

7615
JH

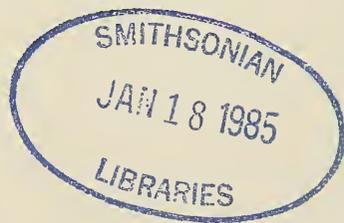


SPIXIANA

Zeitschrift für Zoologie

Tropische Regenwälder
– eine globale Herausforderung –

Herausgegeben von
W. Engelhardt und E. J. Fittkau
Schriftleitung: L. Tiefenbacher



Generaldirektion der Naturwissenschaftlichen Sammlungen Bayerns
und
Zoologische Staatssammlung München, 1984

SPIXIANA	Supplement 10	München, 1. November 1984	ISSN 0343-5512
----------	---------------	---------------------------	----------------

SPIXIANA

ZEITSCHRIFT FÜR ZOOLOGIE

herausgegeben von der
ZOOLOGISCHEN STAATSSAMMLUNG MÜNCHEN

SPIXIANA bringt Originalarbeiten aus dem Gesamtgebiet der Zoologischen Systematik mit Schwerpunkten in Morphologie, Phylogenie, Tiergeographie und Ökologie. Manuskripte werden in Deutsch, Englisch oder Französisch angenommen. Pro Jahr erscheint ein Band zu drei Heften. Umfangreiche Beiträge können in Supplementbänden herausgegeben werden.

SPIXIANA publishes original papers on Zoological Systematics, with emphasis on Morphology, Phylogeny, Zoogeography and Ecology. Manuscripts will be accepted in German, English or French. A volume of three issues will be published annually. Extensive contributions may be edited in supplement volumes.

Redaktion – Editor-in-chief
Priv.-Doz. Dr. E. J. FITTKAU

Schriftleitung – Managing Editor
Dr. L. TIEFENBACHER

Manuskripte, Korrekturen und Besprechungsexemplare sind zu senden an die

Manuscripts, galley proofs, commentaries and review copies of books should be adressed to

Redaktion SPIXIANA
ZOOLOGISCHE STAATSSAMMLUNG MÜNCHEN
Maria-Ward-Straße 1 b
D-8000 München 19, West Germany

(ab 1985:
Münchhausenstraße 21, D-8000 München 60)

SPIXIANA – Journal of Zoology
published by
The State Zoological Collections München

Tropische Regenwälder – eine globale Herausforderung –

Herausgegeben von
W. Engelhardt und E. J. Fittkau

Schriftleitung: L. Tiefenbacher

Generaldirektion der
Naturwissenschaftlichen Sammlungen Bayerns
und
Zoologische Staatssammlung

München, 1984

Die vorliegenden Beiträge sind erweiterte Niederschriften der Referate, die anlässlich eines Regenwald-Symposiums vom 12. 9.–13. 9. 1983 im Rahmen der IV. Internationalen Gartenbauausstellung (IGA) in der Bundesrepublik Deutschland (München, 28. April bis 9. Oktober 1983) gehalten wurden.

Wissenschaftliche Leitung des Symposiums:

Prof. Dr. W. Engelhardt

Generaldirektor der Naturwissenschaftlichen Sammlungen Bayerns, München

Priv.-Doz. Dr. E. J. Fittkau

Direktor der Zoologischen Staatssammlung, München

Gesamtherstellung: Gebr. Geiselberger, Altötting

SPIXIANA	Supplement 10	47-54	München, 1. November 1984	ISSN 0343-5512
----------	---------------	-------	---------------------------	----------------

Tropischer Regenwald – Die Zusammenhänge –

Von E. J. Fittkau

Zoologische Staatssammlung, München

1. Einführung

Wie wohl keine andere Großlandschaft unserer Erde ist die des tropischen Regenwaldes in ihrem strukturellen und funktionellen Aufbau bis in die jüngste Zeit mißverstanden und mißdeutet worden und sie wird nicht zuletzt deshalb heute so intensiv mißbraucht und mißhandelt.

Wo bei uns Getreide wächst, wo unsere Dörfer, Städte und Fabriken stehen, wucherten früher einmal auch Wälder; sie waren nicht vergleichbar mit unseren heutigen Forsten, sie waren Urwälder, deren Beseitigung für unsere Vorfahren ein jahrhundertlanges, lebensnotwendiges Anliegen war. Man mag uns deshalb das Recht absprechen, den Finger zu heben und zu mahnen, wie das diese Veranstaltung tun will; man mag uns das Recht absprechen, uns einzumischen in wirtschafts- und bevölkerungspolitische Probleme anderer, wie man früher sagen konnte, ferner Länder. Möge diese Tagung deutlich machen, daß wir nicht nur ein Recht, sondern auch eine Pflicht haben, uns mit der in der Tat die Kontinente überschreitenden Problematik auseinanderzusetzen, sei es, weil wir heute noch die Nutznießer einer unverantwortlichen Waldzerstörung in den Tropen sind, sei es, daß wir in naher Zukunft mitzutragen haben werden an den irreparablen globalen, ökologischen Schäden, deren Entstehung wir teilweise mitverschuldet, in jedem Fall mitgeduldet haben.

2. Variationen der Fruchtbarkeit

Das Mißverständnis der Tropen ist nicht zuletzt auch heute noch schwer auszuräumen, weil tropische Regenwälder ein breites Spektrum verschiedener Waldformationen in dem breiten weltumspannenden äquatorialen Gürtel der Tropen umfassen, die jeweils an sehr unterschiedliche topographische und auch klimatische Voraussetzungen gebunden sind.

Die regional zum Teil stark voneinander abweichenden ökologischen Voraussetzungen haben von alters her eine sehr unterschiedliche Nutzung der tropischen Waldgebiete durch den Menschen bedingt oder ermöglicht und sind am stärksten in der Qualität der Böden manifestiert.

In jenen Gebieten, wo die Fruchtbarkeit der Böden, d. h. das Nährstoffangebot, eine langzeitliche und kontinuierliche landwirtschaftliche Nutzung garantiert, hat der Mensch auch in den Tropen schon vor Jahrhunderten oder auch vor Jahrtausenden den ursprünglichen Wald vernichtet. Dort finden wir heute Kulturlandschaften vor dem Hintergrund alter Hochkulturen. Es sei erinnert an Südostasien, z. B. an Java und seine jungen vulkanischen Berglandschaften. Dank einer durch Terrassenkulturen künstlich gedämpften und in Grenzen gehaltenen Erosion gibt es dort Nahrung für weit mehr als 200 Menschen pro Quadratkilometer. Nicht weniger dicht besiedelt sind die Niederungsgebiete Indochinas, die immer wieder nährsalzreiches Wasser und Sedimente aus den nördlichen Hochgebirgen des Himalaja erhalten. Nicht einmal die sich immer wiederholenden und die Bevölkerung dezimierenden Hochwasserfluten vermochten bis heute die Menschen aus diesen dauerfruchtbaren Landschaften zu verdrängen.

3. Extremfall Amazonien

Dort, wo die Wälder auf unfruchtbaren, für landwirtschaftliche Nutzung nur mehr oder weniger oder gar nicht geeigneten Böden stehen, haben sie sich bis in unsere Zeit natürlich erhalten. Der Mensch hat in ihnen nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen können. Das tropische Niederungsgebiet, das Amazonasbecken, hat niemals eine Hochkultur, die auch nur annähernd vergleichbar mit einer asiatischen wäre, hervorgebracht. Die südamerikanischen, präkolumbianischen Hochkulturen konnten sich nur in den Oasen der Wüsten der Westseite der Andenkette und auf den montanen waldarmen z. T. vielleicht sogar waldfreien Hochflächen der Kordillere ausbilden.

Amazonien, insbesondere der zentrale Teil, ist bis heute der menschenärmste Großraum nach den Kälte- und Trockenwüsten der Erde geblieben. Amazonien gilt dort schon als dichtbesiedelt, wo hundertmal weniger Menschen wohnen als auf Java. In Zentralamazonien sind es 1 000 bis 10 000mal weniger. Die Menschenleere hat ganz offensichtlich ökologische Ursachen.

Inzwischen wissen wir, daß in Zentralamazonien großflächig extrem nährstoffarme Böden vorkommen (FITTKAU 1971; FURCH & KLINGE 1982; KLINGE 1976a, 1976b; SIOLI 1954, 1968, 1983). Dieser Superlativ ist eine bittere Erkenntnis, steht aber zweifellos mit der Tatsache in enger Beziehung, daß wir dort heute noch das größte geschlossene Regenwaldgebiet der Erde vorfinden. Seine Unbrauchbarkeit für die landwirtschaftliche Nutzung war bislang ganz offensichtlich sein bester Schutz. Es ist selbst den Ökologen schwergefallen, die extreme Nährstoffarmut der Böden Amazoniens mit den sonst so bekannten anderen Superlativen dieser Regionen in Verbindung zu bringen. Wir finden dort eine überwältigende Vielfalt an Pflanzen- und Tierarten nebeneinander. Mehrere hundert verschiedene Baumarten und Palmen pflegen auf einem Hektar zu stehen (KLINGE 1973a). Man wußte zwar schon lange, daß ein Überangebot an Nahrungs- und Nährstoffen in einem Lebensraum eine an Pflanzen- und Tierarten arme, wenn auch an Biomasse reiche Lebensgemeinschaft bedingt, daß aber Artenreichtum bei Tieren auch mit geringem Nahrungsangebot gekoppelt sein kann, ist eine noch sehr junge Erfahrung. Gerade diese Erfahrung führt uns, wie noch zu zeigen sein wird, zum eigentlichen ökologischen Verständnis des tropischen Regenwaldes und aller sich aus seiner Nutzung ergebenden Probleme.

Es ist den Geographen und Bevölkerungspolitikern nicht zu verübeln, daß sie noch vor dem letzten Krieg in Amazonien einen Lebensraum für Milliarden von Menschen sahen und daß die Politiker diese Vorstellung aufgegriffen haben, um Lebensraum für die in den letzten Jahrzehnten so stark angewachsene Weltbevölkerung zu schaffen (HOPP 1954). Noch vor zwanzig Jahren brauchte man mit einer Propellermaschine fast einen ganzen Tag für den Flug von Manaus nach der neuen Stadt Brasilia. Es war ein Flug über einen unendlichen grünen Teppich völlig ungestörter Waldlandschaft. In solcher Situation konnte man die Auffassung der Brasilianer nachempfinden, *Deos é Brasileiro, Gott ist Brasilianer*, er hat uns das große Land geschenkt, mit dem unermesslichen Wald, eine große Garantie für die Zukunft seines Volkes.

Fassen wir zusammen: trotz offensichtlicher Artenfülle und wuchernden Wachstums der Vegetation ist die tropische Regenwaldlandschaft nur ausnahmsweise in ein landwirtschaftliches Produktionsgebiet umwandelbar.

Artenfülle, insbesondere im tierischen Bereich, hat auch nichts mit der angeblichen Menschenfeindlichkeit des tropischen Regenwaldes zu tun, um noch einem weiteren weitverbreiteten Irrtum entgegenzutreten. Mir sind zwar keine Berichte und Bücher bekannt, die den asiatischen oder den afrikanischen Regenwald als Urwaldhölle oder grüne Hölle schildern, mit großer Hartnäckigkeit wird aber bis heute bei uns von den Medien und einer gewissen Reiseliteratur unter diesen Schlagworten immer wieder die Vorstellung von dem menschenmordenden amazonischen Dschungel lebendig gehalten. Es wimmelt von gefährlichen Tieren, bösen Eingeborenen und nicht zuletzt kommt noch das ungesunde, unerträgliche Klima hinzu. Die Geschichten von der unmenschlichen Wildnis lassen sich leicht bis zur Gummizeit zurückverfolgen, in jene Phase vor hundert Jahren, in der Amazonien einen run auf sein schwarzes Gold erlebte, als die aufkommende Industrie in Europa und Nordamerika bereit war, jeden

Preis für den Rohkautschuk zu zahlen. Die Vorkommen waren begrenzt. Abenteurer aus aller Welt durchkämmten das unermessliche weite Gebiet oft ohne Erfolg, denn Gummibäume wachsen nur auf dauerfruchtbaren Böden, somit fast nur auf dem Schwemmland in den Tälern jener Flüsse, die nährstoffhaltige Sedimente und Wasser aus den amazonischen Randgebieten liefern. Viele der Gummisucher scheiterten auf ihren Sammelexpeditionen an Unterernährung. Der Wald lieferte ihnen in weiten Gebieten weder genug Fleisch noch Fisch, vor allem aber keine pflanzliche Nahrung, keinen genießbaren Palmito, keine Früchte. An einem Nebenfluß des Rio Negro, nur etwa hundert Kilometer entfernt von Manaus, kennen die dortigen Anwohner einen Friedhof mitten im gummibaumfreien Waldgebiet, wo etwa zwei Dutzend Gummisucher ruhen, gestorben an Beri Beri, an Vitaminmangel. Das Problem des Überlebens jener Menschen war das der Ernährung abseits der wenigen Zivilisationszentren, in denen importierte Lebensmittel zur Verfügung standen. Noch vor zwanzig Jahren, als Manaus kaum mehr als 100000 Einwohner zählte, konnte sich diese Hauptstadt eines Landes von der siebenfachen Größe der Bundesrepublik und einer Einwohnerzahl von einer halben Million nicht aus dem Lande selbst versorgen.

4. Exodus der Kautschukproduktion

Wohl nichts beleuchtet mehr die großregionalen ökologischen Unterschiede der tropischen Waldgebiete wie die weitere Entwicklung der Kautschukproduktion, die sich innerhalb einer kurzen Frist von Amazonien nach Südostasien verlagerte. Im selben Jahr, als der erste Plantagenkautschuk auf den Markt kam, fiel Amazonien wieder in seine jahrhundertealte wirtschaftliche Bedeutungslosigkeit zurück. Erst in einer Zeit, in der der Mensch bereits den Mond betreten hatte, und mit intensiven Anstrengungen, die wiederum von außen, nicht aus dem betroffenen Gebiet selbst kamen, hat man Amazonien aus dem wirtschaftlichen Dornröschenschlaf geweckt. Den Kuß des Prinzen mag man eher mit einer Vergewaltigung vergleichen. Manaus, nachdem es Ende der 60er Jahre Freihafen geworden war und inzwischen nahezu eine Million Einwohner zählt, lebt weiterhin ausschließlich von der Zufuhr von außerhalb der Region produzierter Lebensmittel. Es gleicht damit dem ihn umgebenden Wald, der, wie noch zu zeigen ist, ebenfalls von Stoffen lebt, die von außen kommen. Ob die Zufuhr allerdings so dauerhaft ist wie der Regen, der den Wald versorgt, wird die Zukunft zeigen.

Bis heute hat der amazonische Rohkautschuk nur einen minimalen Anteil an der Weltproduktion trotz jahrzehntelanger übergroßer Bemühungen, Plantagen nach dem asiatischen Muster aufzubauen. Man erinnere sich nur an die gescheiterten Fordplantagen! In Asien, teilweise auch in Afrika, also nicht im Ursprungsland des Gummibaumes, gehören Gummiplantagen zu den Selbstverständlichkeiten tropischer Waldgebiete.

5. Rohstoff Holz

Was für die Nutzungsmöglichkeit des Kautschuks gilt, trifft für die des Holzes in vergleichbarer Weise zu. Trotz der ungeheuren Ausdehnung seiner Wälder hat Holz aus dem Amazonasgebiet bisher nur eine unbedeutende Rolle auf dem internationalen Markt gespielt, dies aber zweifellos nicht aufgrund mangelnder Initiativen, sondern aufgrund der speziellen Struktur seiner Wälder. Selbst Brasilien bezieht derzeit angeblich nur etwa 10% seines Holzbedarfs aus Amazonien.

Als Belgien seinen Einfluß über den Kongo verlor, versuchten Holzhändler von dort ins Amazonasgebiet auszuweichen; enttäuscht gaben sie schnell ein solches Vorhaben auf. Die Aussicht, vergleichbar günstig wie in Afrika arbeiten zu können, schien ihnen nicht gegeben.

6. Zusammenhänge im Ökosystem Regenwald

6.1 Erdgeschichtliches Werden

Wenn im folgenden versucht werden soll, ökologische Zusammenhänge im Regenwald selbst aufzuzeigen und dabei schwerpunktmäßig auf die südamerikanischen feuchten Tropen Bezug genommen wird, hat dies seine guten Gründe.

Daß es dort das weitaus größte noch ungestörte Regenwaldgebiet der Erde gibt, dessen Zerstörung allerdings heftig und auf weiter Front eingesetzt hat, weiß man hinreichend. Weniger bekannt dürfte sein, daß die Hylea, das amazonische Waldland, trotz seiner ungeheuren Ausdehnung im Vergleich mit den übrigen feuchten Tropen der Welt geographisch und ökologisch äußerst einfach gegliedert und überschaubar ist. Entscheidend jedoch bleibt, daß man in dieser Großlandschaft das ausgereifteste tropische Regenwaldbiom der Erde vorfindet. In dem tektonisch relativ ungestörten Gebiet konnten sich über hundert Millionen Jahre hinweg die Wälder großflächig entwickeln und Pflanzen und Tiere die artenreichsten und kompliziertesten Ökosysteme aufbauen. Die tertiäre Auffaltung der Anden am äußersten Rand des Kontinents scheint sich nicht nachteilig auf die Fauna und die Flora der stabilen Urgebirgsschilde ausgewirkt zu haben. Weite Teile Südostasiens lagen zur gleichen Zeit im Zentrum starker Auffaltungen und vulkanischen Geschehens.

In Afrika läßt sich eine allmähliche Austrocknung des Kontinents in geologisch junger Zeit verfolgen, die zu einer beträchtlichen Schrumpfung der dortigen äquatorialen Regenwaldgebiete geführt hat. Auch in Südamerika sind für den Verlauf des Tertiär und vor allem während der Eiszeiten Klimaschwankungen nachgewiesen. Es ist anzunehmen, daß sie mehrfach zum Zerfall der heutigen, weitgehend geschlossenen Hylea in isolierte Waldareale führten. Diese Waldareale sind immer wieder verschmolzen, wobei die in der Isolation neu entstandenen Arten ausgetauscht werden konnten. Die Verbreitungsmuster vieler Tierarten scheinen diese Vorstellung zu bestätigen (BOULIERE 1983, HAFFER 1969, 1983). Während die Klimaänderungen Afrikas letztlich zu einer Verminderung der Regenwaldflora und -fauna beitrugen, weil offensichtlich die geschrumpften Waldgebiete zu klein wurden, dürften sie in Südamerika in der erwähnten Weise zu der heutigen Artenakkumulation geführt haben. Daß die entstandenen Arten in solch großer Zahl nebeneinander weiterexistieren konnten, gehört zu den phänomenalen Erscheinungen der Tropen (FITTKAU 1973, 1974).

Von grundlegender Bedeutung für die Entwicklung der Hylea waren die schon im Mesozoikum mehr oder weniger stark eingeebneten alten Kontinentalflächen des Guayana- und des Brasilianischen Schildes, die beide durch eine weite Niederung, einen geologisch sehr alten Grabenbruch, getrennt sind, in dem heute, parallel zum Äquator, der Amazonas fließt. Das Niederungsgebiet konnte sich am Ende des Tertiärs, als der Amazonas noch in umgekehrter Richtung floß, im Zuge der Andenauffaltung stark nach Westen ausdehnen. Schon zur Zeit der Entstehung der Wälder wurde im Bereich des Grabenbruches aus den Schilden stammendes, meist schon stark ausgewaschenes und ausgewittertes Erosionsmaterial abgelagert. Schwache Hebungen oder auch Senkungen, teilweise auch starke Änderungen des Meeresspiegels ließen riesige Sumpfgebiete oder auch flache, nicht mehr überflutbare Ebenen entstehen, wie wir sie heute noch nebeneinander im Amazonasbecken vorfinden. Eine vermutlich spätere starke Meeresspiegelsenkung hat die zentralamazonische Sedimentationsniederung trockenfallen lassen. Sie liegt heute ca. 50 bis 100 m über Meeresniveau (FITTKAU 1974).

Aus den ausgewaschenen und ausgewitterten Sedimentgesteinen haben sich dort im weiteren Verlauf unter den feucht-tropischen Klimabedingungen über mehrere Millionen Jahre hinweg tiefgründige ausgereifte Rotlehm Böden, Oxysole, bilden können (SANCHEZ 1976).

Sie bestehen überwiegend aus kaolinitischen Tonen, die sich dadurch auszeichnen, daß sie keine Nährstoffreserven besitzen bzw. freigeben können und darüber hinaus auch nicht mehr in der Lage sind, eventuell mit dem Wasser angebotene Metallionen, Nährsalze, zu absorbieren bzw. durch Austauschvorgänge aufzunehmen (vgl. WEISCHET 1984). Diese Böden sind sehr sauer. Ihr pH-Wert liegt wenig über 4. Sie sind genauso sauer und nährstoffarm wie das Grundwasser, das in den Bächen dieser Landschaft fließt (SIOLI 1954; FITTKAU 1967).

Beide, sowohl die Böden als auch die Gewässer Zentralamazoniens sind charakterisiert durch das nahezu völlige Fehlen von Kalk. Vielfach sind Kalziumionen nicht einmal in Spuren nachweisbar (FURCH 1976; FURCH et al. 1978, 1982).

Der Wald ist offenbar hochgradig an die Oxisolböden angepaßt. Sie liefern ihm ein geeignetes physikalisches Substrat, das den Wurzeln ausreichend Festigkeit und kontinuierlich Feuchtigkeit bietet.

Auf den abgetragenen Schilden des Amazonasebietes finden sich ebenfalls Rotlehmböden, die sich jedoch aus dem anstehenden Urgestein oder den später auf ihm abgelagerten Formationen bilden konnten. In der Regel sind sie noch nicht voll ausgereift und von Tonen aufgebaut, die noch gewisse Nährstoffreserven und ein ausreichendes Ionenabsorbtiions- und Austauschvermögen zeigen. Ihr Nährstoffreichtum nimmt zur Peripherie, zu den Gebieten der Wasserscheiden mit dem weniger ausgeglichenen Relief, und damit stärkeren Erosionsmöglichkeiten zu. Das aus ihnen abfließende Grundwasser ist erheblich reicher an gelösten Salzen und zeigt meist einen pH-Wert um 6. Eingestreut zwischen die Lehmböden der tertiären Niederungen und auch auf den Schilden finden sich teilweise großflächige Bleichsandgebiete mit Podsolböden, die an unsere Heidelandschaft erinnern. Aufgrund ihres schlechten Wasserhaltevermögens und eines unregelmäßigen Grundwasserstandes wachsen auf ihnen nur noch artenarme Gras- und Baumsavannen (KLINGE 1976a).

6.2 Nährstoffmangel

Auch in anderen Teilen der Tropen, in Afrika und Asien, z. B. im Kongo und auf Borneo, gibt es alte abgetragene Landschaftsformationen und Sedimentationsniederungen. Niemals sind sie so großflächig ausgebildet wie in Südamerika. Weder die Böden noch das Wasser dieser Gebiete zeigen im allgemeinen eine solch extreme Nährstoffarmut wie die von Zentralamazonien. Sie erhalten in der Regel eine ständige Nährstoffzufuhr durch Erosionsmaterial aus den sie umgebenden geochemisch besser versorgten Gebieten mit anstehendem Gestein und jungen Böden.

Die nährstoffärmsten Landschaften Asiens und Afrikas dürften immer noch in ihrem Nährstoffangebot dem der nördlichen und südlichen Randgebiete Amazoniens entsprechen und damit deutlich über dem Zentralamazoniens liegen. Zusammenfassend kann man sagen, je älter, je abgetragener und flacher, aber auch je ausgedehnter eine Tropenlandschaft ist, um so nährstoffärmere Böden werden sich ausbilden können.

Wenn man davon ausgeht, daß es zur Bildung derart ausgereifter und gealterter Tonböden, wie sie z. B. in Zentralamazonien großflächig gegeben sind, nur unter feuchttropischen Bedingungen kommt, darf man erwarten, daß auch die Wälder, die ihnen angepaßt sind, einen ihnen eigenen, spezifischen tropischen Charakter haben.

6.3 Artenvielfalt

Er äußert sich am deutlichsten in der schon erwähnten überaus großen Vielfalt von verschiedenen nebeneinander, man ist versucht zu sagen, in „geordnetem Durcheinander“ wachsenden Baumarten. So wurden auf den nährstoffärmsten Oxisolen der Region, im Hinterland von Manaus, bei einer sehr genauen Bestandsaufnahme auf 2000 m² über 500 Arten von Bäumen, Palmen und Lianen festgestellt (KLINGE 1973a). Hätte man einen ganzen Hektar erfaßt, wäre die Zahl sicherlich auf weit über 600 Arten angestiegen. Das ist das Hundertfache dessen, was wir an Holzpflanzen in unseren Forsten finden und wohl das 20fache an Arten unserer früheren Urwälder. Es ist verständlich, daß diese hohe Diversität rapide dort zurückgeht, wo die Lehmböden in podsole Bleichsandböden übergehen. Auf den ersten Eindruck hin scheint es aber unverständlich, daß die Artenzahl auch auf den Rotlehmen abnimmt, sobald sie nährstoffreicher werden, ohne daß eine gravierende Änderung anderer Umweltfaktoren erkennbar ist, d. h. die Artendichte der Bäume nimmt von Zentralamazonien zur Peripherie hin ab. Die Artenarmut wird besonders dort auf den Schilden auffällig, wo mesozoische Diabase das Urgestein bedecken. Die Böden, die sich aus dem vulkanischen Gestein gebildet haben, dürften die nährstoffreichsten der Region sein. Auf ihnen können u. a. Paranaußbäume (*Bertholecia excelsa*) nahezu bestandsbildend auftreten.

Gehen wir zurück nach Zentralamazonien: Die entscheidende, wenn nicht einzige Nährstoffquelle für den Wald dort ist der Regen. Für die Existenz des Ökosystems ist es daher bei einer derart angespannten Nährstoffversorgung notwendig, alles daran zu setzen, die in der lebenden und toten organischen Substanz gespeicherten Nährstoffe dem System zu erhalten und die geringen Mengen mit dem Niederschlag von außen angebotenen Mineralsalze aufzufangen. Nur so läßt sich der unvermeidbare Verlust von freigewordenen, gelösten Stoffen, die vom Grundwasser aus dem System getragen werden, kompensieren.

Eine Reihe von Strategien sind erkennbar, um möglichst sparsam mit den biogen gebundenen und verfügbaren Nährstoffen umzugehen. Strategien, die helfen, den Nährstoffkreislauf so eng wie nur möglich zu schließen. Eine dieser Sparmaßnahmen zielt offensichtlich darauf ab, Tiere, insbesondere Pflanzenfresser, aus dem Stoffkreislauf so weit wie möglich auszuschalten. Blätter und Holz werden mit hochmolekularen Verbindungen vergiftet oder stark gehärtet und so vor Fraß gesichert. Die Samen und Früchte bleiben meist klein und gering an Zahl und werden darüber hinaus häufig durch fraßfeste Verpackungen geschützt. Nur ein Heer von Insekten, das im Wald bei mechanischem und chemischem Abbau des Holzes tätig wird, hat sich äußerst stark entfalten können; selbstverständlich werden sie von einer Vielzahl räuberischer Klein- und Großtiere kontrolliert (FITTKAU und KLINGE 1973).

Alten Blättern werden möglichst viele Nährstoffe entzogen, bevor sie zu Boden fallen. Das die Streu zusammensetzende Material ist schließlich so nährstoffarm, daß sich sein Abbau nur noch mit Hilfe von Pilzen vollziehen kann. Die Bodenfauna lebt nicht direkt von der Streu, sondern von den sie abbauenden Pilzen. Vielfach sind es Pilzarten, die Mycorrhizen bilden, die die freiwerdenden Nährstoffe auf dem direkten Wege von der Laubstreu in die Leitbahnen der Bäume bringen (HERRERA et al. 1977, 1978a, b). Das Feinwurzelsystem der Bäume befindet sich in der allerobersten Bodenschicht, aus der es direkt in die aufliegende Streu reicht. Unterhalb dieser Wurzelschicht ist es z. B. nicht mehr möglich, selbst in Spuren, Kalzium nachzuweisen (KLINGE 1973b, 1976a, 1977).

Der Entzug der Nährstoffe aus dem Regen setzt ein, sobald die Regentropfen auf die Blätter fallen. In den tieferen Etagen des Waldes sind die Blätter z. T. dicht mit Algen und Moosen bewachsen, so daß ihre Oberfläche rau und vergrößert ist. Wenn das Wasser auf den Boden gelangt, sind ihm die meisten seiner Nährstoffe schon entzogen. In Zentralamazonien erhält auf diese Weise ein Hektar Regenwald im Laufe eines Jahres ca. 3–4 kg Kalziumionen (ANONYM 1972). Dort, wo regelmäßig Regenwasser am Stamm abläuft, wachsen häufig Wurzelgewebe aus dem Boden dem Wasserstrom entgegen. Nicht nur Epiphyten, auch Palmen fangen mit ihren entsprechend abgespreizten Blättern Streu auf und bringen sie in ihre Stammnähe, so daß sie bei dem Abbau des Materials an die Mineralstoffe gelangen können (FITTKAU 1983).

Je mehr es dem Ökosystem „gelingt“ die autochthonen, bei der Remineralisation freiwerdenden Nährstoffe zurückzuhalten, bzw. die allochthonen, die mit dem Regen angeboten werden, aufzufangen, desto gesicherter ist seine Kontinuität. Die Abnahme der Artenvielfalt, die sich mit der Zunahme der Nährstoffreserven der Böden einstellt, gibt den Hinweis, daß eine hohe Diversität, eine große Artenvielfalt, eine Reaktion auf die Nährstoffarmut sein muß. Eine Vegetationsdecke, die sich aus einer großen Vielzahl ähnlich sich verhaltender Arten zusammensetzt, scheint hier wie ein ökologischer Filter zu wirken, dessen Effektivität und Filterdichte sich mit zunehmender Artenzahl vergrößern. Ein enges Nebeneinander verschiedenster Arten scheint zu garantieren, daß zu jeder Jahres- und Tageszeit eine ausreichende Zahl von ihnen aktiv ist, in unterschiedlicher Weise den Nährstoffkreislauf geschlossen hält und so in der Lage ist, dem Regen die Nährstoffe zu entziehen (FITTKAU 1970, 1974a).

Die in Zentralamazonien besonders deutlich erkennbaren, spezifisch tropischen ökologischen Prinzipien bestimmen mehr oder weniger stark auch die Ökosysteme aller uns noch verbliebenen Regenwälder anderer Standorte und Kontinente. Wie schon eingangs ausführlich betont, stehen sie alle, von wenigen Ausnahmen abgesehen, auf nährstoffarmen Böden.

Mit der Zerstörung der Wälder auf den nährstoffarmen Böden, von denen wir wissen, daß sie, wenn überhaupt, nur kurzzeitig landwirtschaftlich nutzbar sind, vernichtet man irreversibel die dort gegebene einmalige Artenvielfalt. Aber nur eine artenreiche Vegetationsdecke scheint nach heutigem Wissen in der Lage zu sein, eine Degeneration der Böden und die damit verbundene Erosion verhindern zu können. Die kaolinitischen Böden sind aufgrund ihrer Mineralstruktur nicht durch Düngung zu verbessern. Sind sie direkter Sonnenbestrahlung und Regen ausgesetzt, wird der Ton rasch oberflächlich abgespült und eine starke Versandung setzt ein, die den gesamten Erosionsprozeß weiter beschleunigt. Die Bodenabtragung unter einer natürlichen Regenwalddecke beträgt weniger als eine Tonne pro Jahr und Hektar; nach Entfernung des Waldes kann sich dieser Wert 100- bis 1000fach vergrößern; bei Viehweiden sind es 20 bis 200, bei Feldern 1000 und mehr Tonnen. Geschieht die Waldvernichtung großflächig, und es gibt bereits viele Versuche in dieser Richtung in Amazonien, um vor allem Weideland zu gewinnen, wird sich kaum noch in von uns abschätzbaren Zeiträumen eine funktionsfähige Vegetationsdecke wieder ausbilden können, eine Vegetationsdecke, die in der Lage wäre, wieder so Nährsalze zu akkumulieren und in der Biomasse zu binden, daß eine weitere Degradierung der Landschaft verhindert würde. Sie wird sich nicht ausbilden können, weil die genetischen Reserven verschwunden oder zu weit entfernt sind, um ein neues funktionsfähiges Ökosystem entstehen lassen zu können. Mit Sicherheit sind heute schon unzählige Pflanzen und Tierarten ausgerottet worden, ohne daß man von ihnen Kenntnis genommen hat. Die Mehrzahl der Baumarten hat nur ein kleines Verbreitungsgebiet. Ihre Fortpflanzungsmechanismen sind z. T. hochkompliziert und nur in einem ungestörten Wald funktionsfähig. Eine sogenannte „Verbesserung“ des Waldes vorzunehmen, wie es Ludwig am unteren Amazonas großflächig mit *Gmelina* und *Pinus* Monokulturen versucht hat, kann nur kurzfristig der Papierindustrie dienen. Eine Degradierung der Böden läßt sich auf halbwegs guten Böden – bei allem was wir wissen – bei einer solchen Nutzung nicht verhindern.

Wir dürfen nicht den weitverbreiteten Fehler machen und von unseren Verhältnissen in der gemäßigten Zone auf die Tropen schließen. Unsere artenarmen Wälder stehen auf Böden, die sich unter den bei uns gegebenen klimatischen Bedingungen dauerhaft und mit Methoden nutzen lassen, die für die Tropen ungeeignet sind.

7. Globale Bedeutung und Konsequenzen

Stirbt der tropische Regenwald in den nächsten fünf Jahrzehnten, wie die Statistiker es vorrechnen, sind vielfältige globale Auswirkungen zu erwarten. Wir wissen nicht, ob und wie sich das Klima verändern wird, wir wissen auch nicht, ob es dabei zu einer gravierenden CO₂-Anreicherung in der Atmosphäre kommt; wir wissen aber, daß das freigewordene Land nicht Kulturland werden wird, in dem man materielle Not und Hunger stillen kann. Wir, die wir die Zusammenhänge kennen, sollten uns bemühen zu verhindern, daß Millionen von Pflanzen und Tierarten, größte Wunder der Schöpfung, sinnlos geopfert werden und unsere Erde dadurch ärmer wird.

Literatur

Als weiterführende und umfassende Informationsquelle zur Ökologie tropischer Regenwälder und ihrer derzeitigen Situation werden die beiden folgenden Werke empfohlen:

- GOLLEY, F. B. (Ed.) 1983: Tropical rain forest ecosystems. Structure and function. – Ecosystems of the World 14A, Elsevier scientific Publ. Comp., Amsterdam, Oxford, New York, 381 pp.
- UNESCO 1978: Tropical forest ecosystems: A state – of Knowledge Report. – Nat. Resour. Res. 14, 683 pp.
- ANONYM 1972: Regenwasseranalysen aus Zentralamazonien, ausgeführt in Manaus, Amazonas, Brasilien, von Dr. Harald UNGEMACH. – Amazoniana 3: 186–198
- BOURLIER, F. 1983: Animal species diversity in tropical forests. – In: GOLLEY, F. B. (Ed.) Tropical rain forest ecosystems. Structure and function. – Ecosystems of the World 14A, Elsevier: 77–91

- FITTKAU, E. J. 1967: On the Ecology of Amazonien rain-forest streams. – Atas do Simposio sobre a Biota Amazoniana 3 (Limnologia): 97–108
- — 1970: Role of the caimans in the nutrient regime of mouthlakes of Amazon affluents (an hypothesis). – Biotropica 2: 138–142
- — 1971: Ökologische Gliederung des Amazonasgebietes auf geochemischer Grundlage. – Münster. Forsch. Geol. Paläont. 20/21: 35–50
- — 1973: Artenmannigfaltigkeit amazonischer Lebensräume aus ökologischer Sicht. – Amazoniana 4: 321–340
- — 1974: Zur ökologischen Gliederung Amazoniens I. Die erdgeschichtliche Entwicklung Amazoniens. – Amazoniana 5: 77–134
- — 1982a: Der tropische Regenwald – Kulturraum und Rückzugsgebiet des Menschen. – In Kindlers Enzyklopädie „Der Mensch“ 2. Band: 451–490
- — 1982b: Struktur, Funktion und Diversität zentralamazonischer Ökosysteme – Arch. Hydrobiol. 95: 29–45
- — 1983: Grundlagen der Ökologie Amazoniens – Versuch einer Zusammenschau – Spixiana/Suppl. 9: 201–218
- — & H. KLINGE 1973: On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain-forest ecosystem. – Biotropica 5: 2–14
- FURCH, K. 1976: Haupt- und Spurenmetallgehalte zentralamazonischer Gewässertypen. – Biogeographica 7: 27–43
- — & H. KLINGE 1978: Towards a regional characterisation of the biogeochemistry of alkali- and alkali-earth metals in Northern South America. – Acta Cient. Venezolana 29: 434–444
- HAFFER, J. 1969: Speciation in Amazonian forest birds. – Science 165: 131–137
- — 1983: Ergebnisse moderner ornithologischer Forschung im tropischen Amerika. – Spixiana/Suppl. 9: 117–166
- HERRERA, R., T. MARINA, N. STARK & C. JORDAN 1977: Nutrient recycling by endomycorrhiza in an Amazonian rain-forest: first evidence. – Paper presented to IV. Int. Symp. Trop. ecol., Panama, 1977.
- — , C. F. JORDAN, H. KLINGE & E. MEDINA 1978a: Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. – Interciencia 3: 223–232
- — , T. MERIDA, N. STARK & C. F. JORDAN 1978b: Direct phosphorus transfer from leaf litter to roots. – Naturwiss. 65: 208–209
- HOPP, W. 1954: Amazonien, Atlantis der Zukunft. – Safari-Verl. Berlin.
- IRION, G. 1976: Mineralogisch-geochemische Untersuchungen an der pelithischen Fraktion amazonischer Oberböden und Sedimente. – Biogeographica 7: 7–25
- JORDAN, C. F., F. GOLLEY, J. D. HALL & J. HALL 1979: Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an Amazonian rain-forest. – Biotropica 12: 61–66
- KLINGE, H. 1973a: Struktur und Artenreichtum des zentralamazonischen Regenwaldes. – Amazoniana 4: 283–292
- — 1973b: Root mass estimation in lowland tropical rain forest of Central Amazonia. I.-Trop. Ecol. 14: 29–38
- — 1976a: Nährstoffe, Wasser und Durchwurzelung von Podsolen und Latosolen unter tropischem Regenwald bei Manaus, Amazonien. – Biogeographica 7: 45–58
- — 1976b: Bilanzierung von Hauptnährstoffen im Ökosystem tropischer Regenwald (Manaus) – Vorläufige Daten – Biogeographica 7: 59–70
- — 1977: Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in an neotropical rain-forest. – Amazoniana 6: 193–202
- — & E. J. FITTKAU 1972: Filterfunktionen im Ökosystem des zentralamazonischen Regenwaldes. – Mitt. dtsh. bodenk. Ges. 16: 130–135
- SANCHEZ, P. A. 1976: Properties and management of soils in the tropics. – Wiley, New York, 619 p.
- SIOLI, H. 1954: Betrachtungen über den Begriff der „Fruchtbarkeit“ eines Gebietes anhand der Verhältnisse in Böden und Gewässern Amazoniens. – Forsch. und Fortsch. 28: 65–72
- — 1968: Zur Ökologie des Amazonas-Gebietes. – In: FITTKAU, ILLIES, KLINGE, SCHWABE, SIOLI (eds.), Biogeography and Ecology in South America, Vol. I. – Monographiae Biologica 18: 137–170
- — 1983: Amazonien – Grundlagen der Ökologie des großen tropischen Waldlandes. – Wiss. Verlagsgesellsch. Stuttgart, 64 Seiten.
- WEISCHET, W. 1980: Die ökologische Benachteiligung der Tropen. – Stuttgart 1980, 2. Auflage
- — 1984: Die klimatischen und ökologischen Bedingungen des Fortbestehens des immergrünen tropischen Regenwaldes. – Spixiana/Suppl. 10: 55–76
- WENT, F. W. & N. STARK 1968: The biological and mechanical role of soil fungi. – National Acad. Proc. – Sci. 60: 497–505

Anschrift des Autors: Priv.-Doz. Dr. E. J. Fittkau,
 Zoologische Staatssammlung, Maria-Ward-Str. 1b, D-8000 München 19

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Spixiana, Zeitschrift für Zoologie, Supplement](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [010](#)

Autor(en)/Author(s): Fittkau Ernst Josef

Artikel/Article: [Tropischer Regenwald - Die Zusammenhänge 47-54](#)