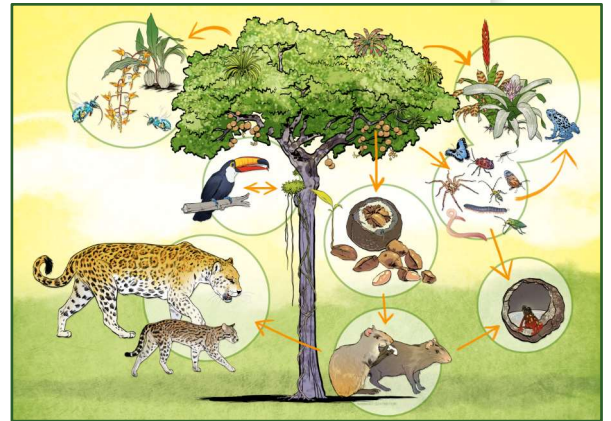


Der Paranus-Baum - Ökosystem auf kleinstem Raum – ein ausführliches Beispiel

Tropenwaldbäume wie der Paranus-Baum sind wahre Wunderwerke der Natur. Von den Wurzelhärchen bis in die Astspitzen sind sie Heimat und Nahrung für eine Vielzahl an Arten.

Erst das Zusammenspiel all dieser Arten ermöglicht dem Paranusbaum erfolgreich zu keimen, sich fortzupflanzen und wiederum neue Paranüsse zu produzieren. Diese Vielfalt an Knotenpunkten, von Symbiosen über Parasitismus bis zu Räuber-Beute-Beziehungen, bilden ein einmaliges ökologisches Netzwerk. Fehlt eine der Komponenten, destabilisiert das das System.



Der Paranusbaum, ist einer der höchsten Baumarten der tropischen Regenwälder im Amazonas-Gebiet und kann bis zu 500 Jahre alt werden. Mit mehr als 50 Meter Höhe überragt der Urwaldriesen die dichte Baumdecke der tropischen Tieflandregenwälder.¹ Die riesigen Paranus-Früchte enthalten ca. 10-16 Paranüsse und werden zumeist von Hand in Sekundärwäldern in privat oder Gemeindebesitz oder in bewirtschafteten Schutzzonen gesammelt.² Das liegt daran, dass sich Paranusbaume nur schwer in Plantagen anbauen lassen. Die riesigen Bäume haben eine Unzahl an Blüten, die idealerweise von von Baum zu Baum fliegenden Insekten bestäubt werden.³ Viele dieser Insekten kommen in der für einen hohen Ertrag notwendigen Zahl nur in natürlichem oder naturnahen Regenwald vor. Die Erträge auf Plantagen sind deshalb entsprechend niedrig.

Ohne Aguti, keine Nüsse

Ohne Aguti, einem Nagetier, das gerade mal drei bis sechs Kilo wiegt könnten sich die bis zu 50 Meter hohen Paranusbaume nicht verbreiten. Der Nager ist heutzutage der Hauptverbreiter von Paranüssen und trägt diese bis zu 100 Meter weit.⁴ So entstehen um einen Mutterbaum herum kleine natürliche Paranus-Wäldchen. Die 10-15cm großen und bis zu 2 Kilogramm schweren Früchte fallen, wenn sie reif sind, aus der 30- 50Meter hohen Krone. Die Schale der Früchte ist so hart, dass diese beim Aufprall auf dem Regenwaldboden nicht aufplatzen. Agutis greifen sich die ganze Frucht, um sie dann an einem sicheren Platz aufzunagen und die enthaltenen Samen entweder an Ort und Stelle zu fressen oder diese für später zu verstecken. Versteckte Nüsse haben dabei drei Schicksale:

1. Sie werden vom Aguti später gefressen.⁵ Vor allem in der Trockenzeit verlassen sich Agutis fast vollständig auf die angelegten Nahrungsvorräte und nur wenige Verstecke werden nicht wieder ausgehoben.
2. Andere Tiere nutzen auch die versteckten Nüsse – z.B. Kapuzieneräffchen. Die größten Verluste erleiden die Agutis und damit auch der Paranusbaum jedoch durch Ameisen, die im Boden Grund legen und sich auch über die Nüsse hermachen.
3. Die Samen des Paranusbaumes brauchen eine Keimungszeit von 12-18 Monaten - werden sie so lange vergessen und nicht gegessen, entsteht ein Keimling und über Jahrzehnte ein neuer Paranusbaum. Die Paranüsse können länger als 6 Monate im Boden ruhen, bevor sie austreiben, solange sie in einer feuchten Umgebung liegen.⁶



Frosch in der Nusschale

Nachdem die Agutis die harte äußere Fruchtschale der Paranuss mit ihren scharfen Zähnen aufgeknaibelt haben, und die Samen gefressen oder versteckt haben, bleibt die leere Nusschale auf dem Regenwaldboden zurück. Ähnlich groß wie eine Kokosnusschale und mit einer Öffnung so groß, dass das Aguti die Samen gerade entfernen kann füllt sich die Schale beim nächsten Regenguss leicht mit Wasser und bietet so anderen Organismen wie Mückenlarven und Kaulquappen ein kleines und zeitlich begrenztes Heim. Besonderer häufig nutzt ein kleiner schwarz-gelber Pfeilgiftfrosch (*Adelphobates castaneoticus*) die Paranusschalen als Kinderstube für seine Kaulquappen. Der Paranuss-Pfeilgiftfrosch hat sogar seinen Namen von dieser besonderen Brutmethode.⁷



Paranüsse brauchen intakten Regenwald

Paranuss sind auf die Hilfe von Bienen angewiesen. Paranussbäume sind zwar Zwitter, das heißt, in einer Blüte sind sowohl die weiblichen Stempel als auch die männlichen Staubblätter vorhanden. Aber die Blüten können sich nicht selbst befruchten. Zwar ist es möglich, dass ein Insekt den Pollen von einer Blüte eines Baumes zu einer anderen trägt, diesen dann befruchtet und eine Frucht wächst, aber die Erfolgsaussichten sind sehr gering. Deshalb benötigt der Paranussbaum für seine Fortpflanzung Bestäuber, die groß genug sind, um von einem zum anderen Baum zu fliegen. Obwohl die Bäume in kleinen Hainen zusammenstehen, kann dies schon mal dutzende Meter sein. Derzeit geht man davon aus, dass nur wenige Bienen-Arten die Blüten des Paranussbaumes bestäuben können. Vor allem große Bienenarten kommen in Frage, da die Blüte mit einer Art Deckel verschlossen ist, den nur starke Bienen anheben können, um hineinzuschlüpfen.⁸ Zu den wichtigsten Arten gehören dabei Prachtbienen (Euglossini), die keine großen Kolonien bilden und Einzelgängerinnen sind. Damit die Bäume mit ihrer großen Blütenpracht bestäubt werden, braucht es viele Arten und viele individuelle Blütenbesuche zwischen verschiedenen Bäumen. Die für eine üppige Paranussernte notwendige Artenvielfalt und Menge an Bestäubern kann eigentlich nur in der Nähe von oder in intaktem Regenwald gewährleistet werden.⁹

Eine noch größere Bedeutung bekommen intakte Ökosysteme, wenn man die spezielle Beziehung der Prachtbienen zu Orchideen betrachtet. Die Männchen jeder Prachtbienenart haben dabei eine einzelne Orchideenart, die sie für ihre Partnersuche benötigt. Ohne diese Orchidee kann sich keine der Prachtbienen fortpflanzen.¹⁰ Und die Orchidee wächst als Epiphyt in der luftigen Höhe von Tropenwaldbäumen. Ohne Orchidee keine Biene ohne Biene keine Paranuss. Wie schon beim Aguti benötigt der Paranussbaum ein ausgefeiltes Geflecht an Beziehungen zu anderen Organismen, um überleben zu können.

Von Bienen und Blümchen

Duftstoffe sind im Tierreich ein sehr wichtiges Kommunikationsmittel. So auch bei den Bienen und Hummeln. Während Hummelarten ihre Duft- und Lockstoffe noch selbst produzieren, haben manche Prachtbienen einen besonderen Trick. So auch die *Eulaema mocsaryi*, einer der wichtigsten Bestäuber des Paranussbaumes.¹¹ Diese Biene wiederum ist abhängig von einer einzigen Orchideenart (*Cattleya eldorado*). Sie sammeln die Duftstoffe einfach bei einer Orchidee ein, die diese exklusiv für sie produziert. Die Orchidee wiederum nutzt den Besuch der Biene dazu, von dieser befruchtet zu werden. Praktisch hierbei: eine einzige Orchideenblüte braucht nur einen einzigen Besuch der Biene, um sich befruchten zu lassen. Sie muss also nicht darauf vertrauen, dass die Biene zuvor bei einer anderen Orchidee der gleichen Art schon mal Duftstoff gesammelt hat. Im Gegensatz zum Paranussbaum ist die Orchidee selbstkompatibel. Sie braucht die Bienen nur, damit der Pollen vom Eingang der Blüte ins tiefe Innere zum Stempel gebracht wird.¹² Doch was macht die Prachtbiene mit den Duftstoffen? Während die Prachtbiene beim Paranussbaum mit Nektar als Nahrungsmittel belohnt wird, bekommt sie bei der Orchidee den Duftstoff als Lockmittel für die Paarungssuche. Ohne sie würden Männchen und Weibchen nicht zueinander finden und die Art aussterben.¹³ Und mit der Prachtbiene würde der Paranussbaum einen wichtigen Bestäuber verlieren.



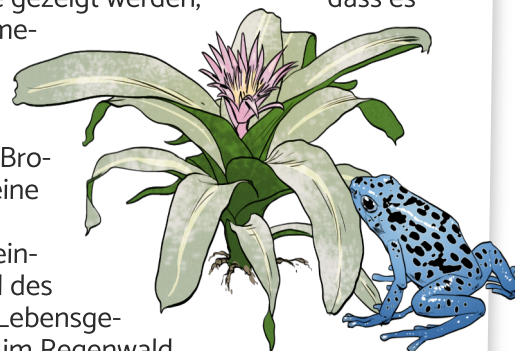
Aquatisches Ökosystem in luftiger Höhe

Hoch oben in den Astgabeln der Regenwaldbäume gibt es noch einen ganz besonderen Lebensraum. Ein Biotop im Biotop. Dort finden sich die Miniteiche der Bromelien. Diese Aufsitzpflanzen sammeln in ihren rosettenförmigen Blatttrichtern Regenwasser und bilden dabei kleine Wasserökosysteme überall in den Tropenwäldern. In diesen Zisternen sammeln sich Blätter, Ästchen und andere vom Wind herangewehte Partikel. Das wiederum lockt Bakterien, Pilze und andere Kleinstlebewesen an, die diese organischen Materialien zersetzen, genau wie in Tümpeln auf dem Erdboden. In den kleinen Tümpeln in den lichtdurchfluteten Baumkronen siedeln sich zudem Algen an, die genau wie die organischen Abfallstoffe als Nahrung dienen. Von Algen und Kleinstlebewesen wiederum ernähren sich Mückenlarven und andere Insekten.¹⁴ Sogar Krebse, Kaulquappen und erwachsene Frösche findet man in diesen Wasserökosystemen.¹⁵

Die Beziehung von Fröschen zu ihren Bromelien ist dabei vielfältig. Manche Frösche nutzen sie, um sich zu verstecken, andere haben ihren gesamten Lebenszyklus auf die Bromelie abgestimmt. Sie legen ihren Laich in die kleinen Teiche ihrer Wirtsbromelie, die Kaulquappen entwickeln sich dort zu kleinen Fröschen und dem erwachsenen Frosch ist die Bromelie Lebensraum und Versteck. Ohne "ihre" Bromelien können diese Froscharten nicht überleben.¹⁶ Es konnte gezeigt werden, dass es sich hierbei um eine echte Symbiose handelt, denn auch die Bromelie hat etwas davon. Vor allem die Ausscheidungen der Frösche sind ein wertvoller Stickstoffdünger der Pflanzen.¹⁷ Stickstoff ist eines der wichtigsten Elemente im Nährstoffkreislauf und wird normalerweise aus dem Boden über die Wurzeln aufgenommen. Bromelien, die als Epiphyten in Astgabeln leben, benötigen deshalb eine andere Quelle.

Bromelien spielen nicht nur eine wichtige Rolle im Lebenszyklus einzelner Arten. Sie sind auch Speicher für einen bedeutenden Anteil des Frischwassers in Ökosystemen.¹⁸ Als Lebensraum für aquatische Lebensgemeinschaften tragen sie einen wichtigen Beitrag zur Biodiversität im Regenwald bei.¹⁹

Deshalb empfehlen Forschende, dass Schutzmaßnahmen für die Frösche und die Bromelien gemeinsam gedacht werden sollten.²⁰ Nur so lässt sich das Überleben dieser faszinierenden Biotope sichern.





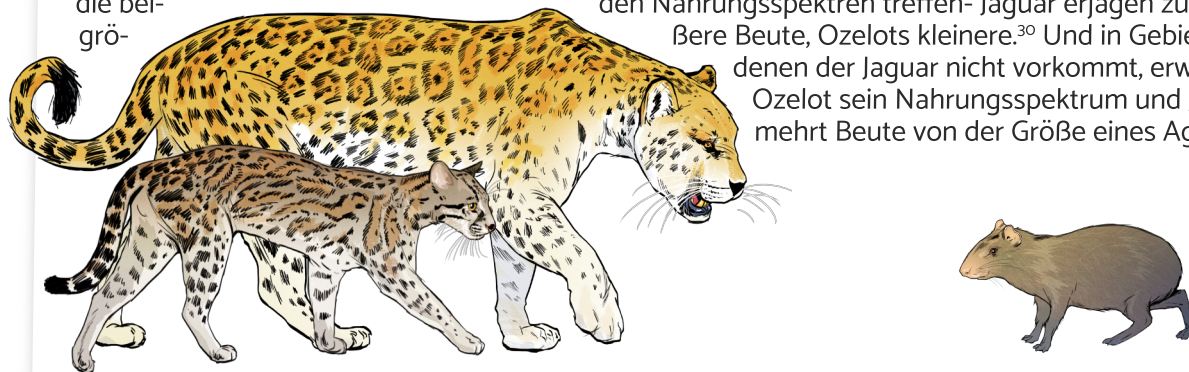
Symbiose und Parasitismus im Feigenbaum

Neben Orchideen und Bromelien, leben auch Feigenbäume auf anderen Regenwaldbäumen. Im Gegensatz zu Orchideen und Bromelien sind diese jedoch Hemiepiphyten, das heißt, sie sind nur zum Teil vom Baum abhängig. In der ersten Lebensphase keimen und wachsen sie auf den Wirtsbäumen, in späteren bilden sie Wurzeln bis zum Boden aus und können sich so komplett selbst versorgen. Manche, wie die berühmten Würgefeigen, bilden ein so großes Netzwerk an Wurzeln aus, dass sie ohne ihren Wirt stabil stehen können und diesen durch diese Umarmung sogar töten.²¹ Andere Feigenarten sind ihr Leben lang auf die Stützwirkung ihres Wirtsbaumes angewiesen.²² Bemerkenswert dabei: Feigen spielen in der Ökologie des Regenwaldes eine bedeutende Rolle, sie gelten als Schlüsselart. Von anderen Bäumen unterscheidet Feigen, dass sie das ganze Jahr über blühen und Früchte tragen können. Dabei blühen die Blüten eines Feigenbaumes fast gleichzeitig, die Früchte werden massenweise reif und der Baum ist für eine kurze Zeit ein üppiger Nahrungslieferant für Säugetiere und Vögel wie den Tukan.²³ Feigen sind dabei, genau wie die Paranusssäume, für ihre Fortpflanzung auf eine klitzekleine Partnerin angewiesen. Diese kleinen Feigenwespen bestäuben die Feigen und legen gleichzeitig ihre Eier in deren Inneres ab. In dieser Symbiose befruchtet die Wespe den Baum und dieser bietet den Larven Heimat und Nahrung. Wirklich faszinierend wird die Vielfalt des Feigenbaums, wenn man bedenkt, dass beide Partner von insgesamt mehr als 30 weiteren Feigenwespen begleitet werden, deren Larven sich entweder von der Feige ernähren, ohne diese zu befruchten, oder die Parasiten der symbiotischen Feigenwespe sind.²⁴ So hängen besonders in Zeiten des Nahrungsmangels viele Vögel, Affen und Fledermäuse vom Zusammenspiel dieser kleinen Feigen-Wespengemeinschaft ab.

Von Nagern und Katzen

Neben Symbiosen und Parasitismus spielen Räuber-Beute Beziehungen eine wichtige Rolle in der Stabilisierung von Ökosystemen. Hier kommen die Top-Räuber des Agutis ins Spiel. Vor allem der Ozelot macht Jagd auf die Nager.²⁵ Vor allem in der Dämmerung macht sich die Katze auf den Weg zu den Wohnhöhlen der Agutis, um ihnen dort aufzulauern.²⁶ Diese Hochrisikozeit versuchen die Agutis zu vermeiden: ist das Nahrungsangebot gut, dann kommen sie Abends schon vor der Dämmerung in den Bau und verlassen diesen erst wieder im hellen Morgen.²⁷ Neben dem Ozelot ist auch der Jaguar ein Räuber, der das Aguti nicht verschmäht. Im Gegensatz zum Ozelot macht der Jaguar nicht speziell Jagd auf die Nager, nimmt sie aber gerne, wenn er ihrer habhaft werden kann.²⁸ Der wesentlich größer und stärkere Jaguar jagt im allgemeinen größere Beutetiere als der Ozelot – und selbst die kleinere Katze steht gelegentlich auf seinem Speiseplan.²⁹ Zwischen Jaguar und Ozelot besteht noch eine andere Beziehung: sie sind Nahrungskonkurrenten. Und Agutis haben genau die Größe, bei denen sich die bei-

den Nahrungsspektren treffen- Jaguar erjagen zumeist Bere Beute, Ozelots kleinere.³⁰ Und in Gebieten, in denen der Jaguar nicht vorkommt, erweitert der Ozelot sein Nahrungsspektrum und Jagd vermehrt Beute von der Größe eines Agutis.³¹



Verbreitung und Gefährdung durch den Menschen

Wie sich die Paranuss-Wäldchen über tausende Kilometer im ganzen Amazonasgebiet verbreiten konnten stellt die Wissenschaft weiterhin vor ein Rätsel. Agutis allein, die die Samen nur wenige hundert Meter weit tragen, können nicht dafür verantwortlich sein. Wahrscheinlich spielte in den letzten Jahrtausenden der Mensch eine wichtige Rolle.³² Aber welches Tier der urzeitlichen Megafauna, vor der Ankunft des Menschen im Amazonasgebiet vor 12.000-20.000 Jahren, die riesigen Nüsse über weite Strecken verbreitet hat, bleibt ein "Geist der Vergangenheit".³³ Heute stellt der Mensch eine Gefahr für das Überleben der Lebensgemeinschaft rund um den Paranussbaum dar. So versorgen sich in der Ernte-Saison die Sammelnden mit Aguti-Fleisch, was langfristig die Verbreitung der Samen stört. Das Verschwinden des Agutis durch Bejagung ist aber nur ein Grund, für schwindende Paranussbestände.³⁴ Ein weiterer ist die Übersammlung. Dies könnte vor allem in der Trockenzeit dazu führen, dass Agutis viel weniger Samen vergraben und so nur wenige oder keine Bäume nachwachsen.³⁵ In Regionen, in denen schon seit Jahrzehnten intensive Paranüsse geerntet werden, stellte man fest, dass es kaum noch junge Bäume gibt. Die Paranuss-Wäldchen drohen an Überalterung zu sterben.³⁶



©Rosy MacQueen

Quellennachweis zu Lehrerinfo 3B

1. Zuidema, Pieter. (2003): Ecology and management of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*). In: Promab Scientific Series 6..
2. Guariguata, Manuel et al. (2017): Revisiting the 'cornerstone of Amazonian conservation': a socioecological assessment of Brazil nut exploitation. In: Biodiversity and Conservation 26.
3. Cavalcante, M.C. et al. (2012): "Pollination Requirements and the Foraging Behavior of Potential Pollinators of Cultivated Brazil Nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) Trees in Central Amazon Rainforest". In: Psyche: A Journal of Entomology 2012.
4. Peres, Carlos; Baidier, Claudia (1997): Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. In: Journal of Tropical Ecology 13-4.
5. Haugaasen, Joanne et al. (2010): Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. In: Journal of Tropical Ecology 26-3.
6. Ebd.
7. Caldwell, Janalee; Myers, Charles (1990): A new poison frog from Amazonian Brazil, with further revision of the *quinquevittatus* group of *Dendrobates*. In: American Museum Novitates .
8. Klein, Alexandra-Maria et al. (2020): Insect Pollination of Crops in Brazil - A Guide for Farmers, Gardeners, Politicians and Conservationists.
9. Cavalcante, M.C. et al. (2012): "Pollination Requirements and the Foraging Behavior of Potential Pollinators of Cultivated Brazil Nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) Trees in Central Amazon Rainforest". In: Psyche: A Journal of Entomology 2012.
10. Williams, Norris (1983): Orchid Floral Fragrances and Male Euglossine Bees: Methods and Advances in the Last Sesquidecade. In: Biological Bulletin 164-3.
11. Storti, Eliana; Braga, Pedro; Filho, Atilio (2010): Reproductive biology of *Cattleya eldorado*, a species of Orchidaceae from the Amazonian white sand campinas. In: Acta Amazonica 41-3.; Cavalcante, M.C. et al. (2012): "Pollination Requirements and the Foraging Behavior of Potential Pollinators of Cultivated Brazil Nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) Trees in Central Amazon Rainforest". In: Psyche: A Journal of Entomology 2012.
12. Cavalcante, M.C. et al. (2012): "Pollination Requirements and the Foraging Behavior of Potential Pollinators of Cultivated Brazil Nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) Trees in Central Amazon Rainforest". In: Psyche: A Journal of Entomology 2012.
13. Williams, Norris (1983): Orchid Floral Fragrances and Male Euglossine Bees: Methods and Advances in the Last Sesquidecade. In: Biological Bulletin 164-3.
14. Brouard, Olivier et al. (2012): Understorey environments influence functional diversity in tank-bromeliad ecosystems. In: Freshwater Biology 57-4.
15. Diesel, Rudolf (1992): Maternal care in the bromeliad crab, *Metopaulias depressus*: protection of larvae from predation by damselfly nymphs. In: Animal Behaviour 43-5.; Sabagh, Leandro; Ferreira, Rodrigo; Rocha, Carlos (2017): Host bromeliads and their associated frog species: Further considerations on the importance of species interactions for conservation. In: Symbiosis 73-3.
16. Motta-Tavare, Tatiana (2016): Ecology of the bromeligenous frog *Phyllodytes luteolus* (Anura, Hylidae) from three restinga remnants across Brazil's coast. In: Anais da Academia Brasileira de Ciências 88-1.
17. Romero, Gustavo et al. (2010): Nitrogen fluxes from treefrogs to tank epiphytic bromeliads: an isotopic and physiological approach. In: Oecologia 162-4.
18. Brouard, Olivier et al. (2012): Understorey environments influence functional diversity in tank-bromeliad ecosystems. In: Freshwater Biology 57-4.
19. Ladino, Geraldine et al. (2019): Ecosystem services provided by bromeliad plants: A systematic review. In: Ecology & Evolution 9-12.
20. Sabagh, Leandro; Ferreira, Rodrigo; Rocha, Carlos (2017): Host bromeliads and their associated frog species: Further considerations on the importance of species interactions for conservation. In: Symbiosis 73-3.
21. Harrison, Rhett et al. (2003): The diversity of hemi-epiphytic figs (*Ficus* ; Moraceae) in a Bornean lowland rain forest. In: Biological Journal of the Linnean Society 78-4.
22. Hao, Guang-You; Cao, Kun-Fang; Goldstein, Guillermo (2016): Hemiepiphytic Trees: *Ficus* as a Model System for Understanding Hemiepiphytism. In: Tropical Tree Physiology: Adaptations and Responses in a Changing Environment.
23. Pereira, Rodrigo; Rodrigues, Efraim; Menezes, Ayres (2007): Phenological patterns of *Ficus citrifolia* (Moraceae) in a seasonal humid-subtropical region in Southern Brazil. In: Plant Ecology 188-2.
24. Dunn, Derek (2020): Stability in fig tree-fig wasp mutualisms: how to be a cooperative fig wasp. In: Biological Journal of the Linnean Society 130-1.
25. De Cassia, Rita; Mendes, Sérgio, Mendes; de Marco Júnior, Paulo (2010): Food habits of the ocelot, *Leopardus pardalis*, in two areas in southeast Brazil. In: Studies on Neotropical Fauna and Environment 45-3.

Quellennachweis zu Lehrerinfo 3B

26. Emsens, Willem-Jan et al. (2013): Prey refuges as predator hotspots: ocelot (*Leopardus pardalis*) attraction to agouti (*Dasyprocta punctata*) dens. In: *Acta Theriologica* 59.
27. Suselbeek, Lennart et al. (2014): Food acquisition and predator avoidance in a Neotropical rodent. In: *Animal Behaviour* 88.
28. Cavalcanti, Sandra; Gese, Eric (2010): Kill rates and predation patterns of jaguars (*Panthera onca*) in the southern Pantanal, Brazil. In: *Journal of Mammalogy* 91-3.
29. González-Maya, José; Navarro-Arquez, Elizabeth; Schipper, Jan (2010): Ocelots as prey items of jaguars: a case from Talamanca, Costa Rica. In: *CatNews* 53.
30. Emmons, Louise (1987): Comparative Feeding Ecology of Felids in a Neotropical Rain-Forest. In: *Behavioral Ecology and Sociobiology* 20.
31. Moreno, Ricardo; Kays, Roland; Samudio, Rafael (2006): Competitive Release in Diets of Ocelot (*Leopardus Pardalis*) and Puma (*Puma Concolor*) After Jaguar (*Panthera Onca*) Decline. In: *Journal of Mammalogy* 87.
32. Thomas, Evert et al. (2014): The distribution of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) through time: from range contraction in glacial refugia, over human-mediated expansion, to anthropogenic climate change. In: *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 9-2, Belem.
33. Peres, Carlos; Barlow, Jos; Laurance, William (2006): Detecting anthropogenic disturbance in tropical forests. In: *Trends in ecology & evolution* 21-5.
34. Peres, Carlos et al. (2003): Demographic Threats to the Sustainability of Brazil Nut Exploitation. In: *Science* 302.
35. Haugaasen, Joanne et al. (2010): Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. In: *Journal of Tropical Ecology* 26-3.
36. Peres, Carlos et al. (2003): Demographic Threats to the Sustainability of Brazil Nut Exploitation. In: *Science* 302.



©Conservation International Suriname