

ATMOSPHÄRENCHIMIE

## Grüner Filter

Verblüffend starke Selbstreinigungskraft der Atmosphäre entdeckt

VON DANIEL LINGENHÖHL

**Wald und saubere Luft:** Das ist ein oft genannter Zusammenhang. Und es stimmt tatsächlich – zumindest über ausgedehnten Regenwäldern. Wie aber der eine für das andere sorgt, ist Wissenschaftlern immer noch in Teilen rätselhaft.

Tropische Urwälder sind bekanntermaßen ein Hort der Vielfalt: Auf einem Hektar unbewohnter Natur in Peru oder Malaysia wachsen oft mehr Baumarten als im gesamten Europa. Allein in Amazonien vermutet der Biologe Michael Hopkins von der Universidade Federal Rural da Amazonia im brasilianischen Belém 500 000 Pflanzenspezies, von denen eine Vielzahl noch unentdeckt ist. Und in die Millionen geht gar die Zahl der Insekten und anderer Wirbelloser, die das Grün bevölkern.

Was Taxonomen und Naturfreunde erfreut und vielleicht in Ehrfurcht erstarren lässt, stellt Gewächse wie Kerfe selbst aber vor gewisse Probleme. Denn der Preis der Vielfalt ist eine geringe Individuendichte: Viele Tiere und Pflanzen – zumal Bäume – besitzen selbst im Umkreis von Hunderten von Metern oder mehreren Kilometern keinen Verwandten. Vor allem für die wenig mobilen Pflanzen erschwert dies die Fortpflanzung.

### Düfte als Wegweiser

Um diesen Kalamitäten zu entkommen, setzen viele Gewächse deshalb auf flüchtige organische



© Daniel Lingenhöhl

GLOBALE WANDEL

## In der Zange

Wie sieht die nähere Zukunft Amazoniens aus?

VON DANIEL LINGENHÖHL

**Abholzung und Klimawandel gefährden den Regenwald am Amazonas von zwei Seiten – und verstärken sich gegenseitig. Was bedeutet das für die Erde, und wie könnte den Verlusten Einhalt geboten werden?**

7 000 Feuer brannten im letzten September im Amazonasbecken: Zeichen, dass die diesjährige Brandrodungssaison zu einer der Schlimmsten wird und sich womöglich sogar dem Rekordjahr 2004 annähert, als mehr als 27 000 Quadratkilometer Regenwald zerstört wurden. Dabei hatte sich die brasilianische Regierung noch im letzten Jahr selbst auf die Schulter geklopft und sich für ihr Engagement zum Schutz Amazoniens gelobt, weil sich die Rodungsrate auf »nur« noch 14 000 Quadratkilometer halbiert hatte. Tatsächlich bemühte sich Staatspräsident Lula da Silva

mit seinem Kabinett verstärkt um den Schutz einer der letzten verbliebenen Waldwildnisse der Erde. Umweltpolitiker, Wissenschaftler und Naturschützer machen allerdings eher fallende Preise für Soja und einen wachsenden Wert der brasilianischen Währung, der Exporte verteuert, für den Rückgang der Rodungsaktivitäten verantwortlich als effektive Maßnahmen seitens der Regierung. 2007 nun stieg weltweit wieder die Nachfrage nach dem Kraftfutter Soja, untermauerten europäische und US-amerikanische Politiker ihre Bestrebungen, vermehrte Kfz-Kraftstoffe vom Acker einzusetzen.

Fortsetzung Seite 5

Fortsetzung Seite 2

Liebe  
Leserin,  
lieber  
Leser,



grüne Hölle? Von wegen. Kaum ein Platz auf Erden ist lebensfreundlicher als der Regenwald. Sein Wohl und Wehe liegen jedoch mehr denn je in unserer Hand: Die Vielfalt weicht der Monotonie von Sojaäckern und Ölpalmenplantagen.

spektrumdirekt lädt Sie ein auf eine Reise zu einer der faszinierendsten und am stärksten gefährdeten Zonen der Welt.

Viel Spaß beim Entdecken und Schützen wünscht  
**Daniel Lingenhöhl**  
Redaktion spektrumdirekt

### IN DIESER AUSGABE:



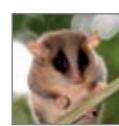
#### NATURSCHUTZ

Wald statt Öl  
Ecuador möchte Kompensationen für nicht gefördertes Erdöl



#### ARTENVIELFALT

In allen Wipfeln daheim  
Tropische Insektenarten sind weit verbreitet – oder doch nicht?



#### ARTENVIELFALT

Riesenratte und Mini-Beutler: Neue Tierarten in Indonesien



#### REZENSION

Wenn Blinde Augen bekommen

FORTSETZUNG VON SEITE 1

# In der Zange

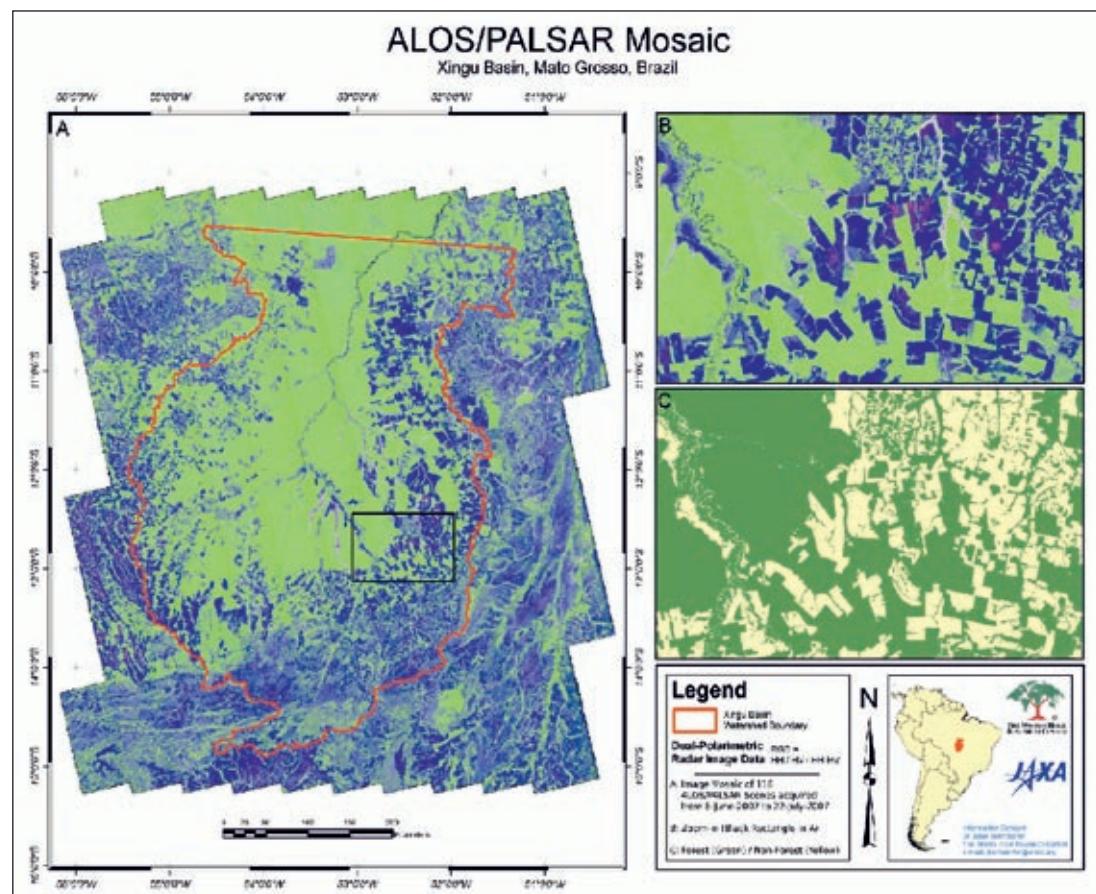
zen, und setzte Brasilien seinen Kurs fort, zu einer der größten Exportnationen für landwirtschaftliche Produkte zu werden. All das löste eine neue Hause in Amazonien aus, wo sich die so genannte Agrarfront aus Süden und Osten immer weiter zum großen Amazonas-Fluss vorfrisst.

## Brandrodung macht Brasilien zum CO<sub>2</sub>-Giganten

Neun Länder teilen sich dieses Bonanza der Artenvielfalt, an dem Brasilien einen Anteil von weniger als zwei Dritteln hält, aber für vier Fünftel der Abholzung verantwortlich ist. Etwa 15 Prozent des ursprünglichen Regenwaldes gelten mittlerweile als völlig zerstört, weitere Areale sind großflächig auf verschiedene Art geschädigt. Kombiniert macht dies das Ökosystem zunehmend anfällig für die Folgen der Erderwärmung, wie nun Forscher um Yadvinder Malhi von der Universität Oxford mahnen.

Dem Amazonasraum setzen im Falle fortgesetzter Aufheizung allerdings weniger steigende Temperaturen zu – in den letzten Jahrzehnten erwärmte sich die Region um etwa ein Grad Celsius, weitere 3,3 Grad Celsius werden prognostiziert –, gefährlich werden ihm eher veränderte Niederschlagsverhältnisse. Weniger Regen in der Trockenzeit, die im von Landumwandlung am stärksten betroffenen südlichen Bereich des Naturraumes von Juli bis etwa Dezember andauert, dürfte die kritischste Einflussgröße sein, so Malhi und seine Kollegen.

Geschichtsträchtig war beispielsweise die intensive Dürre 2005, die viele Zuflüsse des Amazonas wochenlang trockenfallen ließ und zahlreiche Dörfer von der



Außenwelt abschnitt. Gleichzeitig war es eine der stärksten Rodungsphasen der letzten Jahre, da die ausgetrocknete Vegetation leicht zu entflammen war. Klimatologen machen dafür die starke Aufheizung des Atlantiks nördlich des Äquators verantwortlich, die im gleichen Jahr zu einer sehr heftigen Hurrikansaison in der Karibik führte. Wegen des zeitweiligen großen Temperaturunterschieds zwischen Nord- und Südatlantik verlagerte sich die Innertropische Konvergenzzone weiter nordwärts als üblich, was Karibik und Zentralamerika mehr Regenfälle brachte. Zugleich verdorrte das südliche Amazonien durch unüblich konstanten Hochdruckeinfluss. Unter wärmeren Klimazonen könnten sich derartige Anomalien häufen und die Regel

## Abholzung in Mato Grosso

Eine der größten Gefahren für den Amazonas-Urwald ist die Ausweitung der industrialisierten Landwirtschaft: Sojafelder und Viehweiden dringen wie hier am Rio Xingu im brasilianischen Bundesstaat Mato Grosso immer stärker in bislang unberührte Gebiete vor. Reservate wie das für die Xingu-Indianer (große grüne Fläche im zentralen Bildbereich) können diesen Prozess allerdings verhindern oder zumindest reduzieren.

werden, was letztlich Regenwald zu Savanne in Teilen Brasiliens wandeln dürfte.

### Opfer und Verstärker zugleich

Doch die Hyläa – wie Alexander von Humboldt die südamerikanischen Regenwälder nannte – sind nicht nur potenzielles Opfer des Klimawandels, ihre Zerstörung trägt auch aktiv zu diesem Prozess bei. Allein während der Abholzungssorgie der 1990er Jahre entwichen etwa fünf Milliarden Tonnen Kohlenstoff in die Atmosphäre, die in der Biomasse gespeichert war, und Brasilien gilt vor allem wegen Brandrodungen heute als der dritt- oder viertgrößte Produzent von CO<sub>2</sub> weltweit. Wissenschaftler sehen in Tropenwäldern zudem Kohlenstoffsenken, die der Atmosphäre mehr Kohlendioxid entziehen, als sie unter normalen Bedingungen während ihres Stoffwechsels ausatmen: Etwa 600 Millionen Tonnen Kohlen-

stoff verschwinden so Jahr für Jahr im Holz der Bäume.

Wichtiger aber noch ist die Rolle der Vegetation im Wasserkreislauf – wenn nicht im globalen Rahmen, so doch zumindest im kontinentalen: Ein Viertel bis die Hälfte der eingehenden Niederschläge erzeugt der Wald durch Verdunstung gleich wieder selbst, was vor allem im Süden und Osten Amazoniens wichtig ist, die stärker von lokalen Gewitterregen abhängen. Messungen und Satellitendaten zeigten bereits, dass großflächiger Waldverlust dies unterbindet, weshalb die Gesamt-niederschläge sinken. Zusätzlich stören Aerosole aus Rodungsfeuern die Wolkenbildung und verringern damit ebenfalls die Regenmenge. Schätzungen gehen davon aus, dass die Reduzierung der Regenwaldfläche um 30 bis 40 Prozent große Teile Amazoniens dauerhaft in ein trockeneres Klimaregime verschieben dürfte. Es ist deshalb vielleicht eine böse

Ironie des Schicksals, dass die brasilianische Regierung just in diesen Landesteilen neue Staudämme zur Stromerzeugung plant, die bei schwindenden Wasservorräten kaum mehr ihre Rolle erfüllen können. Die Austrocknung zu spüren bekommt weiterhin am ehesten der Osten der brasilianischen Hyläa, der in relativer Nähe zu den großen natürlichen Trockengebieten des Landes liegt und der gegenwärtig großräumig von Viehzucht und Sojaanbau erobert wird.

### Dauerhafte Trendwende?

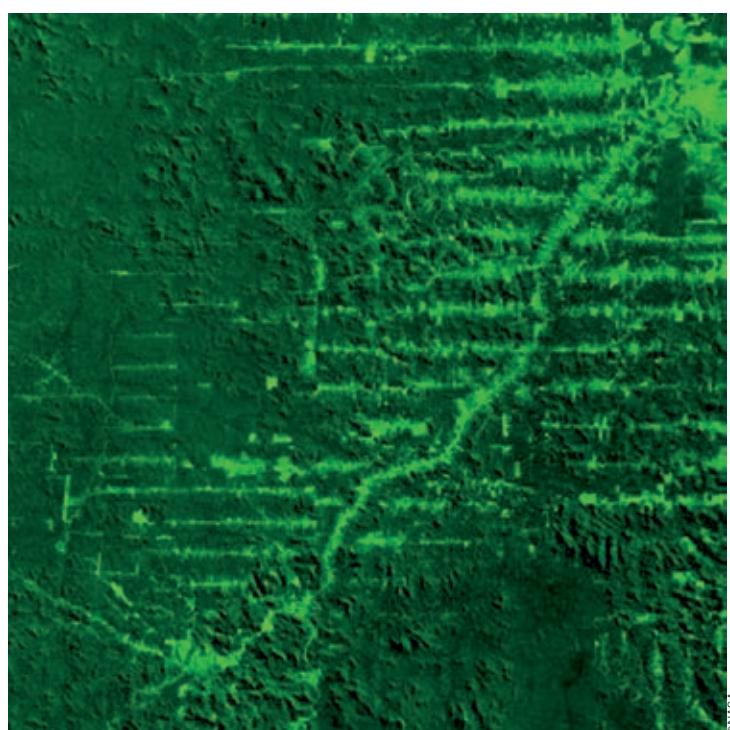
Umgekehrt erleichtert zunehmende Trockenheit die Landumwandlung, da die Vegetation anfälliger für Feuer wird. Pro Jahr wächst die unmittelbar an Waldränder grenzende Waldfläche um bis zu 50 000 Quadratkilometer allein in Brasilien: Diese Areale trocknen leichter aus, verlieren Tiere und Pflanzen des Waldinneren sowie lebende Biomasse, die tot hervorragendes Zündmaterial liefert. Abgelegene Urwälder überstanden die Dürre 2005 daher nahezu unbeschadet, während an der Entwaldungsfront Feuer oft völlig außer Kontrolle gerieten und weit größere Flächen einäscherten als ursprünglich geplant.

Präsident Lula röhmt sich seitdem, eine Trendwende in Amazonien herbeigeführt zu haben, seine Regierung verfolgt aber weiterhin gewaltige Infrastrukturprojekte vor Ort: Straßen sollen durch zentrale Urwaldregionen geschlagen und asphaltiert werden, eine Anbindung Brasiliens an Pazifik-



### Der schlimmste Fall im Jahr 2050

Geht die Entwaldung am Amazonas unbremst weiter, dann ist bis zum Jahr 2050 fast die Hälfte des gesamten Regenwaldes zerstört. Auf Grund klimatischer Besonderheiten könnte dies zum Zusammenbruch des gesamten Ökosystems dort führen, da der Wald sich teilweise sein eigenes Klima schafft: Die Folge wäre eine grässige Savannenlandschaft. In die Simulation flossen allerdings keine weiteren Infrastrukturmaßnahmen ein als die bislang geplanten. Unberücksichtigt blieben deshalb auch Vorhaben wie die neu ins Gespräch gebrachte Gaspipeline von Venezuela nach Brasilien.



©NASA

### Fischgrätenmuster der Entwaldung im Amazonasbecken

Fischgrätenmuster der Entwaldung im Amazonasbecken

**DOSSIER Artenvielfalt**

MIGUEL VENES und FRANK GLAW

**ARTENVIELFALT UND ARTEMSTERBEN**

Noch ist die globale Biodiversität nicht in ihrem gesamten Ausmaß bekannt, und doch fegt wohl schon die sechste große Aussterbewelle in der Erdgeschichte durch ihre Reihen. Wodurch sind die Tier- und Pflanzenarten auf unserem Planeten gefährdet, und wie können sie gerettet werden?

[spektrumdirekt.de/artenvielfalt](http://spektrumdirekt.de/artenvielfalt)

**DOSSIER Klimawandel****KLIMAWANDEL**

Kaum jemand zweifelt noch daran, dass der Mensch dem Planeten Erde kräftig einheizt. Welche Folgen davon jetzt schon zu sehen sind und welche Auswirkungen uns noch in der Zukunft erwarten, bietet allerdings noch viel Stoff für Diskussionen.

[spektrumdirekt.de/klima](http://spektrumdirekt.de/klima)

häfen und damit an die aufstrebenden asiatischen Märkte für Fleisch und Tierfutter erfolgen, neue Flusshäfen den Export nach Europa erleichtern. Europäisches und nordamerikanisches Interesse an Agrartreibstoffen soll ebenfalls mit brasilianischem Soja und Zuckerrohr bedient werden. Alles in allem könnte gewollt und ungewollt der Amazonasregenwald bis 2050 auf nur noch 3,2 Millionen Quadratkilometer Fläche zusammenschrumpfen. Das wäre knapp mehr als die Hälfte des ursprünglichen Areals und läge damit jenseits des als kritisch angesehenen Schwellenwerts für den Erhalt des gesamtes Ökosystems – ganz abgesehen von weiteren 32 Milliarden Tonnen Kohlenstoff für die Atmosphäre. Und unberücksichtigt ist dabei noch die potenzielle Eignung des bislang unberührten amazonischen Nordwestens für Palmölplantagen, die bereits in Südostasien für immensen Kahlschlag gesorgt haben.

Kann es angesichts des ökonomischen Drucks eine Rettung Amazoniens überhaupt geben? Malhi und seine Kollegen meinen ja – und stützen sich auf Schutzanstrengungen der letzten Jahre, unter denen in vielen Teilen des

brasilianischen Regenwalds riesige Reservate geschaffen wurden. Sie politisch und gesetzlich vor Ort durchzusetzen, ist der Schlüssel zum Erfolg, wie es Peru bereits gezeigt hat: Strikte Handhabung der Gesetze haben die Rodungen entlang von Straßen und in Schutzonen weit gehend unterbunden. Die Parks gilt es außerdem durch bewaldete Korridore entlang von Flüssen und in besonders klimasensiblen Regionen zu verbinden. Ersteres hebt als Nebeneffekt die Wasserqualität und reduziert das Versanden vorhandener Stauseen. Gänzlich tabu sollte zudem der Nordwesten Amazoniens sein, in dem sich die höchste Artenvielfalt tummelt und den Klimawandel am wenigsten schädigt.

**Eine Herkulesaufgabe**

Diese Herkulesaufgabe kann und darf allerdings nicht allein von den lateinamerikanischen Ländern gestemmt werden. Vielmehr müssen auch die reichen Nationen Europas wie Nordamerikas – immer noch Hauptverursacher der Erderwärmung – sich an den Anstrengungen beteiligen. Eine Chance bietet die nächste Woche beginnende Konferenz zum Nachfolgeabkommen für das Kyoto-Protokoll auf Bali. Der

Schutz der tropischen Wälder soll und muss nach Ansicht der Forscher im neuen Vertragswerk effektiv verankert werden, sodass für die betroffenen Staaten der Schutz des Regenwaldes auf lange Sicht lukrativer ist als deren Vernichtung.

Immerhin, das zeigen neuere Forschungsergebnisse, reagiert der Amazonaswald weniger sensibel als bislang befürchtet auf Klimaextreme: Intakte Bestände treiben während einer Dürre sogar mehr Blätter aus als in normalen Jahren. Sie profitieren von stärkerem Sonnenschein und zapfen gleichzeitig mit ihren Wurzeln tiefer gelegene Wasserreserven an. Höhere CO<sub>2</sub>-Werte verbessern die Fotosynthese-Leistung und lässt die Pflanzen dabei Wasser sparen – sie arbeiten quasi effektiver. Nur länger als drei Jahre dürfen ausgeprägte Dürrephasen nicht ausdauern.

&lt;&lt;

Science 10.1126/science.1146961 (2007), Abstract

FORTSETZUNG VON SEITE 1

# Grüner Filter



©MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR CHEMIE

## Regenwald in Surinam

Gesunde, große Regenwaldflächen wie hier in Surinam leisten einen großen Beitrag zur Luftreinhaltung.

Verbindungen (*volatile organic compounds* oder VOC) wie Isopren, die sie als Boten- und Lockstoffe für Bestäuber, aber auch als Abwehrmittel gegen Fressfeinde freisetzen. Rund eine Gigatonne dieser VOC setzt die Vegetation der Erde jährlich frei – vor allem in den Tropen über den großen Regenwäldern. In der Atmosphäre verteilen sie sich und werden oxidiert, wobei ein Konzentrationsgefälle entsteht, dem Insekten bis hin zu ihrem Wunschbaum folgen können. Zugleich lassen sich über die Isoprene und verwandte Gase die Blühperioden einzelner Arten angleichen, so dass der Austausch von Pollen tatsächlich gewährleistet ist.

Aufgezehrt werden die VOC-Moleküle von den so genannten Hydroxyl-Radikalen (OH), die sehr reaktiv sind und als eine Art Waschmittel der Atmosphäre unzureichende Gase rasch auflösen und somit aus der Luft entfernen, bevor diese schädliche Wirkung

entfalten. Dabei entstehen Peroxid-Radikale, die sich in sauberer Luft wiederum zu Peroxiden wie H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> zusammenbinden und bald ausgewaschen werden oder zu unschädlichen Verbindungen weiterreagieren. Die OH selbst entstehen durch die fotochemische Spaltung von Ozon durch UV-Licht und wenn gleichzeitig Wasserdampf vorhanden ist. Deshalb treten die höchsten Bildungsraten in den Tropen auf, in denen eine starke Sonneneinstrahlung auf ausreichend feuchte Luft trifft.

Die immensen Mengen an VOC, die ein unberührter Regenwald allerdings tagtäglich produziert, sollten nach gängiger Meinung der Wissenschaft die Selbstreinigungskraft der Atmosphäre überfordern. Es existiert zwar ein Reaktionsweg, der rasch wieder OH-Radikale entstehen lässt – womit die »Waschkraft« erhalten bleibt –, doch wird dieser nur beschritten, wenn auch Stickoxide

in ausreichender Menge in der Luft vorhanden sind: In der sauberen Atmosphäre über Urwäldern wird dieser Pfad jedoch nur in geringem Umfang beschritten. Folglich sollten die Hydroxyl-Konzentrationen in diesen Regionen eher gering ausfallen.

## Hohe »Waschkraft«

Doch das genaue Gegenteil ist der Fall, wie eine Reihe von Forschern um Jos Lelieveld vom Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz über Surinam herausgefunden hat. Ihre Messflüge über eine der letzten nahezu unberührten Regenwaldregionen der Erde erbrachten »bemerkenswert hohe« Mengen der Radikale, so der Forscher. Der Grund: Anscheinend läuft über dem Blätterdach noch ein dritter Reaktionsweg ab, der bislang übersehen wurde. Demnach werden die Hydroxyl-Radikale direkt wieder recycelt und dem Kreislauf zugeführt.

Wie sich die Waschmittelbestände stets auffrischen, konnten die Forscher auch mit aufwändigen Computersimulationen und Laborexperimenten noch nicht im Detail nachweisen. Eine Rolle spielt aber offensichtlich Wasserdampf, der sich mit den organischen Peroxid-Radikalen einlässt und dabei die gewünschten OH freisetzt, während die VOC endgültig unschädlich gemacht werden. Zwischen vierzig bis achtzig Prozent der Hydroxyl-Radikale werden dadurch wieder gewonnen und stehen für neue Oxidationsprozesse zur Verfügung. Zudem gasen die Wälder neben dem Isopren – es macht zwei Fünftel der VOC aus – auch noch weitere Terpene frei, die un-

gesättigte Kohlenstoffbindungen besitzen und zügig mit Ozon reagieren, wobei zusätzliche OH-Radikale entstehen. Sie machen allerdings nur einen geringeren Anteil der Gesamtmenge aus.

Insgesamt steht die Atmosphärenchemie über geschlossenen Regenwäldern in einem bemerkenswerten Gleichgewicht, meinen die Wissenschaftler, zu dem die intakte Biosphäre ihren Guteil beiträgt: Sie bewahrt das vorteilhafte Reaktionsklima und liefert einen Teil der Reinigungskapazität. Umgekehrt bewahrt die rasche Oxidation der VOC durch die Hydroxyl-Radikale das Ökosystem vor einem Verlust von Nährlementen, die die flüchtigen organischen Verbindungen enthalten.

Ungemach droht jedoch, denn die fortschreitende Abholzung und Urbanisierung der tropischen Ökosysteme rückt einen weiteren Reaktionsweg in den Vordergrund, der für den berüchtigten Sommersmog sorgt und in hiesigen Breiten oft vorherrscht: Schwirren Stickoxide aus Verkehr oder Landwirtschaft durch die Luft, sinkt die Selbstreinigungskapazität stetig, während sich durch fotochemische Reaktionen große Mengen an bodennahem Ozon aufbauen. Das aggressive Gas schädigt die Vegetation und verstärkt den Treibhauseffekt – ein bislang unbeachteter, aber nicht zu verachtender Kollateralschaden der Brandschatzung am Amazonas. <<

## NATURSCHUTZ

# Wald statt Öl

Ecuador möchte Kompensationen für nicht gefördertes Erdöl

VON DANIEL LINGENHÖHL

**Auf der einen Seite einer der artenreichsten Regenwälder der Erde und Heimat isolierter Indianerstämme, auf der anderen Seite eine Menge Öl, Schmiermittel der Weltwirtschaft und wichtigster Devisenbringer des Landes, das just unter diesem Urwald schwappet. Zusammen bringen sie Ecuadors Regierung in die Zwickmühle und ihren Präsidenten Rafael Correa auf eine interessante Idee.**

Der Regenwald zwischen dem Río Napo und dem Río Curaray ist ein Ökosystem der Superlative: Auf nur einem Hektar Fläche können hier mehr als 220 Baumarten wachsen – mehr als in Kanada und den USA zusammen –, und leben nach vorsichtigen Schätzungen 100 000 Insektenarten. Insgesamt beherbergt die Region 4000 Pflanzen-, 180 Säugetier-, 200 Reptilien- sowie Amphibien- und 570 Vogelspezies auf einem Areal, das nur 0,1 Prozent des gesamten Amazonasraums einnimmt – und ständig wächst diese Liste, obwohl der eigens zum Schutz dieser Artenfülle gegründete ecuadorianische Yasuní-Nationalpark noch kaum gründlich erforscht wurde. Dennoch zählen ihn Tropenökologen bereits jetzt zu einem der weltweit fünf reichhaltigsten Vielfaltszentren.

Neben der unzugänglichen Wildnis mit ihrer Biodiversität bewahrt Yasuní aber auch noch ein wichtiges kulturelles Erbe: Indianerstämme, die noch kaum in Kontakt mit der westlichen Zivilisation gekommen sind und nach Angaben von Guadalupe Rodriguez von Salva la Selva teilweise in freiwilliger Isolation leben. Die Völker der Huaorani, Tagaeri und Taromenane gewähren noch einen Blick in die Steinzeit des Menschen, als allein Jagen und Sammeln das Überleben sicherten. Um diese Stämme vor illegaler Landnahme, Holzfällern oder Goldsuchern mit ihrem Lebensstil und ihren Infektionen

zu schützen – auf die das Immunsystem der Indianer nicht vorbereitet wäre –, erweiterte die ecuadorianische Regierung im letzten Jahrzehnt den Nationalpark um eine so genannte Zona intangible. Insgesamt rund eine Million Hektar sollen so für die Nachwelt bewahrt werden und wurden von den Vereinten Nationen als Welterbe der Menschheit anerkannt.

### Mord und Totschlag

Die Reichtümer des Yasuní beschränken sich allerdings nicht nur auf seine Biologie. Sie liegen auch unter der Erde – und

wecken zahlreiche Begehrlichkeiten. Prospektoren schätzen, dass etwa 920 Millionen Barrell Schweröl im Boden der Region versteckt sind: angesichts der gegenwärtigen Ölknappheit und -nachfrage ein kostbarer Schatz, der dem verschuldeten südamerikanischen Staat einen Haufen Devisen einbringen könnte, finanzieren doch Öl-Exporte mehr als vierzig Prozent des Staatshaushalts. Dazu kommt, dass dies das bislang letzte bekannte und unerschlossene große Reservoir des vermeintlichen schwarzen Goldes in Ecuador ist. Weite Teile des ecuadorianischen Amazonasbe-

### Leckage an einer Ölpipeline

Die Ölförderung im ecuadorianischen Regenwald ist mit vielfältigen ökologischen und sozialen Problemen verbunden: Indianerstämme werden von ihrem Land vertrieben, Wälder zerstört und die Umwelt verpestet. Medizinische Studien zeigen, dass im Umfeld der Förderanlagen die Krebszahlen exorbitant ansteigen.



© GUADALUPE RODRIGUEZ

## »Für die Stämme könnte die Öl-Förderung auf ihrem ureigenen Land den Weg ins Nichts und Aussterben bedeuten«

(Guadalupe Rodriguez)

ckens – Hauptextraktionsgebiet des Landes – wurden deshalb in Konzessionen aufgeteilt und dafür größtenteils Förderlizenzen an in- und ausländische Firmen wie die brasilianische Petrobras, CNPC und Sinopec aus China oder Agip aus Italien vergeben. Darunter ist auch der Block 31 und das Ishpingo-Tambococha-Tiputini-Ölfeld – genannt ITT –, die sich in weiten Teilen mit dem Reservat decken. Dazu kommen sechs weitere Konzessionen, die zumindest kleinere Bereiche des Parks berühren.

Experten wie Rodriguez befürchten daher das Schlimmste für die Indianer und die Artenvielfalt des Parks: »Für die Stämme könnte die Öl-Förderung auf ihrem ureigenen Land den Weg ins Nichts und Aussterben bedeuten.« Befürchtungen, die nicht zu weit hergeholt sind, wie Fälle von Gesetzesbrüchen, Mord und Totschlag aus dem letzten Jahr beweisen. Im April 2006 starben nach Berichten der größten ecuadorianischen Zeitung *El Comercio* mehrere Taromenanes und Huauranis durch Schüsse von Holzfällern, die illegal Holz in den Territorien der Indianer schlugen. Sie drangen unter anderem auf Straßen der Ölfirmen in die Siedlungsgebiete vor.

### Der Fall Texaco

Auch Beispiele aus der Vergangenheit lehren, dass das Erdöl und seine Infrastruktur nicht zum Besten der Urwaldvölker sind. Vor über vierzig Jahren begann

der US-Konzern Chevron-Texaco am Río Napo und Río Aguarico Öl zu fördern, schlug Straßen in den Wald, errichtete Bohrtürme, baute Pumpstationen, Arbeitersiedlungen und Verladestationen – und zerstörte nebenbei zwei Indianervölker: die Tetete und die Sansahuari. Ihre Mitglieder wurden vertrieben, strandeten in städtischen Elendsvierteln oder starben durch Alkoholmissbrauch und eingeschleppte Krankheiten. Heute existiert ihr Name nur noch als Bezeichnung für zwei Ölfelder.

Texaco fördert heute nicht mehr in Ecuador, seinen Müll hat das Unternehmen jedoch dagelassen: Über 600 offene Giftmüllhalden und 339 notdürftig verschlossene Bohrlöcher notierte die britische Hilfsorganisation Oxfam im ehemaligen Fördergebiet im Norden Ecuadors. Geschätzte 18 Millionen Liter mit Chemikalien verseuchtes Wasser – darunter Benzol, Toluol, Chrom, Barium, Blei und Kadmium – wurden über zwanzig Jahre hinweg pro Tag in die Flüsse der Konzession gepumpt, durch Leckagen, Pipelinebrüche oder Produktionsfehler sprudelten insgesamt 76 Millionen Liter Öl in den Regenwald und das Trinkwasser von mindestens 30 000 Menschen. Wo einst artenreicher Regenwald wuchs, bestimmt heute ausgedehntes Ödland das Bild, da Siedler den Erschließungsstraßen folgten und rodeten, doch angesichts der armen Böden mit ihren landwirtschaftlichen Versuche

zumeist scheiterten. Verschiedene medizinische Studien belegen, dass das Erkrankungsrisiko an Leukämie für Kinder im Umfeld der Ölfelder viermal so hoch ist wie im Landesschnitt, die Krebszahlen für Erwachsene übersteigen die aus anderen Teilen Ecuadors um 130 Prozent. Auch Erbgutschäden und Fehlgeburten sowie Missbildungen bei Neugeborenen treten gehäuft auf. Angesichts dieses Umweltdesasters haben nun mehrere tausend Menschen sowie die ecuadorianische Regierung Chevron-Texaco vor Gericht verklagt, damit das Unternehmen Schadenersatz zahlt und die Umweltverschmutzung beseitigt – etwa sechs Milliarden Dollar könnte eine Verurteilung den Konzern kosten.

### Der Kampf um Yasuni

Aus den katastrophalen Folgen im nordöstlichen Amazonastiefland Ecuadors lernten Unternehmen und Regierung jedoch vorerst nicht, die Geschichte sollte sich rund um den Yasuní-Park erst einmal wiederholen: »Das Gebiet ist der wichtigste noch unberührte Regenwald Ecuadors. Doch für die Konzerne bedeutet es das letzte große Erdöl-Vorkommen des Landes«, vermerkt Guadalupe Rodriguez bitter. Dazu kommt noch ein hausgemachtes Problem, auf das Klaus Schenck, der den Hamburger Verein Rettet den Regenwald in Ecuador unterstützt, hinweist: »Die geplante Ausbeutung der Ölfelder im Yasuní-Nationalpark ist erst durch die OCP-Pipeline (Oleoducto de

Crudos Pesados, Schwerölpipeline) möglich, die zwischen 2000 und 2003 unter Finanzierung der landeseigenen nordrhein-westfälischen WestLB aus Düsseldorf durch ein Gemeinschaftsunternehmen aus sechs Ölfirmen gebaut wurde. Die WestLB stellte die höchste Einzelsumme für den Milliardenkredit und hatte als führende Bank ein Finanzierungskonsortium aus mehr als einem Dutzend Banken zusammengeführt. Seit der Inbetriebnahme funktioniert die OCP weit unter ihrer Kapazität von 450 000 Barrel pro Tag – momentan liefert sie nur knapp die Hälfte. Deshalb üben die Ölfirmen starken Druck auf die Regierung aus, um die Schwerölfelder ausbeuten zu können, damit sie die Investitionen in die Pipeline zurückbekommen und die Rückzahlung des Kredits gewährleisten.«

&lt;&lt;

ARTENWIELFALT

# In allen Wipfeln daheim

Tropische Insektenarten sind weit verbreitet – oder doch nicht?

VON DANIEL LINGENHÖHL

**Grüne Hölle, großes Krabbeln:** Kerbtiere wie Mücken, Ameisen, Käfer oder Schmetterlinge dominieren die Tierwelt der Tropen – zur Freude und zum Leidwesen von Einheimischen, Touristen wie Forschern gleichermaßen. Doch wie artenreich ist ihre Gruppe tatsächlich? Und wie viel Heimat beanspruchen sie pro Spezies?

Die Rechnung, die Terry Erwin 1982 aufstellte, war so simpel wie faszinierend: Der amerikanische Biologe nebelte einen Baum im tropischen Regenwald von Panama mit einem InsektenGift ein und addierte anschließend die tot zur Erde purzelnden Kerbtiere nach Arten getrennt. Allein an Käfern fand er 1200 Spezies, von denen seiner Schätzung nach bis zu 165 nur auf diesem einzigen Gewächs leben und fressen konnten. Dann kalkulierte er, dass Käfer etwa vierzig Prozent aller Kerfe ausmachen und ihm zudem etwa ein Drittel aller Arthropoden entgangen waren, die im unteren Baumbereich haußen und nicht vom Gift erreicht wurden. Zusammen mit weiteren Einflussgrößen kam er damit insgesamt auf 600 wirtsspezifische Endemiten. Und da es weltweit etwa 50 000 verschiedenen Bäume gibt, könnte die Gesamtheit der Kerbtiere sagenhafte 30 Millionen Arten umfassen – von denen die Wissenschaft bis heute nur einen winzigen Bruchteil kennt.

## Fünf, zehn oder dreißig Millionen?

Viele der Annahmen, die Erwin einst aufstellte, wurden inzwischen von anderen Biologen einer kritischen Betrachtung unterzogen und revidiert. So sollen Käfer nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen nur noch ein knappes Viertel der Insektenvielfalt stellen, und es gelten weniger als zehn Käferarten pro Wärtsbaum als endemisch – was letztlich die Diversität aller Kerfe auf geschätzte, aber immer noch beachtliche 3 bis 5 Millionen Mitglieder eindampft.

Unsicher ist allerdings auch diese Zahl. Denn Studien an tropischen Bäumen in Peru oder Malaysia haben erbracht, dass sich ihre Bestände bereits auf kleinem Raum sehr unterschiedlich zusammensetzen können. Schon minimal veränderte Bodenqualitäten, Niederschläge oder Topographien können jeweils ganz andere Arten fördern. Doch gilt das ebenso für Insekten, indem beispielsweise Wasserläufe – die es zahlreich in



© JIRI HULCR, MICHIGAN STATE UNIVERSITY

## Ambrosia-Käfer

Ambrosia-Käfer waren Teil einer umfassenden Untersuchung zur Insektenfauna Neuguineas. Sie ernähren sich von Rinde.

den riesigen Regenwäldern Amazoniens, des Kongos oder auf Neuguinea gibt – unüberwindliche Barrieren bilden und somit stets neue Lebensgemeinschaften hervorbringen? Und trifft der fraßliche Generalismus der meisten Käfer tatsächlich auch auf andere Insektengruppen wie Schmetterlinge oder Wanzen zu?

## Weit verbreitet und wenig wählerisch

Beides würde nicht nur die absolute Biodiversität der irdischen Fauna beeinflussen, sondern hät-

te gleichermaßen Konsequenzen für den Naturschutz, möchte man möglichst viel davon bewahren. An diese entomologische Sisyphus-Arbeit machten sich nun wieder zwei Forschungsgruppen: Vojtech Novotny von der Universität Südböhmen in Branisovská und seine Kollegen untersuchten, wie sich die Lebensgemeinschaften von Insekten über große Distanzen in einem Tieflandregenwald von Papua-Neuguinea verändern [1]. Und ein Team um Lee Dyer von der Tulane-Universität in New Orleans verglich die jeweiligen Nahrungsansprüche von Schmetterlingsraupen in verschiedenen lateinamerikanischen Tropenwäldern mit jenen aus gemäßigten Breiten [2].

Das Arbeitsgebiet von No-



© HUMBERTO GARCIA

## Tropische Schmetterlingsraupe

Eine Raupe aus der Gattung *Eois*, die alle einen sehr wählerischen Geschmack haben und nur an Pflanzen der Gattung *Piper* fressen.

votnys Mannschaft umfasste 75 000 Quadratkilometer unbewohnter Natur – ein ausgedehntes Gebiet, das nur der Sepik-Fluss als größeres Hindernis durchströmt. Tiere und Pflanzen könnten sich also ungehindert ausbreiten, und tatsächlich machten die Forscher kaum einen Unterschied in den Insektenlebensgemeinschaften auf Bäumen der gleichen Gattung aus, selbst wenn diese 950 Kilometer voneinander entfernt im Wald standen. Einen Feigenbaum in der Nähe der Hafenstadt Madang an der Nordküste Papua-Neuguineas befiehlt demnach zu mehr als der Hälfte die gleichen Schmetterlingsraupen wie eine verwandte Art weiter im Landesinneren. Bei Holz fressenden Ambrosia-Käfern stimmte die Artenkomposition zu zwei Dritteln überein, und bei einer Gruppe sich an Früchten delectierender Fliegen ergaben sich praktisch gar keine Unterschiede.

Die Kerfe können also zumindest hier ihrer bevorzugten Nahrung – sofern diese selbst weit verbreitet ist – über große Distanzen hinweg nachspüren. Auch der Sepik hindert zumindest die mobilen Falter oder Fliegen nicht an der Ausbreitung: Erkenntnisse, die sich womöglich auch auf andere Regenwälder, die in großen kontinuierlichen Becken wie dem Amazonas oder Kongo wachsen, übertragen lassen. Umgekehrt beheimaten von den untersuchten Pflanzen mit begrenztem Areal nur wenige spezialisierte Pflanzenfresser, während Generalisten dominierten: Der Endemismus fällt entsprechend gering aus.

Demnach gäbe es deutlich weniger als zehn Millionen Insektenarten, so die Wissenschaftler.

### Oder doch nicht?

Eine These, die von Dyers Team gleich wieder in Frage gestellt werden dürfte: Wenigstens in den Tropen Mittel- und Südamerikas haben sich die Schmetterlinge stärker in ihrer Nahrungswahl spezialisiert als ihre Verwandten in Kanada oder den Vereinigten Staaten – etwa weil das Potpourri pflanzenchemischer Abwehrstoffe in niederen Breiten umfangreicher ist und zu individuellen Anpassungen zwingt oder Räuber und Parasiten einen höheren Feinddruck aufbauen. Beides fördert auf Dauer das Besetzen engerer ökologischer Nischen, weshalb sich die Insektengemeinschaften von einer Pflanzenart zur nächsten deutlich unterscheiden und mehr Endemiten existieren – im Endeffekt folgt daraus eine höhere Diversität.

Die genaue Anzahl der Insektenarten dürfte deshalb wohl noch lange geheimnisvoll bleiben, zumal Erwin in seinem Dreisatz auch mit einem Anteil von 84 Prozent an Pflanzen fressenden Kerbtieren kalkulierte – nur der kümmerliche Rest entfiel auf räuberische Kerfe, Aasfresser, Bakterienrasenverwerter oder Parasiten. Ob diese Verhältnisse der Realität entsprechen, hat jedoch noch kaum jemand überprüft: Es könnten also auch deutlich mehr sein. Und fraglich ist ebenso, ob wirklich der Kronenraum der Regenwälder der vorherrschende Hort der krabbelnden Vielfalt

ist. Eine Studie auf Sulawesi entdeckte vielmehr, dass 70 bis 80 Prozent der Insekten auf und im Boden leben. Vielleicht behält Erwin mit seinen astronomisch anmutenden Zahlen also über Umwege doch recht. <<

[1] Nature 448: 692-695 (2007)

[2] Nature 448: 696-699 (2007)

### Raupe des Herkulesfalters

Kind hält die Raupe eines Herkulesfalters – eine der untersuchten Insektspezies auf Neuguinea.



©MILAN JANDA

## ARTENVIELFALT

# Riesenratte und Mini-Beutler: Neue Tierarten in Indonesien

Forscher haben in den Foja-Bergen der abgelegenen indonesischen Provinz Papua zwei neue Tierarten entdeckt: einen Schlafbeutler, eines der weltweit kleinsten Beuteltiere, und eine Riesenratte. Die Ratte ist den Angaben zufolge ungefähr fünfmal so groß wie herkömmliche Nager, die in Städten leben.

Das teilte die Umweltorganisation Conservation International am Montag in Jakarta mit. Das Tier habe das Camp der Wissenschaftler mehrere Male besucht und scheine keine Angst vor Menschen zu haben. Die Experten fanden die Tiere in einer Bergregion, in der bereits 2005 mehrere neue Arten aufgespürt worden waren. Die jüngste Entdeckung müsse noch überprüft werden, hieß es.

Die Foja-Urwälder liegen im Mamberamo-Becken, dem größten ungestörten Gebiet tropischen Regenwalds in der asiatischen Pazifikregion. Die Wissenschaftler planen eine weitere Expedition im Jahr 2008 oder 2009. In tiefer gelegenen Zonen der Wälder rechnen die Forscher mit weiteren bislang unbekannte Frosch-, Schmetterling- und Pflanzenarten.

&lt;&lt;

**Schlafbeutler**

Eine wahrscheinlich neue Schlafbeutler-Art der Gattung *Cercartetus* aus den Foja-Bergen Papuas

**Riesenratte**

Säugetierforscher Martua Sinaga hält eine 1,4 Kilogramm schwere Riesenratte im Arm. Sie ist wahrscheinlich eine neue Art.

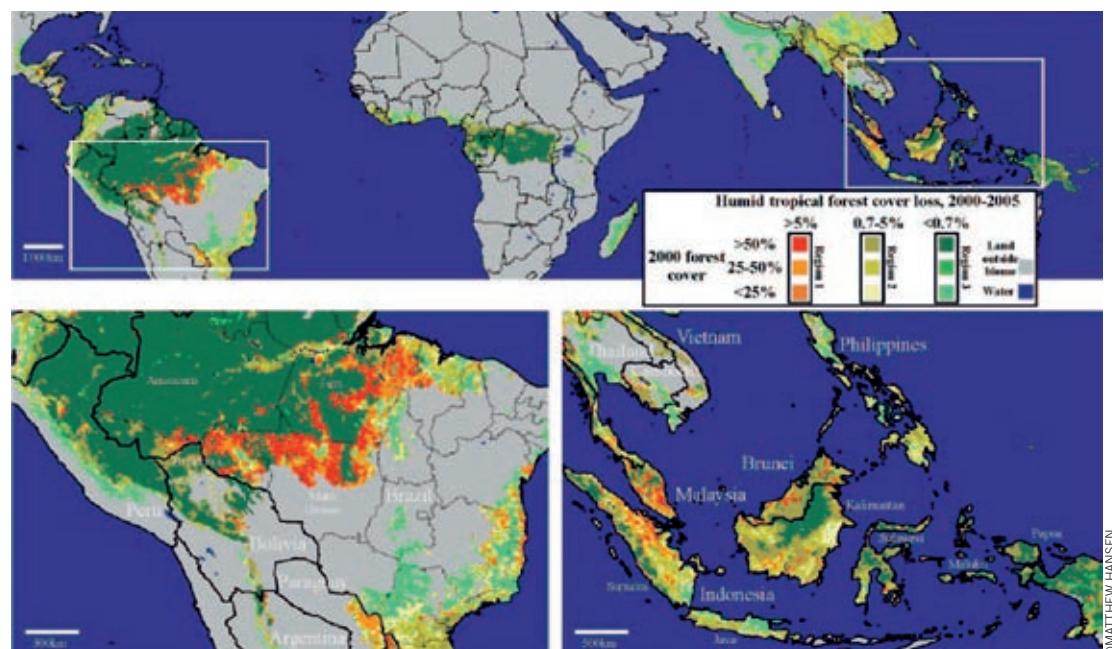
FERNERKUNDUNG

## Abholzung in Hotspots besonders hoch

Fast 50 Prozent der jährlichen Zerstörung von tropischen Regenwäldern finden in Brasilien statt, zudem vernichtet der südamerikanische Staat vier Mal so viel Wald wie Indonesien, das auf dem zweiten Platz der Abholzungsrangliste liegt. Angetrieben wird die Entwaldung vor allem in so genannten Hotspots, auf die sich mehr als die Hälfte des Zerstörungswerks konzentrieren.

Mehr als drei Fünftel der weltweit gerodeten Flächen zwischen 2000 und 2005 liegen in Südamerika, ein weiteres Drittel in Asien, während auf Afrika nur etwas mehr als fünf Prozent entfallen, berichten Matthew Hansen von der South Dakota State University in Brookings nach neuer Auswertung von Satellitenbilddaten. Die Verwendung von Aufnahmen mit hoher wie niedriger Auflösung aus mehreren Quellen sowie unterschiedlichen Aufnahmeverintervallen erlaubte es ihnen, eine der bislang genauesten Karten der globalen Entwaldung zu erstellen.

Insgesamt verschwanden seit der Jahrtausendwende mehr als 2,3 Prozent der damals vorhandenen Regenwaldfläche, wobei sich bedeutende lokale Unterschiede herauskristallisierten. Verglichen mit Peru, Kolumbien oder Venezuela schreitet die Entwaldung in Brasilien nahezu ungebremst voran – allerdings mit gleichfalls starken regionalen Differenzen: Während der Bundesstaat Amazonas noch über weit gehend intakte Wälder verfügt, ersetzen Felder und Weiden in Mato Grosso oder Pará mittlerweile flächendeckend das



© MATTHEW HANSEN

ursprüngliche Ökosystem. Generell spielt sich mehr als die Hälfte der weltweiten Entwaldung auf nur sechs Prozent der Fläche des Regenwaldbioms ab, wobei neben Brasilien noch Guatemala, Ostbolivien und Sumatra sowie Malaysia negativ herausragen. Im östlichen Paraguay droht zudem bald die vollständige Zerstörung der vorhandenen Regenwälder außerhalb von Schutzgebieten.

Die vergleichsweise nur schwach negative Entwicklung in Afrika gehe auf das Fehlen von landwirtschaftlichen Projekten im industriellen Maßstab zurück, verweisen die Forscher auf die niedrigen Entwaldungsraten im Kongobecken. Im Gegensatz zu Brasilien oder Indonesien, wo der Wald zu Gunsten von Viehweiden, Soja- oder Palmölplantagen entfernt wird, treiben dort vor allem Kleinbauern und die Holzwirtschaft die Rodungen voran. Immerhin scheint sich die Entwick-

### Abholzung weltweit

Zwischen 2000 und 2005 verschwanden mehr als 27 Millionen Hektar Regenwald weltweit. Besonders ausgeprägt waren die Verluste in so genannten Hotspots der Entwaldung – auf nur sechs Prozent der Fläche des Regenwald-Ökosystems fanden mehr als die Hälfte der Abholzungen statt (rote und orange Areale). Die dunkelgrünen Bereiche dagegen waren nur zu einem Zwanzigstel an den Rodungen beteiligt, obwohl sie 50 Prozent des Ökosystems ausmachen.

lung nach den neuen Analysen in Indonesien abzuschwächen, denn sie liegen deutlich niedriger als noch in den 1990er Jahren und unter den Prognosen der FAO. Andererseits könnte dies auch bedeuten, dass bereits alle leicht zu erreichenden Wälder auf Sumatra und Borneo abgeholt und neue Erschließungen schwieriger sind. (dl) <<

**Hansen, M. et al.:** Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multiitemporal and multiresolution remotely sensed data. In: Proceedings of the National Academy of Sciences 105, S. 9439–9444, 2008.

**Berndt Fischer**Die Farben der Tropen  
BUCHER, MÜNCHEN

ISBN: 3765815802

Dieses Buch können Sie im Science-Shop für **39,90 €** (D), 41,10 € (A) kaufen.[science-shop.de/artikel/961884](http://science-shop.de/artikel/961884)

5 x 5-Bewertung	
Inhalt	■ ■ ■ ■ □
Vermittlung	■ ■ ■ ■ ■
Verständlichkeit	■ ■ ■ ■ □
Lesespaß	■ ■ ■ ■ □
Preis-Leistung	■ ■ ■ ■ ■
Expertenwertung	22

## REZENSION

## Wenn Blinde Augen bekommen

Hier sah ich zuerst die überirdische Schönheit der tropischen Vegetation. Tamarinden, Bananen und Palmen gediehen neben mir. (...) Die Eleganz ihrer Formen und der ungewohnte Reichtum ihrer Farben sind es nicht allein – diese verwirrende Vielfalt an gleichzeitigen Eindrücken bewirkt diese Schönheit. (...) Es war ein herrlicher Tag für mich – wie wenn ein Blinder Augen geschenkt bekommt.« So enthusiastisch schreibt Charles Darwin in seinem Buch »Die Fahrt der Beagle« über sein Aha-Erlebnis in den Tropen.

Und tatsächlich: Wer einmal Hunderte von Flamingos, Reihern, Rosa Löfflern und Ibissen in einem Sumpf auf Kuba gesehen hat, von Dutzenden Kolibris im ecuadorianischen Bergwald umschwirrt wurde oder die blühenden Bäume des atlantischen Regenwalds in Brasilien betrachten durfte, den nimmt diese Natur mit nahezu hundertprozentiger Sicherheit gefangen. Schon eine Reise aus dem tristen mitteleuropäischen Spätwinter an die im März bereits erblühende und doch so gar noch nicht tropische italienische Riviera weckt die Lust auf den Süden und seine Vielfalt. Auch Berndt Fischer scheint vor rund zehn Jahren eine ähnliche Erweckung in den äquatorialen Gefilden gehabt zu

haben: Das Ergebnis sieht man in dem prächtigen Bildband »Die Farben der Tropen«.

In sechs Kapiteln fängt Fischer diesen Zauber ein: fleischfressende Kannenpflanzen im Gegenlicht, Morgenstimmung im Regenwald Borneos, tanzende madagassische Sifakas oder Bäume im brasilianischen Pantanal, die in grellen rosa Blüten regelrecht entflammen – der Autor und Fotograf nimmt uns mit auf eine Reise durch die wichtigsten Tropenregionen der Erde. Er würdigt kleine Insekten ebenso wie die großen Menschenaffen, die offensichtliche Schönheit der Tukane und Aras ebenso wie die eher versteckte von Pilzen und Schlingpflanzen – ein wahrhaft buntes wie scharf abgelichtetes Potpourri aus allen Herren und Ländern, Ökosystemen, Tieren und Pflanzen.

Der Fotograf hat allerdings auch eine Mission, die er in seinem Buch jedoch nur sehr dezent verfolgt: Mit seinen Bildern möchte er den Menschen bewusst machen, was auf dem Spiel steht, wenn sie weiterhin die Regenwälder der Erde so rücksichtsvoll zerstören wie gegenwärtig. Wenn statt der unterschiedlichen Nuancen des Grüns, das triste Rotbraun kahler Sojaäcker dominiert, wenn die bunte Vielfalt der Frösche

verschwindet und durch eintönige Rinderweiden ersetzt wird. Diese hässlichen Landschaften erspart uns Fischer, doch sind sie im Hinterkopf stets präsent.

Immerhin finden sie in den einleitenden Worten Erwähnung, wo die einzelnen tropischen Ökosysteme kurz vorgestellt werden – garniert mit kleinen Anekdoten aus dem Alltag eines Fotografen, der in den Tropen naturgemäß immer wieder unter widrigen Bedingungen zu arbeiten hat. Ein schönes Buch, das man vor allem an regnerischen Herbsttagen genießen sollte.

&lt;&lt;

**Daniel Lingenhöhl**

Der Rezensent ist promovierter Geograf und freier Wissenschaftsjournalist in Heidelberg

## ZOOLOGIE

## Verblüffende Artendichte bei tropischen Fledermäusen

Forscher haben über hundert Fledermausarten auf einer Fläche von wenigen Hektar Regenwald im Amazonasbecken Ost-Ecuadors gefunden. Dies ist die höchste Artendichte für Fledermäuse, die je verzeichnet wurde.

Katja Rex und ihre Kollegen des Leibniz-Instituts für Zoo- und Wildtierforschung in Berlin hat-

ten monatelang in den Regenwäldern Costa Ricas, in den Anden und nahe des Yasuní-Nationalparks in Ecuador nachts Fledermäuse gefangen und registriert. Mit Hilfe der so gewonnenen Daten konnten sie die Artenvielfalt und -dichte in jedem der Wälder errechnen.

Während in Wäldern der gemäßigten Breiten meist drei bis zehn

Fledermausarten leben, beträgt ihre Anzahl in tropischen Regenwäldern mehr als das Zehnfache. Die Wissenschaftler wollen nun herausfinden, wie so viele Arten auf einer kleinen Fläche koexistieren können. Unter den nachgewiesenen Spezies sind sowohl Nahrungsspezialisten als auch Generalisten. Der Yasuní-Nationalpark ist 1989 von der UNESCO zum Biosphärenreser-

vat erklärt worden. Seit der Entdeckung von Erdölreserven und dem darauf folgenden Bau von Verbindungsstraßen haben sich jedoch vermehrt illegale Siedler im Nationalpark ausgebreitet. Umweltschützer warnen vor der Zerstörung des Lebensraumes und seiner einzigartigen Diversität. (vsp) <<

## RESTAURATIONSÖKOLOGIE

## So lasset uns denn ein Tropenbäumchen pflanzen

Lassen sich degradierte Regenwälder wieder gezielt regenerieren?

VON DANIEL LINGENHÖHL

**Mit Axt und Feuer frisst sich der Mensch durch den Urwald. Zurück bleiben oft nur verheerte, ungenutzte Landschaften mit kärglicher Artenvielfalt. Doch Genesung der Natur mit Hilfe des Menschen ist auch möglich – mit dem einfachen Mittel der Aufforstung.**

Zu den bedenklichsten Entwicklungen der globalen Ökosysteme zählt das weltweit rapide Schwinden der tropischen Regenwälder: Ob sie nun Viehweiden und Sojafeldern in Brasilien weichen, Ölpalmlantagen in Indonesien oder der Holzwirtschaft in Zentralafrika – von ihrer einstigen Ausbreitung um das Jahr 1900 ist heute nur noch die Hälfte vorhanden. Und es geht weiter zügig voran, denn jährlich schrumpfen die artenreichen Wildnisgebiete am Äquator um weitere ein bis zwei Prozent. Geschätzte 350 Millionen Hektar sind demnach schon komplett

entwaldet und weitere 500 Millionen Hektar geschädigt oder allenfalls mit Sekundärwald bestanden.

Mit den abgeholteten Wäldern geht aber nicht nur die Biodiversität verloren. Ebenso leidet häufig die lokale Bevölkerung unter den Folgen, denn sie beziehen einen guten Teil ihres Brennholzes, ihrer Nahrung wie Medizin aus dem Wald und nutzen seine Wasserspeicher. Nicht zu vergessen ist schließlich seine Bedeutung für das globale Klima: Hilfe tut also Not. Politik, Wissenschaft und Entwicklungshilfe setzen



© SHARON BROWN

### Eukalyptus-Plantage in Nordvietnam

Eine Eukalyptus-Plantage in Nordvietnam, in der sich ein artenreicher Unterwuchs bildet

dazu vor allem auf drei Möglichkeiten: Schutzgebiete ausweisen, marginales Ackerland aufwerten oder Flächen aufforsten. Letzteres geschah bislang vorwiegend mit schnell wachsenden Hölzern aus den Familien der Kiefern, Eukalypten und Akazien, die rasch den Boden vor Erosion schützen und forstlich genutzt werden können – allerdings fehlt ihnen die vorherige Artenvielfalt.

### Aufforstung mit Erfolg?

Ökologen um David Lamb von der Universität von Queensland in Brisbane setzen daher gezielt auf die Regeneration und Restauration der ursprünglichen Regenwälder, die entgegen der bisher

gängigen verneinenden Meinung doch durchaus machbar ist. Relativ einfach ist sie in Bereichen, in denen nur geringe oder allenfalls mäßige Störungen vorgekommen sind – etwa selektiver Holzeinschlag oder punktuelle Öffnungen für die Suche nach Rohstoffen oder Siedlungen. Solange aus der Umgebung Baumsamen eingetragen werden können oder die Samenbank im Boden weit gehend intakt geblieben ist, hat die Natur hier die Kraft, sich schnell zu erholen.

Beispiele dafür finden sich etwa in Costa Rica im Nationalpark Guanacaste im Nordwesten des Staates, wo unter anderem durch

Landkäufe – initiiert durch den amerikanischen Biologen Daniel Janzen – ein großes Schutzgebiet entstanden ist, das zwei Prozent der Landesfläche einnimmt. Die Besonderheit daran ist, dass weite Bereiche des neuen Schutzgebiets durch Viehweide teils stark gestört waren und mitunter nur einzelne Bauminselfe überlebt haben. Durch Feuerunterdrückung und sukzessive Entfernung der Rinder entstand dann innerhalb weniger Jahrzehnte erneut ein tropischer Trockenwald. Ihm fehlen zwar noch viele typische Spezies, doch rein äußerlich gleicht er schon stark dem Original. Dieser Prozess lässt sich jedoch auf zu stark geschädigten Are-

alen nicht mehr ohne weiteres in Gang setzen – zumal in Gebieten, in denen sich in der Zwischenzeit ein neues stabiles Ökosystem ausgebildet hat wie etwa die weitläufigen Alang-Alang-Grasländer auf Sumatra, die dort nach mehrfacher Brandrodung den Regenwald dauerhaft ersetzen. Sie erhöhen zusätzlich die Brandgefahr und verhindern auch auf diese Weise das neuerliche Aufkommen von Bäumen.

### Pioniere als Starthilfe

Ohne fremde Hilfe sind diese Regionen für Wälder auf lange Sicht verloren. Das gängigste Mittel hier sind natürlich Aufforstungen; die Gefahr des Scheiterns ist aller-

# Was ist eigentlich spektrumdirekt?

spektrumdirekt ist die Online-Zeitung aus dem Verlag Spektrum der Wissenschaft.

Täglich berichtet die Redaktion von spektrumdirekt verständlich und unterhaltsam über neueste Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung.

In den Händen halten Sie ein Themenspezial Regenwald. Wenn es Ihnen gefällt, besuchen Sie uns doch auf

[www.spektrumdirekt.de](http://www.spektrumdirekt.de)

Weitere Informationen finden Sie unter

[www.spektrumdirekt.de/info](http://www.spektrumdirekt.de/info)

dings meist sehr hoch. Lamb und seine Kollegen empfehlen daher nach Auswertung verschiedenster Projekte beispielsweise zuerst die Anpflanzung einiger weniger einheimischer Pionierarten. Sie wachsen schnell auf, sind an die oft harschen Bedingungen offener Flächen angepasst und überschatten zügig die unerwünschten Gräser und Kräuter. Damit verringern sie die Brandgefahr und schaffen zusätzlich ein erträglicheres Mikroklima für weitere Waldbauarten.

Deren Eintrag erfolgt im günstigsten Fall durch Vögel oder Säugetiere aus benachbarten Wäldern. Unterstützend können diese Tiere angelockt werden, indem ihnen künstliche Nisthöhlen oder Schlafplätze angeboten werden. Ein derartiges Projekt läuft derzeit ebenfalls in Costa Rica. Dort versucht der Biologe Detlev Kelm von der Universität Erlangen ebenfalls die Restauration von Regenwäldern mit Unterstützung von Fledermäusen, denen er spezielle Betonunterkünfte zur Verfügung stellt. Die nächtlichen Früchtefresser suchen diese am Rande von Urwäldern gelegenen Behausungen auf und scheiden auf dem Weg dorthin die unverdaulichen Samen ihrer Fruchtbäume wieder aus.

Erneut besteht die Gefahr, dass es zu einem Artenungleichgewicht kommt, bei dem etwa Bäume mit voluminösen, schweren Früchten, die von großen Säugern wie Affen oder Elefanten verbreitet werden, unterrepräsentiert bleiben. Um dem entgegenzuwirken, müssen gleich zu Beginn große Mengen an Keimlingen und jungen Bäumen gepflanzt werden – mindestens 2500 Stück pro Hektar und mitunter unter Auslassung einzelner Sukzessionsstadien. Spezies, die offene Bedingungen nicht überleben, folgen dann später als Setzlinge im Unterwuchs.

Auch für diese Art der Wiederherstellung geben die Forscher ein Beispiel an: Das Gelände einer ehemaligen Bauxit-Mine in Zentralamazonien, wo nach Beendigung des Abbaus der zuvor entfernte Mutterboden an Ort und Stelle wieder aufgetragen und 160 Baumarten der unterschiedlichsten ökologischen Gruppen und Waldstadien ausgebracht wurden. Nach 13 Jahren glich der Wald in seinem Artenspektrum bereits den umliegenden intakten Wäldern – nur der Strukturreichtum ließ natürlich zu wünschen übrig.

### Mit Unterstützung der Bevölkerung

Idealerweise, und vielen Regionen auch nicht anders möglich, beziehen die Pflanzer die lokale Bevölkerung mit ein. Denn das erhöht die Akzeptanz der Projekte und schafft gleichzeitig Arbeit und Einkommen – etwa bei der Errichtung von Frucht- und Holz-»Plantagen«, in denen eine oder mehrere wertvolle einheimische Baumarten angepflanzt werden. Sie können selbstverständlich keinen echten Regenwald ersetzen, bieten aber zumindest einem Teil der Fauna Ersatzlebensräume. Zudem nehmen sie den Druck von noch vorhandenen Naturwäldern.

Die deutsche Naturschutzorganisation Rettet den Regenwald betreut gegenwärtig ein ähnlich geartetes Projekt auf Borneo mit. Im Kot wildlebender Orang-Utans wurden dabei insgesamt die Samen von etwa 1700 Baumarten identifiziert, die nun gezielt nachgezogen und anschließend gepflanzt werden. In den ersten Jahren bauen Dorfbewohner aus dem Umfeld des neuen Parks Früchte wie Papaya und Ananas zwischen den Setzlingen an und schützen sie dadurch vor der Überwucherung mit dem Alang-Alang-Gras. Sobald der Wald aufgewachsen ist, stellen



©ANTJE FINDEKLEE

### Trockenwald in Guanacaste

Zu den bedrohtesten Waldgebieten der Welt gehören auch die seltenen Trockenwälder, die sich nur noch an wenigen Stellen entlang der Pazifikküste von Mittelamerika wie hier in Guanacaste in Costa Rica finden.

die Dörfler die Nutzung fast vollständig ein und wiederholen das Procedere an neuen Stellen. Und selbst unter exotischen Baumkulturen ist die Wiederherstellung von Regenwald möglich – sofern die vorherige Nutzung eingestellt oder geändert wird. Daniel Janzen etwa versucht beständig den Guanacaste-Nationalpark durch Landkäufe zu erweitern, und darunter befinden sich mittlerweile auch Gebiete mit Plantagen. Sie grenzen an Primärwälder und locken daher ebenso eine Vielzahl an Pflanzenfressern an, die auf diese Weise Samen eintragen. Unter der artenarmen Monokultur wächst neuerlich vielfältiger Regenwald heran. Lamb, Janzen und alle ihre Kollegen geben zu, dass diese Projekte natürlich teuer sind, hohen Arbeitsaufwand erfordern und ohne die Kooperati-

on mit der Bevölkerung vor Ort nicht zu bewerkstelligen sind. Vor der gegenwärtigen Weltklimakonferenz haben Länder wie Costa Rica oder Papua-Neuguinea schon angeboten, gegen Bezahlung ihre Wälder besser zu schützen und so einen Beitrag auch zum Klimaschutz zu leisten. Zumindest ein Teil dieser Gelder könnte in Projekte zur Wiederbewaldung fließen – geholfen wäre damit beiden Seiten. <<

**spektrumdirekt.de**  
premium

The screenshot shows the homepage of spektrumdirekt.de. At the top, there's a navigation bar with links for Kontakt, Spektrum der Wissenschaft Verlag, and Spektrum. Below it, there are links for SPEKTRUMDIREKT.DE, DIE WOCHE, INFO & SERVICE, and a search bar. The main content area features a large banner for "wissenschaft-online Wissenschaft im Überblick". Below this, there's a section for "ONLINE-LEXIKON" with a sidebar containing links to various scientific fields like Astrophysik und Raumfahrt, Biologie, Chemie, Geographie, Kartographie und Geometrie, Data, and Psychologie. The central column displays an article titled "Grüner Filter" by Daniel Löwenherz, discussing the Amazon rainforest. To the right, there's a sidebar for "Liebe Leserin, lieber Leser," featuring a photo of a man and some text. At the bottom, there are several smaller boxes for "NATURSCHUTZ", "ARTENFÄRDLAHL", "ARTENFÄRDLAHL", and "REZENSION". A footer at the very bottom contains the text "Impressum: spektrumdirekt ist eine Publikation des Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Steingasse 3-5, D-69126 Heidelberg. Chefredakteur (v.i.S.d.P.): Richard Zirnka | Redaktion: Anja Finkbeiner, Dr. Andreas Jahn, Dr. Jan Osterkamp".

Mit spektrumdirekt premium  
haben Sie Zugriff auf alle Artikel  
der Online-Zeitung spektrumdirekt  
sowie 13 Online-Fachlexika von  
Spektrum Akademischer Verlag:

**[www.wissenschaft-online.de/lexika](http://www.wissenschaft-online.de/lexika)**

Auf Wunsch können Sie sich die  
Wochenausgabe im PDF-Format  
direkt ins Mail-Postfach schicken  
lassen.

Weitere Informationen finden Sie unter  
**[www.spektrumdirekt.de/info](http://www.spektrumdirekt.de/info)**

**Sie möchten das Premiumangebot von spektrumdirekt  
zwei Wochen lang kostenlos und unverbindlich testen?**

Dann schicken Sie einfach eine E-Mail mit Ihrem Namen und dem Betreff  
»Premium schnuppern« an: **[aboservice@wissenschaft-online.de](mailto:aboservice@wissenschaft-online.de)**