



Highlights unserer Forschung 2022 Research Highlights 2022

Titelbild: Zwei Bonobo-Kinder im Regenwald in der Demokratischen Republik Kongo. DPZ-Forschende haben herausgefunden, dass die Geburt eines neuen Babys bei dem älteren Geschwisterkind eine andauernde Stressreaktion und eine verminderte Immunabwehr auslöst.

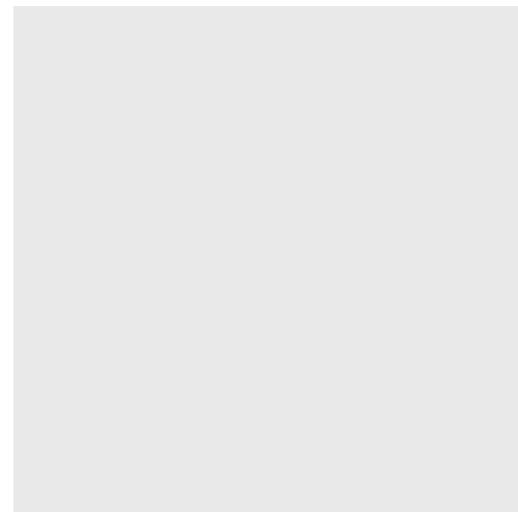
Two bonobo infants in the rainforest in the Democratic Republic of Congo. DPZ researchers have found that the birth of a new baby triggers a persistent stress response and lowered immune defenses in the older sibling.

Photo: Sean M. Lee

Deutsches Primatenzentrum
Leibniz-Institut für Primatenforschung

Highlights 2022

Inhalt *Contents*



Inhalt Contents

Willkommen <i>Welcome</i>	04
Das Institut <i>Our institute</i>	06
Upgrade für den Covid-19-Impfstoff <i>Upgrade for the Covid 19 vaccine</i>	12
Weißbüschelaffen: Motiviert zum Hörtest <i>Marmoset monkeys: motivated for a hearing test</i>	16
Männerfreundschaften – eine Frage des Zeitbudgets <i>Male friendships – a question of time budget</i>	20
Entthronte Bonobo-Kinder <i>Dethroned bonobo children</i>	24
Mysterium Narkose <i>Mystery anesthesia</i>	28
Einzigartige Darmflora <i>Unique gut microbiota</i>	32



Das DPZ eröffnet ein Gebäude, das Haltung und Forschung in zukunftsweisender Form vereint. Prof. Dr. Veronika von Messling, Leiterin der Abteilung Lebenswissenschaften im BMBF, und Staatssekretärin Dr. Sabine Johannsen (von rechts) überreichen Prof. Dr. Julia Fischer, Ass. jur. Michael Lankeit und Prof. Dr. Stefan Treue den symbolischen Schlüssel zur Einweihung des PriCaB im September 2022. ■ *The DPZ opens a building that combines husbandry and research in a forward-looking way. Prof. Dr. Veronika von Messling, Head of the Life Sciences Division at the BMBF, and State Secretary Dr. Sabine Johannsen (from right) present Prof. Dr. Julia Fischer, Ass. jur. Michael Lankeit and Prof. Dr. Stefan Treue the symbolic key to the inauguration of the PriCaB in September 2022. Photo: Karin Tilch*



Die Ausstellung „Im Urwald“ wurde im November 2022 eröffnet und zeigte die Geschichte der Primatenforschung am Amazonas sowie aktuelle Forschungsarbeiten an der DPZ-Feldstation in Peru. ■ *The exhibition “Im Urwald” opened in November 2022 and showed the history of primate research in the Amazon as well as current scientific findings at the DPZ field station in Peru. Photo: Karin Tilch*



Das DPZ investiert in nachhaltige Energieversorgung: Photovoltaik-Anlagen mit einer Solarfläche von rund 3.200 Quadratmetern werden seit Herbst 2022 auf mehreren Dächern der Institutsgebäude installiert. ■ *The DPZ invests in sustainable energy supply: Photovoltaic systems with a solar area of around 3,200 square meters have been installed on several roofs of the institute's buildings since fall 2022. Photo: Karin Tilch*

Willkommen *Welcome*

Wie gut schützt der angepasste Covid-19-Impfstoff? Was passiert in unserem Gehirn unter Narkose? Wie gelingen Hörtests mit Weißbüschelaffen und warum ist die Geburt eines Geschwisters für Bonobo-Kinder eine Herausforderung? Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom Deutschen Primatenzentrum – Leibniz-Institut für Primatenforschung sind diesen und anderen Fragen nachgegangen und haben Antworten gefunden, die sie Ihnen in dieser Broschüre präsentieren. Wir laden Sie ein, die Forscher*innen, ihre Ideen und die Geschichten hinter den Projekten kennenzulernen und wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.

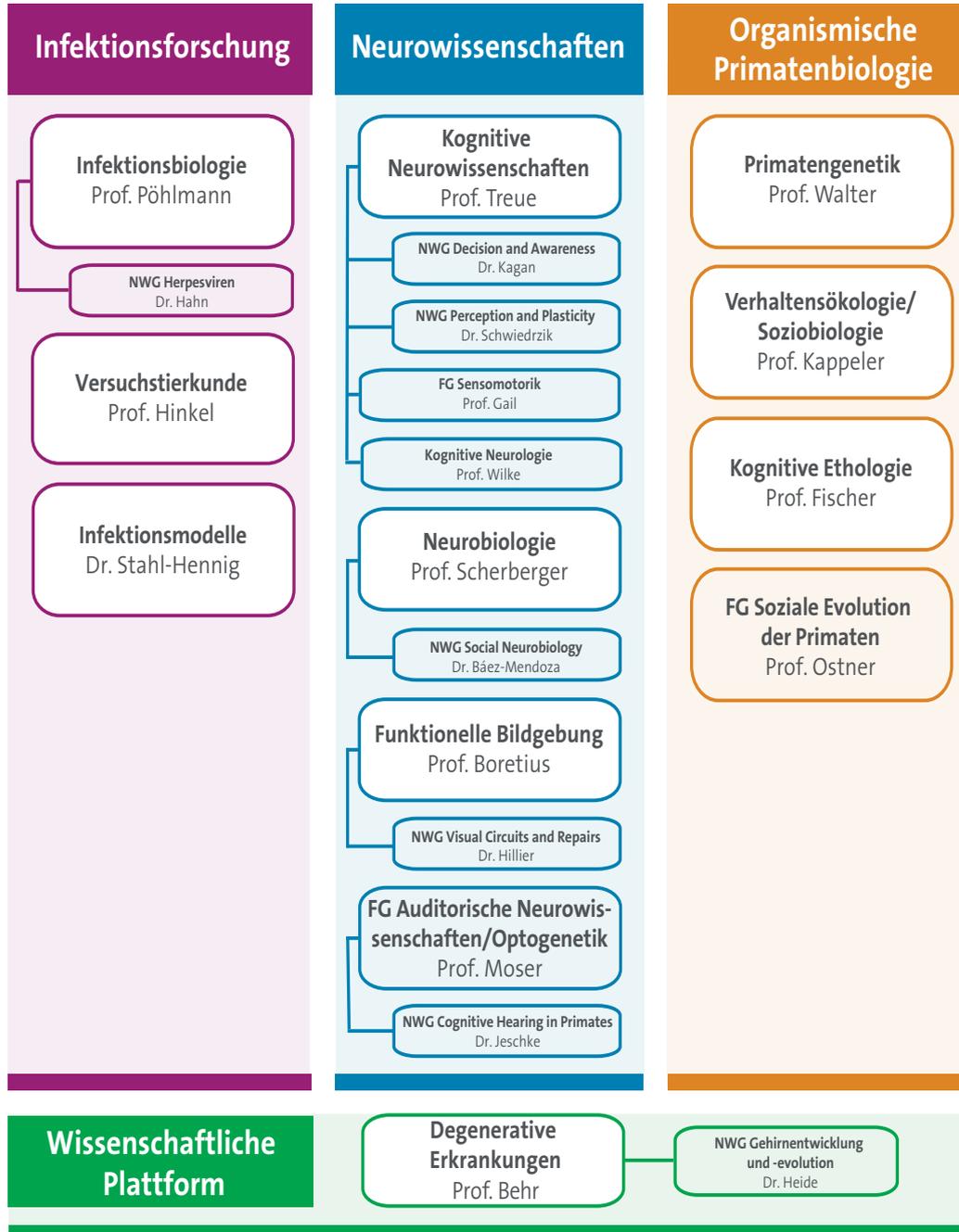
Wenn Sie nicht bis zum nächsten Jahr warten wollen, um weitere Neuigkeiten aus dem DPZ zu erfahren, können Sie unsere vierteljährlich erscheinende, kostenlose Zeitschrift „DPZ aktuell“ abonnieren, die Videos in unserem YouTube-Kanal anschauen oder uns auf Twitter folgen. Sie finden Informationen dazu sowie alle gedruckten Materialien, Bilder und Filme in der Mediathek auf unserer Website.

How well does the adapted Covid 19 vaccine protect? What happens in our brain under anesthesia? How do hearing tests with common marmosets succeed and why is the birth of a sibling a challenge for young bonobos? The researchers of the German Primate Center – Leibniz Institute for Primate Research have investigated these and other questions and have found answers, which they present in this brochure. We invite you to get to know the researchers, their ideas and the stories behind the projects and wish you a pleasant reading.

If you do not wish to wait until next year to obtain more stories from the DPZ, you can subscribe to our quarterly published free magazine “DPZ aktuell”, watch the videos on our YouTube channel or follow us on Twitter. In the media center on our website, you will find further information as well as printed material, images and movies.

Mediathek/media center:





Am DPZ gibt es zurzeit neun Abteilungen, vier Forschungsgruppen, eine Forschungsplattform sowie sieben zugehörige Nachwuchsgruppen (Stand: Januar 2023). ■ At the DPZ there are currently nine departments, four research groups, one research platform and seven associated junior research groups (as of January 2023).

Image: Heike Klensang

Das Institut *Our Institute*

Das Deutsche Primatenzentrum betreibt verantwortungsbewusste Forschung und wissenschaftsbasierten Service zu grundlegenden Fragen der Gesundheitsforschung und Primatenkognition. Der Fokus liegt dabei auf Bereichen, in denen Studien an Affen eine zentrale Rolle spielen. Dies sind vor allem die Infektions- und Herzkreislaufforschung, die Neurowissenschaften und die Primatenbiologie. Das DPZ hat sich hohen ethischen Standards und transparenter Kommunikation verpflichtet. Mit seinen Kompetenzen setzt das DPZ Maßstäbe für Zucht, Haltung und experimentellen Einsatz von Primaten und berät und unterstützt andere Forschungseinrichtungen, unter anderem durch die Bereitstellung von Tieren aus seiner Zucht.

2022 wurde das neue Forschungs- und Haltungsgelände PriCaB in Betrieb genommen. Es vereint Haltung und Zucht von Primaten mit Studien zu Kognition und Tierwohl. Die Abteilung Versuchstierkunde wurde vom Wissenschaftlichen Beirat evaluiert und als exzellent bewertet. 31 Drittmittelprojekte mit einer Fördersumme von 12 Millionen Euro wurden bewilligt, darunter ein BMBF-Projekt zur Entwicklung von zell- und organähnlichen Modellen aus Stammzellen mit dem Ziel, Tierversuche zu verringern. Im Rahmen des Nachhaltigkeitsmanagements wurde der CO₂-Fußabdruck des DPZ ermittelt und mit der Installation von Photovoltaikanlagen begonnen. Bei der fünften Göttinger Nacht des Wissens präsentierten mehr als 70 DPZ-Beschäftigte ihre Forschung.

The German Primate Center conducts responsible research and science-based service on fundamental questions of health research and primate cognition. The focus is on areas in which studies on monkeys play a central role. These are primarily infection and cardiovascular research, neuroscience and primate biology. The DPZ is committed to high ethical standards and transparent communication. With its competencies, the DPZ sets standards for breeding, keeping and experimental use of primates and advises and supports other research institutions, among other things by providing animals from its own breeding facilities.

2022 was an eventful year at the DPZ. The new PriCaB research and husbandry building was put into operation. It combines husbandry and breeding of primates with studies on cognition and animal welfare. The Laboratory Animal Science Unit was evaluated by the Scientific Advisory Board and rated as excellent. 31 third-party funded projects with a funding amount of 12 million euros were approved, including a BMBF project on the development of cell- and organ-like models from stem cells, which should help to reduce animal experiments. As part of sustainability management, the DPZ's carbon footprint was determined and work began on installing photovoltaic systems. At the fifth Göttingen "Nacht des Wissens", more than 70 DPZ employees presented their research.

Die Forschungsstationen

Das DPZ erforscht Springaffen in Peru, Paviane im Senegal, Lemuren auf Madagaskar und Assammakaken in Thailand. Insbesondere das Verhalten, die Lebensräume und die Ökologie der Primaten sowie die genetischen Verwandtschaftsverhältnisse sind dabei von Interesse. Dabei leisten die Mitarbeiter*innen nicht nur Forschungsarbeit, sondern setzen sich auch für Natur- und Artenschutz ein. Aktuelle Ergebnisse der Freilandforschung aus dem Jahr 2022 zeigen, dass die Darmflora freilebender Assammakaken im Alter zunehmend individueller wird und dass Guinea-Pavianmännchen weibliche Paarungspartner ihren männlichen Freunden vorziehen, um ihren Fortpflanzungserfolg zu maximieren.

The field stations

The DPZ researches titi monkeys in Peru, baboons in Senegal, lemurs in Madagascar and Assamese macaques in Thailand. The behavior, habitats and ecology of the primates as well as the genetic relationships are of particular interest. The staff members not only carry out research, but are also committed to nature and species conservation. Recent results from field research show that the gut microbiota of Assamese macaques becomes increasingly individualized as they age, and that Guinea baboon males prefer female mating partners to their male friends to maximize their reproductive success.



Quebrada Blanco



Die Estación Biológica Quebrada Blanco liegt im Amazonas-Regenwald in Peru. Sie wird seit 1985 für ökologische und ethologische Untersuchungen an Neuweltaffen genutzt.

The Estación Biológica Quebrada Blanco is located in the Amazon rain forest of Peru. It is used since 1985 for ecological and behavioral research on New World primates.

Die Standorte des DPZ und seiner Feldstationen.

■ Locations of the DPZ and its field stations.

Illustration: Christian Kiel

Göttingen



Seit 1977 betreibt das DPZ verantwortungsbewusste Forschung und wissenschaftsbasierten Service zu grundlegenden Fragen der Gesundheitsforschung und Primatenkognition.

Since 1977 the DPZ conducts responsible research and science-based service on fundamental issues of health research and primate cognition.

Phu Khieo



Die Forschungsstation liegt in einem großen, bewaldeten Schutzgebiet in Thailand. Seit 2005 wird dort das Sozialverhalten von Assammakaken erforscht. In 2015 hat das DPZ die Finanzierung der Station übernommen.

The research station is located in a large, wooded nature reserve in Thailand. Since 2005, the scientists are studying there the social behavior of Assamese macaques. In 2015, the DPZ has taken over the financing of the station.

Simenti



Die Forschungsstation Simenti wurde 2007 im Niokolo Koba Nationalpark im Senegal aufgebaut. Dort werden vor allem das Sozialverhalten, die Kommunikation und die Ökologie von Guineapavianen untersucht.

The research station Simenti was built in 2007 in the Niokolo Koba National Park in Senegal. It is mainly used to study the social organization, communicative behavior and ecology of Guinea baboons.

Kirindy



Die Forschungsstation auf Madagaskar liegt im namensgebenden Trockenwald „Kirindy“. Die Forschungsarbeiten konzentrieren sich seit 1993 auf Verhalten, Ökologie und Biodiversität von Lemuren.

The research station in Madagascar is located in a dry forest called "Kirindy". Since 1993, the research activities have focused on behavior, ecology and biodiversity of lemurs.



Geballte DPZ-Power: Rund 70 Mitarbeiter*innen waren bei der Göttinger Nacht des Wissens im Juli 2022 dabei. Sie präsentierten ihre Forschung, beantworteten Fragen und diskutierten mit Besucher*innen. ■ Concentrated DPZ power: About 70 employees took part in the Göttingen "Nacht des Wissens" in July 2022. They presented their research, answered questions and led discussions with visitors.

Photo: Karin Tilch

Service für die Wissenschaft

Affen sind dem Menschen anatomisch, physiologisch und genetisch sehr ähnlich. Sie sind deshalb eine ideale Tiergruppe, um menschliche Erkrankungen, komplexe Nervensysteme sowie Ökologie, Verhalten und Evolution zu erforschen. Die Tierhaltung am DPZ verfügt nicht nur über die Expertise für die Zucht und Haltung der rund 1.200 Primaten, sie versorgt auch andere öffentlich geförderte Forschungseinrichtungen mit nicht-humanen Primaten. 43 Tierpfleger*innen sowie zehn Tierärzt*innen und fünf Tierschutzbeauftragte sind für das Wohl der Tiere verantwortlich, regelmäßige Schulungen und eine enge Einbindung in die Forschung garantieren die bestmögliche Versorgung der Tiere. Zudem unterhält das DPZ eine DNA- und Gewebekbank, betreibt ein Hormonlabor sowie eine Pathologie zur Diagnostik von Primatenerkrankungen.

Service for the scientific community

Monkeys are anatomically, physiologically and genetically very similar to humans. They are therefore ideal to investigate human diseases, complex nervous systems as well as ecology, behavior and evolution. The Animal Husbandry Unit at the German Primate Center does not only have the expertise for the breeding and maintenance of approximately 1,200 primates but also supplies other research institutes with non-human primates. 43 animal keepers as well as ten veterinarians and five animal welfare officers are responsible for the welfare of the animals. Regular training and close involvement in research guarantee the best possible care for the animals. In addition, the German Primate Center maintains a DNA and tissue bank, a hormone laboratory and a pathology laboratory for the diagnosis of primate diseases.

Finanzen und Personal

Das DPZ ist eine der 97 Forschungs- und Infrastruktureinrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft. Bund und Länder tragen jeweils die Hälfte der Grundfinanzierung. Der Grundetat belief sich im Jahr 2022 auf etwa 17,7 Millionen Euro, hinzu kamen noch rund 12 Millionen Euro Drittmittel-Einwerbungen der DPZ-Forschenden. Ende 2022 waren am DPZ 480 Mitarbeitende und Gastforschende beschäftigt, die aus 41 verschiedenen Nationen kommen.

Tierversuche und Öffentlichkeit

Die Forscher des DPZ übernehmen in der sensiblen Frage nach dem Tierschutz in der tierexperimentellen Forschung Verantwortung und eine Vorreiterrolle: Sie kommunizieren mit der Öffentlichkeit und den Medien, sie beraten Politiker in tierschutzrechtlichen Belangen und engagieren sich in der Aus- und Weiterbildung von Tierpfleger*innen. Im Jahr 2022 haben DPZ-Wissenschaftler*innen 27 Interviews gegeben. Es wurden 21 Pressemitteilungen verschickt sowie über 100 Tweets abgesetzt. Die intensive Öffentlichkeitsarbeit zeigt sich auch in der Medienresonanz auf unsere Forschung. Im Jahr 2022 sind über 1.300 Artikel in der lokalen- und überregionalen Presse gedruckt sowie online erschienen. Darüber hinaus wurden zwölf Radio- und vier TV-Beiträge gesendet, in denen das DPZ oder seine Forschenden genannt wurden. Die internationale Presse berichtete in insgesamt 203 Artikeln über die Forschung des DPZ.



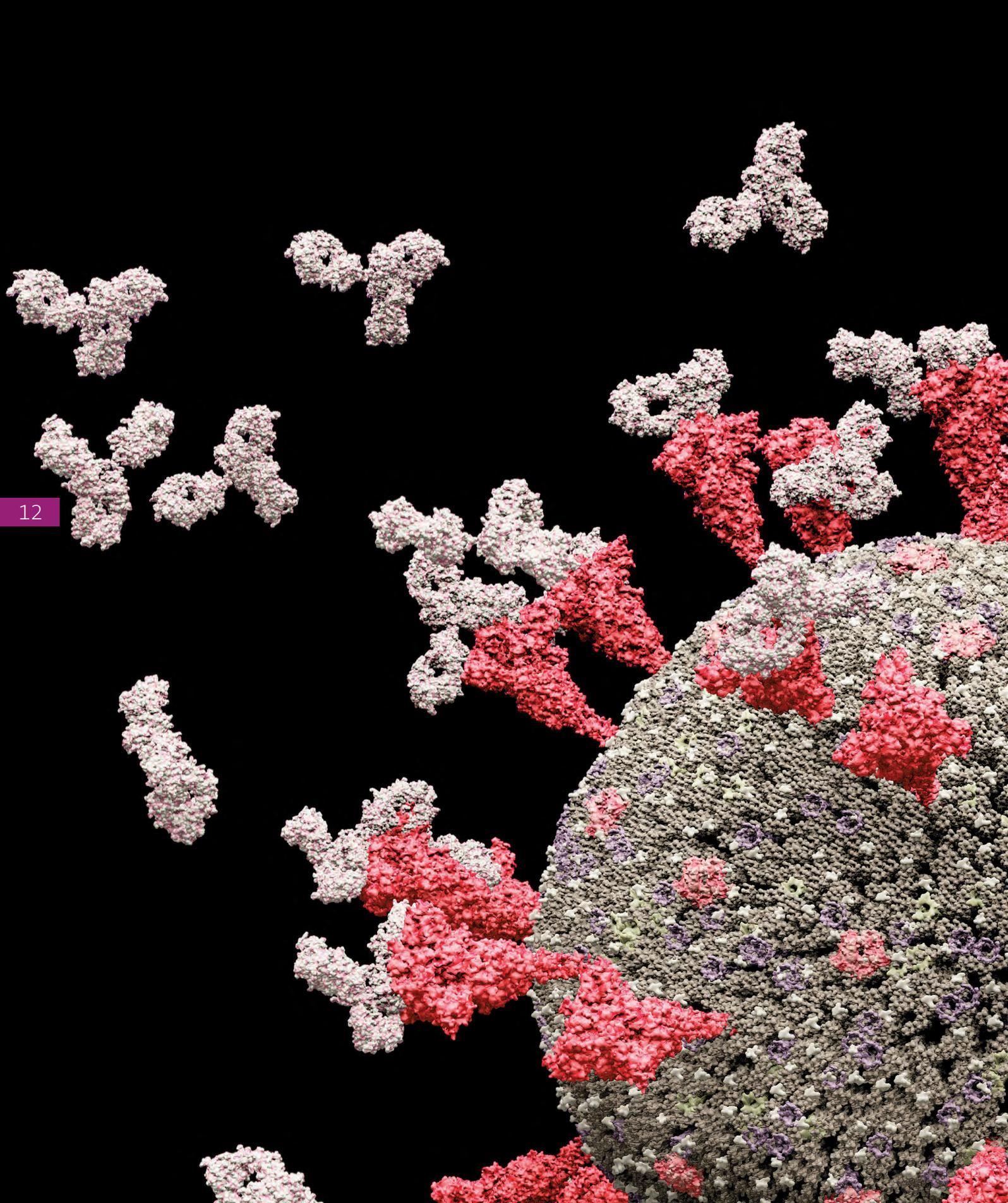
Purús-Brüllaffe
Purús red howler monkey
Photo: Rodrigo Costa Araújo

Finance and staff

The DPZ is one of 97 research and infrastructure institutes of the Leibniz Association. Federal and state governments each contribute half of the core funding. In 2022 the basic budget amounted to 17.7 million euro, to which approximately 12 million euro from third-party funding of DPZ scientists as well as from own revenue is added. By the end of 2022, the DPZ had 480 employees and guest scientists from 41 nations.

Animal research and the public

On the sensitive subject of animal welfare, the scientists at the DPZ take responsibility and a pioneering role when experimental animal research is conducted: They communicate openly with the public and the media, they advise politicians in legal animal welfare issues and are involved in the education and training of animal caretakers. In 2022, DPZ scientists gave 27 interviews. 21 press releases and over 100 tweets were sent out. The intensive public relation work is reflected also in the response of the media to our research. In 2022, more than 1,300 printed and online articles appeared in the local and national press. In addition, twelve radio and four TV clips where the DPZ or its researchers were mentioned, were broadcasted. The international press reported in a total of 203 articles on the research of the DPZ.



Upgrade für den Covid-19-Impfstoff

Upgrade for the Covid 19 vaccine

Wie gut schützt das BA.5-angepasste Vakzin?

Soll ich mich noch einmal boostern lassen? Und wenn ja, mit welchem Impfstoff? Diese Fragen stellten sich viele Bürger*innen im Herbst und Winter 2022. Auch jetzt noch führen Infektionen mit SARS-CoV-2 zu Krankenhauseinweisungen. Impfungen schützen meistens vor schweren Verläufen, unter anderem indem sie die Bildung von Antikörpern auslösen, die das Virus blockieren. Die Antikörper binden an das Spike-Protein auf der Oberfläche des Virus und verhindern so dessen Eindringen in die Wirtszellen. Dieser Vorgang wird Neutralisation genannt. Einige Varianten von SARS-CoV-2 können sich jedoch teilweise dieser Antikörper-vermittelten Neutralisation entziehen. Dies wird als Antikörperflucht bezeichnet. Insbesondere die gegenwärtig zirkulierende Omikron-Variante trägt zahlreiche Mutationen im Spike-Protein, die die Hemmung des Virus durch Antikörper verringern. Daher wurden die Impf-

How well does the BA.5-adapted vaccine protect?

Should I get another booster? And if so, which vaccine should be used? These were the questions many people asked themselves during autumn and winter 2022. Worldwide, infections with SARS-CoV-2 still lead to many hospitalizations. Vaccines usually protect well against severe courses of the disease by, among other things, triggering the production of antibodies that block the virus. The antibodies bind to the spike protein on the surface of the virus, thereby preventing virus entry into host cells. This process is called neutralization. However, some variants of SARS-CoV-2 can partially evade this antibody-mediated neutralization. This is referred to as antibody evasion. In particular, the currently circulating omicron variant carries numerous mutations in the spike protein that reduce inhibition of the virus by antibodies. Therefore, vaccines have been adapted to provide better protection against omicron subvariants. However, it was an open question whether the adapted vaccines actually work better than the previous vaccines. In addition, information on the antibody evasion capacities of the newly emerged omicron subvariants BA.2.75.2 and BQ.1.1 has been lacking.

13

Photo

Neutralisierende Antikörper (weiß), die an das Spike-Protein (rot) von SARS-CoV-2 binden und so den Viruseintritt in die Wirtszelle blockieren. *Neutralizing antibodies (white) bind to the spike protein (red) of SARS-CoV-2 and prevent the virus from entering into the host cell.*

Image: Leo Altman – stock.adobe.com

stoffe angepasst, um einen besseren Schutz vor Omikron-Untervarianten zu erzielen. Offen war jedoch die Frage, ob die angepassten Impfstoffe tatsächlich besser wirken, als die vorhergehenden Impfstoffe. Zudem fehlten bisher Informationen dazu, wie stark sich die neu aufgetretenen Omikron-Untervarianten BA.2.75.2 und BQ.1.1 den neutralisierenden Antikörpern entziehen.

BA.5-angepasstes Vakzin verbessert Antikörperantwort

Ein Team von Forschenden der Abteilung Infektionsbiologie am DPZ und der Medizinischen Hochschule Hannover hat untersucht, wie gut die im Blut von geimpften Personen vorhandenen Antikörper verschiedene Omikron-Untervarianten neutralisieren können. Die Ergebnisse zeigen, dass das Blut von grundimmunisierten Personen, welche zusätzlich eine vierte Booster-Impfung erhalten hatten, eine höhere neutralisierende Aktivität gegen Omikron-Untervarianten aufweist als das Blut von Personen ohne Booster-Impfung. Dabei war die Neutralisation von Omikron-Untervarianten nach Einsatz eines an die Omikron-Untervariante BA.5-angepassten Impfstoffes für die Booster-Impfung etwas besser als nach Verwendung des klassischen Impfstoffes.

Neue Omikron-Untervarianten zeigen starke Antikörperflucht

Bei ihren Untersuchungen stellten die Forschenden zudem fest, dass bei fast allen Personen, die eine Booster-Impfung erhielten, neutralisierende Antikörper gegen

BA.5-adapted vaccine improves antibody response

A team of researchers from the Infection Biology Unit at the German Primate Center and Hannover Medical School has investigated how well antibodies present in the blood of vaccinated individuals can neutralize different omicron subvariants. The results show that the blood of fully-vaccinated persons, who had additionally received a fourth booster vaccination, has a higher neutralizing activity against omicron subvariants than the blood of persons without booster vaccination. Thereby, the neutralization of omicron subvariants was slightly better after using a booster vaccine adapted to the omicron subvariant BA.5 than after using the classical vaccine.

Novel omicron subvariants show high capacity for antibody evasion

In their studies, the researchers also found that neutralizing antibodies to the SARS-CoV-2 variant BA.5 were present in almost all individuals who re-



Der BA.5-angepasste Impfstoff verbessert die Antikörperantwort. ■ BA.5-adapted vaccine improves antibody response. Photo: Tobias Arhelger – stock.adobe.com



Prof. Stefan Pöhlmann und Dr. Markus Hoffmann

Die Virologen Stefan Pöhlmann (rechts) und Markus Hoffmann erforschen SARS-CoV-2 und andere Coronaviren in der Abteilung Infektionsbiologie am DPZ.

Virologists Stefan Pöhlmann (right) and Markus Hoffmann conduct research on SARS-CoV-2 and other coronaviruses in the Infection Biology Unit at the German Primate Center. Photo: Karin Tilch

die SARS-CoV-2-Variante BA.5 vorhanden waren. Im Gegensatz dazu wurden bei einem Teil der Geimpften keine neutralisierenden Antikörper gegen BA.2.75.2 und BQ.1.1 nachgewiesen. „Die Omikron-Untervarianten BA.2.75.2 und BQ.1.1 weisen eine starke Antikörperflucht auf und es ist davon auszugehen, dass diese Varianten trotz Booster-Impfung bei einigen Patient*innen Infektionen mit symptomatischem Verlauf hervorrufen können“, sagt Markus Hoffmann, Erstautor der Studie.

Die Studie zeigt, dass eine Booster-Impfung generell sinnvoll ist, um die neutralisierende Aktivität gegenüber neuen Virusvarianten zu erhöhen. „Auch wenn sich BA.2.75.2 und BQ.1.1 der Hemmung durch Antikörper weitgehend entziehen können, so ist ein partieller Schutz gegen diese Varianten dennoch zu erwarten, unter anderem durch die T-Zell-vermittelte Immunantwort, welche unsere Studie allerdings nicht explizit untersucht hat“, ergänzt Stefan Pöhlmann, Leiter der Abteilung Infektionsbiologie.

ceived booster vaccination. In contrast, neutralizing antibodies to BA.2.75.2 and BQ.1.1 were not detected in a proportion of the same blood samples. “The omicron subvariants BA.2.75.2 and BQ.1.1 exhibit strong antibody evasion and it can be assumed that these variants can cause symptomatic infection in some patients despite booster vaccination,” said Markus Hoffmann, first author of the publication.

The study shows that booster vaccination is generally useful to increase neutralizing activity against new SARS-CoV-2 variants. “Even though BA.2.75.2 and BQ.1.1 can largely evade inhibition by antibodies, partial protection against these variants can still be expected, for instance through T-cell-mediated immune response, however, this was not explicitly investigated in our study,” adds Stefan Pöhlmann, head of the Infection Biology Unit.

Original publication

*Hoffmann M, Behrens GMN, Arora P, Kempf A, Nehlmeier I, Cossmann A, Manthey L, Dopfer-Jablonka A, Pöhlmann S (2023): Effect of hybrid immunity and bivalent booster vaccination on omicron sublineage neutralization. *The Lancet Infectious Diseases* 23 (1): 25-28. DOI: 10.1016/S1473-3099(22)00792-7*





Weißbüschelaffen: Motiviert zum Hörtest

Marmoset monkeys: motivated for a hearing test

Forschung für bessere Hörprothesen

Ludwig van Beethoven stellte die berühmte neunte Sinfonie erst fertig, als er bereits seinen Hörsinn verloren hatte. Bei der Uraufführung in Wien war der Komponist zwar anwesend, nahm aber nicht einmal den Applaus des Publikums wahr. Heute können vormals taube Patient*innen mithilfe von Cochlea-Implantaten wieder hören. Dafür werden die Schallwellen in Strom-Impulse übersetzt, die direkt die Hörnervenzellen anregen. Allerdings gehen dabei Tonhöhe und Melodie verloren – denn Strom breitet sich weit im Innenohr aus und verursacht einen verschwommenen Höreindruck. Beethovens Neunte klingt daher mit Cochlea-Implantat ungefähr so wie eine Toilettenspülung.

Um Betroffenen in Zukunft ein differenzierteres Hören und sogar den Genuss von Musik zu ermöglichen, arbeiten Forschende am „Göttingen Cam-

Research toward better hearing prostheses

Ludwig van Beethoven completed his famous Ninth Symphony only after he had already lost his sense of hearing. The composer was present at the premiere in Vienna, but did not even perceive the applause of the audience. Today, formerly deaf patients can hear again with the help of cochlear implants. Sound waves are translated into electrical impulses that directly stimulate the auditory nerve. However, pitch and melody are lost in the process – this is because electricity spreads far into the inner ear and causes a blurred auditory impression. Thus, with a cochlear implant, Beethoven's Ninth sounds something like a toilet flush.

To improve the hearing of patients and enable them to enjoy music in the future, researchers at the Göttingen Campus are working on innovative hearing prostheses. Their aim is to stimulate the nerve cells with light instead of electricity: Light can be focused more accurately. However, before the first patients receive such “optical cochlear implants”, their effectiveness and safety is tested on animals. This also requires experiments with monkeys, because they have an inner ear similar to that of humans, as well as a comparable hearing capacity. Common marmosets are particularly well suited for hearing tests because they extensively use their voices to communicate.

An Weißbüschelaffen werden neuartige Cochlea-Implantate erforscht. Die Affen kommunizieren untereinander mit einer Vielzahl von Lauten und sind gut für Hörtests trainierbar.

In common marmosets, researchers investigate innovative cochlear implants. The monkeys communicate using a wide range of vocalizations and are easy to train for hearing tests. Photo: Anton Säckl

Photo

pus“ an neuartigen Hörprothesen. Ihr Ziel ist es, die Nervenzellen durch Licht anstelle von Strom anzuregen: Licht lässt sich zielgenauer bündeln. Bevor jedoch die ersten Patient*innen solche „optischen Cochleaimplantate“ erhalten, wird ihre Effektivität und Sicherheit an Tieren erprobt. Dafür sind auch Versuche mit Affen nötig, denn sie haben ein menschenähnlich aufgebautes Innenohr, sowie ein vergleichbares Hörvermögen. Weißbüschelaffen eignen sich für Hörtests besonders gut, da sie viel mit der Stimme kommunizieren.

Spielend zum Hörtest

Die Arbeitsgruppen von Marcus Jeschke am DPZ und von Tobias Moser am Universitätsklinikum Göttingen haben gemeinsam einen digitalen Trainer entwickelt, an dem Weißbüschelaffen freiwillig, für eine Belohnung, Hörtests absolvieren. Die Tiere bleiben dabei in ihrem gewohnten Umfeld und bei ihrem Sozialpartner. „Unser Ziel ist es, die Affen so wenig wie möglich zu belasten und eine stressfreie Testung zu ermöglichen. Dafür nutzen wir ihre Neugierde aus“, erklärt Marcus Jeschke. Das Gerät wird an den Käfig gehängt, sodass die Affen jederzeit Zugang haben und selbst entscheiden, ob, wann und wie lange sie teilnehmen. Klettert ein Weißbüschelaffe in den Testkäfig und bewegt sich zum Touchscreen, wird seine Identität automatisch registriert. Der individuelle Lernstand kann so gespeichert und in der nächsten Sitzung wieder abgerufen werden. Schrittweise wird jeder Affe in seinem eigenen Lerntempo an die Hörtests herangeführt. „Alle Affen nahmen mit hoher Motivation teil und lernten schnell, gegen eine Belohnung den Touchscreen zu berühren“, berichtet Jeschke, Leiter der Studie am DPZ.

Playful hearing test

The research groups of Marcus Jeschke at the DPZ and Tobias Moser at the University Medical Center Göttingen have jointly developed a digital trainer that allows common marmosets to voluntarily take hearing tests in exchange for a reward. The procedure allows the animals to remain in their familiar environment and with their social partner. “Our goal is to ensure that the monkeys experience minimal strain and undergo the tests without being stressed. To this end, we take advantage of their curiosity,” explains Marcus Jeschke. The device is attached to the cage so that the monkeys have access at all times and may decide for themselves whether, when and for how long they participate. When a monkey enters the test cage and moves to the touch screen, their identity is automatically registered. The individual learning progress can thus be saved and retrieved in the next session. Step by step,



Ein Weißbüschelaffe nimmt freiwillig am Hörtraining teil. Der Testkäfig mit Touchscreen kann jederzeit über einen Drahttunnel betreten und wieder verlassen werden. ■ *A common marmoset voluntarily takes part in the auditory training. The test cage with touch screen can be entered and departed at any time through a wire tunnel.*

Photo: Research Group Cognitive Hearing in Primates/DPZ



Dr. Marcus Jeschke

Marcus Jeschke leitet die Gruppe Kognitives Hören in Primaten. Er interessiert sich für die neurobiologischen Grundlagen des Hörens, die uns helfen, soziale Feinheiten einzuschätzen.

Marcus Jeschke leads the group Cognitive Hearing in Primates. He is interested in the neurobiological basis of hearing that enables us to assess social subtleties.

Photo: Karin Tilch

Ein großer Vorteil des automatisierten Trainings ist, dass das Testgerät in jedem Labor mit geringem Aufwand nachgebaut werden kann. Tobias Moser betont: „Mit dem Gerät stellen wir der Wissenschaft eine einheitliche Methode für Hörtests mit Weißbüschelaffen zur Verfügung.“ Standardisierte Abläufe erleichtern es den Forschenden, vergleichbare Datensätze zu generieren, und so mit insgesamt weniger Tierversuchen aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen.

In diesem Video sieht man, wie ein Weißbüschelaffe am freiwilligen Hörtraining teilnimmt. Ein Forschender bringt den Testkäfig an und beobachtet am Bildschirm das selbstständige Training. ■ *In this video you can see how a common marmoset participates in the voluntary auditory training. A researcher installs the test cage and observes the independent training on screen. Video: Karin Tilch*



each monkey is introduced to the hearing tests at their own learning pace. “All monkeys participated with high motivation and quickly learned to touch the screen in exchange for a reward,” reports Jeschke, head of the study at the DPZ.

A major advantage of the automated training system is that the test device can be replicated in any laboratory with little effort. Tobias Moser emphasizes: “With the device, we provide science with a standardized method for hearing tests with common marmosets.” Standardized procedures make it easier for researchers to generate comparable data sets and thus achieve meaningful results with fewer animal experiments overall.

Original publication

Calapai A, Cabrera-Moreno J, Moser T, Jeschke M (2022): Flexible auditory training, psychophysics, and enrichment of common marmosets with an automated, touchscreen-based system. Nature Communications 13: 1648.

doi:10.1038/s41467-022-29185-9



Männerfreundschaften – eine Frage des Zeitbudgets

Male friendships – a question of time budget

Freundschaften zwischen männlichen Guineapavianen haben keinen Einfluss auf ihren Paarungserfolg

Männliche Freundschaften sind im Tierreich in der Regel selten, da Männchen oft um Rang und Weibchen konkurrieren. Bei Guineapavianen ist dies anders. Sie sind außergewöhnlich tolerant und haben starke Bindungen ohne klare Ranghierarchie. Weibliche Guineapaviane wählen ihre Sexualpartner frei und bleiben im Vergleich zu vielen anderen Arten längere Zeit bei demselben Männchen. Studien an verschiedenen Säugetieren und einigen Vögeln haben gezeigt, dass Geselligkeit den Fortpflanzungserfolg sowohl bei männlichen als auch bei weiblichen Tieren erhöhen kann. So können Männchen, die viele enge Freundschaften und Verbündete haben, für Weibchen attraktiver sein, nicht nur aufgrund von körperlicher Stärke und „Schönheit“, sondern auch wegen ihres „sozialen Kapitals“. Tatsächlich kann das Vorhandensein enger Freundschaften und verbündeter Männ-

Male Guinea baboons' friendships don't impact their mating success

Male friendships are typically rare in the animal kingdom, as males often compete for rank and access to females. However, this is not the case with Guinea baboons. They are exceptionally tolerant and have strong bonds without a clear rank hierarchy. Female Guinea baboons freely choose their sexual partners and stay with them for extended periods, compared to many other species. Studies of different mammals and some birds have shown that being social can increase reproductive success for both males and females. Males who have many strong friendships and allies may be more appealing to females, not just because of physical strength and “beauty”, but also because of their “social capital”. Indeed, having strong friendships and allies can help males protect females and their offspring from predators and competitors, making them more appealing as mates.

21

Many friends, many offspring?

Federica Dal Pesco wanted to know whether Guinea baboon males that have many close friends can also attract more females and produce more offspring. At the DPZ field station Simenti, located in the Niokolo-Koba National Park in Senegal, Dal Pesco and her colleagues observed 30 males and determined the paternity of 50 infants over a four-

Photo

Zwei eng befreundete männliche Guineapaviane (*Papio papio*) bei der sozialen Fellpflege.
Two strongly bonded male Guinea baboons (Papio papio) during a grooming session.
 Photo: Federica Dal Pesco

chen helfen, Weibchen und ihre Nachkommen vor Raubtieren und Konkurrenten zu schützen und sie damit attraktiver als Partner zu machen.

Viele Freunde, viele Nachkommen?

Federica Dal Pesco wollte wissen, ob Guineapavian-Männchen, die viele und enge Freundschaften haben, auch mehr Weibchen für sich gewinnen können und mehr Nachwuchs zeugen. An der DPZ-Feldstation Simenti im Niokolo-Koba-Nationalpark im Senegal beobachteten Dal Pesco und ihre Kolleg*innen 30 Männchen über einen Zeitraum von vier Jahren und ermittelten die Vaterschaft von 50 Jungtieren. Die Forschenden maßen die Stärke der sozialen Beziehungen zwischen den Männchen, indem sie positives Sozialverhalten wie gegenseitige soziale Fellpflege, Zusammensitzen und sich Annähern untersuchten. Sie protokollierten auch den Grad der gegenseitigen Unterstützung bei Konflikten mit anderen Männchen und die Anzahl der mit jedem Männchen verbundenen Weibchen.

Überraschenderweise ergab die Studie keine Hinweise darauf, dass Männchen mit engen Freundschaften und vielen Freunden für Weibchen attraktiver waren und mehr Nachkommen zeugten. Stattdessen passten die Männchen ihre soziale Zeit je nach Anzahl der ihnen verbundenen Weibchen an: Je mehr Weibchen sie hatten, desto weniger Zeit verbrachten sie mit

year period. The scientists measured the strength of social relationships between males by examining socially positive behaviours such as social grooming, sitting together, and approaching. They also recorded the degree of mutual support in conflicts against other males and the number of females associated with each male.

Surprisingly, the study found no evidence that males with stronger friendships and many friends were more attractive to females and sired more offspring. Instead, males adjusted their social time based on the number of females they were with: the more females they had in their unit, the less time they spent with their male friends. Although friends were more likely to support each other, more frequent mutual support was not related to reproductive success.



Für die Studie beobachteten die Forschenden eine aus über 400 Individuen bestehende Pavian-Population über vier Jahre hinweg. Die Tiere sind daran gewöhnt, dass ihnen menschliche Beobachter*innen zu Fuß folgen. ■ *For the study, the scientists observed a baboon population consisting of over 400 individuals for a period of four years. The animals are used to human observers following them on foot. Photo: Julia Fischer*



Dr. Federica Dal Pesco

Federica Dal Pesco ist Wissenschaftlerin in der Abteilung Kognitive Ethologie. Sie erforscht soziale Bindungen und genetische Verwandtschaft, die Funktion von ritualisiertem Begrüßungsverhalten und den männlichen Fortpflanzungserfolg bei Guineapavianen an der DPZ-Feldstation im Senegal.

Federica Dal Pesco is scientist at the Cognitive Ethology Laboratory. She investigates social bonds and genetic relatedness, the function of ritualized greeting behavior, and male reproductive success in wild Guinea baboons at the DPZ field station in Senegal. Photo: Jana Wilken

ihren männlichen Freunden. Obwohl Freunde eher dazu neigten, sich gegenseitig zu unterstützen, stand häufigere gegenseitige Unterstützung nicht im Zusammenhang mit reproduktivem Erfolg.

Männliche Freundschaft: Ein wichtiger Faktor in Jugend und Alter

„Es sind hauptsächlich junge und alte Junggesellen, die genug Zeit haben, diese mit anderen Männchen zu verbringen und auf diese Weise möglicherweise sicherstellen, dass sie in der Gruppe bleiben können“, sagt Federica Dal Pesco. „Sobald jedoch Männchen für Weibchen attraktiv werden, richten sie ihre Aufmerksamkeit auf diese, um ihren reproduktiven Erfolg zu steigern“, sagt Federica Dal Pesco. Es ist möglich, dass männliche Freundschaften helfen können, Weibchen früher anzuziehen oder den reproduktiv aktiven Status länger aufrechtzuerhalten. Die Beantwortung dieser Frage wird weitere Jahre der Beobachtung in Anspruch nehmen, um zu belastbaren Erkenntnissen zu kommen.

Male friendship: A key factor in both youth and old age

“It is mainly the young and old bachelors that have enough time to spend with other males and in this way possibly ensure that they can stay in the group,” says Federica Dal Pesco. “However, once males become attractive to females, they shift their attention towards them to increase their reproductive success,” Federica Dal Pesco says. It is possible that male friendships could aid in attracting females earlier or maintaining reproductively active status for longer. Answering this question will take more years of observation to arrive at further robust findings.

Original publication

Dal Pesco F, Trede F, Zinner D, Fischer J (2022): Male-male social bonding, coalitionary support and reproductive success in wild Guinea baboons. Proc R Soc B 289: 20220347. doi.org/10.1098/rspb.2022.0347



Entthronte Bonobo-Kinder

Dethroned bonobo children

Neues Baby, neue Situation

Laut statistischem Bundesamt leben über 80 Prozent der zehnjährigen Kinder in Deutschland mit zumindest einem Geschwisterkind im Haushalt. Geschwister müssen die Fürsorge ihrer Eltern miteinander teilen, und das kann zu Reibereien führen. Gerade wenn ein neues Baby dazukommt, haben die Eltern alle Hände voll zu tun. Das ältere Kind fühlt sich schnell zurückgesetzt und fordert Aufmerksamkeit ein. Ganz ähnlich wie Menschenkinder bleiben auch Bonobo-Kinder für mehrere Jahre bei ihrer Mutter und erleben häufig die Geburt eines Geschwisterkindes.

An Bonobos konnten Forschende erstmals zeigen, dass junge Primaten auf die Geburt eines neuen Babys mit einer physiologischen Stressreaktion reagieren. Verena Behringer, Wissenschaftlerin in der Serviceeinheit Hormonlabor am DPZ, untersuchte dafür die Konzentration des als

Bei Bonobos löst die Geburt eines neuen Babys bei dem älteren Geschwisterkind eine andauernde Stressreaktion und eine verminderte Immunabwehr aus.

In bonobos, the birth of a new baby triggers an ongoing stress response and lowered immunity in the older sibling. Photo: Sean M. Lee

New baby, new situation

According to the German Federal Statistical Office, more than 80 percent of ten-year-old children in Germany live in a household with at least one sibling. Siblings have to share their parents' care, which can lead to tension. Especially when a new baby arrives, the parents have their hands full. The older child quickly feels left behind and demands attention. Like human children, bonobo immatures stay with their mothers for several years and often experience the birth of a sibling.

Researchers have shown for the first time in bonobos that young primates react to the birth of a new baby with a physiological stress response. Verena Behringer, a scientist at the DPZ's Endocrinology Laboratory, investigated the urinary concentration of cortisol, the so-called "stress hormone", in bonobo immatures who had experienced the birth of a sibling. Cortisol is secreted by the body in situations of psychologically or physically stressful situations. In the short term, it increases performance and inhibits inflammation. However, chronically elevated cortisol levels weaken the immune system.

Stress to the power of five

"The cortisol levels of all the bonobo immatures tested rose abruptly by a factor of five, and remained high for a long period of time. This is a more intense

„Stresshormon“ bekannten Kortisols im Urin von Bonobo-Kindern, welche die Geburt eines Geschwisters erlebten. Kortisol schüttet der Körper in psychisch oder physisch stressigen Situationen aus, es steigert kurzfristig die Leistungsfähigkeit und hemmt Entzündungen. Erhöhte Werte über einen längeren Zeitraum schwächen jedoch das Immunsystem.

Dauerstress hoch fünf

„Bei allen getesteten Bonobo-Kindern stieg das Kortisol schlagartig und langfristig um das Fünffache an. Wir beobachteten hier also eine heftige Reaktion als bei jedem bisher dokumentierten Stresstest“, erklärt Behringer. Erst ungefähr sieben Monate nach der Geburt des neuen Babys normalisierten sich die Werte bei den Bonobo-Kindern wieder. Bemerkenswert ist, dass das Alter, und somit die körperliche Selbstständigkeit des Kindes, keinen Einfluss auf die Kortisolreaktion hatte. „Mit dem neuen Baby scheint für Zweijährige bis Achtjährige eine große Umstellung verbunden zu sein. Das spricht tendenziell für psychisch ausgelösten Stress“, betont Behringer. Ein weiterer Hormonwert bestätigte, dass die starke Stressreaktion nicht etwa durch eine geringere Unterstützung bei der Nahrungssuche verursacht wird: Das Schilddrüsenhormon T3, welches bei Energieknappheit sinkt, blieb bei allen Bonobo-Kindern stabil.

response compared to any stress test that has been documented,” says Behringer. It took about seven months after the birth of the new baby for the hormone levels of the bonobo immature to return to normal. Remarkably, the age, and thus the physical independence of the child, had no effect on the cortisol levels. “The new baby seems to be associated with a major adjustment for all of them, from two-year-olds to eight-year-olds. This points to psychologically induced stress,” Behringer emphasizes. Another hormone measurement confirmed that the intense stress reaction was not caused by reduced support in the search for food: The thyroid hormone T3, which decreases when energy is scarce, remained stable in all bonobo children.

No need to worry

Persistently elevated cortisol makes the body more susceptible to infectious diseases. A compromised immune response is reflected by a drop in the bio-



Die Forschenden analysierten verschiedene Hormon-Marker im Urin von wildlebenden Bonobos. ■ *The researchers measured various hormone markers in the urine of wild bonobos.*
Photo: Verena Behringer



Dr. Verena Behringer

Verena Behringer forscht in der Serviceeinheit Hormonlabor. Sie interessiert sich für den Zusammenhang zwischen physiologisch messbaren Hormondaten und Verhalten bei Primaten.

Verena Behringer conducts research in the Endocrinology Laboratory. She is interested in the connection between physiologically measurable hormone data and behavior in primates. Photo: Karin Tilch

Kein Grund zur Sorge

Dauerhaft erhöhtes Kortisol macht den Körper anfällig für Infektionskrankheiten. Eine gehemmte Immunantwort zeigt sich im Absinken des Biomarkers Neopterin, der wie das Kortisol im Urin gemessen werden kann. Die Proben der Bonobo-Kinder zeigen ein klares Ergebnis: Wenn ein Geschwisterkind zur Welt kommt, sinkt die Immunantwort, erholt sich aber bereits nach etwa vier Monaten. „Das ist kein Grund zur Sorge. Fast alle Kinder finden Strategien zur Stressbewältigung. Möglicherweise hilft ihnen diese Erfahrung, später im Leben mit Stress umzugehen, und außerdem gewinnen sie mit dem Geschwisterkind einen wertvollen Sozialpartner“, schließt Behringer.

marker neopterin, which, like cortisol, can be measured in the urine. The samples of the bonobo immatures show a clear result: When a sibling is born, the immune response drops, but recovers after about four months. “This is not a cause for concern. Almost all children develop strategies to cope with stressful situations. It is possible that this experience helps them to cope with stress more easily later in life. After all, having a sibling gives them a valuable social partner,” Behringer concludes.

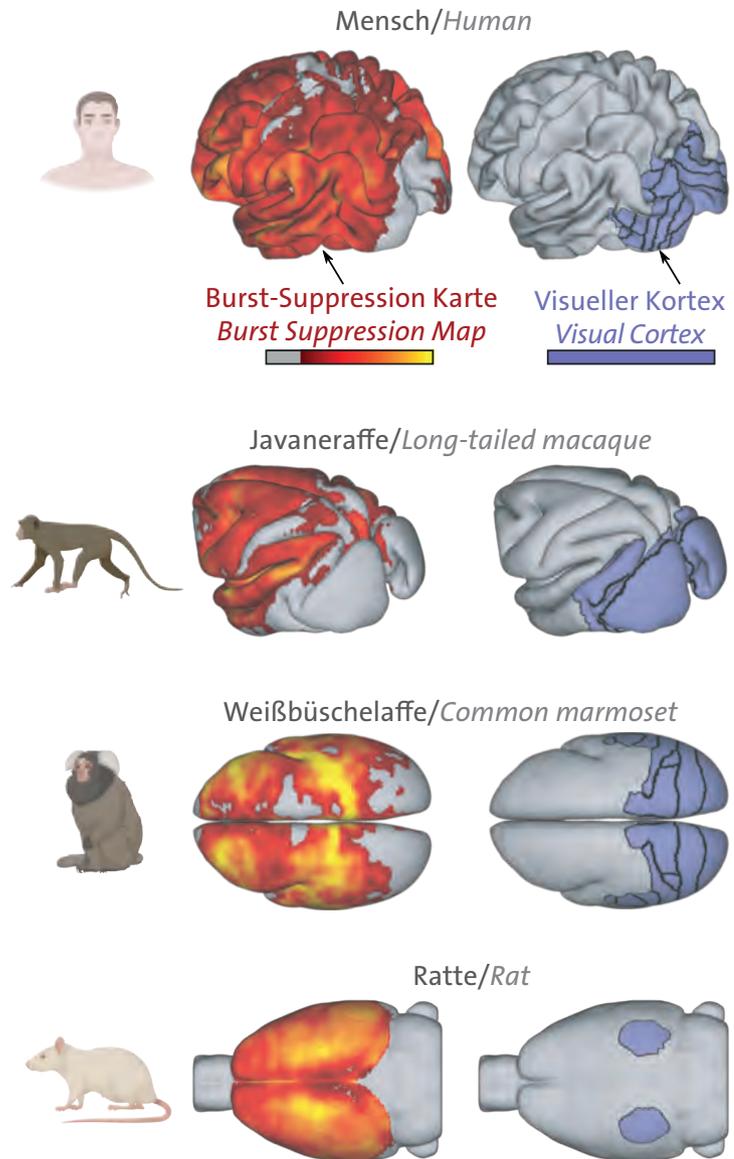
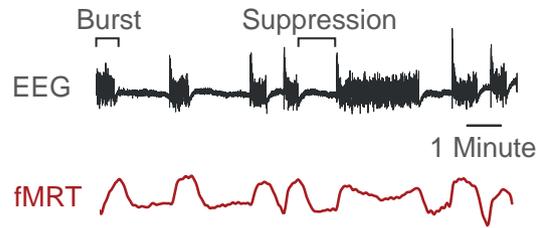
Original publication

Behringer V, Berghänel A, Deschner T, Lee SM, Fruth B, Hohmann G (2022): Transition to siblinghood causes a substantial and long-lasting increase in urinary cortisol levels in wild bonobos. eLife 11: e77227. doi.org/10.7554/eLife.77227

Oben ist ein Beispiel für die Burst-Suppression bei einem Menschen dargestellt. Der Rest der Abbildung zeigt Karten der Burst-Suppression bei Mensch, Javaneraffe, Weißbüschelaffe und Ratte. Hirnareale, die an der Burst-Suppression beteiligt sind, sind rot-gelb gefärbt. Hirnareale, die für das Sehen zuständig sind (visueller Kortex), sind violett eingefärbt. Bei Menschen und Affen ist der größte Teil des visuellen Kortex nicht an der Burst-Suppression beteiligt, bei Ratten dagegen schon.

An example of burst suppression in a human is shown in the upper row. The rest of the figure shows maps of burst suppression in human, long-tailed macaque, common marmoset, and rat. Brain areas involved in burst suppression are colored red-yellow. Brain areas responsible for vision (visual cortex) are colored purple. In humans and monkeys, most of the visual cortex is not involved in burst suppression, but in rats it is.

Image: Nikoloz Sirmpilatze



Mysterium Narkose

Mystery anesthesia

Funktionelle Bildgebung zeigt Rhythmus im Gehirn

Die moderne Anästhesie macht es möglich: Operationen statt unter Höllenqualen völlig schmerzfrei quasi „im Schlaf“ erleben. Zwar weiß man durch Elektroenzephalographie (EEG)-Studien an Patient*innen bereits, dass das Gehirn während der Narkose in einen tiefschlafähnlichen Zustand versetzt wird, bei dem sich Perioden rhythmischer elektrischer Aktivität mit Phasen nahezu völliger Inaktivität abwechseln. Was genau während dieses „Burst-Suppression“ genannten Zustands im Gehirn passiert, ist jedoch noch weitgehend unklar. Forscher*innen der Abteilung Funktionelle Bildgebung haben sich daher das Gehirn narkotisierter Menschen, Javaneraffen, Weißbüschelaffen und Ratten angesehen.

Rhythmischer Tiefschlaf

Im wachen Zustand kann man sich das Gehirn wie ein volles Fußballstadion vorstellen: Die aktiven Nervenzellen sind wie zehntausende Zuschauer, die alle durcheinander reden. Unter Narkose ist die Aktivität der Nervenzellen jedoch synchronisiert. Man kann diese Aktivität mittels EEG als gleichförmige Wellen messen, so als würden alle Zuschauer im Stadion das gleiche Lied singen. In tiefer Narkose wird dieses Lied immer wieder durch Phasen der Stille unterbrochen. Das nennt man Burst-Suppres-

Functional imaging shows rhythm in the brain

Modern anesthesia makes it possible to experience operations “asleep” instead of in agony. Electroencephalography (EEG) studies on patients have already shown that the brain is put into a deep sleep-like state during anesthesia, with periods of rhythmic electrical activity alternating with phases of almost complete inactivity. However, what exactly happens in the brain during this state, called “burst suppression,” is still largely unclear. Researchers in the Functional Imaging Laboratory have therefore looked at the brains of anesthetized humans, long-tailed macaques, common marmosets and rats.

Rhythmical deep sleep

When awake, the brain can be thought of as a packed soccer stadium: The active neurons are like tens of thousands of spectators, all talking at once. Under anesthesia, however, the activity of the nerve cells is synchronized. You can measure this activity using EEG as uniform waves, as if all the spectators in the stadium were singing the same song. In deep anesthesia, this song is repeatedly interrupted by periods of silence. This is called burst suppression. The deeper the anesthesia, the shorter the periods of uniform activity, the bursts, and the longer the periodically recurring inactive periods, the suppressions.

sion. Je tiefer die Narkose ist, desto kürzer werden die Phasen der gleichförmigen Aktivität, die Bursts, und je länger die periodisch wiederkehrenden inaktiven Phasen, die Suppressions.

Das Phänomen wird durch verschiedene Narkosemittel hervorgerufen und ist auch in Komapatienten nachweisbar. Es ist jedoch nicht bekannt, ob dieser Zustand eine Schutzreaktion des Gehirns oder Zeichen einer gestörten Funktionsweise ist. Unklar war bislang ebenfalls, wo im Gehirn die Burst-Suppression auftritt und welche Hirnareale daran beteiligt sind. Um diese Frage zu beantworten, nutzte Nikoloz Sirmpilatze in seiner Promotionsarbeit das bildgebende Verfahren der fMRT. Die Methode macht Durchblutungsänderungen im Gehirn sichtbar. Je aktiver die Nervenzellen in einem bestimmten Hirnareal sind, desto stärker werden sie mit Blut und Sauerstoff versorgt, was dann im fMRT-Bild sichtbar wird.



Mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) können die synchron arbeitenden Hirnregionen in narkotisierten Menschen und Tieren sichtbar gemacht werden. ■ *Functional magnetic resonance imaging (fMRI) can be used to visualize synchronously operating brain regions in anesthetized humans and animals. Photo: Karin Tilch*

The phenomenon is induced by various anesthetics and is also detectable in coma patients. However, it is unknown whether this condition is a protective response of the brain or a sign of impaired functioning. It was also unclear until now where in the brain burst suppression occurs and which brain areas are involved. To answer this question, Nikoloz Sirmpilatze used fMRI, an imaging method that visualizes blood flow changes in the brain. The more active the nerve cells in a particular brain area are, the more they are supplied with blood and oxygen, which is then visible in the fMRI image. This project was the central part of his PhD thesis, supervised by Susann Boretius in the Functional Imaging Laboratory of the DPZ.

The rat brain reacts differently

The researchers were able to show for the first time that the areas in which burst suppression is detectable differ significantly in primates and rodents. While in rats, large parts of the cerebral cortex synchronously show the burst suppression pattern, in primates individual sensory regions, such as the visual cortex, are excluded from it. "At the moment, we can only speculate about the reasons," says Nikoloz Sirmpilatze. "Primates orient themselves mainly through their sense of sight. Therefore, the visual cortex is a highly specialized region that differs from other brain areas by special cell types and structures. In rats, this is not the case."

Susann Boretius, head of the Functional Imaging Laboratory, adds, "The study raises the question of the extent to which rodents are suitable models for many areas of human brain research, especially when it comes to anesthesia. In addition, the re-



Dr. Nikoloz Sirmopilatze

Nikoloz Sirmopilatze hat Medizin und Neurowissenschaften studiert und in der Abteilung Funktionelle Bildgebung promoviert. Für seine Arbeit über das narkotisierte Gehirn hat er den DPZ-Promotionspreis 2022 gewonnen.

Nikoloz Sirmopilatze studied medicine and neuroscience and received his PhD in the Functional Imaging Laboratory. He won the DPZ PhD Award 2022 for his work on the anesthetized brain. Photo: Karin Tilch

Rattengehirn reagiert anders

Die Forscher*innen konnten erstmalig zeigen, dass sich die Bereiche, in denen Burst-Suppression erkennbar ist, bei Primaten und Nagern signifikant unterscheiden. Während bei der Ratte weite Teile der Hirnrinde synchron das Burst-Suppression-Muster zeigen, sind bei den Primaten einzelne sensorische Regionen, wie beispielsweise die Sehrinde, davon ausgeschlossen. „Über die Gründe können wir im Moment nur spekulieren“, sagt Nikoloz Sirmopilatze. „Primaten orientieren sich hauptsächlich über ihren Sehsinn. Deshalb ist der visuelle Kortex eine hochspezialisierte Region, die sich von anderen Hirnarealen durch besondere Zelltypen und Strukturen unterscheidet. In Ratten ist das nicht der Fall.“

Susann Boretius, Leiterin der Abteilung Funktionelle Bildgebung, ergänzt: „Die Studie wirft die Frage auf, inwieweit Nagetiere geeignete Modelle für viele Bereiche der Hirnforschung am Menschen sind, speziell wenn es um Anästhesie geht. Außerdem ergeben sich aus den Ergebnissen weitere Fragen zur Evolution von neuronalen Netzwerken im Allgemeinen.“

sults raise further questions about the evolution of neuronal networks in general.”

Original publication

Sirmopilatze N, Mylius J, Ortiz-Rios M, Baudewig J, Paasonen J, Golkowski D, Ranft A, Ilg R, Gröhn O, Boretius S (2022): Spatial signatures of anesthesia-induced burst-suppression differ between primates and rodents. eLife. doi.org/10.7554/eLife.74813





Einzigartige Darmflora

Unique gut microbiota

Veränderung der Darmflora vermutlich Teil des genetisch bedingten, natürlichen Alterungsprozesses

Die Bakterien im Darm sind entscheidend für unsere Gesundheit. Sie tragen dazu bei, dass sich ein effektives Immunsystem entwickelt und Krankheitserreger abgewehrt werden. Beim Menschen verändert sich im hohen Alter die Bakteriengemeinschaft im Darm, sie wird zunehmend individueller. Bisher wurde angenommen, dass unsere moderne Lebensweise diese Veränderungen im Laufe des Lebens verursacht, es sich also um ein rein menschliches Phänomen handelt. Wissenschaftler*innen der Forschungsgruppe Soziale Evolution der Primaten am DPZ haben die Darmflora von freilebenden Assammakaken über die Lebensspanne untersucht.

Ein halbes Jahr hat Promotionsstudent Baptiste Sadoughi, Erstautor der Studie, bei den Affen im thailändischen Phu Khieo Nationalpark verbracht. Sadoughi und seine Kolleg*innen analy-

The change in gut microbiota is likely part of the genetically determined natural aging process

The bacteria in the gut are crucial for our health. They contribute to the development of an effective immune system and ward off pathogens. In humans, the community of bacteria in the gut changes as we age, becoming increasingly individualized. Until now, it has been assumed that our modern lifestyle causes these changes over the course of our lives, inferring that this is a strictly human phenomenon. Scientists from the Social Evolution in Primates research group at the DPZ have now studied the gut microbiota in free-living Assamese macaques across their life span.

PhD student Baptiste Sadoughi, lead author of the study, spent six months with the monkeys in the Thai forest at Phu Khieo Wildlife Sanctuary. Sadoughi and his colleagues examined the composition of bacteria in fecal samples from 51 females between the ages of six and 26 for age-typical patterns and individual differences. Assamese macaques reach a ripe old age of more than 20 years and struggle with similar age-related problems as we do: walking fast becomes laborious, their teeth fall out, and they have fewer social partners than younger conspecifics.

Ein älterer, weiblicher Assammakak (*Macaca assamensis*) in der Nähe der Forschungsstation Phu Khieo Wildlife Sanctuary in Thailand.

An elderly female Assamese macaque (Macaca assamensis) near the research station Phu Khieo Wildlife Sanctuary in Thailand.

Photo: Thawat Wisate

Photo

sierten die Zusammensetzung der Bakterien in den Kotproben von 51 Weibchen zwischen sechs und 26 Jahren auf alterstypische Muster und individuelle Unterschiede. Assammakaken erreichen ein hohes Alter von über 20 Jahren und haben mit ähnlichen Altersproblemen zu kämpfen wie wir: Schnell laufen wird mühsam, die Zähne fallen aus, und sie sind weniger sozial vernetzt als jüngere Artgenossen.

Überraschend individuell

„Wir haben einen eindeutigen Trend entdeckt, dass die Bakteriengemeinschaft im Darm mit dem Alter immer einzigartiger wird“, sagt Sadoughi. „Dieses Ergebnis hat mich sehr überrascht, denn die Weibchen bleiben ihr Leben lang in einer Gruppe und fressen, was der Wald ihnen bietet, egal ob jung oder alt.“ Dass ältere Assammakaken wie eine „Insel“ zunehmend einzigartige Bakteriengemeinschaften beherbergen, lässt sich also nicht hinreichend durch eine veränderte Ernährung oder Individualisierung im Alter erklären.

Die Darmflora zweier Individuen gleicht sich an, wenn sie über einen längeren Zeitraum engen körperlichen Kontakt haben und so Bakterien untereinander austauschen. Frühere Studien haben gezeigt, dass Makaken mit dem Alter weniger Zeit in die soziale Fellpflege verschiedener Gruppenmitglieder investieren. Daher prüften die Autor*innen, ob eine isoliertere Bakteriengemeinschaft im Alter mit weniger Fellpflege zusammenhing. Ein geringeres Engagement bei der Fellpflege bot jedoch bei den untersuchten Weibchen keine ausreichende Erklärung für eine einzigartigere Darmflora.

Surprisingly individual

“We discovered a clear trend that the bacterial community in the gut becomes more unique with age,” Sadoughi says. “I was very surprised by this result, because females stay in a group throughout their lives and eat what the forest offers them, whether young or old.” So, the fact that older Assamese macaques increasingly harbor unique bacterial communities, like an “island,” cannot be adequately explained by changes in diet or individualization with age.

The intestinal flora of two individuals becomes more similar if they maintain close physical contact over a longer period of time and thus exchange bacteria with each other. Previous studies have shown that macaques invest less time in social grooming of different group members as they age. Therefore, the authors tested whether a more isolated bacterial community in old age was related to less grooming. However, less engagement in grooming did not provide a sufficient explanation for a more unique gut microbiota in the females studied.



Sammeln einer Kotprobe eines Assammakaken im Phu Khieo Wildlife Sanctuary in Thailand. ■ Collection of a faecal sample of an Assamese macaque at Phu Khieo Wildlife Sanctuary in Thailand. Photo: Oliver Schülke



Baptiste Sadoughi

Baptiste Sadoughi promoviert in der Forschungsgruppe Soziale Evolution der Primaten am DPZ und in der Abteilung für Verhaltensökologie an der Universität Göttingen. Er interessiert sich für die sozialen und physiologischen Zusammenhänge des Alterns bei wildlebenden Assammakaken.

Baptiste Sadoughi is a PhD student in the Research Group Social Evolution in Primates at the German Primate Center and at the Department of Behavioral Ecology at the University of Göttingen. He is interested in the social and physiological correlates of aging in wild-living Assamese macaques. Photo: Jana Wilken

Altes Erbe lässt den Darm altern

Das Forschungsteam kam zu dem Schluss, dass die Veränderung der Darmflora vermutlich Teil des genetisch bedingten, natürlichen Alterungsprozesses ist. „Eine altersbedingte Veränderung der Darmflora hat sich wahrscheinlich vor Millionen von Jahren im Laufe der Evolution bei einem gemeinsamen Vorfahren von Makak und Mensch entwickelt“, sagt Julia Ostner, Leiterin der Forschungsgruppe Soziale Evolution der Primaten am DPZ und der Abteilung Verhaltensökologie an der Universität Göttingen. „Das würde bedeuten, dass auch die individuelle Darmflora älterer Menschen nicht auf unseren Lebensstil zurückzuführen ist, sondern weit in die biologische Geschichte des Menschen zurückreicht.“ Dieser Hintergrund könnte dazu beitragen, neue Therapien bei Darmerkrankungen zu entwickeln, die die Besonderheiten des Individuums berücksichtigen.

Intestinal aging as an old process

The research team concluded that the change in gut microbiota is likely part of the genetically determined natural aging process. “An age-related change in the gut microbiota probably developed millions of years ago during evolution in a common ancestor of macaques and humans,” said Julia Ostner, head of the Research Group Social Evolution in Primates at the German Primate Center and the Department of Behavioral Ecology at the University of Göttingen. “This would mean that the increasingly personalized microbiota of elderly people is not due to our lifestyle, but goes far back into the biological history of humans.” This background could help develop new therapies against intestinal diseases that take into account the specifics of the individual.

Original publication

*Sadoughi B, Schneider D, Daniel R, Schülke O, Ostner J (2022): Aging gut microbiota of wild macaques are equally diverse, less stable, but progressively personalized. *Microbiome* 10, 95.
doi.org/10.1186/s40168-022-01283-2*

Impressum

Diese Broschüre 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)
Karin Tilch
Dr. Sylvia Ranneberg
Jana Sophie Wilken

Gestaltung:

Heike Klensang

Druck: Goltze Druck

Auflage: 500

Diese Broschüre kann kostenfrei bestellt
werden. Bitte senden Sie dazu eine E-Mail mit
Ihrer Postadresse an presse@dpz.eu.
Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

Imprint

*This brochure is published by the
German Primate Center (DPZ)
– Leibniz Institute for Primate Research.*

*Communications Department
Kellnerweg 4
D-37077 Göttingen, Germany
+49 551 3851-359, presse@dpz.eu*

Editorial staff:

*Dr. Susanne Diederich (ViSdP)
Karin Tilch
Dr. Sylvia Ranneberg
Jana Sophie Wilken*

Layout:

Heike Klensang

Print: Goltze Druck

Copies: 500

*This brochure can be ordered free of charge.
Please send us an e-mail with your postal
address to presse@dpz.eu. Reproduction is
authorized provided the source is acknowledged.*

