

AMAZONIANA	IV	3	283–292	Kiel, November 1973
------------	----	---	---------	---------------------

Aus der Zusammenarbeit zwischen Max-Planck-Institut für Limnologie, Abteilung Tropenökologie, Plön, Deutschland, und Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus – Amazonas, Brasilien

Struktur und Artenreichtum des zentral- amazonischen Regenwaldes

von

Hans Klinge

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

Die vorläufige Auswertung der Feldnotizen von einer Waldaufnahme bei km 64 der Straße Manaus – Itacoatiara (Staat Amazonas, Brasilien) (vgl. KLINGE and RODRIGUES 1971; FITTKAU and KLINGE 1973) im Gebiet des zentralamazonischen Regenwaldes (FITTKAU 1971 a; 1971 b; 1971 c) ergab eine Gesamtindividuenzahl von 93 780 Pflanzen je ha mit einem Palmenanteil von knapp 10% in den Größenklassen > 1,5 m bis 38,10 m Gesamthöhe.

Es lassen sich 6 Stockwerke des Bestandes unterscheiden, zwischen denen kaum scharfe Grenzen ausgebildet sind (Tabelle 1).

Tabelle 1 : Stockwerke des zentralamazonischen Regenwaldes NE Manaus

Stockwerk	Mittlere Kronenhöhe m	Individuenzahl / ha		
		Bäume	Palmen	gesamt
A	35,4 – 23,7	50	0	50
B	25,9 – 16,7	315	0	315
C ₁	14,5 – 8,4	760	15	775
C ₂	5,9 – 3,6	2 765	155	2 920
D	3 – 1,7	5 265	805	6 070
E	1 – 0,1	–	–	83 650
			Total	93 780

In Tabelle 2 sind Kronenflächen, Blattmasse und Stammkreisfläche für Bäume und Palmen der einzelnen Stockwerke angegeben.

Tabelle 2 : Kronenfläche, Blattmasse und Stammkreisfläche der Stockwerke des zentralamazonischen Regenwaldes NE Manaus

Stockwerk	Mittlere Kronenfläche ha/ha	Frische Blattmasse t/ha	Stammkreisfläche m ² /ha
A	0,5	2,3	7,1
B	1,3	6,9	14,6
C ₁	0,9	3,9	5
C ₂	0,8	2,1	2
D	0,5	2,5	1
E	3	0,5	1
Gesamt	7	18,2	30,7

Die geringe Kronenfläche des Stockwerkes A, die gleich jener des Stockwerkes D ist, zeigt die Lückigkeit des obersten Stockwerkes bzw. die Rauigkeit der Kronenfläche des Bestandes. Fast die Hälfte der Kronenfläche entfällt auf Stockwerk E, das die kleinste Blattmasse besitzt. Die beiden oberen Stockwerke weisen zusammen rund 50% der gesamten Blattmasse auf, die ähnlich wie die Kronenfläche von Stockwerk A zu Stockwerk D abnimmt. Nahezu 90% der Stammkreisfläche werden von den Bäumen der Stockwerke A und B gestellt.

Die unterirdische Biomasse und ihre Veränderung mit der Bodentiefe wurde durch die Erfassung der Wurzelmasse < 5 cm in einigen Probenflächen von 0,25 m² Oberfläche im Bodenprofil bis zu etwa 1 m Tiefe bestimmt (KLINGE 1973). Die Wurzeln wurden von Hand ausgelesen, getrocknet und gewogen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Außerdem wurde die Wurzelmasse von 351 Bäumen und von 51 Palmen > 1,5 m Höhe sowie von 3 090 Bäumen und Palmen < 1,5 m Höhe sowie von einer unbekanntem Zahl gleichgroßer Pflanzen auf einer Fläche von 1 650 m² bei der Ernte direkt bestimmt.

Im geringmächtigen A-Horizont sind somit > 40% aller Feinwurzeln und jeweils die Hälfte der Feinwurzeln der Klassen < 0,3 und 0,3 – 1 cm enthalten; im fast 4-mal mächtigeren B-Horizont ist der Rest der Feinwurzeln enthalten. Die Wurzelmasse, deren Frischgewicht etwa 25% der gesamten Biomasse der Vegetation ausmacht, ist also deutlich nahe der Oberfläche des Bodens angereichert, wie dies für Tropenboden allgemein zu gelten scheint (vgl. Tabelle 4). Die flache Durchwurzelung wird besonders deutlich erkennbar an Hand der Länge der Klassen der Wurzeln in den einzelnen Bodenabschnitten.

Tabelle 3 : Wurzelverteilung im Boden des zentralamazonischen Regenwaldes NE Manaus

Horizont	Mächtigkeit cm	Feinwurzeln gesamt		Feinwurzeln < 0,3 cm ϕ	
		t/ha	10 ³ km/ha	t/ha	10 ³ km/ha
A	16	16,9	11,6	5,3	11,0
oberer B	31	11,7	7,2	2,8	6,9
unterer B	60	11,1	4,1	2,5	3,8
Gesamt	107	39,7	22,9	10,6	21,7

Horizont	Feinwurzeln 0,3 – 1 cm ϕ		Feinwurzeln 1 – 5 cm ϕ	
	t/ha	10 ³ km/ha	t/ha	10 ³ km/ha
A	4,4	0,5	7,2	0,1
oberer B	2,6	0,2	6,3	0,1
unterer B	1,8	0,2	6,8	0,1
Gesamt	8,8	0,9	20,3	0,3

Für die Verteilung der direkt bestimmten Wurzelmasse in den verschiedenen Bodenabschnitten können keine Angaben gemacht werden. Bedauerlicherweise ist auch eine Zuordnung der Feinwurzeln zu den Stockwerken des Bestandes nicht möglich.

Die aufgezeichnete oberirdische Etagierung der Biomasse des zentralamazonischen Regenwaldes setzt sich also unterirdisch fort: Unter der am stärksten durchwurzelten bodenoberflächennahen Zone folgt eine wesentlich mächtigere Zone abklingender Durchwurzelung über einer praktisch nicht mehr durchwurzelten Zone unbekannter Tiefe. Der Wurzelraum selbst umfaßt bei annähernd 1 m Tiefe etwa 1/40 des oberirdischen Volumens unseres Waldes.

Eine Möglichkeit der Deutung des Stockwerkaufbaues des zentralamazonischen Regenwaldes

Aus der Untersuchung von Gewässern im Bereich des zentralamazonischen Regenwaldes ist bekannt, daß deren Nährstoffgehalt so gering ist, daß ihr Wasser als "verunreinigtes destilliertes Wasser" bezeichnet werden kann (FITTKAU 1971 c, SIOLI 1965). Auch wissen wir, daß im Niederschlagswasser des Gebietes Nährstoffe in jener Größenordnung enthalten sind, die in seinen Gewässern nachgewiesen wurde (ANON. 1972). In Übereinstimmung mit E.J. FITTKAU (1973 a) folgern wir daraus, daß das Ökosystem des zentralamazonischen Regenwaldes einerseits sehr sparsam mit seinem Nährstoffkapital umgeht, das es im Laufe einer langen Entwicklung in seiner Biomasse angesammelt hat. Da andererseits aber dennoch gewisse Nährstoffmengen verloren gehen, müßte über längere Zeiträume hin eine merkbare Verarmung an Nährstoffen eintreten, die zu sichtbaren Veränderungen des Ökosystems selbst führen müßte, würde dieser Nährstoffverlust nicht wieder ausgeglichen durch Einfangen von Nährstoffen, die von außen an es herangeführt

werden. Bei der Tiefgründigkeit und allgemeinen Armut der Böden ist mit einem nennenswerten Nährstoffnachschieb aus der Verwitterung nicht zu rechnen, und somit kommt den Nährstoffen im Niederschlag eine besondere Bedeutung zu, auf die auch STARK (1971) hinwies. Wir sind daher der Meinung, daß es sinnvoll und angemessen ist, die Struktur des von uns untersuchten Ökosystems im Hinblick auf seine Fähigkeit zu analysieren, die Nährstoffe des Niederschlags aufzufangen. Da aus dem Mineralboden der Auswaschungsverlust an Nährstoffen offensichtlich nicht gedeckt werden kann (ANON. 1969), sind wir nach unserer Meinung berechtigt, unser Ökosystem als Filtersystem zu sehen, das die Nährstoffe des Niederschlags auffängt und ihren Einbau in das System selbst ermöglicht.

Diese Filterwirkung wird einmal dadurch bewirkt, daß der den Wald erreichende Niederschlag über die Blattfläche des Bestandes, die in Etagen angeordnet ist, verteilt wird und von Stockwerk zu Stockwerk tropft, bis er endlich den Boden erreicht. Auf dem Wege durch das Blattwerk der einzelnen Stockwerke steht das Niederschlagswasser in direktem Kontakt mit der Blattoberfläche selber, vor allem aber auch mit deren epiphyller Vegetation, die für ihre Ernährung vorwiegend auf die Nährstoffe des Niederschlagswassers angewiesen ist. Es scheint uns nicht zufällig, daß die Blätter, vor allem ältere und insbesondere solche von Palmen, deren Blattmasse im Stockwerk C rund 30% der gesamten Blattmasse dieses Stockwerkes ausmacht, dicht von Epiphyllen besiedelt sind. Der von den Blättern und der epiphyllen Vegetation inkorporierte Nährstoffanteil fällt beim Absterben der Blätter mit diesen zu Boden und kann hier nach Mineralisierung der Streu von den Bäumen und Palmen des Waldes aufgenommen werden; damit ist dieser Nährstoffanteil für das Ökosystem gewonnen worden.

Die im zentralamazonischen Regenwald nur eine sehr untergeordnete Rolle spielenden Makro-Epiphyten wie Bromelien, Orchideen und Araceen, deren Frisch-Biomasse von 0,1 t/ha nur 0,014% der oberirdischen Biomasse des Waldes ausmacht, üben dieselbe Funktion der Nährstoffaufnahme aus dem Niederschlagswasser aus wie die Epiphyllen und niederen Epiphyten, die sich etwa auf der Borke der Bäume finden. Die Bedeutung der Makro-Epiphyten für die Nährstoffaufnahme aus dem Niederschlagswasser dürfte jedoch in quantitativer Hinsicht viel geringer als jene der Epiphyllen sein.

Die architektonischen Elemente des Waldes, sein Astwerk und die Stämme, leiten einen Teil des auf ihn treffenden Niederschlagswassers als Stammablauf dem Boden direkt zu. Borken-Epiphyten können dem Stammablauf Nährstoffe entnehmen und so für das System gewinnen. Der Anteil des Stammablaufes am Gesamtniederschlag in den Tropen scheint jedoch sehr gering zu sein (BRÜNIG 1971); über seinen Chemismus liegen für Amazonien keine Angaben vor.

Daß die Struktur des Waldes eine lange Verweilzeit des Niederschlagswassers im oberirdischen Teil des Ökosystems ermöglicht und so eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine wirksame Ausnutzung der Nährstoffe des Niederschlagswassers bedingt, zeigt sich in der Beobachtung, daß es im Bestand noch geraume Zeit nach Beendigung eines Regenfalles "weiterregnet".

Die Nährstoffe des Niederschlags, die die oberirdischen Strukturen des Waldes passieren, gelangen schließlich in den Boden. Hier bekommen sie Kontakt mit dessen Mikroflora; auch können sie in die Nährstofflösung des Bodens selbst eintreten. Im Boden aber treffen die Nährstoffe vor allem auf die Wurzelmasse, das am tiefsten gelegene und letzte organische Nährstofffilter des Systems. Während WENT and STARK (1968) und

STARK (1971) eine "direct nutrient cycling hypothesis" aufstellten, nach der die Nährstoffe aus der Mineralisierung der Streu über die Mycorrhiza den Baumwurzeln direkt, also unter Ausschluß der Mineralbodenphase, zugeführt werden, erscheint uns die so flache Durchwurzelung auch deshalb sinnvoll zu sein, weil so die Nährstoffe des auf den Boden tropfenden Niederschlagswassers mehr oder weniger direkt von den Wurzeln aufgenommen werden können. Die flache Durchwurzelung des Bodens in Verbindung mit der Nährstoffzufuhr über Tropfwasser aus dem Kronenraum und Stammablauf zu sehen, erscheint uns u.a. aus folgender Beobachtung gerechtfertigt: Vor allem an stärkeren Stämmen, die wegen der größeren Oberfläche von Astwerk und Stamm einen höheren Stammablauf als schwächere Stämme aufweisen können, schiebt sich der Wurzelfilz des oberen A-Horizontes, der mit Leichtigkeit wie ein Teppich vom Boden abgezogen werden kann, den Stammfuß hinauf, wächst also gleichsam dem Nährstoffstrom des Stammablaufes entgegen. Wir sind also nicht der Meinung, die oberflächliche Durchwurzelung des zentralamazonischen Bodens habe ihren Grund allein darin, daß die bei der Mineralisierung des Bestandesabfalles freiwerdenden Nährstoffe möglichst nahe der Streu, also in der Bodenoberfläche, aufgesucht würden, wenn gleich wir auf Grund der eigenen Untersuchungen über Streufall und Nährstoffkreislauf in Zentralamazonien (KLINGE and RODRIGUES 1968) sicher sind, daß in Übereinstimmung mit Befunden an anderen tropischen Wäldern diesem internen Kreislauf der Nährstoffe die bedeutendste Rolle zukommt.

Dies entnehmen wir auch der Durchwurzelungsstudie an einem Boden mit noch extremerer Nährstoffsituation als jener des Bodens der Tabelle 3. Es handelt sich dabei um einen tiefgründigen Humuspodsol mit einem Anreicherungshorizont in etwa 4 m Tiefe (Tabelle 4).

Hier finden sich 82% der gesamten Wurzeltrockenmasse im Rohhumus, in dem auch sämtliche Feinwurzeln mit Durchmessern zwischen 1 und 5 cm vorkommen, während von den dünneren Wurzeln über 60% im Rohhumus vorkommen. Die Tendenz zu einer tieferen Durchwurzelung des Bodens der Tabelle 3 ist im Humuspodsol nicht festzustellen, dessen Mineralboden praktisch aus reinem Quarzsand besteht. Die Durchwurzelung ist darum in dem sauren, zweifelsohne besser durchlüfteten Boden unter Campina außerordentlich oberflächlich, und im 6-fach mächtigeren durchwurzelten Mineralboden finden sich nur noch 18% aller Feinwurzeln. In der beinahe ausschließlichen Durchwurzelung der organischen Auflage über dem Mineralboden ist ein Hinweis auf den ausgesprochenen Nährstoffmangel im Mineralboden und die sich daraus ergebende Notwendigkeit zu sehen, Anteile des großen Nährstoffkapitals des Rohhumus im Augenblick ihrer Freisetzung aufzusuchen. Doch auch im System Campina – Humuspodsol kann nicht ausgeschlossen werden, daß außerdem eine Notwendigkeit besteht, Nährstoffverluste durch Auswaschung durch Gewinnung von Nährstoffen aus dem Niederschlagswasser auszugleichen. Denn im extrem nährstoffarmen Humuspodsol ist mit einem Nährstoffnachschieb aus der Verwitterung im Mineralboden noch viel weniger zu rechnen als im Boden des zentralamazonischen Regenwaldes.

Tabelle 4 : Wurzelverteilung in einem zentralamazonischen, tiefgründigen Humuspodsol NE Manaus unter Campina

Horizont	Mächtigkeit cm	Gesamt-Feinwurzeln		Feinwurzeln < 0,3 cm ϕ	
		t/ha	10 ³ km/ha	t/ha	10 ³ km/ha
Streu und Rohhumus	13	23	39,4	4,7	38,9
humoser Mineralboden	36	4,2	14,4	2,3	14,2
humusfreier Bleichsand	40	0,9	0,8	0,4	0,7
Gesamt	89	28,1	54,6	7,4	53,8

Horizont	Feinwurzeln 0,3 – 1 cm ϕ		Feinwurzeln 1 – 5 cm ϕ	
	t/ha	10 ³ km/ha	t/ha	10 ³ km/ha
Streu und Rohhumus	3,7	0,4	14,6	0,1
humoser Mineralboden	1,9	0,2	0	-
humusfreier Bleichsand	0,5	0,1	0	-
Gesamt	6,1	0,7	14,6	0,1

Artenreichtum und Artenverteilung im zentralamazonischen Regenwald

Die vorläufige Bearbeitung des Herbarmaterials unserer Waldaufnahme, die durch W.A. RODRIGUES durchgeführt wird, hat mehr als 50 Pflanzenfamilien mit über 500 Arten von Bäumen und Palmen auf einer Fläche von 2 000 m² ergeben (MÜLLER 1972). Dies ist die höchste Artenzahl, die unseres Wissens nach jemals für einen tropischen Wald auf so kleiner Fläche nachgewiesen wurde. Wie auch in anderen Wäldern der Terra firme Amazoniens (HUECK 1966, LECHTHALER 1956, RODRIGUES 1967, TAKEUCHI 1961) fallen Leguminosen, Sapotaceen, Chrysobalanaceen, Rubiaceen, Burseraceen, Annonaceen und Lecythydaceen besonders auf (Tabelle 5).

Wie es für Palmen bereits aus Tabelle 1 hervorgeht, sind auch die Baumarten gesetzmäßig auf die verschiedenen Stockwerke verteilt (Tabelle 6). So wird das lückige Stockwerk A von wenigen Vochysiaceen und Olacaceen aufgebaut. Im Stockwerk C herrschen Burseraceen, Lecythydaceen und Violaceen neben Rubiaceen, Moraceen und anderen Familien, die in den Stockwerken A und B fehlen. Im Stockwerk D fallen neben den auch hier dominierenden Burseraceen vor allem Palmen und Violaceen neben Leguminosen,

Tabelle 5 : Prozentuale Zusammensetzung des zentralamazonischen Regenwaldes NE Manaus nach Pflanzenfamilien (nach einer Aufnahme auf 2 000 m²).

Pflanzenfamilie	Prozentualer Anteil	
	der Arten an der Gesamtartenzahl (502)	der Individuen an der Gesamtindividuenzahl (1968)
Leguminosae	12,4	8,6
Sapotaceae	8,6	7
Lauraceae	8	4,4
Chrysobalanaceae	7,6	4,8
Rubiaceae	6,4	6,9
Burseraceae	5,4	11,9
Annonaceae	4,2	4,4
Lecythidaceae	3,4	6,6
Moraceae	3,4	3,5
Palmae	2,2	9,9
Violaceae	2	11,2
44 unbedeutendere Familien	35,3	20,6
Indeterminata	1,4	0,5
	100,3	100,3

Sapotaceen, Lauraceen, Chrysobalanaceen und Rubiaceen auf. Für das Stockwerk E können keine Angaben über Artenzusammensetzung und -häufigkeit gemacht werden, da die hier dominierenden Jungpflanzen morphologisch so stark von älteren abweichen, daß eine sichere taxonomische Bestimmung unmöglich ist, weshalb die Vegetation dieses Stockwerkes auch nicht herbarisiert wurde.

Bei den 10 Familien der Tabelle 6, die in mehreren Stockwerken vorkommen, fällt auf, daß von ihren 36 Arten mit 58 Individuen nur 6 Arten in mehr als einem Stockwerk gleichzeitig auftreten.

Wäre die Zuordnung der Feinwurzeln (vgl. Tabelle 3) zu den Individuen und Arten der einzelnen Stockwerke möglich, so spiegelte sich wahrscheinlich die oberirdische Etagierung der Vegetation (Tabelle 6) auch unterirdisch viel deutlicher wieder als nur in der pauschalen Verteilung der Wurzelmasse und ihrer Durchmesserklassen.

Sowohl im Artenreichtum selbst wie in der Verteilung der Arten in der Fläche und im Raum glauben wir ein Angepaßtsein der Struktur des zentralamazonischen Regenwaldes an die Notwendigkeit erkennen zu dürfen, die neu herangeführten Nährstoffe des Niederschlagswassers zum Ausgleich der Auswaschungsverluste bei allgemein knappem Nährstoffangebot des Bodens festzuhalten und in das System zu inkorporieren. Das vom Stockwerk A zu den unteren Stockwerken immer größer werdende Artenangebot deutet unserer Meinung nach eben so wie die gleichzeitig erheblich zunehmende Individuendichte auf eine Filterfunktion des Bestandes im Hinblick auf Nährstoffe des Niederschlagswassers hin. Die Arbeit von FITTKAU (1973 b), in der er die Filterfunktion der Biomasse amazonischer Gewässer darstellt und sie mit derjenigen des amazonischen Regenwaldes ver-

Tabelle 6 : Häufigkeit und Verteilung von Familien, Arten und Individuen in einer 5 x 10 m messenden Fläche des zentralamazonischen Regenwaldes NE Manaus

Stockwerk	A	B	C ₁	C ₂	D	Arten	Individuen
Vochysiaceae		502(1)			500(1)	4	4
	503(1)						
Olacaceae	370(1)	506(1)				1	1
Leguminosae		235(1)			247(1) 268(1) 278(1)	4	4
Moraceae			319(1)			2	2
Euphorbiaceae		331(1) 138(3) 142(1) 146(1) 158(1)	146(1)		138(1)	3	7
Humiriaceae					415(1)	1	1
Rubiaceae			417(1)		417(1) 423(1)	3	4
Burseraceae			51(2) 54(1) 56(1)		55(1) 56(3) 70(1)	5	10
Lecythidaceae				209(1) 212(1) 213(1)		3	4
Palmae			378(1)	383(1)	375(1)	4	10
Violaceae				490(1)	384(7) 491(2) 492(2) 493(1) 494(1) 499(1)	6	8
Sapindaceae				435(1)		1	1
Myrtaceae				344(1) 345(1)		1	1
Meliaceae				305(1)		1	1
Anacardiaceae				4(1)		1	1
Elaeocarpaceae				133(1)		2	3
Sapotaceae				135(1)	135(1) 446(1) 448(1) 449(1) 451(1) 458(1)	5	5
Lauraceae					169(1) 181(1)	2	2
Chrysobalanaceae					104(2)	1	2
Annonaceae					18(1)	1	1
Indeterminata		(2)	(1)	(1)	(3)		7
Familien	2	5	6	9	12		
Arten	2	8	9	14	26	52	73+3
Individuen	2	10+2	10+1	14+1	37+3		

gleicht, bestärkt uns in unserer Auffassung von zentralamazonischen Wald als einem Filtersystem. Wir sehen darum im Verteilungsmuster der Arten dieses Waldes nicht nur die Folgen der Einnischung gemäß der Breite des artspezifischen Spektrums der ökologischen Ansprüche, nicht nur Folgen der Konkurrenz der Arten in den verschiedenen Lebensabschnitten unter einander und nicht nur einen Ausdruck für das Durchsetzungsvermögen dieser Art, sondern auch ein Angepaßtsein an die Notwendigkeit des Ausgleiches von Nährstoffverlusten des Ökosystems (FITTKAU 1973 a), da wir annehmen dürfen, daß die Wahrscheinlichkeit einer möglichst umfassenden Ausnutzung des Nährstoffangebotes im Niederschlagswasser mit der Steigerung der Arten- und Individuenfülle und mit der Etagierung deren Biomasse sowohl oberirdisch wie unterirdisch wächst, die Hand in Hand geht mit einer Steigerung der Blattformen und ihrer Größe, mit einer Spreizung der Ansprüche an Nährstoffmenge und Nährstoffzusammensetzung des Substrates und der Ansprüche an die Wasserversorgung, um nur einige, für die Nährstoffversorgung wichtige Faktoren zu benennen.

Zusammenfassung

Der ober- und unterirdische Stockwerkaufbau des zentralamazonischen Regenwaldes wird an Hand der Individuenzahlen, der Kronenfläche, der Blattmasse, der Stammkreisfläche und der Wurzelmasse beschrieben. Die Verteilung der Familien und Arten der Bestandesbildner wird ebenfalls beschrieben. Im Stockwerkaufbau und der unterschiedlichen Diversität der Stockwerke wird ein Ausdruck für die Notwendigkeit und zugleich die Möglichkeit gesehen, Nährstoffverluste durch Auswaschung über das Einfangen von Nährstoffen aus dem Niederschlag auszugleichen.

Danksagung

Der Direktion des Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia wird für alle Unterstützung und Hilfe im Rahmen des Vertrages über die Zusammenarbeit zwischen diesem Institut und der Abteilung Tropenökologie des Max-Planck-Institutes für Limnologie bei der Durchführung der Feldarbeiten im Jahre 1970 gedankt. Ohne die verlässliche und willige Mitarbeit von W.A. RODRIGUES und vor allem von A.J. dos SANTOS, D.F. COELHO, O.P. MONTEIRO, M.L. da MOTA, C.A. da FOURECA hätten die Feldarbeiten nicht erfolgreich in knapp 6 Monaten durchgeführt werden können. Frau Mentz und Fr. Willer bestimmten unermüdlich und zuverlässig die Wurzelmasse und die Wurzellänge. Ihnen allen sei herzlich gedankt! Den Herren Prof. Dr. E.F. BRÜNIG, Institut für Weltforstwirtschaft der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek, und Dr. E.J. FITTKAU, Max-Planck-Institut für Limnologie, Abt. Tropenökologie, Plön, danke ich für anregende Diskussionen und Rat bei der Planung und Auswertung des Projektes.

Literatur

- ANONYMUS (1969): Os solos da área Manaus – Itacoatiara. – Ensaios Nr. 1, Estado do Amazonas, Manaus
- ANONYMUS (1972): Regenwasseranalysen aus Zentralamazonien, ausgeführt in Manaus, Amazonas, Brasilien, von Dr. Harald Ungemach. – Amazoniana 3 (2) : 186–198

- BRÜNIG, E.F. (1971): Forstliche Produktionslehre.— Europ. Hochschulschriften. H. Lang, Bern. P. Lang, Frankfurt/Main. Reihe XXV, 1 : 318 p.
- FITTKAU, E.J. (1971 a): Esboço de uma divisão ecológico-paisagística da região amazônica.— In : Proc. Symp. Biota Amazonica, Leticia, Colombia 1969. Bogotá
- FITTKAU, E.J. (1971 b): Ökologische Gliederung des Amazonasgebietes auf geochemischer Grundlage.— Münster Forsch. Geol. Paläontol. 20/21 : 35–50
- FITTKAU, E.J. (1971 c): Neues Material zur geochemischen Gliederung Amazoniens.— Vortrag Symposium Mak-Planck-Institut für Limnologie und Geographisches Institut der Universität des Saarlandes, Saarbrücken 1971. In : P. Müller, 1972 : Zweites Symposium über “Biogeographische und landschaftsökologische Probleme Südamerikas” in Saarbrücken.— Mitt. Biogeogr. Abt. Geogr. Inst. Univ. Saarland 3 : 1–8
- FITTKAU, E.J. (1973 a): Artenmannigfaltigkeit tropischer Lebensräume aus ökologischer Sicht. Vortrag III. Symposium des Geographischen Institutes der Universität des Saarlandes und des Max-Planck-Institutes für Limnologie, Abt. Tropenökologie, Plön 1972.— Amazoniana 4 (3) : 321–340
- FITTKAU, E.J. (1973 b): Crocodiles and the nutrient metabolism of Amazonian waters.— Amazoniana 4 (1) : 103–133
- FITTKAU, E.J. and H. KLINGE (1973): On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem.— Biotropica 5 : 2–14
- HUECK, K. (1966): Die Wälder Südamerikas.— Stuttgart, Fischer
- KLINGE, H. (1973): Root mass estimation in lowland tropical rain forests of Central Amazonia, Brazil. I. Fine root masses of a pale yellow latosol and a giant humus podsol.— Trop. Ecol. (im Druck)
- KLINGE, H. and W.A. RODRIGUES (1968): Litter production in an area of Amazonian terra firme forest I, II.— Amazoniana 1 (4) : 287–302, 303–310
- KLINGE, H. e W.A. RODRIGUES (1971): Matéria orgânica e nutrientes na mata de terra firme perto de Manaus.— Acta Amazonica 1 (1) : 69–72
- LECHTHALER, R. (1956): Inventário das árvores de um hectare de terra firme da zona Reserva Florestal Ducke, Municipio de Manaus.— Publ. Inst. nac. Pesq. Amazônica, Botânica, Rio de Janeiro, No. 3
- MÜLLER, P. (1972): Zweites Symposium über “Biogeographische und landschaftsökologische Probleme Südamerikas” in Saarbrücken.— Mitt. Biogeogr. Abt. Geogr. Inst. Univ. Saarland 3 : 1–8
- RODRIGUES, W.A. (1967): Inventário florestal piloto ao longo da estrada Manaus – Itacoatiara, Estado do Amazonas : Dados preliminares.— In: Atas Simp. Biota Amazônica, Belém 1966, 7 : 257–267
- SIOLI, H. (1965): Bemerkung zur Typologie amazonischer Flüsse.— Amazoniana 1 (1) : 74–83
- STARK, N. (1971): Nutrient cycling II. Nutrient distribution in Amazonian vegetation.— Trop. Ecol. 12 (2) : 177–201
- TAKEUCHI, M. (1961): The structure of the Amazonian vegetation II. Tropical rain forest.— J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sect. III, Bot. 8 : 1–26
- WENT, F.W. and N. STARK (1968): The biological and mechanical role of soil fungi.— Proc. Natn. Acad. Sci. USA 60 : 497–504

Anschrift des Autors: Dr. H. Klinge, Max-Planck-Institut für Limnologie, Abteilung Tropenökologie, D–2320 Plön (Holstein), BR Deutschland.