- Mannishript - in press - Billiogr. Angelen um Prof. Hiser.

Hot Spots der Biodiversität

– Die Tropen als Schwerpunkt der globalen Artenvielfalt

Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein Lehrstuhl für Biogeografie Universität Bayreuth And and Kennepage

# 1. Die Besonderheit tropischer Lebensräume

Seit Anfang der 90er Jahre, also seit etwa 15 Jahren ist die "Krise der Biodiversität" ein Thema, welches großen Raum und wachsende Bedeutung in der politische Diskussion auf internationaler Ebene einnimmt. In diesem Zusammenhang wird zwar die nationale Verantwortung aller Länder herausgestellt und nahezu alle Staaten haben sich in der Biodiversitätskonvention von Rio auch zum Erhalt der Biodiversität verpflichtet, doch wird die besondere Rolle der Tropen und insbesondere des tropischen Regenwaldes immer wieder hervorgehoben. Eine besondere Rolle sowohl bezüglich der dort bekannten Arten, noch stärker im Grunde bezüglich der noch unbekannten aber dort vermuteten Arten und vor allem bezüglich des Lebensraumverlustes und damit des damit einhergehenden irreversiblen globalen Artenverlustes. In diesem Beitrag wird nunmehr versucht die besondere Rolle der Tropen für die globale Biodiversität zu skizzieren.

Eine Diskussion um die klimatische und geographische Abgrenzung der Tropen kann an dieser Stelle nicht geführt werden. Allerdings sind, fragt man nach den Ursachen dieser Vielfalt, klimatische Spezifika, wie das vorwiegende durch tageszeitliche Abläufe gesteuerte Klima, welches sowohl das hygrische als auch das thermische Milieu der Ökosysteme bestimmt, sowie besondere Eigenschaften der Böden, welche die Bodenfruchtbarkeit und die Nährstoffverfügbarkeit steuern, als Besonderheiten der Tropen von essentieller Bedeutung WEISCHET 1980). Im feuchttropischen Bereich bewirkt die Kombination von hohen Temperaturen mit konstanter Feuchte eine intensive chemische Verwitterung. Dort wird das Relief tendenziell eingeebnet und nur wenige Inselberge ragen aus dem weiten Waldmeer. Die Vielfalt des Reliefs kann also nicht wie in anderen Großlebensräumen als wesentliche Triebfeder der biotischen Vielfalt angesehen werden. Nur in den tropischen Gebirgsregionen der Anden, in Ostafrika sowie in Indonesien spielt das Relief hier eine biodiversitätsfördernde Rolle. In den wechselfeuchten Tropen finden wir ausgeprägte saisonale Wechsel der Rahmenbedingungen, welche die dortige Artenvielfalt beeinflussen. Dort haben sich spezifische ökologische Einnischungen herausgebildet um die zeitliche Variabilität des Ressourcenangebotes effizient zu nutzen.

Auch die sich heute so konstant darstellenden äquatorialen Feuchttropen unterlagen aber in der Vergangenheit während des Pleistozän sehr wahrscheinlich klimatischen Fluktuationen. Sie spielten sich über lange Zeiträume hinweg eher über ein pulsierendes An- und Abschwellen der Fläche ab als über eine Verlagerung zonaler Einheiten, wie dies in höheren Breiten der Fall war. Zudem waren diese Fluktuationen weniger ausgeprägt. Substanzielle Änderungen fanden jedoch nicht statt. Die hieraus ableitbare räumliche und ökologische Konstanz kann als eine Ursache für die enorme Vielfalt und Nischensättigung feuchttropischer Systeme angesehen werden. Langfristige andauernde Stabilität oder besser Kontinuität der Umweltbedingungen in den Tropen sind eine Voraussetzung für optimale Anpassung von Arten und damit für die adaptive Radiation neuer Spezies (Abb. 1). Insbesondere zur Erklärung der Vielfalt des tropischen Regenwaldes wird diese Argumentation ins Feld geführt ("Time-Stability-Hypothesis"). Ein Problem bezüglich der

Rekonstruktion tropischer Klimageschichte ist jedoch der Mangel an quantitativ auswertbaren und datierbaren Indizien. Der hohe stoffliche Turnover und das intensive Verwitterungsgeschehen feuchtwarmer Klimate lassen den Erhalt klimarelevanter Zeugnisse kaum zu. Stratifizierte Moore sind kaum entwickelt. Geschichtete Seesedimente sind aufgrund der geringen jahreszeitlichen Dynamik selten. Lediglich in abgeschnürten Altarmen der großen Flüsse die über jahreszeitlich variierenden Abfluss durch Schneeschmelzen in angrenzenden Gebirgslagen verfügen, z.B. am Amazonas, während stratifizierte Sedimente zu erwarten. Diese stellen jedoch aufgrund der immer wieder erfolgenden Verlagerung der Flüsse nur Archive für relativ kurze Zeitspannen dar.



Abb. 1: Entwicklung der Fläche des tropischen Regenwaldes Südamerikas seit dem Pleistozän. Links vor 15.000 Jahren, Mitte vor 9.000 Jahren und rechts der heutige Stand (aus Beierkuhnlein 2007).

Die lange Zeit andauernde Kontinuität der Tropen spiegelt sich evolutiv sogar in den Wanderungsbewegungen aquatischer Arten. So sind tendenziell katadrome Wanderungen (genetisch festgelegte Verhaltensweise bei der sich Süßwasserfische zur Fortpflanzung in das Meer begeben um dort ihre Laichplätze aufzusuchen) in tropischen Gebieten häufiger zu beobachten. Anadrome Migration (Wanderung der adulten Tiere vom Salzwasser in das Süßwasser) ist hingegen in kühlen bis gemäßigten Klimaten gehäuft. Dies kann als ein Hinweis auf die lange anhaltende Stabilität der Bedingungen in den Tropen und die immer wieder durch Eiszeiten unterbrochene Entwicklung der höheren Breiten verstanden werden. In den Tropen konnten sich im Verlauf der Erdgeschichte immer wieder neue marine Arten an die Verhältnisse des Süßwassers adaptieren und die Meere nur für das Laichgeschäft aufsuchen. In gemäßigten Breiten erfolgte mit jeder Eiszeit auch eine maßgebliche Beeinflussung bzw. Ausdünnung der limnischen Biozönosen.

Auch Lebensgemeinschaften, die sich durch lange anhaltende Stabilität und durch geringe jahreszeitliche Variabilität auszeichnen, können durchaus als eine wichtige Eigenschaft für ihren Selbsterhalt über nur kurze Zeit wirksame Auslenkungen bzw. Störungen verfügen. Absolut konstante Verhältnisse gibt es nirgends, auch würden sie sich eher negativ auswirken und das Vorherrschen weniger konkurrenzstarker Arten fördern und keinesfalls die Artenvielfalt. Störungen, wie sie zum Beispiel durch den Fall eines Baumriesen im Regenwald verursacht werden, bereichern dort besonders die zeitliche Variabilität des Standortes, schaffen zeitliche Nischen, Möglichkeiten zur Regeneration. Wir befinden uns nun allerdings in einer völlig anderen zeitlichen Skala und reden über die Prozesse innerhalb der Lebenszyklen der Arten und nicht mehr über evolutionsbiologisch relevante Skalen.

Zwar kommen Störungen in allen Ökosystemen auf verschiedenen Maßstabsebenen vor, in den tropischen Wäldern sind sie aber, aufgrund ihrer großen Biomasse, starken Beschattung und langen Kontinuität von besonderer Bedeutung für die Regeneration der Arten und damit auch für den Erhalt der Biodiversität. Störungen schaffen kurzzeitig räumliche Heterogenität



Abb. 4: Prädation durch Blattschneiderameisen in Küstenwald der Mata-Atlantica (Süd-Brasilien).

Die Böden zeigen eine enorme biologische Aktivität. Unter natürlichen Umständen erfolgt ein rascher Turnover abgestorbener organischer Substanz. Abgestorbene organische Substanz wird binnen kürzester Zeit mineralisiert (Abb. 5). Humus ist deshalb im Bodenprofil kaum vorhanden. Eisenoxide und Zweischicht-Tonminerale bestimmen den Bodenaufbau. Sie besitzen allerdings nur eine geringe Fähigkeit zur Speicherung von Nährstoffen, was wiederum zu Problemen mit der Nährstoffverfügbarkeit führen kann, insbesondere dann, wenn der biotische Kreislauf durch Rodung unterbrochen wird. In diesem Fall stehen die durch die Zersetzung bereitgestellten Nährstoffe nur kurze Zeit befristet zur Verfügung. Werden sie nicht möglichst umgehend wieder in die ökologischen Kreisläufe integriert, gehen sie über Auswaschung in das Grundwasser verloren.



Abb. 5: Abgestorbene Biomasse wird im tropischen Regenwald rasch zersetzt. Pilze auf Totholz, Brasilien.

Ein methodisches Problem vegetationskundlichen Arbeitens in den Tropen ist die Tatsache, dass in artenreichen tropischen Regenwäldern keine Sättigung der Pflanzenartenzahl mit zunehmender Fläche festzustellen ist. Folglich kann auch keine Mindestfläche für Untersuchungen ermittelt werden. Diese wäre ohnehin bei den strukturreichen Wäldern nur bedingt aussagefähig, da sich ja deren Vielfalt im dreidimensionalen Bereich abspielt und daher eigentlich ein Mindestvolumen zu ermitteln wäre. Dieses Problem ist aber auch ein Hinweis auf die Vielfalt der tropischen Wälder und es reflektiert, dass ein methodischer Ansatz, der in gemäßigten Breiten entwickelt wurde, in den Tropen neu zu hinterfragen sein wird. Die Erfassung der Biodiversität der tropischen Ökosysteme erfordert nicht nur ausgezeichnete taxonomische Kenntnisse sondern auch einen die spezifischen raum-zeitlichen Gegebenheiten berücksichtigenden Zugang. Aus diesem Grund müssen hier zwingend biologische und geowissenschaftliche Methoden verknüpft und an die jeweiligen Bedingungen angepasst werden.

# 2 Biogeographie der Tropen

## 2.1 Die äquatorialen Regenwälder

Beginnen wir mit den terrestrischen Ökosystemen. In der äquatorialen Zone herrscht ein immerfeuchtes (perhumides) und warmes bis heißes tropisches Tageszeitenklima. Die mittleren Temperaturen liegen das ganze Jahr über bei 25 bis 27 °C. Die thermischen Unterschiede zwischen den ganzjährig etwa 12 Stunden langen Tag- und Nachtphasen sind größer als im Vergleich der teils leicht ausgeprägten saisonalen Extreme und bewegen sich bei 6 bis 11 °C. Fröste fehlen. Die Niederschläge von 2.000 bis 4.000 mm p.a. fallen gleichmäßig über das Jahr verteilt. In Randzonen wird der Bereich des tropischen Regenwaldes dort ausgeweitet, wo ein Sommerregenklima mit Zenitalregen durch

Monsunniederschläge ergänzt wird, so dass nahezu ganzjährig perhumide Verhältnisse entstehen (Abb. 6).



Abb. 6: Der Großlebensraum des tropischen Regenwaldes konzentriert sich auf die äquatornahen Tieflagen mit ozeanisch getöntem Klima (aus BEIERKUHNLEIN 2007).

Auch wenn in der innertropischen Zone Jahreszeiten keine Schlüsselrolle für die ökosystemaren Abläufe einnehmen, kann es vorkommen, dass, wie am Amazonas, saisonale Niederschlagsereignisse in benachbarten Regionen zu Schwankungen des Überflutungsregimes der Tieflandregenwälder führen. Aufgrund der einebnenden Wirkung der intensiven chemischen Verwitterung und der damit verbundenen geringen Reliefunterschiede wirken sich Wasserstandsschwankungen der großen Flüsse über sehr weite Flächen hinweg aus.

Die natürlichen Ökosysteme sind durch den "tropischen Regenwald" geprägt (SCHIMPER 1898). Dieser wird, die Bezeichnung Alexander von Humboldts für den amazonischen Regenwald übernehmend, auch "Hylaea" genannt. Der Pflanzenwuchs ist durch abiotische Faktoren wie Lichtverfügbarkeit in den unteren Vegetationsschichten und durch eingeschränkte Nährstoffverfügbarkeit partiell limitiert. Thermische und hygrische Einschränkungen bestehen nicht. Biotische Einschränkungen sind die Lichtkonkurrenz mit anderen Arten in den dichten Beständen und die Verfügbarkeit von Nahrung für die bodenlebende Tierwelt (eine Ursache für die geringe Bedeutung großer Wirbeltiere). Lichtkonkurrenz fördert in Kombination mit der hohen Luftfeuchte und dem Fehlen von Frösten die Entwicklung einer reichhaltigen Epiphytenvegetation (Abb. 7) sowie die besonders charakteristischen Lianen, welche die Phanerophyten als physische Stütze benutzen, um nicht selbst zu viele Stoffwechselprodukte in Strukturen investieren zu müssen. Auch die Bäume, die Höhen über 40 m erreichen können zeigen oft die Ausbildung von Stützstrukturen wie Brettwurzeln. Zur Untersuchung der tropischen Ökosysteme werden heute an verschiedenen Orten Kräne installiert, um auch den besonders artenreichen Kronenraum erreichen zu können. Sehr artenreich sind die epiphytischen Orchideen (Orchidaceae) und in Süd- und Mittelamerika die Ananasgewächse (Bromeliaceae).

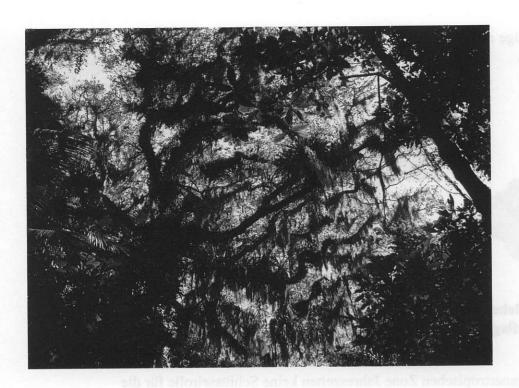


Abb. 7: Epiphytenbehangener tropischer Küstenregenwald der Mata Atlantica in Brasilien.

Der Artenreichtum der Vegetation beschränkt sich jedoch keineswegs auf Epiphyten und Lianen. Auch die Baumarten sind, wie bereits angedeutet, außerordentlich vielfältig. Mit Hilfe der Fernerkundung kann erkannt werden, dass innerhalb des tropischen Regenwaldes eine ausgeprägte kleinräumige Vielfalt besteht (TUOMISTO et al. 1995). Teils haben Baumarten vegetative Strategien des Selbsterhalts entwickelt, um nicht auf geschlechtliche Vermehrung angewiesen zu sein, da ja der Keimerfolg am dunklen Waldboden ungewiss ist. Dominanzbestände einzelner Baumarten konzentrieren sich auf kleinräumige Sondersituationen. Im Unterwuchs jedoch, dem Bereich des Waldes, der uns Menschen am einfachsten zugänglich ist, wird man enttäuscht sein, denn krautige und grasartige Pflanzen sind aufgrund des Lichtmangels selten.

Auch Kauliflorie, das Ausbilden von Blüten direkt aus dem Stamm, ist häufig zu beobachten. Ein prominentes Beispiel ist der Kakaobaum (*Theobroma cacao*). Kauliflorie und die anschließende Fruchtbildung am Stamm sind ein Hinweis auf die Bedeutung großer Tiere wie Fledermäuse, Säugetiere und Vögel sowohl für die Bestäubung als auch für die Ausbreitung der Pflanzen. In tropischen Wäldern sind diese Artengruppen sehr viel prominenter an diesen Prozessen beteiligt als in anderen Regionen der Erde.

Die Tierwelt ist besonders bei den Kleintieren reich entwickelt, wenn auch ihre Biomasse gering ist. Die teils in den Wassertrichtern der Epiphyten der Baumkronen lebenden Amphibien, Vogelarten und Fledermäuse sind artenreich. Vor allem aber sind es die Insekten welche die Artenvielfalt bestimmen. Der Versuch von ERWIN (1982), in Panama einen Baum zu verpacken und seine gesamte Lebewelt mit Methylbromid abzutöten, war zwar umstritten, doch zeigte sich, dass ein großer Teil der anschließend gesammelten Insekten unbekannt war. Wurde das Vorgehen bei einer anderen Baumart wiederholt, fand man das selbe Ergebnis, nur mit jeweils neuen unbekannten Insektenarten. Die hieraus abgeleitete Annahme der engen Wirtsbindung und der aus der Zahl tropischer Baumarten zu erwartenden unbekannten Tierarten mag deutlich überhöht sein. Erwin selbst erwartete weltweit etwa 30 Mio. Arten,

aber sogar Hochrechnungen von 100 Mio. Arten wurden formuliert. Doch selbst wenn die Zahl bei 10 oder 20 Mio. Arten liegen sollte (bei ca. 1,75 Mio. heute beschriebenen Arten) ist sie doch mit der Erkenntnis verbunden, dass die wesentliche Dunkelziffer an unbekannten Arten bei den Insekten des tropischen Regenwaldes zu suchen ist. Und damit besteht die konkrete Gefahr, dass wir viele dieser Arten irreversibel verlieren könnten, bevor sie der Menschheit bekannt wurden.

Dies betrifft nicht weniger die in der Fläche sehr viel selteneren Wirbeltiere, unter welchen uns die Primaten besonders nahe stehen (Abb. 8). Interessant ist, und sicherlich in der langen Kontinuität der Umweltbedingungen am Äquator begründet, dass im tropischen Regenwald Vertreter von phylogenetisch sehr frühen Entwicklungslinien der Säugetiere zu finden sind wie Tapire (Flachlandtapir (*Tapirus terrestris*), Bergtapir (*Tapirus pinchaque*), Mittelamerikanischer Tapir (*Tapirus bairdii*), Schabrackentapir (*Tapirus indicus*)) oder das Okapi (*Okapia johnstoni*). Bei den Tapirarten ist bemerkenswert, dass neben drei mittel- bis südamerikanischen Arten der offensichtlich nahe verwandte Schabrackentapir in Myanmar, Thailand und Malaysia beheimatet ist, die Gattung also ein disjunktes Areal besitzt. In Afrika fehlen Tapire, obwohl eine zusammenhängende Landmasse mit Asien besteht. Klimatische Faktoren wirken hier offensichtlich als biogeographische Barriere.

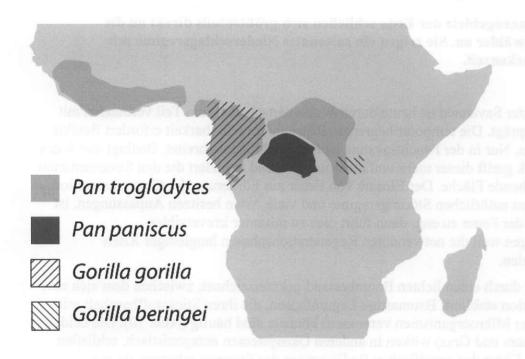


Abb. 8: Natürliche Areale von Tiefland-Gorilla (Gorilla gorilla), Berg-Gorilla (Gorilla beringei), Schimpanse (Pan troglodytes) und Bonobo (Pan paniscus). Aufgrund extensiver Lebensraumzerstörung sind diese Primatenarten des tropischen Regenwaldes heute auf kleine Restvorkommen zurückgedrängt (aus BEIERKUHNLEIN 2007).

### 2.2 Die sommerfeuchten Savannengebiete der Tropen

Die sich an den tropischen Regenwald räumlich eng anschließenden tropischen und subtropischen Sommerregengebiete (Abb. 9) bilden häufig eine Übergangszone hin zu den subtropischen Trockengebieten und Wüsten, die hier nicht behandelt werden. Die von Savannen beherrschten Landschaften besitzen eine ausgeprägte saisonale Niederschlagsperiodik, die zumeist durch Monsunniederschläge bzw. Passatwinde gesteuert wird. Der Schwerpunkt der Niederschläge liegt in der Zeit, in der die Sonne ihren höchsten

Stand erreicht (Zenitalregen). Das bedeutet, dass der Regen während der wärmsten Jahreszeit fällt. Auch wenn die Jahresniederschläge 1.600 mm erreichen, so sind sie doch im Kontext mit dem nur periodischen Auftreten bei ganzjährig hohen Temperaturen zu sehen. Die Jahresmitteltemperaturen sind teilweise sehr hoch und können über 25 °C liegen. Fröste spielen keine Rolle. Sie treten nur in hochgelegenen Savannen während der Ruheperiode des Winters auf und haben keinen ökologischen Einfluss.

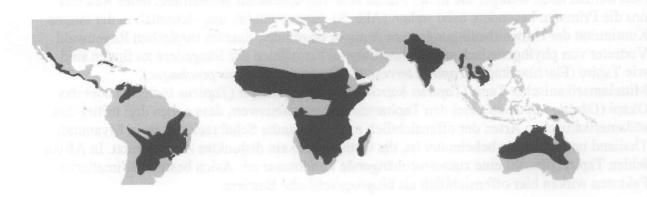


Abb. 9: Die Savannengebiete der Erde schließen sich größtenteils direkt an die tropischen Regenwälder an. Sie zeigen ein saisonales Niederschlagsregime mit ausgeprägter Trockenzeit.

Die Landnutzung der Savannen ist heute durch Weidewirtschaft – zum Teil verbunden mit Transhumanz – geprägt. Die temporär begrenzte Ressourcenverfügbarkeit erfordert flexible Nutzungsstrategien. Nur in der Feuchtsavanne ist Regenfeldbau verbreitet. Bedingt durch den Bevölkerungsdruck greift dieser mehr und mehr um sich und reduziert die den Savannenarten zur Verfügung stehende Fläche. Der Einsatz von Feuer zur Förderung der Grasregeneration entspricht zwar dem natürlichen Störungsregime und viele Arten besitzen Anpassungen, ist aber die Frequenz der Feuer zu eng, dann führt dies zu mitunter irreversiblen Artenverschiebungen weil die notwendigen Regenerationsphasen langlebiger Arten unterschritten werden.

Die Vegetation ist durch einen lichten Baumbestand gekennzeichnet, zwischen dem sich eine dichte Grasvegetation etabliert. Baumartige Leguminosen, die ihren Stickstoffhaushalt mit Hilfe symbiotischer Mikroorganismen verbessern können, sind häufig (Abb. 10). Die beiden Wuchsformen (Baum und Gras) wirken in anderen Ökosystemen antagonistisch, schließen sich also eher aus. Unter den spezifischen Bedingungen der Savanne scheinen sie zur komplementären Ressourcennutzung prädestiniert. Das Gras kann mit seinem feinen und dichten sekundär homorhizen Wurzelgeflecht die in der Regenzeit fallenden Niederschläge effizient aufnehmen. Andererseits sind Gräser kaum dazu in der Lage, ihre Transpiration zu kontrollieren. Einzelne Starkregenereignisse bewirken dann temporär einen nach unten gerichteten Sickerwasserstrom, der die Versorgung der Bäume gewährleistet, aber bei den hohen Temperaturen nicht ausreicht, um einen geschlossenen Waldbestand zu unterstützen. In der Trockenzeit stirbt die Grasdecke oberirdisch ab. Die zumeist klonalen Gräser überdauern aber mit Hilfe von Rhizomen.



Abb. 10: Das Areal des Seringa-Baumes, auch Sandsyringe, (*Burkea africana*), zeichnet in Afrika die Verbreitung von Savannen frappierend genau nach. Nur im ostafrikanischen Hochland fehlt die Art. Wie bei zahlreichen anderen Baumarten der Savanne handelt es sich um eine stickstofffixierende Leguminose (aus BEIERKUHNLEIN 2007).

Die sommergrünen Bäume sind aufgrund der Klimavariabilität oft sehr langsamwüchsig. Sie zeigen neben dem Laubabwurf in der Trockenzeit verschiedene weitere Anpassungen an die Trockenheit. Der beeindruckende Baobab (*Adansonia digiata*) ist stammsukkulent und vermag in seinem Gewebe größere Wassermengen zu speichern (Abb. 11). Es ist zu bedenken, dass im unbelaubten Zustand ebenfalls, wenn auch sehr viel weniger, Wasser aufgenommen werden muss. Bäume benötigen deshalb durchaus episodische Niederschlagsereignisse außerhalb der eigentlichen Vegetationsperiode.

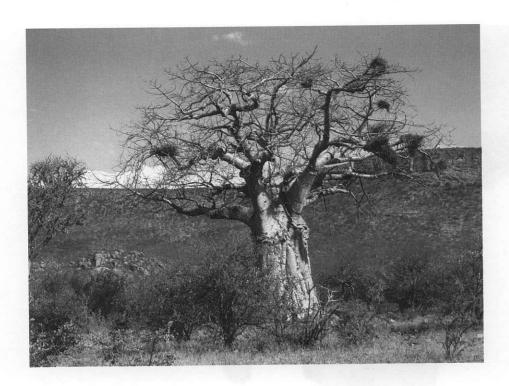


Abb. 11: Der Affenbrotbaum oder Baobab (*Adansonia digitata*) kann in seinem Stamm erhebliche Wassermengen speichern. Die von diesen Bäumen in der Savanne Namibias gebotene Struktur wird durch Webervögel (*Ploceidae*) für den Nestbau genutzt.

Je nach Niederschlagsmenge und damit zusammenhängender Feuerhäufigkeit sind verschiedene Formen von Savannen entwickelt. Wir unterscheiden, einem klimatischen Gradienten folgend, die Feuchtsavanne (7 bis 8 humide Monate bei 1.000 bis 1.600 mm Jahresniederschlag), die Trockensavanne (4 bis 7 humide Monate bei 500 bis 1.000 mm Jahresniederschlag) und die Dornstrauchsavanne (2 bis 4 humide Monate bei 250 bis 500 mm Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperaturen über 25 °C). Mitunter sind an den nur zeitweise Wasser führenden Flussläufen dichtere Galeriewälder ausgebildet. Die südamerikanische Savanne der Caatinga entspricht mit ihrem Mosaik aus Mimosen und Kaktusgewächsen (*Cactaceae*) der Dornstrauchsavanne. In Australien lösen Leguminosen (*Acacia* spec.) mit zunehmender Trockenheit den von *Eucalyptus*-Arten geformten offenen Trockenwald ab.

Nicht nur die Vegetation sorgt für ein mosaikartiges Muster von Habitaten und Strukturen, die von den Raubtieren als Ansitz oder Schattenspender genutzt werden. Termiten (*Isoptera*) sorgen für stoffliche Umverteilung und punktuelle Aufkonzentration der organischen Substanz und der Nährstoffe. Ihre nach einer gewissen Zeit wieder aufgegebenen und zerfallenden Bauten sind sozusagen Hot Spots der Nährstoffverfügbarkeit und besonders gut für die Regeneration von Bäumen geeignet.

Savannen zeigen eine besonders auffallende, weil aus Großtierherden und Prädatoren zusammengesetzte Tierwelt und unterscheiden sich auch damit sehr deutlich vom tropischen Regenwald. Charakteristische Mega-Herbivore sind in Afrika die in Herden lebenden Gnus (Streifengnu (Connochaetes taurinus) und Weißschwanzgnu (Connochaetes gnou)) und Zebras (Steppenzebra (Equus quagga, Südostafrika, mit sechs rezenten Unterarten sowie dem ausgestorbenen südafrikanischen Equus quagga ssp. quagga), Bergzebra (Equus zebra, Südafrika), Grevyzebra (Equus grevyi, Ostafrika)). Auffallende Faunenelemente sind weiterhin die solitär oder in kleinen Gruppen lebenden Giraffen (Giraffa camelopardalis).

Diese Arten teilen sich den selben Lebensraum, sind aber, schon physiognomisch leicht erkennbar, sehr unterschiedlich eingenischt. Während die Gnus und Zebras die Biomasse der Grasschicht konsumieren, kann die Giraffe die nährstoffreichen Blätter der Akazien und anderer Bäume erreichen. Daneben finden sich zahlreiche Gazellen- und Antilopenarten. An Großtieren sind noch die größten Landsäugetiere der Erde hervorzuheben, die Afrikanischen Elefanten (*Loxodonta africana*).

In der Tiergruppe der Vögel sind die großen Laufvögel Afrikanischer Strauß (*Struthio camelus*), Australischer Großer Emu (*Dromaius novaehollandiae*, zwei weitere Inselarten sind ausgestorben) und Südamerikanischer Nandu (*Rhea americana*) auf die Savannen konzentriert. Die offenen Grasflächen kommen ihrer Art der Fortbewegung entgegen. Die ausgestorbenen Riesenvögel Madagaskars der Gattung *Aepyornis* waren ebenfalls in diesem Lebensraum aktiv.

Die Vielfalt und vor allem die Biomasse an Primärkonsumenten bleibt natürlich nicht unbeantwortet. Die großen Raubtiere (vor allem sind es Raubkatzen) sind ein weiteres Merkmal der Savanne. Auch wenn sie heute nicht mehr primär ein Jagdziel darstellen, so sind sie doch nach wie vor ein Touristenmagnet.

Löwen (*Panthera leo*) sind die stillen Herrscher der afrikanischen Savanne. Als einzige Großkatze leben sie in Rudeln, deren Größe sich an den zur Verfügung stehenden Ressourcen orientiert. Die Reviergröße eines Rudels kann mehrere hundert Quadratkilometer betragen (Abb. 12). Vornehmlich die Weibchen jagen bei Dunkelheit oder in der Dämmerung organisiert in Gruppen. Die in der Rangordnung über ihnen stehenden Männchen leisten nur selten einen aktiven Beitrag zur Ernährung der Gruppe. Die ebenfalls nachtaktive Tüpfelhyäne (*Crocuta crocuta*) ist nach dem Löwen das nächst größere Raubtier der afrikanischen Savanne. Einen Teil ihrer Nahrung bestreitet sie aus Aas oder indem sie anderen Tieren die Beute abspenstig macht. Der schnelle Gepard (*Acinonyx jubatus*) ist hingegen tagaktiv. Er stellt seine Jagdopfer durch überfallartige Angriffe und kurze Jagden.

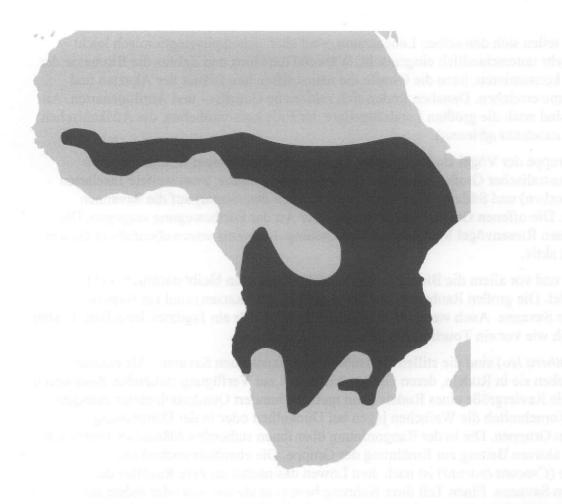


Abb. 12: Auch das rezente Areal des afrikanischen Löwen (*Panthera leo*), folgt eng der Verbreitung von Savannen (aus BEIERKUHNLEIN 2007).

Weniger augenfällig aber keineswegs weniger artenreich ist die Insekten- und Spinnenfauna der Savannen. Käfer (*Coleoptera*), Dipteren (*Diptera*), Hautflügler (*Hymenoptera*) und Heuschrecken (*Orthoptera*) können durch saisonale Aktivität die ungünstige Jahreszeit umgehen und die zeitweilig üppig zur Verfügung stehenden Ressourcen nutzen.

### 2.3 Palaeotropis, Neotropis und Australis

Betrachtet man die Verwandtschaftsbeziehungen und die genetische Ähnlichkeit der Organismen kommt man auf kontinentaler Skala zur Ausgliederung von biogeographischen Reichen. Dabei zeichnen sich gewisse Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren ab, wobei sich die allgemeinen Tendenzen durchaus ähneln.

Unter stammesgeschichtlichen Gesichtspunkten bezeichnet man die altweltlichen Tropen mit weiten Teilen Afrikas, Indiens und des indo-malayischen Archipels mit seinen benachbarten Kontinenträndern als **Palaeotropis**. Den gesamten Bereich Südamerikas bis nach Mittelamerika hinein nennen wir **Neotropis**. Mit Neuguinea und einigen Inseln des Pazifik sowie mit dem nördlichen Teil Australiens ragt auch die **Australis** noch in die Tropen hinein. Damit spiegelt sich die räumliche Konnektivität der Landmassen auch in der entwicklungsgeschichtlichen Betrachtung wider. Allerdings reichen die Neotropis und die Palaeotropis, ebenso wie die Australis, deutlich über die eigentlichen Tropen hinaus. Wir dürfen nicht den Fehler begehen die etymologische Ähnlichkeit ökologisch zu interpretieren.

Es gibt durchaus Familien oder Gattungen mit pantropischem Schwerpunkt, die also allgemein in den Tropen über alle Kontinente und ozeanischen Barrieren hinweg verbreitet sind. Neben den an tropische Formationen gebundenen Arten der Mangrove (z.B. Vertreter der *Rhizophoraceae*) (Abb. 13, Abb. 14), die aber im semiterrestrischen Grenzbereich der Küsten angesiedelt sind, sind dies bei den Pflanzen beispielsweise die zumeist krautigen aber auch teils baumförmig wachsenden Gesneriengewächse (*Gesneriaceae*), zu welchen die bekannte Topfpflanze Usambara-Veilchen gehört (*Saintpaulia ionantha*). Die etwa 150 Gattungen der *Gesneriaceae* umfassen ca. 3200 Arten, von welchen nur wenige in gemäßigte Regionen ausstrahlen.

Kennzeichnend für die Tropen insgesamt sind Arten mit teils sehr lange zurückreichenden Wurzeln, wie die Palmfarne (*Cycadaceae*). Sie waren sehr ähnlich bereits in der Vegetation des Perm vor ca. 250 bis 300 Millionen Jahren entwickelt. Auch die besonders anpassungsfähigen Geckos (*Gekkonidae*) bevölkerten schon vor etwa 50 Mio. Jahren subtropische und tropische Ökosysteme. Heute sind sie allerdings auch in den subtropischen und tropischen Trockengebieten häufig.



Abb. 13: Bruguiera gymnorhiza (Rhizophoraceae) in Mangroven auf Samoa, Pazifik.

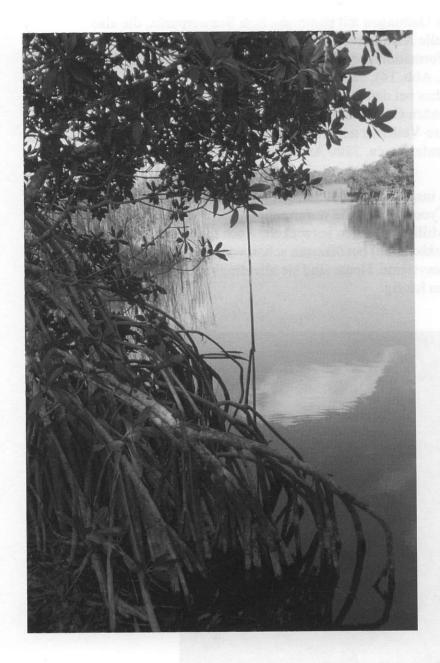


Abb. 14: Rhizophora mangle (Rhizophoraceae) in Mangroven der Everglades, Florida.

Sowohl bezüglich der Pflanzen als auch der Tieren finden wir in der **Palaeotropis** sehr ähnliche Verbreitungsbilder, wobei die Abgrenzungen jeweils differenziert zu betrachten sind (BEIERKUHNLEIN 2007). Bei den Pflanzen zeichnet sich die Palaeotropis durch außerordentliche Artenvielfalt aus. Sie besitzt viele endemische Familien (ca. 40) und Gattungen. Charakteristisch sind die Wolfsmilchgewächse (*Euphorbiaceae*), Schraubenpalmengewächse (*Pandanaceae*), Maulbeerbaumgewächse (*Moraceae*), Flügelfruchtgewächse (*Dipterocarpaceae*), Kannenpflanzengewächse (*Nepenthaceae*).

Das Faunenreich Palaeotropis wird häufig in den afrikanischen Teil (Aethiopis) und in den indo-malayischen Teil (Orientalis) differenziert. Phylogenetisch alte Artengruppen der palaeotropischen Wälder sind Blindwühlen bzw. Schleichenlurche (*Gymnophiona*), Riesenschlangen (*Boidae*), Krokodile (*Crocodilia*), Taucherhühnchen (*Helornithidae*) und Papageienvögel (*Psittaciformes*). Die Aethiopis ist unter anderem durch Mambas (*Dendroaspinae*), verschiedene Vogelfamilien (*Struthionidae*, *Sagittaridae*, *Scopidae*,

Musophagidae, Coliidae) und nicht zuletzt durch Säugetierfamilien (Potamogalidae, Chrysochloridae, Macroscelididae, Pedetidae, Hyenidae, Hippopotamidae, Giraffidae) geprägt (Abb. 15) (MÜLLER 1977).

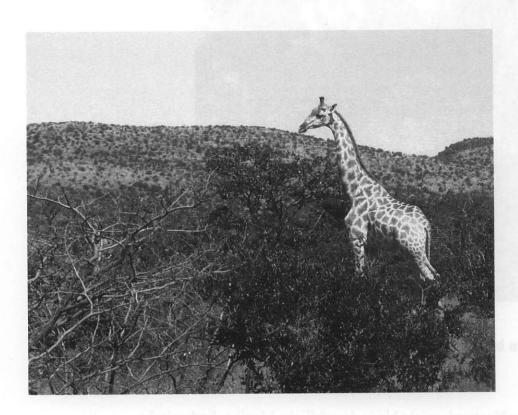


Abb. 15: Die Savannen Afrikas sind bekannt für ihre Großtierwelt: Giraffe (Giraffa camelopardalis) in Namibia.

Eine besondere Stellung nimmt bei den Tieren innerhalb der Palaeotropis die **Madagassis** ein. Auf Madagaskar hat sich aufgrund der Isolation und der Größe der Insel in Verbindung mit einem ozeanisch getönten tropisch konstantem Klima eine außergewöhnliche Tierwelt entwickelt und teils bis heute erhalten. An dieser Stelle soll nur an die Lemurenartigen Primaten (*Lemuriformes*) erinnert werden, die mit Lemuren (*Lemuridae*, 13 Arten aus fünf Gattungen), Katzenmakis (*Cheirogaleidae*, 23 Arten aus fünf Gattungen), Wieselmakis (*Lepilemuridae*, 7 Arten, eine Gattungen), Indriartigen (*Indriidae*, 11 Arten aus drei Gattungen) und dem Fingertier (*Daubentoniidae*, *Daubentonia madagascariensis*) nur auf Madagaskar vorkommen. Die bis heute verbliebenen naturnahen Ökosysteme und damit eine einzigartige Tierwelt – sind in besonderem Maße durch Landnutzungsdruck bedroht. Der weitaus größte Teil der natürlichen Ökosysteme Madagaskars ist bereits irreversibel verloren.

Das Pflanzenreich der **Neotropis** umfasst Teile Süd- und Mittelamerikas und stellt im Gegensatz zur Palaeotropis eine zusammenhängende Einheit dar. Dieses Florenreich ist ebenfalls sehr artenreich und besitzt viele endemische Arten, Gattungen (ca. 3.000) und Familien (ca. 25). Neben den Tieflandregenwäldern am Amazonas und in Mittelamerika tragen dazu die Gebirgsregionen der Anden mit ihren Nebelwäldern und die Inselwelt der Karibik bei. Charakteristische sind Ananasgewächse bzw. Bromeliengewächse (*Bromeliaceae*) (Abb. 16), Kaktusgewächse (*Cactaceae*), Blumennesselgewächse (*Loasaceae*) sowie die wenig artenreiche Familie der Kapuzinerkressengewächse (*Trapaeolaceae*).



Abb. 16: Bromelien bestimmen die Vielfalt der Epiphyten in tropischen brasilianischen Regenwäldern.

Das Faunenreich der Neotropis reicht bis in das südliche Mexiko. Endemische Tierartengruppen sind Ameisenbären (*Myrmecophagidae*), Faultiere (*Bradypodidae*), Gürteltiere (*Dasypodidae*), Breitnasenaffen (*Ceboidea*), Nabelschweine (*Tayassuidae*), einige Nagerfamilien (*Caviidae*, *Hydrochoeridae*, *Dinomyidae*, *Dasyproctidae*, *Chinchillidae*, *Capromyidae*, *Octodontidae*, *Ctenomyidae*, *Abrocomidae* und *Echimyidae*), Fledermausfamilien (*Desmodontidae*, *Natalidae*, *Furipteridae*, *Thyropteridae*, *Phyllostomatidae*) sowie die Beuteltierfamilien *Didelphidae* und *Caenolestidae* (MÜLLER 1977). In diesem Faunenreich ist selbst in der Wirbeltierfauna noch mit einer großen Zahl unbekannter Arten zu rechnen.

Zur Australis gehören in den Tropen neben Nord-Australien, Neu-Guinea auch einige pazifische Inseln. Überraschend ist bei der hohen Zahl endemischer Arten, dass insgesamt nur 25 Familien in der Australis endemisch sind. Bei der isolierten Lage und der hohen Zahl endemischer Arten auch auf höheren taxonomischen Niveaus würde man mehr Eigenständigkeit erwarten. Dies ist ein Hinweis auf das erdgeschichtlich geringe Alter der Abkopplung von der Entwicklung auf anderen Kontinenten (z.B. in Südamerika). Charakteristische Familien sind Goodeniengewächse (Goodeniaceae), Kasuarinengewächse (Casuarinaceae), Grasbaumgewächse (Xanthorrhoeaceae).

Das Faunenreich Australis (synonym ist Notogaea) ist auf Australien und Neuseeland inklusive einiger benachbarter Eilande (v.a. Tasmanien) begrenzt. Es ist selbst dem Laien durch seine zoologischen Besonderheiten bekannt. Dazu gehören natürlich die mit elf Gattungen und 54 Arten vertretenen Kängurus (*Macropodidae*), die neben Australien auf Neuguinea und einigen vorgelagerten Inseln teils mit sehr kleinen endemischen Arealen vorkommen. Hinzu kommen noch einige seit der menschlichen Besiedlung, zum Teil aber erst im 20. Jahrhundert ausgestorbene Arten. Zwar ist die Australis keineswegs die artenreichste Region, sicherlich aber die eigentümlichste. In der Vogelwelt sind die Familien

der Laubenvögel (*Ptilornorhynchidae*), Emus (*Dromicidae*), Kasuare (*Casuaridae*), Leierschwänze (*Menuridae*) Großfußhühner (*Megapodiidae*), Honigfresser (*Meliphaginae*), Dickichtvögel (*Atrichornithidae*), Paradiesvögel (*Paradisaeidae*) und einige weitere endemisch. Eine Sonderstellung nimmt Neuseeland ein. Viele der ehemals endemischen Tierarten sind ausgestorben, doch besitzt die Fauna auch ohne diese noch eine starke Eigenständigkeit, die allerdings durch vor allem aus Europa eingeschleppte oder bewusst eingeführte Arten bedroht ist.

#### 2.4 Das Leben in den Ozeanen und an den Küsten

Typische tropische Ökosysteme sind in marinen Ökosystemen die Korallenriffe (Abb. 17) und im semiterrestrischen Bereich die Schlickufer die Mangroven (Abb. 18). In den letzten Jahren häufen sich zwar Hinweise auf die außertropische Bedeutung von Kaltwasserkorallen, doch sind diese nicht zu einer derartigen Riffbildung befähigt und sie bergen auch nicht die enorme Biodiversität tropischer Korallenriffe. Bei diesen beiden Ökosystemen (Tropische Korallenriffe und Mangrovenwälder) spielen neben der Verortung in den Tropen auch historisch-biogeographische Faktoren eine große Rolle. Obgleich die thermischen Bedingungen sowie das Angebot von Grenzlinien durch Inselgruppen in der Karibik ebenfalls gegeben sind, ist dort die Artenvielfalt in beiden Fällen deutlich geringer als im indomalayischen Archipel. Dies kann auf eine stärkere Isolation und kürzere Entwicklungszeit der Entwicklung der karibischen Lebensgemeinschaften hindeuten, aber auch durch eine besondere Stimulation der Artbildung im indo-malayischen Archipel begründet sein. Da sich dort sehr viele junge Taxa befinden ist wohl eher die höhere kleinräumige Vielfalt in Asien für die dort deutlich größere Biodiversität verantwortlich.

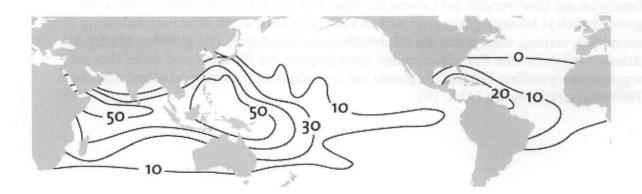


Abb. 17: Globales Muster der Vielfalt von Gattungen in tropischen Korallenriffen (aus BEIERKUHNLEIN 2007).

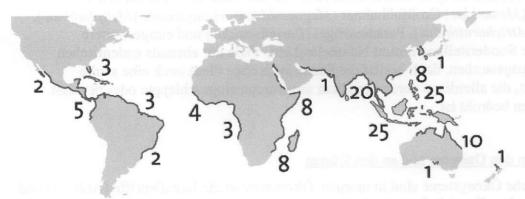


Abb. 18: Globale Verbreitung von Mangroven mit Angaben zur Baumartenvielfalt (aus BEIERKUHNLEIN 2007).

In den Ozeanen sind latitudinale Gradienten auf charakteristische Weise modifiziert. Die Biodiversität ist besonders im Benthos sehr hoch. Großräumige latitudinale Tendenzen der Biodiversität sind daher auf oberflächennahe Bereiche der Meere konzentrieren (Schelf, Küsten) und können eher durch die Anordnung und Historie der Kontinente und auch durch Nährstoffverfügbarkeit erklärt werden als durch energetische Aspekte. Zwar finden wir auch in den Ozeanen tendenziell mehr Arten in den Tropen als in den Außertropen, doch sind in den Tropen die besonders artenreichen Ökosysteme (Korallenriffe) konzentriert. In der Tiefsee, die vom thermischen Geschehen der oberen Meeresschichten entkoppelt ist, sind keine klar erkenntlichen globalen Gradienten ausgebildet.

Bezüglich der Biodiversität des Lebens im freien Ozean wird der thermische Effekt, der grundsätzlich ja lebensbegünstigend wirken kann, aber auch durch Strahlungsbelastung Stress auszulösen vermag, stark durch das Nährstoffangebot überlagert. Die globalen Muster der Artenvielfalt bei vielen frei schwebenden Artengruppen des Plankton sind daher eher auf sogenannte Upwelling-Gebiete (Regionen mit aufströmendem kalten und nährstoffreichem Tiefenwasser) gebunden (Abb. 19).

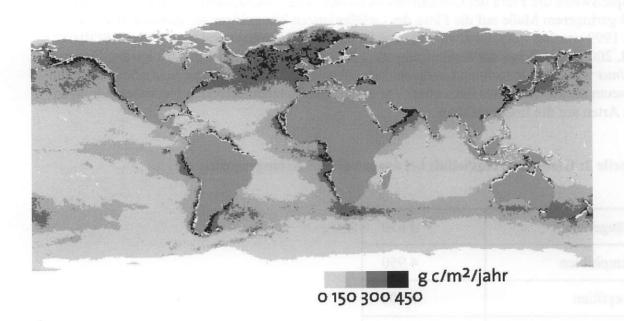


Abb. 19: Globale Verteilung der marinen Primärproduktion (aus BEIERKUHNLEIN 2007).

Meeresströmungen leisten einen großen Beitrag zur Umverteilung der Energie auf der Erde. Im Pazifik sind Fluktuationen der marinen Biodiversität eng mit der El Nino Southern Oszillation (ENSO) korreliert. In "normalen" Jahren ist dort ein starker kalter Humboldt-Strom wirksam. Dieser ist verbunden mit erheblichen Nährstofftransporten und Fischreichtum. Entlang des Äquators fließt das Wasser westwärts. Während eines El Nino-Ereignisses entwickelt ich äquatornah eine starke ostwärts gerichtete warme Meeresströmung. Die ENSO hat klimatische Auswirkungen auf dem gesamten amerikanischen Kontinent und darüber hinaus.

#### 3. Globale Muster der Biodiversität und Hot Spots

Auch in diesem Kapitel werden wir uns auf die Diversität der Organismen konzentrieren, was der verbreiteten Auffassung von Biodiversität entspricht. Es sei allerdings erinnert, dass die Biodiversität als Begriff mehr Aspekte als die taxonomische Vielfalt umfasst (BEIERKUHNLEIN 2001, BEIERKUHNLEIN 2003. Diese konzentriert sich im Grunde auf eine Klassifikation von Organismen aufgrund ihrer verwandtschaftlichen (phylogenetischen) Beziehungen und die auf dieser Basis erfolgende Zuordnung zu Arten, Gattungen und Familien. Gerade unter ökologischen Gesichtspunkten sind aber auch andere Sichtweisen nicht nur erlaubt sondern geradezu gefordert. Funktionelle, morphologische und zeitliche Kriterien können ebenfalls zur Ergründung der organismischen Vielfalt herangezogen werden. Darüber hinaus ist auch die Vielfalt an Lebensgemeinschaften und an Ökosystemen ein Aspekt der Biodiversität. Und schließlich ist auch die genetische Vielfalt unterhalb des Artniveaus nicht zu vernachlässigen. In diesen Bereichen sind unsere Kenntnisse aber sehr fragmentarisch.

Doch selbst wenn wir uns auf die Arten konzentrieren, müssen wir uns bewusst machen, dass die Artenvielfalt der Erde auch nicht annähernd bekannt ist. Lediglich für einzelne Artengruppen und einzelne Regionen haben wir befriedigende Kenntnisse (Tab. 1). So ist

beispielsweise die Flora der Gefäßpflanzen Deutschlands weitgehend bekannt. Dies trifft in weit geringerem Maße auf die Flora der Gefäßpflanzen Neuguineas zu. Allein zwischen 1990 und 1999 wurden weltweit etwa 900 neue Reptilientaxa entdeckt und beschrieben (SCHMITZ et al. 2000). Die Wege der Entdeckung auch bei großen Arten sind dabei oft kurios. *Varanus melinus* wurde in Deutschland in einem Schaufenster entdeckt, *Varanus juxtindicus* in einem Museum als konserviertes Exemplar. Vor allem aber konzentrieren sich Neubeschreibungen von Arten auf die Insektenfauna.

Tabelle 2: Globale Artenvielfalt bei ausgewählten Artengruppen.

Amphibien	4 950	
Reptilien	7 400	
Vögel	9 950	
Fische	25 000	
Krebstiere	40 000	
Weichtiere	70 000	
Spinnentiere	75 000	
Pflanzen	270 000	
Insekten	950 000	
Bekannte Arten Insgesamt	1 750 000	

Doch selbst bei den Säugetieren, einer Gruppe, die sich aufgrund ihrer Körpergröße und Nähe zum Menschen einer intensiven Bearbeitung erfreut, gelingen in jüngster Zeit in den Tropen und Subtropen noch Neufunde. Die Unzugänglichkeit tropischer Ökosysteme spiegelt sich unter anderem in der Tatsache wider, dass das südamerikanische Chaco Pekari (*Catagonus wagneri*) erst 100 Jahre, nachdem es als Fossil beschrieben worden war, in der Natur zum ersten Mal lebend gefunden wurde.

2005 wurden zwei neue Affenarten auf Madagaskar entdeckt. Das nachtaktive Riesenmausmaki (*Mirza zaza*) lebt in Nordwest-Madagaskar und ist ungefähr so groß wie ein Eichhörnchen. Deutlich kleiner ist das ebenfalls nachtaktive Goodman Mausmaki (*Microcebus lehilahytsara*), welches in den Resten der Regenwälder Ost-Madagaskars lebt. Die Entdeckung dieser Arten gelang durch den Einsatz molekulargenetischer Methoden. Morphologische Eigenschaften hatten eine Einstufung als eigene Art nicht hinreichend gestützt.

Kryptische Arten, also Arten die sich nicht deutlich durch morphologische Eigenschaften zu erkennen geben, sind keineswegs selten. Sie können eine Quelle der Unterschätzung von

Artenvielfalt sein, doch gibt es neben diesen von der Wissenschaft schlicht übersehenen Arten sozusagen virtuelle Arten: unentdeckte Synonyme. Es kommt vor, dass für eine als Art aufzufassende Gruppe von Organismen, aufgrund ungenügender Sorgfalt, von verschiedenen Autoren mehrere Artbezeichnungen vergeben wurden. Solche Synonyme beziehen sich oft auf regionale Artbeschreibungen. Wird eine synonyme Artbezeichnung bemerkt, muss diese durch eine Publikation bereinigt werden. Es gilt das Gesetz der Erstbenennung und es wird folglich diejenige Artbezeichnung konserviert, welche zuerst publiziert wurde.

Einer globale Betrachtung belegt, dass die Biodiversität nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten verteilt ist. Es zeigt sich tendenziell ein Gradient von den Polen zum Äquator, ein weiterer von den niederschlagsreichen zu den niederschlagsarmen Regionen und schließlich ein dritter von den gering relieferten Landschaften hin zu den Hochgebirgen mit ausgeprägter Höhenstufung und entsprechender Lebensraumvielfalt. Bereiche hoher Artenvielfalt bei den Pflanzen sind in den Tropen und Subtropen sowie in Gebirgsregionen konzentriert. Auch spielen Isolationseffekte eine Rolle, wie sie in den tropischen Inselregionen wirksam werden. Schließlich scheint noch der Einfluss des Ozeans, wohl über die ausgleichende thermische Wirkung und über die Bereitstellung von hinreichender Feuchte, die Artenvielfalt positiv zu beeinflussen (Abb. 20).

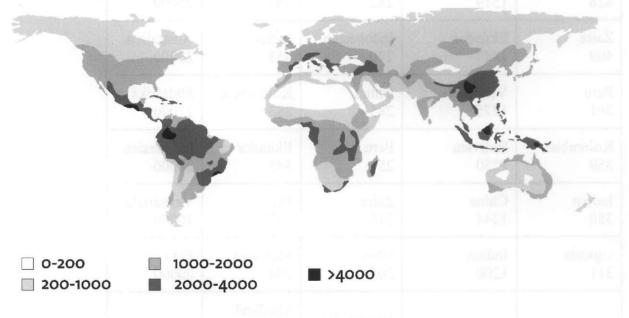


Abb. 20: Globales Muster der Phytodiversität. Artenzahl der Gefäßpflanzen gemittelt auf 10.000 km² (aus BEIERKUHNLEIN 2007).

MYERS adaptierte 1988 den eigentlich aus der Geologie stammenden Begriff der "Hot Spots" in die Biodiversitätsforschung. In der Biogeographie sind Hot Spots Gebiete mit außergewöhnlich hoher Artenvielfalt. Eine andere ebenfalls politisch sehr wirksame Kategorisierung sind die sogenannten "Megadiversity Countries" (MITTERMEIER et al. 1997). Nur vier Länder (Brasilien, Madagaskar, Indonesien und die Demokratische Republik Kongo) vereinen auf sich zwei Drittel aller Primatenarten. Diese Länder zeigen zusätzlich einen hohen Endemismusgrad. Alle ca. 50 Lemurenarten (Lemuridae), Katzenmakis (Cheirogaleidae) und Wieselmakis (Lepilemuridae) sind ausschließlich auf Madagaskar beheimatet. Insgesamt wurden 17 Länder identifiziert, die quer über alle Artengruppen hinweg eine besondere Verantwortung für den Erhalt der globalen Biodiversität haben (z.B. Brasilien, Indonesien, Kolumbien, Australien, Peru, Mexiko, Madagaskar, China) (Tab. 2).

Tabelle 2: Länder mit den höchsten Artenzahlen bei ausgewählten Artengruppen und deshalb mit besonderer Verantwortung für deren Erhalt.

Säugetiere	Vögel	Amphibien	Reptilien	Höhere Pflanzen
Indonesien	Kolumbien	Brasilien 516	Mexiko	Brasilien
515	721		717	55000
China	Peru	Kolumbien	Australien 686	Kolumbien
480	1701	407		45000
Mexiko	Brasilien	Ekuador	Indonesien	China
449	1622	358	600	27000
Brasilien	Indonesien	Mexiko	Brasilien	Mexiko
428	1519	282	467	25000
Zaire	Ekuador	Indonesien	Indien	Australien 23000
409	1447	270	453	
Peru	Venezuela	China	Kolumbien 383	Südafrika
361	1275	285		21000
Kolumbien	Bolivien	Peru	Ekuador	Indonesien
359	1250	251	345	20000
Indien	China	Zaire	Peru	Venezuela
350	1244	216	297	20000
Uganda	Indien	USA	Malaysia	Peru
311	1200	205	294	20000
Tanzania 310	Malaysia 1200	Venezuela/ Australien 197	Thailand/ Papua Neuguinea 282	ex GUS 20000

Einige Artengruppen wie die Schwalbenschanz-Schmetterlinge (*Papilionidae*) bilden bezüglich der Verteilung ihrer Artenvielfalt sehr schön die Tropen ab. Lediglich in Trockengebieten (Nordafrika, Australien) ist ihre Vielfalt reduziert. Hochgebirge und küstennahe Bereiche sind erneut Regionen die das Muster positiv modifizieren (Abb. 21). Das Muster ihrer Biodiversität ähnelt auf verblüffende Weise der Biodiversität der Pflanzen, was entweder auf vergleichbare direkte Wirkung äußerer Faktoren hinweist oder indirekt über eine Wechselwirkung zwischen der Vielfalt an Wirtspflanzen und der Vielfalt an Faltern erklärt werden kann.



Abb. 21: Artenvielfalt der Schwalbenschwanz-Schmetterlinge (*Papilionidae*) mit deutlichem Schwerpunkt in den Tropen (aus BEIERKUHNLEIN 2007).

### 4. Der Einfluss des Menschen

Der Verlust von Biodiversität wird verstärkt mit der Befürchtung eines Verlusts ökologischer Funktionen verbunden - und dies wiederum mit der Sorge um einen Verlust von Schutz- und Nutzfunktionen für die menschliche Gesellschaft (BEIERKUHNLEIN 2005). Heutige Aussterberaten liegen um das 100- bis 1.000-fache über natürlichen Prozessen. Mehr als 50% aller Ökosysteme sind geschädigt. 50% des Süßwassers wird in irgendeiner Form menschlich genutzt. 20% der Korallenriffe sind in den letzten 20 Jahren verloren gegangen. Seit 1980 sind mehr als 35% der Mangroven verloren gegangen. 60% der globalen Ökologischen Serviceleistungen sind degradiert (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT 2005). Die Verluste des tropischen Regenwaldes sind relativ auf die Landesfläche bezogen am stärksten an der Elfenbeinküste, auf Madagaskar und im tropischen Asien.

Prominente Belege für durch den Menschen ausgerottete Arten betreffen vor allem Säugetiere und Vögel, gemäßigte bis arktische Gebiete sowie Inseln. Dies assoziiert, dass die Tropen weniger betroffen seien, was jedoch keineswegs der Fall ist. Die Zahl der in Roten Listen ("Red Data Books") aufgeführten bedrohten Pflanzenarten stellt eine erhebliche Unterschätzung der Gefährdung dar, da Daten aus tropischen Gebieten weitgehend fehlen. Würden diese berücksichtigt, dann erhöht sich der Anteil der bedrohten Pflanzenarten deutlich. Schätzungen prognostizieren eine Erhöhung von 13 % auf 22 % bis 47 % (PITMAN & JORGENSEN 2002).

Es gibt durchaus auch einige positive Entwicklungen. Sie betreffen aber vorwiegend prominente Vertreter der Fauna mit hohem Symbolwert. Beim Spitzmaulnashorn (*Diceros bicornis*) hat sich der Bestand seit 1992 stabilisiert. Heute gibt es noch etwa 3000 Tiere. Auch die Wilderei von Elefanten hat deutlich abgenommen.

Aber noch immer ist illegaler Handel, mit vorgeblichen Souvenirs (Abb. 22) aber auch mit traditionell bedeutsamen Organismen (Felle, Hörner etc.) sowie mit medizinisch genutzten Pflanzen und Tieren ein globales Problem.



Abb. 22: Handel mit Schnetterlingen der Gattung Kallima, Sitzchuan, China.

Die wichtigste Ursache für die Gefährdung von Arten ist weltweit jedoch der Landnutzungswandel, welcher teils durch Bevölkerungsdruck, teils aber auch durch technische Innovation ausgelöst wird. In der Regel wirken mehrere Faktoren gleichzeitig, aber bei fast allen gefährdeten Arten ist Habitatveränderung beteiligt (Abb. 23). Es ist aber absehbar, dass der Klimawandel hier noch eine weitere Gefährdungsdimension hinzufügen wird!

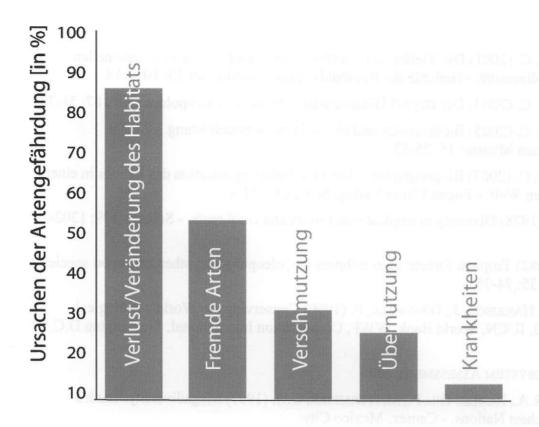


Abb. 23: Weltweit bedeutsamste Ursachen der Gefährdung von Arten und für den Verlust von Biodiversität (aus BEIERKUHNLEIN 2007).

In den Tropen kann aufgrund der angesprochenen Probleme mit der Nährstoffverfügbarkeit der Böden Landwirtschaft oft nur wenige Jahre auf einer Parzelle betrieben werden, da mit der Rodung des Waldes die Kationenpumpe der Baumwurzeln außer Betrieb gesetzt wird. Es kommt zum Wanderfeldbau ("Shifting Cultivation") und damit zu einem sehr viel größeren Flächenverbrauch als zur Ernährung derselben Bevölkerung in Ländern mit gemäßigtem Klima erforderlich. Die tropischen Wälder sind durch vielfache weitere Nutzungen bedroht und verlieren derzeit massiv an Fläche, was mit erheblichen Artenverlusten verbunden ist (z.B. WHITMORE 1997). Da die Besitzverhältnisse oft unklar sind und lokalen Ethnien von Zentralregierungen nur selten Rechte eingeräumt werden, können, solange hinreichende Nachfrage aus den Industrienationen besteht, noch immer Holzkonzerne die zerstreut wachsenden wertvollen Baumarten nutzen. Zur technischen Erleichterung der Nutzung werden großflächig Wälder gerodet und damit auch wirtschaftlich nicht interessante Bäume zerstört. Man könnte meinen, dass der Anbau bestimmter Arten in Plantagen dieses Problem reduzieren helfe. Grundsätzlich ist dies natürlich richtig, aber die Kontrolle zertifizierter Forste lässt zu wünschen übrig.

Und die Plantagenwirtschaft stellt selbst eine wachsende Bedrohung der Wälder dar. Entlang der Elfenbeinküste sind inzwischen Regenwälder weitgehend durch Plantagen der Ölpalme (*Elaeis guineensis*) ersetzt. Sie dienen dem unstillbaren Hunger der Industrienationen nach Fetten und Ölen also keineswegs zur Versorgung der lokalen Bevölkerung mit Nahrungsmitteln. Und das ist nur ein Beispiel für die ambivalenten Aspekte, die mit dem Anbau nachwachsender Rohstoffe verbunden sind.

#### 5. Literatur

BEIERKUHNLEIN, C. (2001) Die Vielfalt der Vielfalt - Ein Vorschlag zur konzeptionellen Klärung der Biodiversität. - Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 13: 103-118.

BEIERKUHNLEIN, C. (2003) Der Begriff Biodiversität. - Nova Acta Leopoldina N.F. 87: 51-72.

BEIERKUHNLEIN, C. (2005) Biodiversität und ökologische Serviceleistung. - ZUFO Umweltsymposium Münster 15: 25-53.

BEIERKUHNLEIN, C. (2007) Biogeographie – Die räumliche Organisation des Lebens in einer sich verändernden Welt. - Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 397 S.

CONNELL, J.H. (1978) Diversity in tropical rain forests and coral reefs. - Science 199: 1302-1310.

ERWIN, T.L. (1982) Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. - Coleopt. Bull. 35: 74-75.

McNeely, J.A., Harrison, J., Dingwall, P. (1990) Conserving the World's Biological Diversity. - WRI, IUCN, World Bank, WWF, Conservation International. Washington D.C. and Gland, CH.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT 2005

MITTERMEIER, R.A., ROBLES GIL. P., MITTERMEIER, C.G. (1997) Megadiversity: Earth's Biologically Richest Nations. - Cemex, Mexico City.

MÜLLER, P. (1977) Tiergeographie. - Teubner Verlag, Stuttgart, 268 S.

MYERS, N. (1988) Threatened biotas: "hotspots" in tropical forests. - The Environmentalist 8: 187-208.

PITMAN, N.A., JORGENSEN, P.M. (2002) Estimating the size of the world's threatened flora. - Science 298: 989.

SCHIMPER, A.F.W. (1898) Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. - Fischer Verlag, Jena, 876 S.

SCHMITZ, A., BÖHME, W., BISCHOFF, W., HALLERMANN, J., DIRKSEN, L. (2000) Fast tausend in nur zehn Jahren: Neubeschriebene Reptilientaxa der Jahre 1990 - 1999. - Tier und Museum 7: 35-45.

SCHULZE, E.D., BECK, E., MÜLLER-HOHENSTEIN, K. (2002) Pflanzenökologie. – Spektrum Verlag, Heidelberg, 846 S.

TUOMISTO, H., RUOKOLAINEN, K., KALLIOLA, R., LIINA, A., DANJOY, W., RODRIGUEZ, Z. (1995) Dissecting Amazonian biodiversity. - Science 269: 63-66.

VARESCHI, V. (1980) Vegetationsökologie der Tropen. - Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 293 S.

WEISCHET, W. (1980) Die ökologische Benachteiligung der Tropen. - 2. Aufl., Teubner Verlag, Stuttgart, 127 S.

WHITMORE, T.C. (1997) Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. - In LAURANCE, W.L., BIERREGAARD, R.O. (eds.) Tropical Forest Remnants. University of Chicago Press, Chicago: 3-13.