

5761s
NH

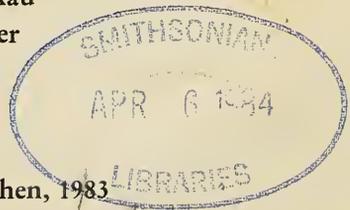


SPIXIANA

Zeitschrift für Zoologie

Festschrift
zu Ehren von
Dr. Johann Baptist Ritter von Spix

Herausgegeben von E. J. Fittkau
Schriftleitung L. Tiefenbacher



Zoologische Staatssammlung München, 1983

SPIXIANA	Supplement 9	München, 15. Dezember 1983	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

Redaktionsbeirat – Editorial board

Dr. F. BACHMAIER

Dr. M. BAEHR

Dr. E. G. BURMEISTER

Dr. W. DIERL

Dr. H. FECHTER

Dr. R. FECHTER

Dr. U. GRUBER

Dr. R. KRAFT

Dr. J. REICHHOLF

Dr. F. REISS

Dr. G. SCHERER

Dr. F. TEROFAL

Dr. L. TIEFENBACHER

Dr. I. WEIGEL

Manuskripte, Korrekturen und Besprechungs-exemplare sind zu senden an die

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

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

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

**Festschrift
zu Ehren von
Dr. Johann Baptist Ritter von Spix**

**Herausgegeben
von
E. J. Fittkau**

Schriftleitung L. Tiefenbacher

Zoologische Staatssammlung München, 1983



Original im Besitz der Bayer. Akad. d. Wiss., München

Wälder und Waldökosysteme Amazoniens^{*)}

Von Hans Klinge

Arbeitsgruppe Tropenökologie, Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön/Holstein

Abstract

The present review of literature on the Amazon forests has shown that the terra firme forests are better known regarding their vegetation and flora than the forests of the inundation area. Important aspects, among them autecology, population dynamics and production biology of the plant species involved remain to be studied in both forest formations.

An attempt was made to study the terra firme forest of the Manaus area as an ecosystem. From the results obtained the hypothesis was derived that this particular ecosystem functions as a filter for nutrients provided by the rain. Specific and comprehensive research on forest ecosystems of the terra firme in southern Venezuela have confirmed the existence of such filter functions. Simultaneously, numerous characteristics of those ecosystems were observed which show that the forest ecosystems are well adapted to the general oligotrophy to which they are exposed.

The forest area studied in southern Venezuela measures less than 50 ha. It is equivalent to an extremely small fraction of the total area of Amazonian terra firme forests. Although a great proportion of the Amazonian terra firme is perhaps not so extremely oligotrophic like the small portion studied in Venezuela, chemical water analyses indicate the predominance of oligotrophic conditions in the Amazon. Soil surveys confirm this. Therefore, the results obtained in the study of forest ecosystems in Venezuela can be applied to the oligotrophic portion of the Amazon.

We should be aware of our ignorance on the extent, structure and functioning of forest ecosystems in the less oligotrophic and eutrophic portions of the Amazon. It is urgent to bridge these gaps and to conduct ecosystem research in other vegetation like the inundation forests and savanna.

Einleitung

Immergrüner tropischer Regenwald bedeckt eine Fläche von 7,65 Mio km² (UNESCO 1978, S. 22). Sein bei weitem größtes Areal liegt in Amazonien (RICHARDS 1957, Fig. 2, HUECK & SEIBERT 1972, RITERSHOFER 1981, SPEIDEL 1981).

Die Regenwaldfläche Amazoniens – wie auch die anderer Tropengebiete – schrumpfte in den letzten Jahren erheblich infolge von Holzeinschlag, Anlage von Agrarflächen und Straßenbau (RICHARDS 1977, MYERS 1980, STEINLEIN 1981, KOHLHEPP 1983). Hält die gegenwärtige Waldvernichtung weiter an, wird am Ende des Jahrhunderts der tropische Regenwald nahezu völlig verschwunden sein (GLOBAL 2000 1980, MYERS 1980). Dadurch entsteht u. a. ein Verlust unzähliger Tier- und Pflanzenarten (darunter auch potentielle Nutz- wie Medizinalpflanzen, s. SCHULTES 1979) sowie an dem Rohstoff Holz (BRÜNG 1980, SCHREIBER 1981), was zu einer weltweiten Änderung des Evolutionsablaufes und zu weiterem menschlichen Elend führt; vor allem aber wird dadurch unmöglich, Erkenntnisse über den Wald zu er-

^{*)} Aus der Zusammenarbeit der Abteilung Tropenökologie, Max-Planck-Institut für Limnologie, mit dem Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (I. N. P. A.), Manaus, Amazonas, Brasilien

©Zolnangen, die zu einer Minderung der negativen Folgen seiner Vernichtung hätten beitragen können (GLOBAL 2000 1980, NAT. RES. COUNC. 1980).

Eine weitere, viel diskutierte Folge der Waldvernichtung ist die Störung des Weltkohlenstoffhaushaltes durch verstärkte CO₂-Abgabe an die Atmosphäre infolge Verbrennens und Vermoderns der abgeschlagenen Pflanzenmasse des Regenwaldes (BOLIN et al. 1979, BRÜNIG 1980, GLOBAL 2000 1980, STEIN 1981, UNESCO 1981 a), die negative Rückwirkungen auf Klima und Wasserhaushalt nicht nur der an Wald verarmten Tropenregionen (für Amazonien s. STERNBERG 1968, SIOLI 1980 a, b), sondern auch der Erde insgesamt erwarten läßt. Dabei bedeutet großflächige Entwaldung in Amazonien an sich bereits einen unmittelbaren Eingriff in das amazonische Niederschlagsregime (FRANZLE 1976), weil die Hälfte des Gebietsniederschlags aus der Evapotranspiration seiner Walddecke stammt (SALATI et al. 1976).

Andererseits ist abzusehen, daß trotz Schaffung neuer Agrarflächen auf ehemaligem Waldboden die beängstigend weiterwachsende menschliche Bevölkerung dennoch nicht ausreichend mit Nahrungsmitteln wird versorgt werden können, was zusätzliche gesellschaftliche und politische Probleme zu den schon vorhandenen schafft. Denn auf lange Sicht leistungsfähige agrarische Produktionssysteme für die zumeist armen Böden der feuchten Tropen (WEISCHET 1977, 1981) wurden bisher nicht entwickelt, und die traditionelle Bodennutzung der Tropen (Waldbrandwirtschaft, ANDREAE 1965, UNESCO 1970, S. 33, 1978, S. 467 ff.) – lange Zeit als primitiv verachtet – versorgt als System der Subsistenzwirtschaft ohnedies nur die, die sie betreiben.

So lange Ökosysteme nicht als die Einheiten der Biosphäre erkannt waren (EVANS 1956, UNESCO 1970, S. 28, 207, 211/12), durch deren Studium Funktionieren und Produktivität der Biosphäre erschließbar werden (LIETH & WHITTAKER 1975), wurde die Produktionskapazität der feuchten Tropen völlig überschätzt (WEISCHET 1977). Erst mit dem Heranreifen der Erkenntnis, daß die meisten Ökosysteme der humid-tropischen Waldregion – bei sonst günstigen Lebensbedingungen – auf Böden geringer Fruchtbarkeit entwickelt und fragil sind (FARNWORTH & GOLLEY 1974), wurde einsichtig, daß für diese Bedingungen besondere Nutzungssysteme benötigt werden. Solche werden seit kurzem entworfen und erprobt (Agroforstwirtschaft, MONGI & HUXLEY 1979, HEUVELDOP 1980 a). Ein erfolgversprechendes Beispiel aus dem ekuadorianischen Amazonasgebiet wurde von BISHOP (1978, 1980) vorgestellt. Ein deutlicher Hinweis auf die Fragwürdigkeit der Bodennutzung in Amazonien in Großplantagen wurde durch das Scheitern des sog. Jari-Projektes (PALMER 1977, GREAVES 1979, GOODLAND 1980, MCINTIRE 1977, 1980, IRION 1981) gegeben, das wegen Unrentabilität vom reichen Besitzer abgestoßen wurde (Time, 25. Januar 1980, S. 49).

Daß die Kenntnis von Strukturen und Funktionsweisen tropischer Regenwaldökosysteme derzeit noch immer außerordentlich gering ist (UNESCO 1978, S. 13), haben BRÜNIG & KLINGE (1975) für die südamerikanischen Tropen gezeigt. Diese Situation hat sich seither nicht prinzipiell verändert, was daraus hervorgeht, daß der Verfasser eines Standardwerkes über die asiatischen Regenwälder (WHITMORE 1975) ein Forschungsvorhaben in den USA als beispielhaft für tropische Waldökosystemforschung empfiehlt (WHITMORE 1981) – offensichtlich mangels einer derartigen Studie in den Tropen selbst! Prächtige Bildbände (STERLING 1974, FISHER 1979, BAUMANN-PATZELT 1980, AYENSU 1981) sowie auch der für den Fachmann schier unüberschaubare Umfang der Literatur über tropische Regenwälder erwecken allerdings nur zu leicht den Eindruck weit fortgeschrittener Kenntnis über diese Waldformation und ihre Ökosysteme.

Die bestehenden Wissenslücken können nur geschlossen werden, wenn Forschungen über Ökosysteme des tropischen Regenwaldes schnell und nachhaltig verstärkt angestellt werden, so lange es noch geeignete Waldgebiete gibt (JORDAN & MEDINA 1977, PRANCE 1977 a, STOLI 1977, UNESCO 1978, S. 56, NAT. RES. COUNC. 1980). In solcher Absicht hat die UNESCO ihr Forschungsprogramm „Der Mensch und die Biosphäre“ (MAB) geschaffen (BASTISSE 1980, DI CASTRI et al. 1981, UNESCO 1981 b), in dem das Studium tropischer Waldökosysteme Priorität besitzt. Die in den ersten 10 Jahren des MAB-Programmes im Bereich der Regenwaldforschung erzielten Ergebnisse wurden von GOLLEY (1981) analysiert. GOLLEY betont, daß die Regenwaldökosysteme auf einem Nährstoffgradienten ange-

©Zoologische Staatssammlung München download: <http://www.biodiversitylibrary.org>; www.bioliniazentrum.at
ordnet sind (JORDAN & HERRERA 1981), der von „arm“ bis „reich“ verläuft, und daß wir derzeit über „arme“ Vertreter besser unterrichtet sind als über „reiche“.

Vergleicht man die Ausführungen über den neotropischen Regenwald bei RICHARDS (1957), HUECK (1966), UNESCO (1978) und GOODLAND & IRWIN (1975), so wird der Zuwachs an Kenntnissen über die südamerikanischen Regenwälder, d. h. die Hyläa ALEXANDER VON HUMBOLDT's (1916), ersichtlich. Dieser Zuwachs ist allerdings vor allem in dem Themenbereich Struktur und Floristik zu verzeichnen.

Die Mannigfaltigkeit der Wälder Amazoniens

Unsere heutige Kenntnis der Ökosysteme Amazoniens einschließlich der Wälder beruht auf einem sehr weitmaschigen Netz von Untersuchungsstellen, an denen mit stark unterschiedlicher Intensität gearbeitet wurde und wird. Fast nie wurde ein Ökosystem umfassend untersucht. Von einer fundierten, flächendeckenden Kenntnis amazonischer Ökosysteme bzw. der Ökologie Amazoniens sind wir somit noch weit entfernt (KLINGE, im Druck).

Dennoch können bereits gewisse Generalisierungen über ökologische Aspekte, speziell der Gewässer Amazoniens gemacht werden. So ist das Waldland Amazonien nicht eine einheitliche „grüne Hölle“ (GOODLAND & IRWIN 1975). Seine Ökosysteme sind vielmehr u. a. nach Klima, Topographie, Hydrologie und Böden stark differenziert. Dies spiegelt sich im phytogeographischen Bild des Waldlands (DUCKE & BLACK 1953, HUECK 1956, 1966, RIZZINI 1963, WEBER 1969, PRANCE 1977b, 1978).

Nach den hydrologischen Bedingungen werden im Tiefland allgemein zwei Gruppen von Waldtypen unterschieden: solche des Überschwemmungsgebietes und solche der nicht überschwemmbar (terra firme*) (PIRES 1973, 1974, PRANCE 1978, 1979, STERNBERG 1975, PALMER 1977, KLINGE et al. 1981). Die Unterscheidung von Landesteilen nach „überschwemmbar“ und „nicht überschwemmbar“ ist – so wesentlich sie auch ökologisch ist – völlig unzureichend, um allein als verlässliche Grundlage einer Entwicklungsplanung für den Großraum Amazonien dienen zu können, stellte mit Nachdruck der Sozialanthropologe MORAN (1981) in seiner Studie über die sozialen und ökologischen Konsequenzen der jüngsten Entwicklungspolitik für das brasilianische Amazonasgebiet fest.

1. Wälder der Überschwemmungsgebiete entlang der Flüsse

Amazonische Überschwemmungswälder werden von der ansässigen Bevölkerung seit langem nach der Qualität des Flußwassers unterschieden (AUBRÉVILLE 1951, SIOLI 1964, 1965, 1968a, JUNK 1975, STERNBERG 1975). Várzea-Wälder kommen im Bereich des Einflusses von Flüssen mit trübstoffreichem Wasser vor, Igapó-Wälder stocken längs der Flüsse mit trübstoffarmem, wenn auch oft humosem Wasser (Klar- bzw. Schwarzwasser, SIOLI 1965, KLINGE 1966, 1967). Limnologen haben die Wasserqualität in chemischer Hinsicht definiert und dabei zugleich auch die Heterogenität Amazoniens an Hand der Gewässer belegt (SIOLI 1964, 1965, 1968a, GIBBS 1967, 1970, 1972, FURCH 1976, in Vorb., FURCH & KLINGE 1978, FURCH et al., im Druck, STALLARD 1980). Erst kürzlich aber wurden wissenschaftliche Definitionen für die beiden Grundtypen der Überschwemmungswälder geliefert (IRMLER 1977, 1978a, PRANCE 1979, 1980).

Vegetation und Flora der Überschwemmungswälder können als wenig untersucht gelten (PIRES & KOURY 1959, RODRIGUES 1961, TAKEUCHI 1962, KEEL & PRANCE 1979, REVILLA, 1981). Da von den allgemeinen Strukturen und Funktionen der entsprechenden Ökosysteme so gut wie nichts bekannt war, werden seit 1980 ökologische Studien über eine Várzea-Insel einschließlich ihres Waldes von der Abteilung Tropenökologie des Plöner Institutes in Zusammenarbeit mit dem Brasilianischen Amazonasforschungsinstitut I. N. P. A. in Manaus betrieben (MPG 1981).

*) Im Spanischen tierra firme, im Portugiesischen terra firme

©Zoologische Staatssammlung München download: http://www.biodidac.org/elibra/arc/...www.biol-wissatp...fi

Überschwemmungsgebiete Amazoniens und der Tropen überhaupt wurden von der Wissenschaft stark vernachlässigt (JUNK 1981), obgleich sie für den Biologen und Ökologen ein hochinteressantes Arbeitsgebiet darstellen und die Várzea infolge der regelmäßigen Überschwemmung mit relativ nährstoffreichem Wasser zudem hoch produktiv ist (CAMARGO 1958, SIOLI 1968 b, JUNK 1970, 1981, KLINGE et al. 1981).

Ansätze zu einer Analyse der Überschwemmungswaldökosysteme wurden gemacht mit der Bestimmung des Streufalles (ADIS, 1981, ADIS et al. 1979) sowie mit Untersuchungen zum Streuabbau (IRMLER & FURCH 1979, 1980). Es liegen auch bereits Modellvorstellungen der Ökosysteme Várzea- und Igapó-Wald vor (IRMLER 1979) sowie auch eine Stickstoffbilanz des Igapó-Waldes (IRMLER, im Druck). Stellenweise wurde die Evertebratenfauna recht intensiv untersucht (IRMLER 1975, 1976, 1978 b, 1978 c, 1981, BECK 1976, JUNK 1973, 1976, ADIS 1977, im Druck b).

Die während der Hochwasserzeit z. T. kahlstehenden Várzea-Wälder wie auch die immergrünen Igapó-Wälder dürften eine Reihe individueller Waldtypen umfassen, die durch verschiedene Stadien der Sukzessionsabfolge vertreten sind. Für die gegenseitige Abgrenzung dieser Typen dürfte die mittlere Erwartung von Dauer und Höhe der Überschwemmung maßgeblich sein.

Im Unterlauf schwarzwasserführender Zuflüsse zum Casiquiare kommen kleine Waldinseln vor, die von Vertretern der Apocynaceengattungen *Ambellania* und *Malouetia*, z. T. in Reinbeständen, gebildet werden (MAGDEFRAU & WÜTZ 1961). Sie stehen wegen ihres Vorkommens in nährstoffarmen Schwarzwasser den Igapó-Wäldern nahe, doch darf nach eigenen Beobachtungen im Rio Paciba angenommen werden, daß ihre Standorte nur bei extrem tiefem Niedrigwasser trocken fallen, also auch nicht regelmäßig überschwemmt werden.

Der mangelhafte Kenntnisstand der Überschwemmungswälder läßt sich auch daran ablesen, daß über die Anpassung der Baumarten an den Wechsel zwischen Überschwemmung und Trockenfallen des Bodens nichts bekannt ist (WORBES, in Vorb.). Auch ist nicht durch Untersuchungen geklärt, wie das Laub von Arten des Igapó-Waldes die Überschwemmung lebend zu überdauern vermag (GESSNER 1958, 1968).

Reichtum an Mineralnährstoffen des Várzea-Wassers bzw. Armut daran im Falle des Wassers der Igapó-Wälder lassen erwarten, daß der Igapó-Wald einem allgemeinen Nährstoffstreß ausgesetzt ist, was sich im sklerophyllen Charakter der Blätter widerspiegeln sollte. Der Várzea-Wald hingegen dürfte mesotroph bis eutroph sein und kein sklerophylles Laubwerk besitzen. Erste Ergebnisse der Untersuchungen von Blättern scheinen diese Erwartung zu bestätigen (KLINGE, unpubl.). Derartige Studien sind auch deshalb von besonderem Interesse, weil sie an neotropischen Wäldern Venezuelas zwischen der trocken-heißen Karibikküste und dem Amazonastiefland betrieben werden (MONTES & MEDINA 1977, SOBRADO 1977, SOBRADO & CUENCA 1979, SOBRADO & MEDINA 1980, SPRICK 1979, MEDINA 1981, im Druck, MEDINA et al. 1978, 1981, MARIN & MEDINA, im Druck) und einen tiefen Einblick in den Zusammenhang zwischen Leistung der Pflanze und Anpassung an die standortsbedingten Umweltfaktoren gestatten.

2. tierra firme-Wälder

Wird vom amazonischen Regenwald im allgemeinen oder populären Sinn gesprochen (FITTKAU 1973, BECK 1974), so ist zumeist der tierra firme-Wald gemeint. Eine wissenschaftliche, allerdings auch umständliche Bezeichnung für ihn ist „dichter, immergrüner Feuchtwald des Tieflandes“ (ROLLET 1974, LAMPRECHT 1981). Er stockt entsprechend der topographischen Situation seiner Standorte oberhalb der Hochwasserlinie der Flüsse auf in der Regel gut drainierten Böden. Doch kommen in Depressionen sowie in der Nähe von Wasserläufen auf der tierra firme auch vernäste, „sumpfige“ Standorte vor. Auf ihnen fallen hochwüchsige Palmen auf, während auf trockenen Standorten stammlöse Palmen im Unterwuchs stark vertreten sind (TAKEUCHI 1960).

© Die tierra firme-Wälder sind außerordentlich artenreiche Laubmischwälder (KUBITZKI 1977, PRANCE et al. 1976, LAMPRECHT 1977, ANDERSON & BENSON 1980). Sie sind viel ausgedehnter als die Überschwemmungswälder, nach Struktur und floristischer Zusammensetzung uneinheitlich und wohl auch nach Ökosystemzugehörigkeit wie Nährstoffversorgung unterschiedlich. Zur Fauna dieser Ökosysteme siehe MANN (1968) und OLROG (1969).

Unterschiede in der Nährstoffversorgung der Wälder läßt allein schon die Heterogenität der Böden sowie der bodenbildenden Gesteine der tierra firme erwarten (SOMBROCK 1966, BEEK & BRAMAO 1968, FITTKAU 1974, WAMBEKE 1978, PUTZER, in Vorb.). Diese Heterogenität spiegelt sich auch im Gewässerchemismus (SIOLI 1968 c, GIBBS 1967, 1972, FURCH & JUNK 1980, JUNK & FURCH 1980, STALLARD 1980). Gesetzmäßigkeiten in der regionalen Ausbildung der geochemischen Heterogenität wurden u. a. von SIOLI (1968 c), FURCH & JUNK (1980), JUNK & FURCH (1980) nachgewiesen. FITTKAU (1969, 1971 a, b) hat aus ihnen eine Gliederung Amazoniens auf geochemischer Grundlage hergeleitet.

Die von SE nach NW erfolgende Zunahme der Niederschläge, die einhergeht mit einem Übergang von wechselfeuchtem zu gleichmäßiger humiden Tropenklima (SALATI et al. 1978, Fig. 2, WALTER et al. 1975) läßt ebenfalls Unterschiede in der Waldvegetation der tierra firme erwarten.

Für den Bereich der Tierra firme wurden nach Biomassegehalt unterschiedliche Hochwälder neben Palmen- oder Lianen-reichen Wäldern sowie verschiedene edaphisch bedingte Wälder beschrieben (PIRES 1974, 1976, 1978, PIRES & PRANCE 1977, KLINGE & HERRERA, im Druck). RIZZINI (1963) führt die edaphischen Wälder (Campina und Amazonische Caatinga auf Quarzsandböden, ANDERSON 1981) als Sklerophyllenwälder auf. Natürliche gebüschartige Wälder auf Sandböden kommen mit ihnen vergesellschaftet vor (PIRES & RODRIGUES 1964, KLINGE et al. 1977, COOPER 1979, KLINGE & MEDINA 1979, SOBRADO & MEDINA 1980, GARCIA et al. 1980, ANDERSON 1981, LISBOA 1975, BONGERS et al., in Vorb.).

2.1 Der zentralamazonische tierra firme-Wald bei Manaus, Brasilien

Während die amazonischen tierra firme-Wälder von Bolivien, Ecuador, Kolumbien und Peru insgesamt kaum untersucht sind und der brasilianische tierra firme-Wald i. d. R. auf kleinen Flächen floristisch hinlänglich studiert wurde, ist der tierra firme-Wald bei Manaus auch in anderer Hinsicht recht gut bekannt (LECHTHALER 1956, TAKEUCHI 1961, RODRIGUES 1967, KLINGE 1973 a, KLINGE & RODRIGUES 1974, KLINGE et al. 1975, BRÜNIG & KLINGE 1976, PRANCE et al. 1976, KLINGE 1977, ALENCAR et al. 1979).

Bei der Ernte der gesamten oberirdischen Biomasse auf 2000 m² wurden Lianen, Palmen und Epiphyten mit jeweils nur geringem Anteil an der Trockenmasse von annähernd 500 t ha⁻¹ (einschließlich 14 % Wurzeln, KLINGE 1976 a) ermittelt. Von der geschätzten tierischen Frischbiomasse von 200 kg ha⁻¹ (FITTKAU & KLINGE 1973) entfällt die Hälfte auf die Bodenfauna einschließlich der Ameisen und Termiten. Ähnliche Werte für die pflanzliche Biomasse von tierra firme-Wäldern berichteten JORDAN & UHL (1978) aus Südvenezuela, OHLER (1980) aus Surinam, LESCURE et al. (im Druck) aus Französisch Guiana sowie KLINGE & HERRERA (im Druck) gleichfalls aus Südvenezuela. Während der Wurzelanteil gewöhnlich unter 20% der Gesamttrockenmasse beträgt, liegt er in der von KLINGE & HERRERA untersuchten Amazonischen Caatinga im Durchschnitt bei 34 % (KLINGE & HERRERA 1978) und steigt in dem benachbarten Gebüsch auf noch höhere Anteile an (BONGERS et al., in Vorb.).

Unter den 502 Baumarten zwischen 1 und 40 m Höhe wurden in der Aufnahme von Manaus (KLINGE 1973 b) 62 Leguminosen-Arten, 43 Arten von Sapotaceen, 40 Lauraceen-Arten, 38 Chrysobalanaceen-Arten, 32 Rubiaceen- sowie 27 Burseraceen-Arten ermittelt. Das Vorherrschen der Leguminosen kann als typisch für den amazonischen tierra firme-Wald gelten (TAKEUCHI 1960). Nach Biomasse oder Stammkreisfläche beansprucht keine Art dieser oder einer anderen Familie nennenswerte Anteile. Starke Dominanzen werden dagegen in den edaphischen Waldtypen beobachtet (RICHARDS 1957, KLINGE 1978 a, b, KLINGE & HERRERA, im Druck).

Der tierra firme-Wald von Manaus ist deutlich geschichtet (RODRIGUES 1963, BRÜNIG & KLINGE 1976). Der Oberstand ist weniger individuen- und artenreich als der Unterstand. Eine Krautschicht am Waldboden fehlt.

Der Laubfall im Wald von Manaus beträgt im Durchschnitt von 4 Jahren 6 t ha^{-1} (FRANKEN et al. 1979). Der monatliche Laubfall erreicht während der Trockenzeit ein Maximum (KLINGE & RODRIGUES 1968 a), was als Anpassung an die Gefährdung der Wasserversorgung zu dieser Jahreszeit gilt (FRANKEN et al. 1979). Wegen des deutlichen Jahresganges im Laubfall ist der Wald von Manaus, der niemals gänzlich blattlos ist, als immergrüner Saisonwald zu bezeichnen.

Schon bei der Analyse des Blattfalls wurden vergleichsweise geringe Mineralnährstoffgehalte festgestellt (KLINGE & RODRIGUES 1968 b). Sie wurden durch die Analyse der lebenden Waldbiomasse bestätigt (KLINGE 1976 a, GOLLEY et al. 1980). In der Pflanzenmasse war ein viel größerer Anteil der meisten Elemente, vor allem an Calcium, enthalten als im Boden (KLINGE 1976 b), und die Wurzelmasse wies mehr Nährstoffe auf als der durchwurzelte Boden (KLINGE 1976 a, b).

Für den Wald von Manaus hat MURPHY (1975) unter Verwendung des 2jährigen Laubfall-Mittels von $5,6 \text{ t ha}^{-1}$ eine oberirdische Produktion von $17 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ errechnet. Dieser Wert liegt nahe beim Maximalwert für den tropischen Regenwald. Diese angesichts der Bodenarmut erstaunlich hohe Leistungsfähigkeit kann als deutlicher Hinweis auf die Effizienz des Ökosystemes gewertet werden.

Vergleichsweise hohe Nährstoffgehalte des Regenwassers (UNGEMACH 1971, ANONYM 1972), ein dichtes Wurzelwerk im Oberboden (KLINGE 1973 c) und die Nährstoffarmut des Bodens deuteten KLINGE & FITTKAU (1972) dadurch, daß sie den zentralamazonischen tierra firme-Wald als Filtersystem ansprachen, dessen Nährstoffversorgung mehr über den Niederschlag erfolge als über den Boden. Als Hinweis auf die Wirksamkeit dieses Systemes dienten die hohe oberirdische Produktion an Biomasse wie auch die Nährstoffarmut der Waldbäche.

In Zusammenarbeit von Limnologen und terrestrischen Ökologen konnte durch entsprechende Feldarbeiten und gemeinsame Auswertung ihrer Ergebnisse eine Vorstellung über das Funktionieren des zentralamazonischen Regenwaldökosystemes gewonnen werden. Ehe an einer anderen Lokalität Amazoniens derartige Untersuchungen in zudem adäquaterer Weise begonnen werden konnten, durfte der zentralamazonische Regenwald der tierra firme bei Manaus als best bekannter Vertreter des „armen“ tierra firme-Waldökosystems gelten, dessen Insektenfauna ebenfalls intensiv erforscht wurde (PENNY & ARIAS 1982).

Verlauf der Erforschung amazonischer Wälder

Am Beginn der wissenschaftlichen Beschäftigung mit Amazonien und seinen Wäldern stehen die Reisen von A. VON HUMBOLDT (1799–1804) sowie von J. B. VON SPIX & C. F. PH. VON MARTIUS (1817–1820). Sie leiteten die bis heute dauernde Phase der Forschung ein, in der es um die Erfassung der riesigen Artenfülle geht (nach PRANCE 1977 a stellen 90 000 Blütenpflanzen der südamerikanischen Tropen 58 % der gesamt tropischen Artenfülle bzw. 37,5 % des Blütenpflanzenbestandes der Erde) und die hier als floristische Phase der Waldforschung bezeichnet wird.

Die bisher umfangreichste Dokumentation dieses Reichtumes ist die seit 1840 erschienene Flora Brasiliensis von MARTIUS. Jüngere Florenwerke (Flora Neotropica, Flora Amazonica) haben noch längst keinen vergleichbaren Umfang erreicht. Bei der in geographischen Teilgebieten Amazoniens unterschiedlichen Sammeltätigkeit ist die Kenntnis der Taxa der amazonischen Flora insgesamt und auch der Wälder uneinheitlich (PRANCE 1977 a). Wegen der in Amazonien eingeleiteten modernen Entwicklung, die identisch ist mit Waldvernichtung und Artenschwund, ist zu befürchten (GOODLAND 1980), daß viele Arten von der Wissenschaft gar nicht mehr erfaßt werden können.

Ruhte die Erfassung des floristischen Reichtumes zunächst auf allgemeinen Sammlungen, die oft während Expeditionen zusammengetragen wurden, so lieferten später gezielte Sammlungen auf definierten Flächen auch quantitative Daten. Ein Beispiel hierfür ist die o. a. Aufnahme der Biomasse im tierra firme-Wald von Manaus. Waldinventuren auf großen Flächen wurden nach dem Kriege in Brasilien, Guayana, Surinam und Venezuela, z. T. von der FAO, durchgeführt (SOARES 1970, BRÜNIG & KLINGE 1975, PALMER 1977). Seit wenigen Jahren wird im RADAM-Projekt Brasiliens und im PRORA-

DAM-Projekt Kolumbiens versucht, die Vegetationsressourcen der beiden nationalen Territorien neben anderen Ressourcen – zu erfassen.

Aus den Ergebnissen der floristischen Forschung ist das pflanzenkundliche und pflanzengeographische Bild erwachsen, über das wir heute verfügen (z. B. HUECK 1966, WEBER 1969, PRANCE 1977b). Neue Artenfunde ergänzen das Bild laufend. Nur von einem kleinen Bruchteil der Abertausende von Pflanzenarten aber sind physiologische oder ökologische Kenntnisse vorhanden.

Ökologische Fragestellungen gewinnen in der Erforschung amazonischer Wälder erst seit kurzem Bedeutung. Am Anfang der ökologischen Phase der Forschung steht die Darstellung von Boden und Niederschlag (Jahresmenge und zeitliche Verteilung) als der für die Gliederung der amazonischen Pflanzendecke entscheidenden Faktoren durch DUCKE & BLACK (1953). Ökologische Waldforschung in Amazonien ist später durch die Gewässerforschung stimuliert worden (SIOLI 1980c), indem z. B. die Nährstoffarmut der Gewässer übertragen wurde auf die von diesen Gewässern drainierte terra firme und so die geringe Fruchtbarkeit ihrer Böden für Pflanzenkulturen erklärbar wurde (SIOLI 1954, 1957). In der Absicht, die Richtigkeit dieser Folgerungen vom terrestrischen Bereich aus zu überprüfen, wurden die erwähnten Studien im terra firme-Wald von Manaus angesetzt. Die dabei gewonnenen Resultate ließen sich dann gut in das von FITTKAU (1969, 1971a, b) aufgestellte Schema der ökologischen Gliederung Amazoniens mit Zentralamazonien als dem ärmsten Teilgebiet einfügen.

Doch um wirklich zu beweisen, daß ein Waldökosystem auf nährstoffarmen Boden wie das des zentralamazonischen terra firme-Waldes als Filtersystem funktioniert und die Nährstoffarmut der den Wald drainierenden Bäche bedingt wird durch Bau und Funktionieren des Waldökosystems, müssen Wasser- und Nährstoffhaushalt einschließlich der inputs und outputs eines solchen Ökosystemes analysiert werden. Eine derartig umfassende, aufwendige Ökosystemanalyse im terrestrischen Amazonien ist vor wenigen Jahren, also sehr spät in der ökologischen Phase amazonischer Waldforschung, begonnen worden. Sie wird mit ihren Ergebnissen in groben Zügen im folgenden Abschnitt dargestellt.

Ökosystemanalyse amazonischer terra firme-Wälder

Die Lokalität des Unternehmens liegt in Südvenezuela bei San Carlos de Rio Negro, zwischen Rio Negro und Casiquiare. Nach diesem Ort ist das Unternehmen als San Carlos de Rio Negro-Projekt benannt und bekannt geworden. Es stellt einen gemeinsamen Betrag von Venezuela, den USA und der Bundesrepublik zum MAB-Programm dar und wird von Ökologie-Zentrum des Venezolanischen Forschungsinstitutes (I. V. I. C.) in Caracas koordiniert (MEDINA et al. 1977).

Einzelerggebnisse des interdisziplinären Projektes sind in inzwischen über 100 Publikationen veröffentlicht worden (teilweise in BRUNIG et al. 1977, 1979 aufgelistet). Partielle Zusammenfassungen haben HERRERA et al. (1978a, 1981, im Druck) vorgelegt. Eine Synthese aller Ergebnisse ist in Vorbereitung.

Die Untersuchungen konzentrieren sich auf zwei benachbarte Regenwaldökosysteme der terra firme mit nährstoffarmen Böden: ein Mischwald auf gut drainiertem oxisol, der dem zentralamazonischen terra firme-Wald von Manaus vergleichbar ist, und eine Amazonische Caatinga auf zeitweilig vernäßigstem Podsol.

Da von den 3,66 m Jahresniederschlag 52% durch Evapotranspiration an die Atmosphäre zurückgegeben werden, passiert eine 1,8 m Niederschlag entsprechende Wassermenge das Ökosystem (HEUVELDOP 1980b, JORDAN & HEUVELDOP 1981). Es findet also eine starke Durchwaschung der Vegetation wie des Bodens statt. Bei der Passage der Vegetation werden die mit dem Niederschlag eingetragenen Nährstoffe an die Oberfläche der Pflanzen – vermutlich unter Mitwirkung der Epiphyllen (RUINEN 1961) und der Epiphyten der Borke – übertragen, so daß das den Boden erreichende Wasser an Nährstoffen verarmt ist (JORDAN, im Druck). Die beiden Waldökosysteme sind demnach Filtersysteme (KLINGE & FITTKAU 1972). Die Nährstoffkonzentrationen im Wasser der Waldbäche entsprechen denen im Regenwasser.

Durch andere Untersuchungen wurden Eigenschaften der Waldökosysteme erkennbar, die bedeutungsvoll sind für eine intensive Ausnutzung der einmal ins System gelangten Nährstoffe sowie für de-

ren Schutz gegen Auswaschung. Diese Eigenschaften wurden als „Nährstoff-Rückhaltemechanismen“ bzw. „Nährstoff-konservierende Mechanismen“ bezeichnet (HERRERA et al. 1978 a, 1981, im Druck).

Zu den auffälligsten dieser Eigenschaften beider Waldökosysteme gehört ein dichtes Wurzelwerk aus vornehmlich Feinwurzeln, also Nährwurzeln. Im Mischwald auf oxisol ist die Hauptmasse der Feinwurzeln in der dem Mineralboden auflagernden Schicht sich zersetzenden Bestandesabfalles anzutreffen, während der Mineralboden selbst kaum durchwurzelt ist. Während die Wurzelmenge 14% der Waldbiomasse ausmacht, beträgt die Wurzelmasse im Podsolwald 135 t ha^{-1} bzw. 34% der Waldbiomasse. Im Podsolgebüsch steigt der Wurzelanteil weiterhin stark an. Experimentell wurde nachgewiesen, daß in Lösung zugeführte Nährstoffe in diesem Wurzelfilz nahezu quantitativ festgehalten werden (STARK & JORDAN 1978), also nicht in den Unterboden bzw. das Grundwasser ausgewaschen werden. In anderen Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß sich mit den Feinwurzeln vergesellschaftete Mycorrhizapilze, deren Mycel sich eng an die Blätter der Streu anlagert, den Phosphor des Blattes direkt der Wurzel zuführen, so daß durch Umgehung des freien Bodens eine Auswaschung unmöglich gemacht wird (HERRERA et al. 1978 b). Für die Wurzelmasse werden entsprechend große Nährstoffmengen benötigt und so immobilisiert. Gleichzeitig werden Wurzelspitzen in großem Umfang für die Assimilation von Nährstoffen bereitgestellt. Der von den Pflanzen geleistete Aufwand für den Aufbau und die Erhaltung des großen Wurzelsystems bedingt unter den Umständen allgemeiner Oligotrophie, daß nur eine vergleichsweise kleine oberirdische Biomasse ausgebildet werden kann. Die Baumhöhen sind daher relativ gering, und die Stammstärken sind ebenfalls relativ klein, so daß keine staunenswerten Baumdimensionen erreicht werden.

Nährstoff-konservierende Mechanismen sind auch im Laubwerk beider Waldtypen zu erkennen. Die immergrünen Blätter sind relativ klein und sklerophyll. Sie besitzen vergleichsweise niedere Nährstoffkonzentrationen. Ihre Polyphenolgehalte sind erhöht. Bei der langen Lebensdauer der Blätter ist eine hohe Ausnutzung der zudem kleinen Nährstoffmengen sichergestellt, während die Blätter wegen ihrer Qualitäten wenig attraktiv für Herbivore sind. Andererseits bilden die Blätter nach ihrem Abfallen eine sperrige Blattstreu, durch die das Tropfwasser schnell nach unten abgeleitet werden kann. Wegen der Blatteigenschaften verläuft ihr Abbau langsam.

In beiden Waldvegetationen ist der größte Teil der Nährstoffe in der lebenden Biomasse immobilisiert, insbesondere in der Wurzelmasse. Die aus dem Blattfall berechnete oberirdische Produktion liegt bei etwa $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, ist also nur etwa halb so groß wie im Wald von Manaus. Bei Einrechnung der hohen Wurzelproduktion aber ergibt sich eine Gesamtproduktion, die dem Maximum des tropischen Regenwaldes entspricht bzw. es sogar übertrifft. Diese hohe Produktion sowohl wie die wirksame Rückhaltung von Nährstoffen, die die geringen Nährstoffkonzentrationen im Bachwasser anzeigen, lassen die hohe Wirksamkeit des Filtersystems erkennen.

Weitere Hinweise für die hohe Leistungsfähigkeit heimischer Pflanzenarten erbrachten Produktionsmessungen in der Sekundärvegetation, die sich nach Schlägen des Primärwaldes auf kleiner Fläche einstellt (UHL 1980, UHL et al. 1981). Während der Biomassezuwachs dieser Bestände stetig anstieg (geringfügiger im Podsolstandort), blieb die Produktion von Maniok in den beiden Jahren ihres Anbaues gleich, lag erheblich unter dem Weltdurchschnitt und wurde im 3. Jahr wegen Unergiebigkeit aufgegeben. Eine starke Auswaschung von Nährstoffen wurde nicht beobachtet.

Danksagung

In die vorliegende Literaturübersicht sind eingeflossen die Erfahrungen meiner ökologischen Beschäftigung mit Amazonien seit 1962. Das Max-Planck-Institut für Limnologie, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, das Auswärtige Amt der Bundesregierung, die Unesco wie auch der Venezolanische Forschungsrat haben mir zahlreiche Reisen und Arbeitsaufenthalte in Amazonien möglich gemacht. Die eigenen Feldarbeiten ebenso wie zahlreiche Diskussionen mit Kollegen in Südamerika und Europa und nicht zuletzt der Literatur austausch mit ihnen haben mir geholfen, ein Bild vom Forschungsstand über amazonische Wälder zu gewinnen.

- ADIS, J. 1977: Programa mínimo para análisis de ecosistemas: Artrópodos terrestres em florestas inundáveis de Amazonia Central. – *Acta Amazonica* 7, 223–229
- — 1981: Comparative ecological studies of the terrestrial arthropod fauna in Central Amazonian inundation-forests. – *Amazoniana* 8, (2), 87–173
- — (im Druck, b): Jahresperiodische Vertikalwanderungen von Arthropoden in Überschwemmungswäldern Zentralamazoniens. – *Verh. Ges. Ökologie* 10
- — K. FURCH und U. IRMLER 1979: Litter production of a Central Amazonian black water inundation forest. – *Trop. Ecol.* 20, 236–245
- ALENCAR, J. DA C., R. A. DE ALMEIDA, N. P. FERNANDES 1979: Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazonia Central. – *Acta Amazonica* 9, 163–198
- ANDERSON, A. B. 1981: White-sand vegetation of Brazilian Amazonia. – *Biotropica* 13, 199–210
- — und W. W. BENSON 1980: On the number of tree species in Amazonian forests. – *Biotropica* 12, 235–237
- ANDRAE, B. 1965: Die Bodenfruchtbarkeit in den Tropen, Parey, Hamburg-Berlin
- ANONYM 1972: Regenwasseranalysen aus Zentralamazonien, ausgeführt in Manaus, Amazonas, Brasilien, von Dr. Harald UNGEMACH. – *Amazoniana* 3, 186–198
- AUBRÉVILLE, A. 1951: Etudes écologiques de principales formations végétales du Brésil. – *Centre tech. for. trop., Nogent-sur-Marne*
- AYENSU, E. S. 1981: Der Dschungel. – Christian, München
- BASTISSE, M. 1980: The relevance of MAB. – *Environmental Conservation* 7, 179–184
- BAUMANN, P. & E. PATZELT 1980: Das Amazonas-Dschungelbuch. – Ullstein, Berlin–Frankfurt–Wien
- BECK, L. 1974: Droht ein Kreislaufkollaps? – *Bild der Wiss.*, 42–48
- — 1976: Zum Massenwechsel der Makro-Arthropodenfauna des Bodens in Überschwemmungswäldern des zentralen Amazonasgebietes. – *Amazoniana* 6, 1–20
- BEEK, K. J. & D. L. BRAMAO 1968: Nature and geography of South American soils. – In E. J. FITTKAU, J. ILLIES, H. KLINGE, G. H. SCHWABE, H. SIOLI (Herausgg.): *Biogeography and Ecology in South America*. – Junk, The Hague, Bd. 1, 82–112
- BISHOP, J. P. 1978: The development of a sustained yield tropical agro-ecosystem in the upper Amazon. – *Agro-ecosystems* 4, 459–460
- — 1980: Sistemas agro-forestales para el trópico húmedo al este de los Andes. – *Proc. Conf. intern. desarrollo agric. recursos tierras Amazonia, Cali/Colombia 1980*
- BOLIN, B., E. T. DEGENS, S. KEMPE & P. KETNER 1979: The global carbon cycle. SCOPE Rep. 13
- BONGERS, F., D. ENGELEN und H. KLINGE (in Vorb.): Phytomass structure of natural plant communities on podosols in southern Venezuela. 2. Bana woodland. – *Vegetatio*
- BRÜNIG, E. F. 1980: Leistungen und Leistungsgrenzen der Wälder der Erde in der Energieversorgung. – *Universitas* 1980, 1257–1263
- — R. HERRERA, J. HEUVELDOP, C. JORDAN, H. KLINGE und E. MEDINA 1977: The international Amazon project co-ordinated by Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas: Organization and recent advances. – In E. F. BRÜNIG (Herausgg.), *Trans. internat. MAB-IUFRO workshop, Hamburg 1977*, 104–120
- — 1979: The international Amazon MAB rainforest ecosystem pilotproject at San Carlos de Rio Negro: Review of development since the 1st international workshop. – In S. ADISOEMARTO und E. F. BRÜNIG (Herausgg.) *Trans. 2. nd. internat. MAB-IUFRO workshop, Jakarta 1977*, 47–66
- BRÜNIG, E. F. & H. KLINGE 1975: Structure, functioning and productivity in humid tropical forest ecosystems in parts of the neotropics. – *Mitt. BFH Reinbek* 109, 87–116
- — 1976: Comparison of the phytomass structure of equatorial „rain-forest“ in Central Amazonas, Brazil, and in Sarawak, Borneo. – *Garden's Bull., Singapore* 29, 81–101
- CAMARGO, F. C. 1958: Report on the Amazon region. – In UNESCO, *Problems of humid tropical regions*, 11–24
- COOPER, A. 1979: Muri and white sand savannah in Guyana, Surinam and French Guiana. – In: R. L. SPECHT (Herausg.) *Heathlands and related shrublands. Descriptive studies*. – Elsevier, Amsterdam–Oxford–New York, 471–481
- DI CASTRI, F., M. HADLEY und J. DAMLAMIAN 1981: MAB: The Man and the Biosphere Program as an evolving system. – *Ambio* 10, 52–57

- EVANS, F. C. 1956: Ecosystem as the basic unit in ecology. – *Science* 123, 1127–1128
- FARNWORTH, E. G. & F. B. GOLLEY 1974: *Fragile ecosystems*. – Springer, Berlin–Heidelberg–New York.
- FISHER, J. E. 1979: *Rain forests and cloud forests*. Abrams, New York.
- FITTKAU, E. J. 1969: The fauna of South America. – In: E. J. FITTKAU et al. (Herausgg.), loc. cit., Bd. 2, 624–658
- — 1971 a: Ökologische Gliederung des Amazonas-Gebietes auf geochemischer Grundlage. – *Münster. Forsch.* 20/21, 35–50
- — 1971 b: Esboco de uma divisao ecologica da regio amazonica. – *Proc. Asoc. biol trop., Florencia y Leticia* 1969, 365–372
- — 1973: Urwälder der Tropen. – In: Grzimeks Tierleben. Die Umwelt der Tiere. – Kindler, München, 279–304
- — 1974: Zur ökologischen Gliederung Amazoniens. I.-Amazoniana 7, 77–134
- — U. IRMLER, W. JUNK, F. REISS und G. W. SCHMIDT 1975: Productivity, biomass, and population dynamics in Amazonian water bodies. – In: F. B. GOLLEY and E. MEDINA (Herausgg.) *Tropical ecological systems*. – Springer, New York–Heidelberg–Berlin, 289–311
- — und H. KLINGE 1973: On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. – *Biotropica* 5, 2–14
- FRANKEN, M., U. IRMLER und H. KLINGE 1979: Litter fall in inundation, riverine and terra firme forests of Central Amazonia. – *Trop. Ecol.* 20, 225–235
- FRANZLE, O. 1976: Der Wasserhaushalt des amazonischen Regenwaldes und seine Beeinflussung durch den Menschen. – *Amazoniana*, 6, 21–46
- FURCH, K. 1976: Haupt- und Spurenmetallgehalte zentralamazonischer Gewässertypen (erste Ergebnisse). – *Biogeographica* 7, 27–43
- — (in Vorb.): Amazon water chemistry. – In: H. SIOLI (Herausg.) *The Amazon. Limnology and Landscape-ecology of a mighty tropical river and its basin*. – Junk, The Hague.
- — & W. JUNK 1980: Water chemistry and macrophytes of creeks and rivers in southern Amazonia and the Central Brazilian shield. – *Proc. Vth internat. Symp. trop. ecol., Kuala Lumpur* 1979, 2, 771–796
- — & H. KLINGE (im Druck): Unusual chemistry of natural waters from the Amazon region. – *Acta cient. venez.*
- FURCH, K. & H. KLINGE 1978: Towards the biogeochemistry of alkali and alkali-earth metals in northern South America. – *Acta cient. venez.* 29, 434–444
- GARCIA, V., E. CUEVAS & E. MEDINA 1980: Escleromorfismo foliar en árboles de la cuenca del Rio Negro. – *Acta cient. venez., Suppl.* 1, 76
- GESSNER, F. 1958: Igapó, eine Reise zu den Überschwemmungswäldern des Amazonas. – *Orion* 8, 603–611
- — 1968: Zur ökologischen Problematik der Überschwemmungswälder des Amazonas. – *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 53, 525–547
- GIBBS, R. J. 1967: The geochemistry of the Amazon river system. – *Bull. geol. Soc. Amer.* 78, 1203–1232
- — 1970: Mechanisms controlling world water chemistry. – *Science* 170, 1088–1090
- — 1972: Water chemistry of the Amazon river. – *Geochim. Cosmochim. Acta* 36, 1061–1066
- GLOBAL 2000 1980: *Zweitausendeins*. – Frankfurt.
- GOLLEY, F. B. 1981: Ten years of MAB: establishing the balance sheet. – *Nature & Resources* 17, 3–6
- — J. YANTKO, TH. RICHARDSON und H. KLINGE 1980: Biogeochemistry of tropical forests 1. – *Trop. Ecol.* 21, 59–70
- GOODLAND, R. 1980: Environmental ranking of Amazonian development projects in Brazil. – *Environm. Conserv.* 7, 9–26
- — & IRWIN, H. S. 1975: *Amazon jungle: Green hell to red desert?* – Elsevier, Amsterdam.
- GREAVES A. 1979: Gmelina – large scale planting, Jarilandia, Amazon basin. – *Commonw. For. Rev.* 58, 267–269
- HERRERA, R., C. F. JORDAN, H. KLINGE & E. MEDINA 1978 a: Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. – *Interciencia* 3, 223–232
- — C. F. JORDAN, E. MEDINA, und H. KLINGE 1981: How human activities disturb the nutrient cycles of a tropical rainforest in Amazonia. – *Ambio* 10, 109–114
- — E. MEDINA, H. KLINGE, C. F. JORDAN & C. UHL (im Druck): Nutrient retention mechanisms in tropical forests: The Amazon Caatinga, San Carlos pilot project, Venezuela. – *Proc. Unesco MAB symp. Paris* 1981.

- T. MERIDA, N. STARK & C. F. JORDAN 1978 b: Direct phosphorus transfer from leaf litter to roots. — *Naturwiss.* 65, 208–209
- HEUVELDOP, J. 1980 a: Ökologische Grundlagen in agroforstwirtschaftlichen Systemen der Feuchttropen. — *Mitt. BFH* 132, 59–70
- — 1980 b: Bioklima von San Carlos de Rio Negro, Venezuela. — *Amazoniana* 7, 7–17
- HUECK, K. 1956: Waldgeographische Gliederung des brasilianischen Amazonasbeckens. — *Forstwiss. Centralbl.* 1956, 520–535
- — 1966: Die Wälder Südamerikas. — Fischer, Stuttgart.
- — & P. SEIBERT 1972: Vegetationskarte von Südamerika. — Fischer, Stuttgart.
- HUMBOLDT, A. VON (1916): Relations historique du voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent. — Quellen und Forschungen zur Geschichte der Geographie und der Reisen 8
- IRION, G. 1981: Holzplantage im Urwald? — *Naturwissenschaften* 68, 37–38
- IRMLER, U. 1975: Ecological studies of the aquatic soil invertebrates in three inundation forests of Central Amazonia. — *Amazoniana* 5, 337–409
- — 1976: Zusammensetzung, Besiedlungsdichte und Biomasse der Makrofauna des Bodens in der emersen und submersen Phase zentralamazonischer Überschwemmungswälder. — *Biogeographica* 7, 79–99
- — 1977: Inundation forest types in the vicinity of Manaus. — *Biogeographica* 8, 17–29
- — 1978 a: Matas de inundacao da Amazonia Central em o comparacao entre águas brancas e pretas. — *Ciencia e Cultura* 30, 813–821
- — 1978 b: Der Einfluß der jahresperiodischen Überschwemmungen auf die terrestrische Bodenfauna amazonischer Überschwemmungswälder am Beispiel der Carabiden und Staphyliniden (Coleoptera). — *Verh. Ges. Ökologie* 1978, 405–408
- — 1978 c: Die Struktur der Carabiden- und Staphylinidengesellschaften in zentralamazonischen Überschwemmungswäldern. — *Amazoniana* 6, 301–326
- — 1979: Considerations on structure and function on the „Central-Amazonian Inundation forest ecosystem“ with particular emphasis on selected soil animals. — *Oecologia (Berl.)* 43, 1–18
- — 1981: Überlebensstrategien von Tieren im saisonal überfluteten amazonischen Überschwemmungswald. — *Zool. Anzeiger* 206, 26–38
- — (im Druck): Litterfall and nitrogen turnover in an Amazonian blackwater inundation forest. — In: *Proc. Cali Symp.* 1981.
- — & K. FURCH 1979: Production, energy, and nutrient turnover of the cockroach *Epilampra irmeleri* Rocha e Silva & Aguiar in a Central-Amazonian inundation forest. — *Amazoniana* 6, 497–520
- — 1980: Weigth, energy, and nutrient changes during the decomposition of leaves in the emersion phase of Central-Amazonian inundation forests. — *Pedobiologia* 20, 118–130
- JORDAN, C. F. (im Druck): The rain forest of the Central Amazon basin is a nutrient filter. — *Oikos*.
- — F. GOLLEY, J. HALL & J. HALL 1980: Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an Amazonian rain forest. — *Biotropica* 12, 61–66
- — & R. HERRERA 1981: Tropical rain forests: Are nutrients really critical? — *Amer. Naturalist* 117, 167–180
- — & J. HEUVELDOP 1981: The water budget of an Amazonian rain forest. — *Acta Amazonica* 11, 87–92
- — & E. MEDINA 1977: Ecosystem research in the tropics. — *Ann. Missouri bot. garden* 64, 737–745
- — & C. UHL 1978: Biomass of a “tierra firme” forest of the Amazon basin. — *Oecologia Plantarum* 13, 387–400
- JUNK, W. J. 1970: Investigations on the ecology and production-biology of the “floating meadows” (*Paspalo-Echinochloetum*) on the middle Amazon. 1. — *Amazoniana* 2, 449–495
- — 1973: Investigations... middle Amazon. 2. — *Amazoniana* 4, 9–102
- — 1975: Aquatic Wildlife and fisheries. — *IUCN Pubs.* 31, 109–126
- — 1976: Faunal ecological studies in inundation areas and the definition of habitats and ecological niches. — *Animal Res. Developm.* 4, 47–54
- — 1981: Die Bedeutung der Wasserstandsschwankungen für die Ökologie von Überschwemmungsgebieten, dargestellt an der Várzea des mittleren Amazonas. — *Amazoniana* 7, 19–29
- — & K. FURCH 1980: Quimica da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. I. — *Acta Amazonica* 10, 611–633
- KEEL, S. H. & G. T. PRANCE 1979: Studies of the vegetation of a white-sand black-water igapó (Rio Negro, Brazil). — *Acta Amazonica* 9, 645–655
- KLINGE, H. 1966: Tropische Podsole und Schwarzwässer. — *Umschau* 16, 540

- — 1967: Podzol soils: a source of blackwater rivers in Amazonia. – *Atas simp. biota amazónica, Belem* 1966, 3, 125–177
- — 1973 a: Biomasa y materia orgánica del suelo en el ecosistema de la pluviselva centro-amazónica. – *Acta cient. venez.* 24, 174–181
- — 1973 b: Struktur und Artenreichtum des zentralamazonischen Regenwaldes. – *Amazoniana* 4, 283–292
- — 1973 c: Root mass estimation in lowland tropical rain forests of Central Amazonia. I. – *Trop. Ecol.* 14, 29–38
- — 1976 a: Bilanzierung von Hauptnährstoffen im Ökosystem tropischer Regenwald (Manaus) – vorläufige Daten. – *Biogeographica* 7, 59–77
- — 1976 b: Nährstoffe, Wasser und Durchwurzelung von Podsolen und Latosolen unter tropischem Regenwald bei Manaus/Amazonien. – *Biogeographica* 7, 45–58
- — 1977: Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in a neotropical rain forest. – *Amazoniana* 6, 193–202
- — 1978 a: Studies on the ecology of Amazon Caatinga forest in southern Venezuela. 2. – *Acta cient. venez.* 29, 258–262
- — 1978 b: Die Phytomasse dominanter Baumarten einer amazonischen Caatinga. – *Amazoniana* 6, 327–328
- — (im Druck): Auf dem Wege zu einer Landschaftsökologie Amazoniens. – *Freiburger Geogr. Hefte*.
- — & E. J. FITTKAU 1972: Filterfunktionen im Ökosystem des zentralamazonischen Regenwaldes. – *Mitt. deutsche bodenkundl. Ges.* 16, 130–135
- — K. FURCH, W. JUNK & U. IRMLER 1981: Fundamental ecological parameters in Amazonia, in relation to the potential development of the region. – In: R. LAL und E. W. RUSSELLS (Herausgg.) – *Tropical agricultural hydrology*. – Wiley, 19–36
- — E. MEDINA & R. HERRERA 1977: Studies on the ecology of Amazon Caatinga forest in southern Venezuela. 1. – *Acta cient. venez.* 28, 270–276
- — & R. HERRERA 1978: Biomass studies in Amazon Caatinga forest in southern Venezuela. 1. – *Trop. Ecol.* 19, 93–100
- — (im Druck): Phytomass structure of natural plant communities on spodosols in southern Venezuela. 1. *Tall Amazon Caatinga forest*. – *Vegetatio*.
- — & E. MEDINA 1979: Rio Negro Caatingas and Campinas, Amazonas States of Venezuela and Brazil. – In: R. L. SPECHT (Herausg.) *Heathlands and related shrublands*. – Elsevier, Amsterdam–Oxford–New York, 483–488
- — & A. W. RODRIGUES 1968 a: Litter production in an area of Amazonian tierra firme forest. I. – *Amazoniana* 1, 287–302
- — 1968 b: Litter production... tierra firme forest. II. – *Amazoniana* 1, 303–310
- — 1974: Phytomass estimation in a Central Amazonian rain forest. – In: H. E. YOUNG (Herausgg.): *IUFRO Biomass studies*, University Press, Orono, 339–350
- KLINGE, H., RODRIGUES, W. A., E. BRÜNIG & E. J. FITTKAU 1975: Biomass and structure in a Central Amazonian rain forest. – In: F. B. GOLLEY und E. MEDINA (Herausgg.): *Tropical ecological systems*. – Springer, New York – Berlin 115–122
- KOHLHEPP, G. 1983: Amazonien – Entwicklung wohin? – Zur Problematik regionaler Entwicklungsstrategien und räumlicher Erschließungsprozesse. – *Spixiana*, Suppl. 9: 179–196
- KUBITZKI, K. 1977: The problem of rare and of frequent species: The monographer's view. – In: G. T. PRANCE und T. D. ELIAS (Herausgg.): *Extinction is forever*. – Bronx, 331–336
- LAMPRECHT, H. 1977: Structure and function of South American forest. – *Biogeographica* 8, 1–15
- — 1981: Zusammensetzung und Aufbau tropischer Feuchtwälder. – *Holz aktuell* 3, 6–13
- LECHTHALER, R. 1956: Inventario das árvores de um hectare de terra firme da zona Reserva Florestal Duke, Município de Manaus, – *INPA. Bot.*, Publ. 3
- LESCURE, J. P., H. PUIG, D. LECLERC, B. RIERA, F. BEEKMAN, A. BENETEAU (im Druck): La phytomasse épigée de la forêt dense en Guyane Française. – *Acta Oecologica* 1982.
- LIETH, H. & R. H. WHITTAKER 1975: *Primary productivity of the biosphere*. – Springer, New York – Heidelberg – Berlin.
- LISBOA, P. L. 1975: Estudos sobre a vegetação das campinas amazônicas. – *Acta Amazonica* 5, 211–223
- MÄGDEFRAU, K. & A. WUTZ 1961: Leichthölzer und Tonnenstämme in Schwarzwassergebieten und Dornbuschwälder des tropischen Südamerika. – *Forstwiss. Centralbl.* 1961, 17–28
- MANN, G. 1968: Die Ökosysteme Südamerikas. – In: E. J. FITTKAU et al. (Herausgg.) *loc. cit.* 171–229

- MARIN, D. und E. MEDINA (im Druck): Leaf duration, nutrient content and sclerophylly of very dry tropical forest trees. – *Acta cient. venez.*
- MCINTYRE, L. 1977: Amazonas. – *Geo* 10, 124–156
- — 1980: Jari: A massive technology transplant takes root in the Amazon jungle. – *Nat. Geogr. Mag.* 157, 686–711
- MEDINA, E. 1981: Nitrogen content, leaf structure and photosynthesis in higher plants: a report to the UNEP study group on photosynthesis and bioproductivity. London 1981.
- — (im Druck): Significación ecofisiológica del contenido foliar de nutrientes y el área foliar específica en ecosistemas tropicales. – *Proc. 2 nd congr. latinoamer. bot.*, Brasilia 1978.
- — E. CUEVAS & P. WEAVER 1981: Composición foliar y transpiración de árboles de Pico del Este, Sierra de Luquillo, Puerto Rico. – *Acta cient. venez.* 31, 57–63
- — R. HERRERA, C. F. JORDAN & H. KLINGE 1977: The Amazon project of the Venezuelan Institute for Scientific Research. – *Nature & Resources* 13, 4–6
- — M. SOBRADO & R. HERRERA 1978: Significance of leaf orientation for leaf temperature in an Amazonian sclerophyll vegetation. – *Rad. Environm. Biophys.* 15, 131–140
- MONGI, H. O. & P. A. HUXLEY 1979: Soils research in agroforestry. ICRAF, Nairobi.
- MONTES, R. & E. MEDINA 1977: Seasonal changes in nutrient content of leaves of savanna trees with different ecological behaviour. – *Geo-Eco-Trop.* 1, 295–307
- MORAN, E. 1981: Developing the Amazon. – Indiana University Press, Bloomington.
- MPG 1981: Max-Planck-Gesellschaft Jahrbuch 1981, 283–285
- MURPHY, P. G. 1975: Net primary productivity in tropical terrestrial ecosystems. – In: H. LIETH und R. H. WHITTAKER (Herausgg.): *Primary productivity of the Biosphere*, 217–231
- MYERS, N. 1980: Conversion of tropical moist forests. *Nat. Acad. Sci.*, Washington.
- NAT. RES. COUNC. 1980: Research priorities in tropical biology. *Nat. Acad. Sci.*, Washington.
- OHLER, F. M. J. 1980: Phytomass and mineral content in untouched forest. – *CELOS* repp. 132
- OLROG, C. C. 1969: Birds of South America. In: E. J. FITTKAU et al. (Herausgg.), *loc. cit.*, Bd. 2, 849–878
- PALMER, J. R. 1977: Forestry in Brazil – Amazonia. – *Commonw. For. Rev.* 56, 115–130
- PENNY, N. D. & J. R. ARIAS 1982: Insects of an Amazonian forest. – Columbia Univ. Press, New York.
- PIRES, J. M. 1973: Tipos de vegetacao da Amazonia. – *Publ. avuls. Mus. Goeldi, Belém* 20, 179–202
- — 1974: Tipos de vegetacao da Amazonia. – *Brasil Florestal* 5, 179–202
- — 1976: Aspectos ecologicos da floresta amazonica. – *Anais II congr. bras. florestas tropicais, Colecao Mosso-roense* 65, 235–287
- — 1978: The forest ecosystems of the Brazilian Amazon: description, functioning and research needs. – In: *UNESCO* 1978, 607–627
- — & H. M. KOURY 1959: Estudo de um trecho de mata de várzea próximo a Belém. – *Bolm téc. Inst. Agron. Norte* 36, 3–44
- — & G. T. PRANCE 1977: The Amazon forest: A natural heritage to be preserved. In: G. T. PRANCE und T. S. ELIAS (Herausgg.), *loc. cit.*, 158–194
- — & J. DE S. RODRIGUES 1964: Sobre a flora das caatingas do Rio Negro. – *Anais 13. Congr. Soc. Bot. bras, Recife* 1962.
- PRANCE, G. T. 1977a: Floristic inventory of the tropics: Where do we stand? – *Ann. Miss. Bot. Gard.* 64, 650–684
- — 1977b: The phytogeographic subdivisions of Amazonia and their influence on the selection of biological reserves. – In: PRANCE G. T. und T. S. ELIAS (Herausgg.) *loc. cit.*, 195–213
- — 1978: The origin and evolution of the Amazon flora. – *Interiencia* 3, 207–222
- — 1979: Notes on the vegetation of Amazonia. III. The terminology of Amazonian forest types subject to inundation. – *Brittonia* 31, 26–38
- — 1980: A terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundacao. – *Acta Amazonica* 10, 495–504
- — W. A. RODRIGUES & M. F. DA SILVA 1976: Inventário florestal de um hectare de mata de terra firme km 30 da estrada Manaus-Itacoatiara. – *Acta Amazonica* 6, 9–35
- PUTZER, H. (in Vorb.): Geological evolution of the Amazon basin and its mineral resource. – In: H. SIOLI (in Vorb.) *loc. cit.*
- — REVILLA, J. D. 1981: Aspectos florísticos e fitossociológicos da floresta inundável (Igapó) Praja Grande, Rio Negro, Amazonas, Brasil. – *M. Sc. Thesis. INPA/Manaus*
- RICHARDS, P. W. 1957: The tropical rainforest. Cambridge University press, Nachdruck.
- — 1977: Tropical forests and woodlands: An overview. – *Agro-Ecosystems* 3, 225–238

- © RITTERSHOFER, F. 1981: Der tropische Regenwald des Amazonas – seine Gefährdung und seine Chancen. – Holz aktuell 3, 40–47
- RIZZINI, C. T. 1963: Nota previa sobre a divisao fitogeografica (floristico-sociologica) do Brasil. – Rvta. bras. Geogr. 25, 3–64
- RODRIGUES, W. A. 1961: Estudo preliminar de mata de várzea alta de uma ilha do baixo Rio Negro de sólo argiloso e úmido. – INPA Publ. 10, Bot., 1–50
- — 1963: Estudo de 2,5 hectares de mata de terra firme da Serra do Navio, Territorio do Amapá. – Bolm Mus para. E. GOELDI, N. S.: Bot., 19
- — 1967: Inventário florestal piloto ao longo da estrada Manaus-Itacoatiara. Estado do Amazonas: Dados preliminares. – Atas Simp. Biota Amazonica, Belém 1966, 7, 257–267
- ROLLET, B. 1974: L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent sur Marne.
- RUINEN, J. 1961: The phyllosphere. I. – Plant Soil 15, 81–109
- SALATI, E., J. M. MARQUES & L. C.: B. MOLION 1978: Origem e distribucao das chuvas na Amazonia. – Interiencia 3, 200–206
- SIOLI, H. 1954: Betrachtungen über den Begriff der „Fruchtbarkeit“ eines Gebietes anhand der Verhältnisse in Böden und Gewässern Amazoniens. – Forsch. Fortschr. 28, 65–72
- — 1957: Die „Fruchtbarkeit“ der Urwaldböden des brasilianischen Amazonasgebietes und ihre Bedeutung für eine zukünftige Nutzung. – Staden-Jahrbuch, Sao Paulo, 5, 23–36
- — 1964: General features of the limnology of Amazonia. – Verh. int. Ver. Limnol. 15, 1053–1058
- — 1965: Bemerkungen zur Typologie amazonischer Flüsse. – Amazoniana 1, 74–82
- — 1968a: Zur Ökologie des Amazonas-Gebietes. – In: E. J. FITTKAU et al. (Herausgg.), loc. cit., 137–170
- — 1968b: Principal biotopes of primary production in the waters on Amazonia. – Proc. Symp. Recent advanc. trop. ecol., Benares 1967, 591–600
- — 1968c: Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon region. – Amazoniana 1, 267–277
- — 1977: Amazonien: Der Welt größter Wald in Gefahr! – Ökosystemforschung im Amazonasgebiet. – Umschau 77, 147–150
- — 1980a: Foreseeable consequences of actual development schemes and alternative ideas. – In: Fr. BARBIRA-SCAZZOCCHIO (Herausg.): Land, people and planning in contemporary Amazonia. – Centre Latin Amer. Stud., Cambridge University, Occas. Publ. 3, 257–268
- — 1980b: Prospective effects of actual development on the ecology of Amazon basin. – Proc. Vth intern. Symp. trop. ecol., Kuala Lumpur 1979, 2, 711–716
- — 1980c: 40 Jahre Amazonasforschung. – MPG Spiegel 1, 43–57
- SOARES, R. O. 1970: Inventários florestais na Amazonia. – Bras. Florestal 1, 4–9
- SOBRADO, M. 1977: Aspectos ecofisiológicos de la vegetación esclerófila de suelos arenosos, podzolizados e inundables de la cuenca del Rio Negro, Territorio Federal Amazonas. – Licenciatur-These, Universidad Central de Venezuela.
- — & G. CUENCA 1979: Aspecto del uso del agua de especies deciduas y siempreverdes en un bosque seco tropical de Venezuela. – Acta cient. venez. 302–308
- — & E. MEDINA 1980: General morphology, anatomical structure, and nutrient content of sclerophyllous leaves of the “bana” vegetation of Amazonas. – Oecologia (Berl.) 45, 341–345
- SOMBROEK, W. 1966: Amazon soils. – PUDOC, Wageningen.
- SPEIDEL, G. 1981: Der Amazonaswald – eine Herausforderung an Wissenschaftler, Techniker und Politiker. – Holz aktuell 3, 34–39
- SPIX, J. B. VON & C. F. PH. VON MARTIUS 1880: Reise in Brasilien 1817–1820. Brockhaus, Stuttgart, 1–3, Neudruck.
- SPRICK, E. 1979: Composición mineral y contenido de fenoles foliares de especies leñosas de tres bosques contrastantes de la región amazónica. – Licenciatur-These, Universidad Central de Venezuela.
- SCHREIBER, A. 1981: Tropenhölzer am Holz- und Furniermarkt der Bundesrepublik Deutschland. – Holz aktuell 3, 87–95
- SCHULTES, R. E. 1979: The Amazonia as a source of new economic plants. – Econom. Bot. 33, 259–266
- STALLARD, R. F. 1980: Major element geochemistry of the Amazon river system. – Ph. D. THESIS. Mass. Inst. Technol./Woods Hole Oceanogr. Inst. WHOI-80-29
- STARK, N. & C. F. JORDAN 1978: Nutrient retention by the root mat of an Amazonian rain forest. – Ecology 59, 434–437

- STEIN, N. 1981: Is the large-scale destruction of tropical rain forests necessarily crucial for the global carbon cycle? In: R. A. FAZZOLARE und C. B. SMITH (Herausgg.): Beyond the energy crisis. – Pergamon, Oxford-New York, 715–725
- STEINLIN, H. 1981: Die Zukunft des Tropenwaldes. – Holz aktuell 3, 82–86
- STERLING, T. 1974: Der Amazonas. – Time-life International (Niederlande).
- STERNBERG, H. O'REILLY 1968: Man and environmental change in South America. – In: E. J. FITTKAU et al. (Herausgg.) loc. cit., 413–445
- — 1975: The Amazon river of Brazil. – Geogr. Zeitschr. Beiheft
- TAKEUCHI, M. 1960: A estrutura da vegetacao na Amazonia. – Bolm Mus. par. E. GOELDI Bot. 6
- — 1961: The structure of the Amazonian vegetation. II. Tropical rainforest. – J. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Section III, Bot., 8, 1–26
- — 1962: The structure of the Amazonian vegetation. VI. Igapó. – J. Fac. Sci, Univ. Tokyo, Sect. III, Bot., 8, 297–304
- UHL, C. 1980: Studies of forest, agricultural, and successional environments in the upper Rio Negro region of the Amazon basin. – Unveröff. Ph. D. THESIS, Michigan State University.
- — K. CLARK, H. CLARK & P. MURPHY 1981: Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazon basin. – J. Ecol. 69, 631–649
- UNESCO 1970: Use and conservation of the biosphere. – Nat. res. res. 10
- — 1978: Tropical forest ecosystems. A state-of-knowledge report. – Nat. Res. Res. 14
- — 1981 a: CO₂ and the effects of human activities on climate: a global issue. – Nature and Resources 17, 2–5
- — 1981 b: Looking back on ten years of MAB. – Nature and Resources 17, 2–3
- UNGENMACH, H. 1971: Chemical rain water studies in the Amazon region. – Proc. Assoc. Biol. trop., Florencia und Leticia 1969, 354–158
- WALTER, H., E. HARNICKELL, D. MÜLLER-DOMBOIS 1975: Klimadiagrammkarten der einzelnen Kontinente und die ökologische Klimagliederung der Erde, Karte 2, Südamerika. Fischer Stuttgart.
- WAMBEKE, A. VAN 1978: Properties and potentials of soils in the Amazon basin. – Interciencia 3, 233–242
- WEBER, H. 1969: Zur natürlichen Vegetationsgliederung von Südamerika. – In: E. J. FITTKAU et al. (Herausgg.) loc. cit., Bd. 2, 475–518
- WEISCHET, W. 1977: Die ökologische Benachteiligung der Tropen. – Teubner, Stuttgart
- — 1981: Ackerland aus Tropenwald – eine verhängnisvolle Illusion. – Holz aktuell 3, 14–33
- WHITMORE, T. C. 1975: Tropical rainforests of the Far East. Clarendon, Oxford, 282 S.
- — 1981: On studying processes and cycles in tropical rainforests. – Commonw. For. Rev. 60, 113–116

Anschrift des Autors:

Dr. H. KLINGE, Max-Planck-Institut für Limnologie
Postfach 165, D-2320 Plön

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [009](#)

Autor(en)/Author(s): Klinge Hans

Artikel/Article: [Wälder und Waldökosysteme Amazoniens 87-101](#)