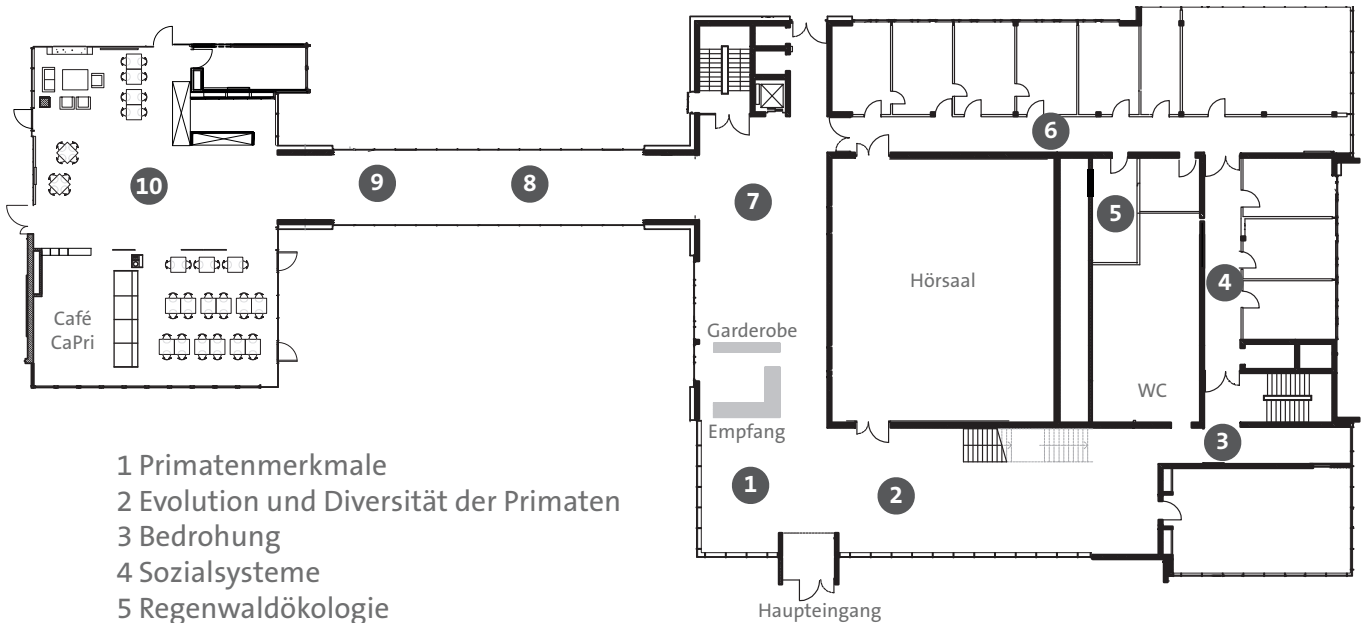
Druck: Goltze Druck

Auflage: 1000

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit verwenden wir in unseren Texten oft nur die männliche Form, meinen jedoch ausdrücklich beide Geschlechter.

Der Inhalt dieses Ausstellungskatalogs ist urheberrechtlich geschützt. Zu den Inhalten zählen alle Texte, Fotos, Grafiken, und Layouts. Soweit nicht anders gekennzeichnet, ist Rechtsinhaber der Inhalte die Deutsches Primatenzentrum GmbH. Jede vom Urheberrechtsgesetz nicht zugelassene Verwertung bedarf der vorherigen ausdrücklichen Zustimmung der Deutsches Primatenzentrum GmbH.

## Wo finde ich was?



- 1 Primatenmerkmale
- 2 Evolution und Diversität der Primaten
- 3 Bedrohung
- 4 Sozialsysteme
- 5 Regenwaldökologie
- 6 Feldforschung in Thailand
- 7 Lemurenforschung
- 8 Biodiversität und Artenvielfalt
- 9 Kognition
- 10 Kommunikation

