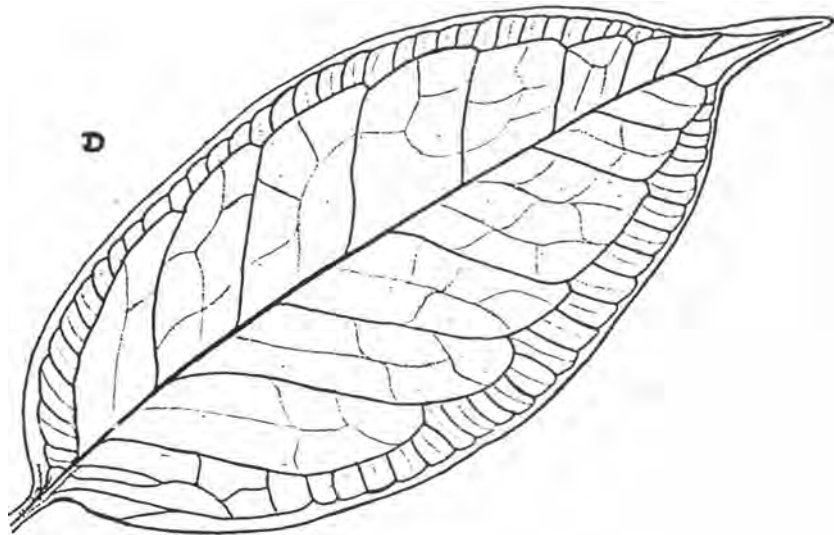
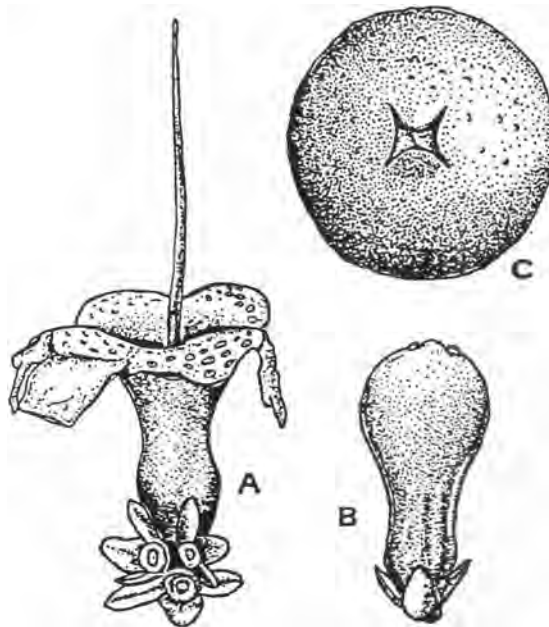


CIO
333.75
S768p



PLINIA SALTICOLA

- A. offene Blüte (x 2,5)
- B. Blütenknospe von der Seite (x 2,5)
- C. Blütenknospe von oben (x 5)
- D. Blatt (x 1)

ESTIMADO LECTOR:
 PROTEJA NUESTROS LIBROS,
 SON PARA USTED Y LAS
 FUTURAS GENERACIONES.

**Populationsökologische Untersuchung von *Plinia salticola* (Myrtaceae)
im prämontanen Regenwald der Cordillera de Tilarán (Costa Rica)**

Diplomarbeit
Astrid Sprenger
Universität Hohenheim, Fakultät II
September 1992

Betreuer: Prof. Dr. S.-W. Breckle
Abteilung Ökologie der Universität Bielefeld

Populationsökologische Untersuchung von *Plinia salticola* (Myrtaceae) im pramontan



0118135

CIO
333.75
S768p

0118135 u

BIBLIOTECA OCCIDENTE-UCR



0118135

02 JUN 1998

Universidad de Costa Rica
Sede de Occidente
Biblioteca, San Ramón

VORWORT

Die vorliegende Untersuchung entstand unter der wissenschaftlichen Leitung von Herrn Prof. Dr. S.-W. Breckle, dem Leiter der Abteilung Ökologie der Universität Bielefeld. Für sein persönliches Interesse, seine fachliche Unterstützung und seine ständige Kommunikationsbereitschaft möchte ich ihm aufrichtig danken.

Die Feldarbeiten für diese Diplomarbeit wurden von Juli 1991 bis Mai 1992 in der Reserva Forestal de San Ramón in Costa Rica durchgeführt. Der Gesamtbaumbestand der Untersuchungsfläche ist Gegenstand einer noch laufenden Dissertation (Ingrid Wattenberg, Universität Bielefeld). Das Auswählen und Abstecken des untersuchten Hektars, die Markierung der Bäume, die Entnahme der Bodenproben und die klimatischen Messungen wurden zusammen mit der Doktorandin vorgenommen.

Allen, die mich bei der Realisierung der Arbeit unterstützten, sei herzlich gedankt:

R. Ortiz, dem Direktor der Biologischen Station, der bei organisatorischen Fragen in der RFSR behilflich war.

Victor und Roy, die das Leben auf der Station erträglich machten.

P. Sanchez, Herbario Nacional de Costa Rica, für seine Diskussionsbereitschaft und sein Entgegenkommen, sämtliche technischen Einrichtungen des Herbariums benutzen zu dürfen.

Dr. J. Laguna, Escuela de Geología der Universidad de Costa Rica, für die Zurverfügungstellung und Einweisung in das Statistikprogramm.

Dr. E. Götz, Institut für Botanik der Universität Hohenheim, der mir wertvolle Denkanstöße gab.

Dr. M. Sommer, Institut für Bodenkunde der Universität Hohenheim, der mir bei der Auswertung der Bodenanalysen zur Seite stand.

Meinen Eltern, ohne deren finanzielle Unterstützung mein Aufenthalt in Costa Rica nicht möglich gewesen wäre.

Schließlich natürlich Ingrid für die gute Zusammenarbeit in den ereignisreichen Monaten, in denen wir uns gemeinsam durch den Regenwald schlugen.

Abkürzungen

BHD	=	Brusthöhdurchmesser
BZ	=	Blattzahl
E	=	Epiphyten
EP	=	Einheitsparzelle
H	=	Baumhöhe
HN	=	Hangneigung
I.g.	=	<i>Iriartea gigantea</i>
KA	=	Kronenfläche
KD	=	Kronendurchmesser
KF	=	Kronenform
KP	=	Kronenposition
KS	=	Kronenüberschattung
KT	=	Kronentiefe
L	=	Lianen
POS	=	Position
P.s.	=	<i>Plinia salticola</i>
r	=	Korrelationskoeffizient nach Pearson
RFSR	=	Reserva Forestal de San Ramón
SKF	=	Stammkreisfläche
V	=	Vitalität

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Einleitung	1
2 Untersuchungsgebiet	3
2.1 Geographie	3
2.2 Klima	5
2.3 Geologie, Relief und Boden	6
2.4 Vegetation	7
2.5 Untersuchungsobjekt: <i>Plinia salticola</i> (Myrtaceae)	7
3 Methodik	9
3.1 Standortsaufnahmen	9
3.1.1 Untersuchungshektar	9
3.1.2 Mikroklima	10
3.1.3 Topographie	11
3.1.4 Boden	11
3.1.5 Lichtmessungen	12
3.1.6 Kronendachdichte	12
3.2 Vegetationsaufnahmen	13
3.2.1 Strukturparameter des Gesamtbaumbestandes	13
3.2.2 Strukturparameter von <i>Plinia salticola</i>	13
3.2.3 Phänologie von <i>Plinia salticola</i>	17
3.2.4 Jungwuchs von <i>Plinia salticola</i>	18
3.2.5 Räumliche Verteilung von <i>Plinia salticola</i>	18
3.3 Vertikalstruktur des Waldes	19
3.4 Problematik der Bestandenserhebungen	19
3.5 Auswertung	21
4 Ergebnisse	22
4.1 Standortsaufnahmen	22
4.1.1 Mikroklima	22
4.1.2 Topographie	23
4.1.3 Boden	26
4.1.4 Lichtmessungen	30
4.1.5 Kronendachdichte	30

	Seite
4.2 Vegetationsaufnahmen	32
4.2.1 Strukturparameter des Gesamtbaumbestandes	32
4.2.2 Strukturparameter von <i>Plinia salticola</i>	36
4.2.3 Phänologie von <i>Plinia salticola</i>	50
4.2.4 Jungwuchs von <i>Plinia salticola</i>	58
4.2.5 Räumliche Verteilung von <i>Plinia salticola</i>	63
4.3 Vertikalstruktur des Waldes	69
5 Diskussion	72
6 Zusammenfassung	81
7 Ausblick	82
8 Literaturverzeichnis	84
Anhang 1-8	89-107

1 EINLEITUNG

Tropische Wälder stellen wegen des hohen Grades ihrer biologischen Diversität eine Herausforderung an die ökologische Forschung dar. Es gilt, die fundamentalen demographischen Merkmale, die diesen komplexen Ökosystemen zugrundeliegen, kennenzulernen.

Ohne das Wissen um die Ökosystemstruktur, den Populationsaufbau und die Biologie der einzelnen Arten wird es nicht möglich sein, tropische Wälder fortdauernd als erneuerbare Ressource zu nutzen und dadurch der weltweiten Regenwaldzerstörung entgegenzuwirken.

In der vorliegenden Arbeit werden in der Reserva Forestal de San Ramón, einem prämontanen tropischen Regenwaldgebiet Costa Ricas, die Populationsstruktur der endemischen Baumart *Plinia salticola* (*Myrtaceae*) und ökologische Faktoren, die diese Struktur bedingen, analysiert. Daneben bilden phänologische Beobachtungen und die Stellung von *Plinia salticola* im Gesamtbaumbestand einen Schwerpunkt. Durch die Aufnahme von möglichst vielen Parametern wird der Versuch unternommen, die Wuchsbedingungen dieser Baumart zu erfassen. Anschließend werden signifikante Abhängigkeiten zwischen den aufgenommenen Variablen dargestellt.

Methodische Ansätze für Bestandesanalysen in tropischen Wäldern geben HOHEISEL (1976), SYNNOTT (1979) und LAMPRECHT (1986).

Über Untersuchungen der Populationsstrukturen tropischer Baumarten liegen eine Reihe von Arbeiten aus jüngster Zeit vor, wobei sich diese jedoch auf einige wenige Regenwaldgebiete der Erde beschränken. So ist das Waldgebiet von Barro Colorado Island im Panamakanal Studienort einer populationsökologischen Langzeituntersuchung von HUBBELL (1979) und HUBBELL und FOSTER (1983, 1987) bezüglich des gesamten Baumbestandes. LANG und KNIGHT (1983), AUGSPURGER (1983, 1984), SORK (1987), SCHUPP (1988), SCHUPP und FROST (1989) und HOWE (1990) befaßten sich ebenfalls auf dieser Insel mit Samen- und Sämlingsraub, Samenverteilung, Sämlingsetablierung und Sämlingssterblichkeit einzelner Baumarten in Abhängigkeit von Faktoren wie Lichtverhältnissen, Samenverbreitern, Pathogenen, Herbivoren und Abstand zu Artgleichen. CLARK und CLARK (1984, 1985) beschäftigten sich in Costa Rica mit der Langlebigkeit von Sämlingen in Abhängigkeit von der Sämlingsdichte und deren Auswirkung auf die Populationsstruktur von Baumarten des atlantischen Tieflandregenwaldes. SARUKHAN et al. (1985) beschrieben die Populationsdynamik einer Palmart Mexikos. ARMESTO et al. (1986) verglichen den Populationsaufbau von Baumarten in Wäldern tropischer und gemäßigter Regionen der Erde. Weitere Untersuchungen über die Populationsstrukturen und

die Regeneration tropischer Wälder wurden von BARROS HENRIQUES und GIRNOS DE SONSA (1989) in Brasilien, von FORGET (1989) in Französisch-Guyana und von TURNER (1990) in Malaysia durchgeführt.

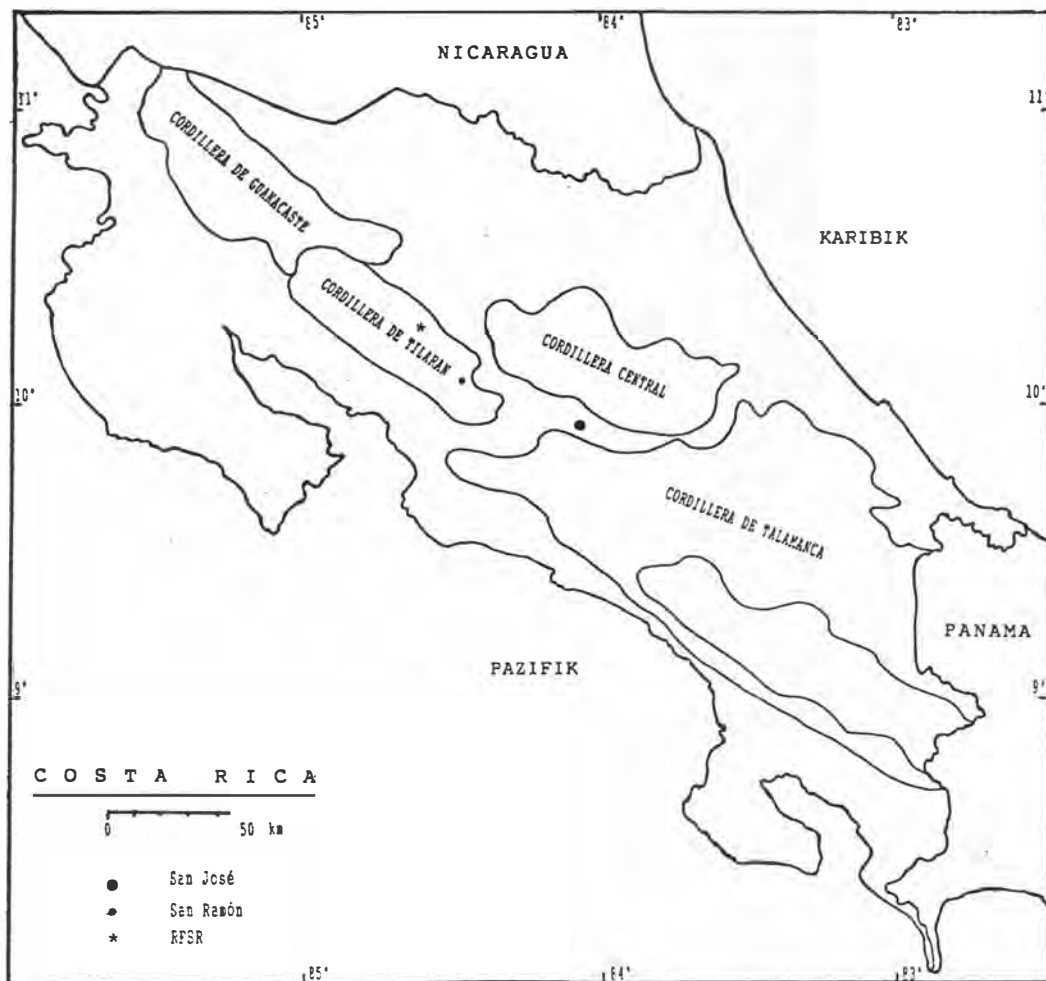
Phänologische Beobachtungen an tropischen Baumarten Mittelamerikas sind das Thema der Arbeiten von DAUBENMIRE (1970), FRANKIE et al. (1974b) und MORI und KALLUNKI (1976).

2 UNTERSUCHUNGSGBIET

2.1 GEOGRAPHIE

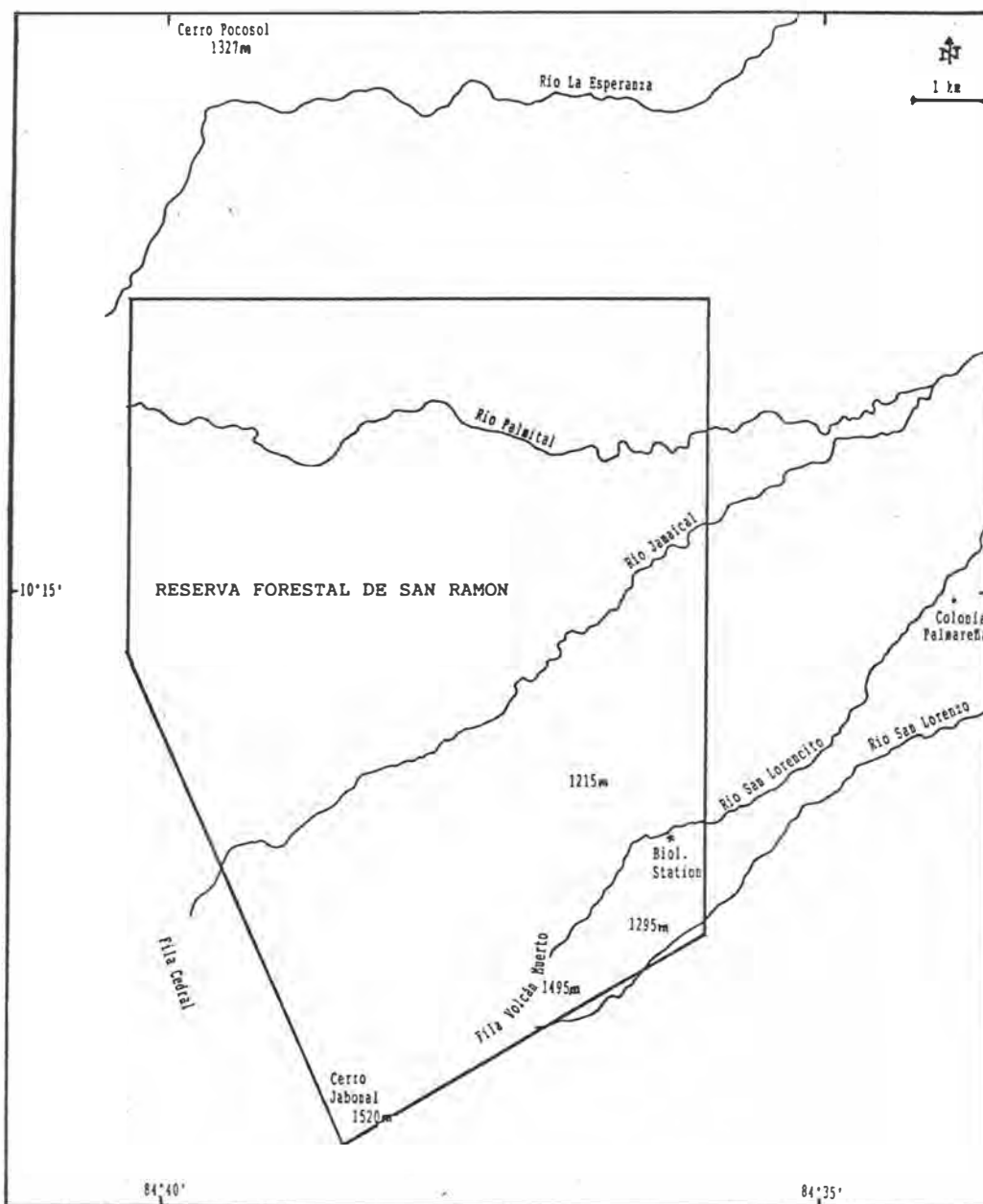
Die 50.700 km² große mittelamerikanische Republik Costa Rica wird von Nordwesten nach Südosten von vier aufeinanderfolgenden Kordilleren durchzogen, welche sowohl eine orographische als auch klimatische Trennungslinie bilden. Einer dieser Gebirgszüge ist die Cordillera de Tilarán, deren Gipfellagen bei 1500 m Meereshöhe liegen (Abb. 1). Der Forschungswald der Universidad de Costa Rica, die Reserva Forestal de San Ramón (RFSR), bildet mit seinen 7800 ha einen Teil der Cordillera de Tilarán.

Abb. 1: geographische Lage des Untersuchungsgebietes



Die Biologische Station der RFSR befindet sich im Tal des Río San Lorencito, einem Nebenfluß des Río San Lorenzo, ca. 40 km nordnordwestlich der Stadt San Ramón in der Provinz Alajuela in einer Höhe von 860 m NN. Das gesamte Flußgebiet des Río San Lorenzo ist Teil der atlantischen Abdachung der Cordillera de Tilarán. Die geographischen Koordinaten der RFSR sind $10^{\circ}13'$ Nord und $84^{\circ}37'$ West (Abb. 2).

Abb. 2 : Reserva Forestal de San Ramón



2.2 KLIMA

Wegen der gleichmäßigen jährlichen Temperaturen bestimmen Niederschlagsintensität, -verteilung, Luftfeuchte und Wasserhaushalt den Jahresrhythmus, wobei je nach geographischer Breitenlage die einzelnen Faktoren unterschiedlich ausgeprägt sind. Ursache dafür sind die spezifische Lage eines Gebirgsstandortes zur Innertropischen Konvergenzzone sowie Lage und Art der "Massenerhebung" (GRUBB, 1971) an sich, insbesondere die Entfernung zum Meer und die Höhenausdehnung.

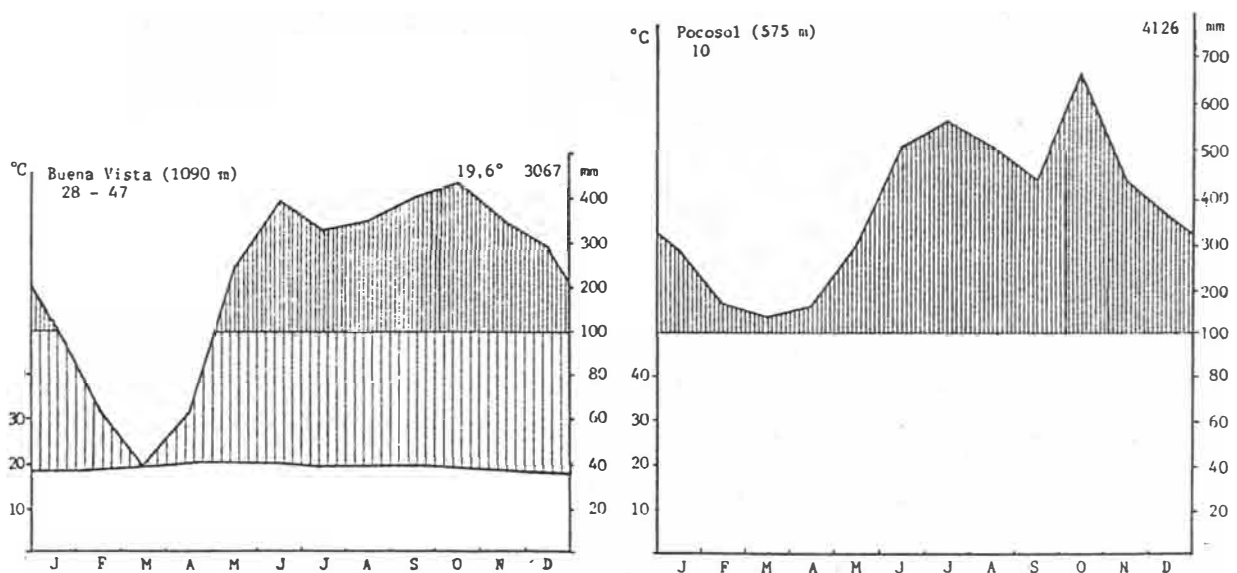
Das Gebiet der RFSR steht unter atlantischem Klimaeinfluß, d.h. es erhält zu allen Jahreszeiten Niederschlag und unterliegt dem Nord-Ost-Passat.

Im näheren Umkreis des Untersuchungsgebietes befindet sich keine amtliche Klimastation. Die nächstgelegene war bis 1989 'Buena Vista' (10°18' Nord, 84°29' West), die ca. 13 km nordöstlich der Biologischen Station von San Ramón in 1090 m NN gelegen war. 'Buena Vista' hatte einen mittleren Jahresniederschlag von 3067 mm, und die mittleren Temperaturen betragen 19,6°C.

16 km nordwestlich der Biologischen Station befindet sich die Klimastation 'Pocosol' (10°25' Nord, 84°40' West) in 575 m NN, von der jedoch nur Niederschlagsdaten vorliegen. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt hier 4126 mm.

Die Klimaverläufe an beiden Klimastationen in den Beobachtungsjahren werden in Abb. 3 veranschaulicht (Quelle: Instituto Meteorológico Nacional, San José).

Abb. 3: Klimadiagramme von 'Buena Vista' und 'Pocosol'



Deutlich zu erkennen ist hier die kurze Trockenzeit zwischen Februar und April ("verano") und die lange Regenzeit von Mai bis Januar ("invierno"). Die Regenzeit ist gekennzeichnet durch eine kurze Periode mit etwas geringeren Niederschlägen zwischen Juli und September, dem sogenannten "veranillo".

Aufgrund der vielen Gebirgsrücken und -täler der Cordillera de Tilarán können diese Klimaangaben nur Anhaltspunkte für das Lokalklima um die Biologische Station von San Ramón sein.

Nach CRUZ (1989) betragen die Jahresniederschläge an der Biologischen Station ca. 5500 mm/Jahr, wobei die Monate Januar bis März die trockensten sind. Jedoch fallen auch in dieser Zeit mehr als 100 mm Niederschlag monatlich. Auf das Mikroklima des Untersuchungsgebietes im Untersuchungszeitraum wird in Kapitel 4.1.1 näher eingegangen.

2.3 GEOLOGIE, RELIEF UND BODEN

Die Cordillera de Tilarán ist aus einem Gebirgskörper vulkanischen Gesteins des Tertiärs aufgebaut. Die Gesteine des Gebietes des Río San Lorenzo bilden eine kontinentale Sequenz, die hauptsächlich aus Lavaflüssen, Konglomeraten und Breccien besteht. Diese setzen sich zumeist aus Basalten im Wechsel mit Tuffen und Ignimbriten, die von Basaltkörpern durchdrungen sind, zusammen. Neben diesen Gesteinen treten fluviolacustrine Sedimente auf (JANZEN, 1991).

Das gesamte Gebiet weist ein sehr bergiges, unregelmäßiges Relief auf, mit tiefeingeschnittenen Tälern und Steigungen größer als 50 % in mehr als 80 % der Fläche (CRUZ, 1989). Das Gebiet stellt ein wichtiges hydroelektrisches Potential des Landes dar. Die Böden sind aus Vulkanaschen entstanden. Es handelt sich um dunkle, tiefgründige Böden, die reich an organischer Materie, von feiner Textur, mäßig fruchtbar und sehr gut drainiert sind (Andepts, Andosole). Aufgrund des Klimas und der Topographie unterliegen sie leicht der Erosion (PEREZ et al., 1978).

Der in dieser Arbeit untersuchte Hektar ist am Südosthang des Río San Lorenzito gelegen, zwischen 878 m und 922 m NN. Die Hangneigungen dieses Hektars betragen durchschnittlich 14° (25 %), d.h. die Hänge sind stark geneigt (ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE, 1982).

2.4 VEGETATION

Einen Überblick über die potentielle Primärwaldvegetation Costa Ricas geben HOLDRIDGE et al. (1971). Nach der Lebenszonenklassifizierung von HOLDRIDGE (1967) ist der Waldtyp des Untersuchungsgebietes dem immerfeuchten, prämontanen, tropischen Wald zuzuordnen. Das Gebiet kann auch als Übergangsbereich zwischen montanem Wolkenwald in höheren Erhebungen und Tieflandregenwald in niedrigeren Erhebungen bezeichnet werden (BURGER, 1991). Dieser Waldtyp tritt in sehr regenreichen, tropischen Gebieten in Höhen zwischen 500 m und 1500 m NN auf (JANZEN, 1991). Er ist eine immergrüne Waldformation mit hohem Artenreichtum und großer Stammzahldichte in der Mittel- und Unterschicht. Palmen, Baumfarne und Epiphyten sind häufig. Der Wald weist viele kleinere und grössere Lichtlücken auf, die durch Baum- oder Astfall entstanden sind, wodurch auch die Krautschicht stark entwickelt ist. Es sind vor allem tropische Familien vertreten; holarktische Elemente treten erst in höheren Lagen auf (ab 1200 m NN). Die meisten Baumarten des Untersuchungsgebietes stammen aus folgenden Familien: Lauraceae, Moraceae, Melastomaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Leguminosae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Flacourtiaceae, Elaeocarpaceae (GOMEZ-LAURITO und ORTIZ, 1991). Mit Ausnahme der Randgebiete der RFSR ist über wesentliche anthropogene Einflüsse in diesem Gebiet nichts bekannt. Der untersuchte Wald kann als Primärwald bezeichnet werden. Die Randzonen der RFSR sind von Sekundärvegetation und Rinderweiden bedeckt.

2.5 UNTERSUCHUNGSOBJEKT: *PLINIA SALTICOLA* (MYRTACEAE)

Plinia salticola (MC VAUGH, 1963), eine *Myrtaceen*-Art, ist ein kleiner Baum von bis zu 12 m Höhe aus der Unterschicht des Waldes der RFSR. *Plinia salticola* ist endemisch in der RFSR. Bis heute wurde diese Baumart in keinem anderen Gebiet gefunden.

Ihre charakteristische Borke ist weiß bis hellbraun, wobei sich die äußere Borke vom Baumstamm und älteren Ästen teilweise großflächig ablöst, was die unterschiedliche Farbe des Stammes verursacht.

Plinia salticola ist immergrün. Ihre gegenständigen, elliptischen Blätter mit scharf zulaufender, 8-10 mm langer Spitze sind hellgrün-glänzend und kahl, und gegen das Licht sind die für *Myrtaceen* typischen, enthaltenen Ölkörper deutlich sichtbar. Die Blätter sind 11-17 cm lang und 3,5-5 cm breit. Junge Blätter sind ober- und unterseits weiß behaart. *Plinia salticola* ist cauliflor. Die weißen Blüten sitzen in Blütenständen zu viert zusammen direkt auf dem Stamm und auf älteren Ästen. Die Blüten sind vierzählig. Die beiden äußeren Kelchblätter sind etwas größer als die beiden inneren. Die verwachsenen Kronblätter sind ca. 5 mm breit und ca. 7 mm lang.

Die kugelförmige, orange-gelbe Steinfrucht hat reif einen Durchmesser von 9 cm. Das orange-braune, süße Fruchtfleisch umgibt mit einer Stärke von ca. 1,5 cm den schweren Samen von 5 cm x 6 cm x 6 cm.

Blütenknospe, Blüte und Blatt von *Plinia salticola* sind im Deckblatt der Arbeit dargestellt.

3 METHODIK

In einem Untersuchungsgebiet von einem Hektar wurde zwischen August 1991 und Mai 1992 eine Vielzahl von Strukturparametern aufgenommen, um den Standort, den Gesamtbaumbestand und die Populationsstruktur von *Plinia salticola* zu analysieren.

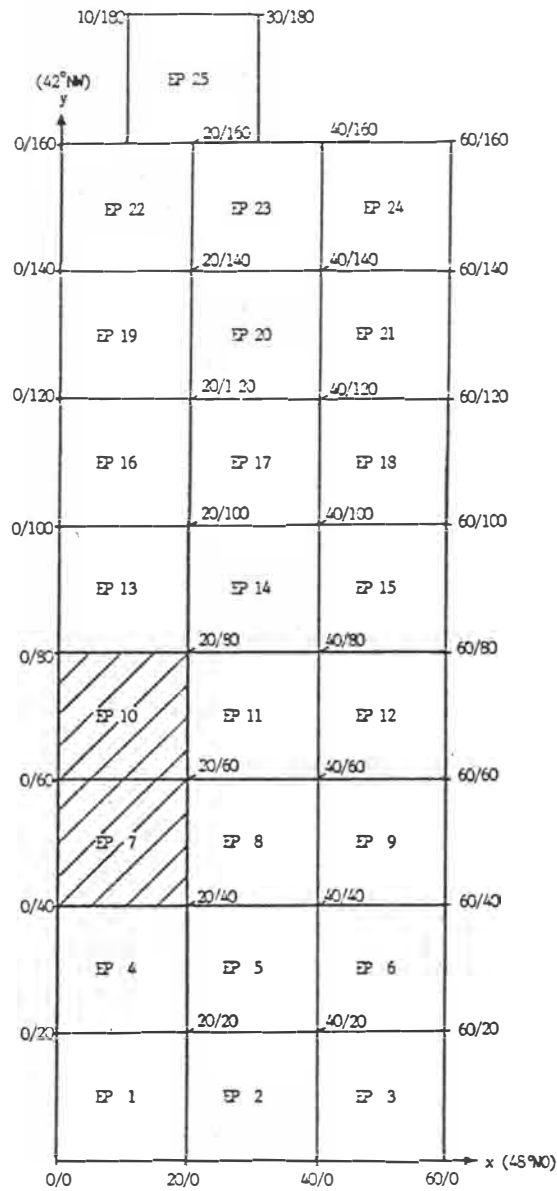
3.1 STANDORTSAUFNAHMEN

3.1.1 Untersuchungshektar

Die Auswahl des Untersuchungshektars erfolgte gutachtlich (LAMPRECHT, 1986). Da die Topographie des Gebietes sehr wechselhaft ist, und somit die Gefahr bestand, standörtlich inhomogene Gebiete als einheitliche Fläche auszuwählen, wurde nach ausreichender Prognostizierung eine für den prämontanen Regenwald repräsentativ erscheinende, von anthropogenen Einflüssen freie Fläche von einem Hektar ausgewählt.

Mit Hilfe eines Forstkompaßes und Maßbändern wurde eine Fläche von einem Hektar ($60 \times 160 \text{ m}^2 + 20 \times 20 \text{ m}^2$) abgesteckt. Dieser Hektar wurde in Einheitsparzellen (EP) von $20 \times 20 \text{ m}^2$ unterteilt, wobei alle 10 m ein graues Plastikrohr plazierte wurde. Im weiteren wird der Untersuchungshektar wie ein Koordinatensystem behandelt, wobei in x-Richtung (48° NO) $3 \times 20 \text{ m} = 60 \text{ m}$ und in y-Richtung (42° NW) $8 \times 20 \text{ m} = 160 \text{ m}$ abgesteckt wurden. Zusätzlich wurde zwischen den Koordinatenpunkten 10/160, 30/160 und 10/180, 30/180 eine weitere EP markiert. Die grauen Plastikrohre wurden zur Markierung und Orientierung mit einem wasserfesten Stift mit Angaben über die jeweiligen Koordinatenpunkte versehen und mit bunten Schnüren so miteinander verbunden, daß ein Gitternetz von 25 Quadraten à 400 m^2 entstand. Zu Anfang für die Markierung verwendete, gelbe und rote Plastikbänder erwiesen sich als unbrauchbar, denn diese fielen Tierfraß zum Opfer. Die einzelnen EP wurden beziffert, wobei von Punkt 0/0 in x-Richtung zu zählen begonnen wurde (Abb. 4).

Abb. 4: Form und Einteilung des Untersuchungshektars
(schraffiert gezeichnet: Profilfläche, siehe Kapitel 3.3)



3.1.2 Mikroklima

Da aufgrund der uneinheitlichen Kronendachdichte die am Boden auftreffende Niederschlagsmenge im gesamten Waldbestand stark schwankt, wurden die täglichen Niederschlagswerte durch Mittelung der Werte von fünf verschiedenen Regenauffanggefäßen an fünf verschiedenen Standorten im Untersuchungshektar gewonnen. An denselben fünf Punkten wurden mit Minimum-Maximum-Thermometern auch jeweils die Tagesminimal- und -maximaltemperaturen gemessen. Die Temperaturangaben im Ergebnisteil sind ebenfalls Mittelungen dieser Meßwerte.

3.1.3 Topographie

Entlang der EP des gesamten Untersuchungshektars wurden mit einem SUNTO-Clinometer alle 10 m die Hangneigungswinkel bestimmt. Die gemessenen Neigungswinkel wurden in folgende Hangneigungsstufen (HN) eingeteilt (ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE, 1982):

%	°	Bezeichnung	HN
0-2	0-0,5	nicht geneigt	1
>2-4	>0,5-2	sehr schwach geneigt	2
>4-9	>2-5	schwach geneigt	3
>9-18	>5-10	mittel geneigt	4
>18-27	>10-15	stark geneigt	5
>27-36	>15-20	sehr stark geneigt	6
>36	>20	steil	7

Mit einem Altimeter (BARIGO, 6 x 1000 m) wurden beginnend am Punkt 34/0 alle 20 m in y-Richtung die Meereshöhen auf 5 m genau bestimmt. Alle weiteren Höhenangaben beziehen sich auf diese gemessenen Werte. Anschließend wurden die Höhenkurven berechnet und mit einer Äquidistanz von 1 m in eine Karte eingetragen.

3.1.4 Boden

Gutachtlich wurden im Untersuchungshektar an folgenden Koordinatenpunkten drei Bodenprofilstellen festgelegt und bis zu 80-100 cm Tiefe geöffnet:

Profil A: 20/160 (916 m NN)
 Profil B: 18/78 (894 m NN)
 Profil C: 18/5 (882 m NN)

Aus allen Profilen wurden aus folgenden 5 Horizonten Sammelproben entnommen:

1. Probe: zwischen 0 cm und 10 cm Bodentiefe
2. Probe: zwischen 10 cm und 15 cm Bodentiefe
3. Probe: zwischen 15 cm und 20 cm Bodentiefe
4. Probe: zwischen 20 cm und 40 cm Bodentiefe
5. Probe: zwischen 40 cm und 80 cm Bodentiefe

Die Proben wurden bei 103°C über Nacht getrocknet und von Angestellten des bodenkundlichen Labors der Universidad de Costa Rica nach Textur, pH-Wert (in Wasser), Kationenaustauschkapazität und Gehalt an Ca, Mg, K (jeweils mittels Absorptionsspektroskopie), P (mit Olsen-(NaHCO₃)-Lösung), N (Aufschluß mit H₂SO₄) und Wasser analysiert.

3.1.5 Lichtmessungen

Mit Luxmetern wurde damit begonnen, im Untersuchungshektar alle 2 m in 1,5 m Höhe über dem Boden die Lichtverhältnisse zu messen. Um einen absoluten Bezugswert dazu zu erhalten, wurde von einer anderen Person immer gleichzeitig zur ersten Messung außerhalb des Bestandes unter freiem Himmel eine zweite Lichtmessung durchgeführt.

3.1.6 Kronendachdichte

Mit einem Kronendachdichte-Densiometer (Spherical Densiometer, Modell A nach LEMMON) wurde im gesamten Untersuchungshektar alle 5 m in 1,5 m Höhe über dem Boden die Dichte des überstehenden Kronendaches gemessen. Die Quadrate des Densiometers, in denen sich die Blattflächen der Baumkronen widerspiegeln, wurden gemäß der Gebrauchsanleitung des Geräts an jedem Meßpunkt viermal, jeweils einmal mit Blick in Richtung Norden, Osten, Süden und Westen, ausgezählt. Aus diesen vier Werten wurde das arithmetische Mittel errechnet, welches die prozentuale Kronendachdichte des jeweiligen Meßpunktes darstellt. Die somit gewonnenen Prozentwerte (16 Werte pro 20 x 20 m² Parzelle, d.h. 400 Werte im gesamten Hektar) wurden in 8 Klassen eingeteilt:

Kronendachdichte	Klasse
61 % - 65 %	1
66 % - 70 %	2
71 % - 75 %	3
76 % - 80 %	4
81 % - 85 %	5
86 % - 90 %	6
91 % - 95 %	7
96 % - 100 %	8

Die Verteilung der Kronendachdichteklassen auf dem Untersuchungshektar wurde graphisch dargestellt.

3.2 VEGETATIONSAUFNAHMEN

3.2.1 Strukturparameter des Gesamtbaumbestandes

Markierung der Bäume

Jeder Baum des Untersuchungshektars mit einem Brusthöhendurchmesser > 10 cm wurde mit einer nummerierten Aluminiummarke versehen, die mit einem Kupferdraht in Brusthöhe am Baum befestigt wurde. Hierbei wurden nicht nur Bäume mit echtem sekundären Dickenwachstum, sondern auch Palmen und Baumfarne berücksichtigt, da diese funktionell gleichwertige Bäume sind.

Brusthöhendurchmesser (BHD)

Die Daten über die Stammdurchmesser wurden indirekt über Umfangmessungen gewonnen. Die Umfänge wurden in Brusthöhe, d.h. 130 cm über dem Boden an der hangaufwärts gewandten Seite, mit einem flexiblen Maßband auf 1 cm genau gemessen (LAMPRECHT, 1986).

3.2.2 Strukturparameter von *Plinia salticola*

Von den Individuen von *Plinia salticola* mit BHD > 5 cm, die auf dem Untersuchungshektar wachsen, wurden zusätzlich zu den Brusthöhendurchmessern folgende Parameter aufgenommen:

Baumposition (POS)

Die Koordinatenpunkte jeder markierten *Plinia salticola* mit BHD > 5 cm wurden auf 10 cm genau im Untersuchungshektar vermessen.

Baumhöhe (H), Kronentiefe (KT)

Der Abstand vom Beginn (gemessen ab dem ersten größeren Seitenast) bis zum Ende der Krone - oder die Differenz von Gesamthöhe und Stammhöhe des Baumes - wird als Kronentiefe bezeichnet. Baumhöhe und Kronentiefe wurden indirekt mit dem SUNTO-Neigungsmesser bestimmt.

Die Höhenangaben erfolgen generell folgendermaßen:

bei Bäumen mit Höhen ≥ 5 m auf den nächsten Meter genau, bei denen mit Höhen von ≥ 3 m bis < 5 m auf den nächsten halben Meter genau, bei denen mit Höhen von $\geq 1,5$ m bis < 3 m auf die nächsten 10 cm genau, bei denen mit Höhen von $> 1,0$ m bis $< 1,5$ m

auf die nächsten 5 cm genau und bei denen mit Höhen $< 1,0$ m auf den nächsten Zentimeter genau.

Kronendurchmesser (KD)

Die Ermittlung der Kronendurchmesser (auf 10 cm genau) erfolgte bei den betreffenden Individuen durch Messung der Kronenradien. Hierzu wurde das Maßband in Augenhöhe am Stamm des jeweiligen Baumes befestigt und in vier Himmelsrichtungen parallel zu den Begrenzungslinien der Einheitsparzellen der Kronenrand als Projektion mit dem Maßband auf Augenhöhe auf 10 cm genau gemessen. Die Summe dieser vier Radien geteilt durch zwei ergab den Kronendurchmesser.

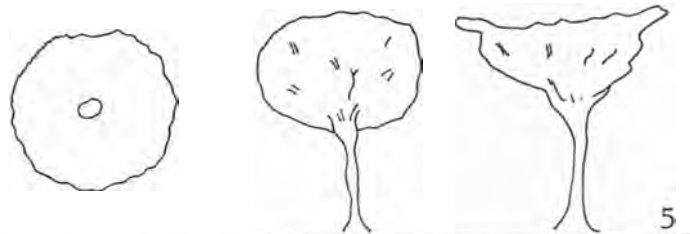
Die folgenden drei Parameter geben Auskunft über die Wettbewerbssituation des angesprochenen Baumes. Dabei wurden die Kronenform und -position im Wald mit Hilfe von Kennzahlen angesprochen:

Kronenform (KF)

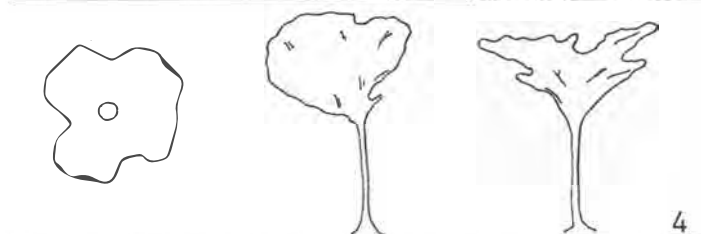
Die Klassifizierung von *Plinia salticola* nach der Form der Krone erfolgt gemäß der Einteilung nach DAWKINS (1958) und SYNNOTT (1979) und wird in Abb. 5 veranschaulicht.

Abb. 5: Kronenformen

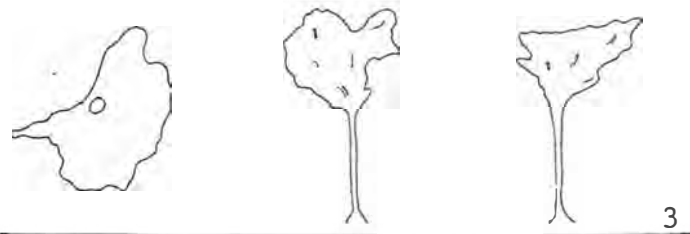
5 rund und geschlossen



4 ± rund und locker



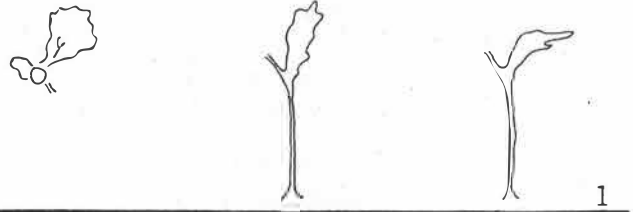
± rund und lückig



2 einseitig und locker



1 einseitig und lückig

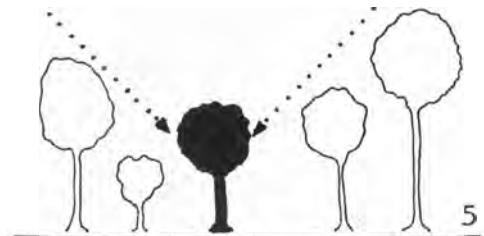


Kronenposition (KP)

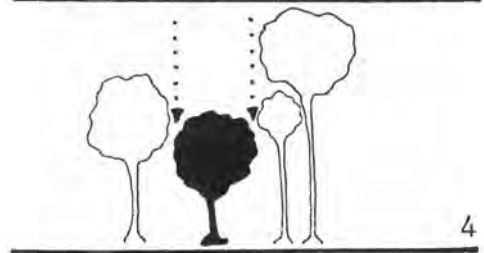
Die Kronenpositionen werden nach den Belichtungsverhältnissen klassifiziert und in Abb. 6 veranschaulicht (DAWKINS, 1958; SYNNOTT, 1979).

Abb. 6: Kronenpositionen

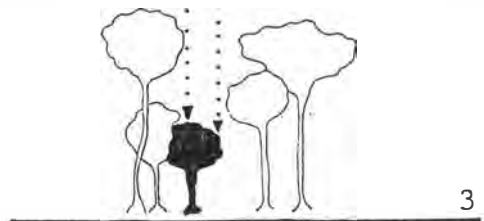
5 Die Krone ist allseits frei, d.h. sie steht im vollen Ober- und Seitenlicht. Der Kronenumriß ist vertikal vollständig dem Licht ausgesetzt und mindestens innerhalb des 90°-Kegels von der Kronenbasis ab gemessen frei von seitlicher Lichtkonkurrenz.



4 Die Krone ist von oben frei, d.h. sie steht im vollen Oberlicht, erhält aber von der Seite kein Licht. Der Kronenumriß ist vertikal vollständig dem Licht ausgesetzt, grenzt jedoch innerhalb des 90°-Kegels seitlich an andere Kronen von gleicher oder größerer Höhe.



3 Die Krone steht nur teilweise im Oberlicht und ist seitlich beschattet. Der Kronenumriß ist vertikal teilweise dem direkten Licht ausgesetzt, jedoch zum Teil auch von anderen Kronen beschattet.



- 2 Die Krone ist von oben beschattet, sie erhält kein Oberlicht, jedoch teilweise Seitenlicht. Der Kronenumriß ist vertikal vollständig beschattet, aber etwas direktem Seitenlicht ausgesetzt, bedingt durch eine Baum- oder Astfallücke am Rande des Bestandes.



- 1 Die Krone ist allseits beschattet und somit ohne direktes Licht. Der Kronenumriß ist sowohl vertikal als auch lateral vollständig beschattet.



Kronenüberschattung (KS)

Zusätzlich wurde die Anzahl der fremden Baumkronen, die vertikal im 90°-Kegel über der betreffenden Baumkrone stehen, aufgenommen.

Bewuchs des Baumes

Alle *Plinia salticola* mit BHD ≥ 5 cm wurden auf das Ausmaß ihres Bewuchses durch Lianen und Epiphyten untersucht.

Mit Hilfe folgender Kennzahlen wurden die einzelnen Bäume einklassifiziert:

Bewuchs durch Epiphyten (E)

- 1 Der gesamte Baum ist frei von Epiphytenbewuchs.
- 2 Der Stamm ist von Epiphyten bewachsen, die Äste sind frei von Bewuchs.
- 3 Die Äste sind von Epiphyten bewachsen, der Stamm ist frei von Bewuchs.
- 4 Der Stamm und die Hauptäste sind von Epiphyten bewachsen..
- 5 Der gesamte Baum, d.h. der Stamm und alle Äste sind von Epiphyten bewachsen.

Bewuchs durch Lianen (L)

- 1 Die Baumkrone ist völlig frei von Lianen.
- 2 Weniger als die Hälfte der Baumkrone ist mit Lianen überwachsen .
- 3 Ungefähr die Hälfte der Baumkrone ist mit Lianen überwachsen.
- 4 Mehr als die Hälfte der Baumkrone ist mit Lianen überwachsen.
- 5 Die Baumkrone ist vollständig mit Lianen überwachsen.

Vitalität (V)

Es ist möglich, die Entwicklungstendenzen von Bäumen über deren äußere Erscheinung und Architektur zu erfassen, und sie somit in verschiedene Lebensphasen, die ihre Vitalität charakterisieren, einzuteilen (HALLE et al., 1978). Hierbei wird zwischen "Bäumen der Gegenwart" (g), "Bäumen der Vergangenheit" (v) und "Bäumen der Zukunft" (z) unterschieden.

- g Die "Bäume der Gegenwart" besitzen ein artcharakteristisches architektonisches Modell ihres Kronenaufbaus und ihrer Kronenform. Ihr H/BHD-Verhältnis liegt auf einem artspezifischen Niveau, ihr Höhenwachstum ist weitgehend abgeschlossen. Sie haben eine dem Standort entsprechende maximale Blattfläche und weder auffallend viele junge noch viele absterbende, blattlose Äste.
- v Die "Bäume der Vergangenheit" besitzen sehr viele blattlose, tote Äste und ein relativ kleines H/BHD-Verhältnis.
- z Die "Bäume der Zukunft" zeichnen sich durch ihr dünnstämmiges Aussehen aus, das auf dem relativ hohen H/BHD-Verhältnis beruht, denn sie haben ihre endgültige Höhe und den charakteristischen architektonischen Aufbau noch nicht erreicht.

Nach der IUFRO-Klassifikation (LEIBUNDGUT, 1958) kann diese Gliederung in etwa gleichgesetzt werden mit "normal entwickelten, soziologisch gleichbleibenden" (g), "kümmerlich entwickelten, soziologisch absteigenden" (v) und "üppig entwickelten, soziologisch aufsteigenden" (z) Bäumen (HOHEISEL, 1976).

Alle *Plinia salticola* Individuen mit BHD ≥ 5 cm wurden gemäß dieser Klassifikation auf ihre Vitalität untersucht.

3.2.3 Phänologie von *Plinia salticola*

Von September 1991 bis Mai 1992 wurden im monatlichen Rhythmus phänologische Beobachtungen durchgeführt. Hierbei wurden die Individuen von *Plinia salticola* mit BHD ≥ 5 cm betrachtet. Für die Auswertung wurden 8 cm als untere Grenze für den BHD gewählt, da der kleinste gemessene BHD einer *Plinia salticola* mit Blüten oder Früchten diesen Wert betrug. Die Individuen von *Plinia salticola* wurden auf das Vorhandensein von Blüten, Früchten sowie Laubaustrieb und Laubfall untersucht.

Außerdem wurde von Oktober 1991 bis März 1992 der "Borkenzustand", d.h. das Ausmaß, in dem sich zu gegebenem Zeitpunkt die äußere Borke des Stammes abgeschält hatte, betrachtet und nach folgender Skala klassifiziert:

- 1 Die äußerste Borke des gesamten Baumes ist kürzlich abgeworfen worden, der Stamm erscheint glatt und weiß.
- 2 Die äußerste Borke des Stammes und der Äste ist teilweise abgeschält.
- 3 Die äußerste Borke ist nicht oder kaum abgeschält, der Stamm ist von hellbrauner Farbe oder - da von Epiphyten dicht bewachsen - nicht sichtbar.

3.2.4 Jungwuchs von *Plinia salticola*

In nächster Nähe von mehreren erwachsenen *Plinia salticola* Individuen wurde versucht, innerhalb von 2 x 20 m² großen Transsekten den Jungwuchs von *Plinia salticola* aufzunehmen. Jedoch konnte in diesen Transsekten nur sehr wenig oder gar kein Jungwuchs gefunden werden, wodurch Rückschlüsse über dessen Verteilung nicht möglich waren. Deshalb wurde im September 1991 dazu übergegangen, den gesamten Untersuchungshektar nach *Plinia salticola* Individuen mit BHD <5 cm abzusuchen. Von allen gefundenen Sämlingen (Sproßhöhe <130 cm) und kleinen Bäumen (Sproßhöhe >130 cm) wurde die Position im Hektar auf einen halben Meter genau vermessen. Mit bereits beschriebener Genauigkeit (Kapitel 3.2.2) wurden die Höhen dieses Jungwuchses aufgenommen. Neben den Höhen wurden Beobachtungen über durch Herbivore verursachte Fraßspuren und andere Pflanzenschädigungen gemacht. Bei den Sämlingen wurde zusätzlich die Anzahl der Blätter und bei den jungen Bäumen die Brusthöhendurchmesser notiert. Im Februar 1992 wurde die gleiche Aufnahme nochmals auf den vier Einheitsparzellen, die bei der ersten Messung die größte Anzahl an Jungwuchs aufgewiesen hatten, wiederholt.

3.2.5 Räumliche Verteilung von *Plinia salticola*

Aus den ermittelten Positionen im Koordinatensystem des Untersuchungshektars wurden die Abstände zwischen den Individuen von *Plinia salticola* berechnet und räumliche Verteilungsmuster in Bezug auf die Hangneigungen und die Kronendachdichten analysiert.

3.3 VERTIKALSTRUKTUR DES WALDES

Um den vertikalen Aufbau des Waldes zu veranschaulichen, wurde von zwei Einheitsparzellen des Untersuchungshektars (800 m²) eine Profilzeichnung angefertigt. Diese soll die Fläche bezüglich der Standortsfaktoren, Baumbedeckung, Artendiversität und Bestandesschichtung repräsentativ darstellen.

Vermessen und im Grundriß zeichnerisch wiedergegeben wurden alle Bäume mit BHD ≥ 10 cm und folgende Merkmale (JACOBS, 1988; LAMPRECHT, 1986; VARESCHI, 1980):

Baumhöhe, Kronentiefe, Kronendurchmesser, Kronenform, Stammdurchmesser, Ausrichtung und Verzweigung der Hauptäste und größere Brettwurzeln. Soweit möglich wurden die Bäume bis zur Art bestimmt.

Derselbe Waldabschnitt, der im Profil dargestellt wird, ist auch in Aufsicht zeichnerisch wiedergegeben, wobei aus dieser Zeichnung folgende Eigenschaften zu ersehen sind: Überdeckung der einzelnen Kronen, Kronenumfang, Kronenform, Lichtlücken, genaue Positionen der Stämme und damit deren Abstände zueinander.

In Abb. 4 (Kapitel 3.1.1) ist die Lage des Profilabschnittes innerhalb des Untersuchungshektars ersichtlich.

3.4 PROBLEMATIK DER BESTANDESERHEBUNGEN

Die Voraussetzung einer Populationsanalyse sollten Daten über Artenzusammensetzung und -reichtum des betreffenden Gebietes sein. Leider war das Untersuchungsgebiet zum Zeitpunkt dieser Untersuchung noch nicht inventarisiert. Eine Inventur der Fläche im Zuge dieser Arbeit wäre viel zu zeitaufwendig, bzw. in der zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich gewesen, denn selbst innerhalb eines ganzen Jahres blühen oder fruchten nicht alle Bäume, was jedoch zur Artbestimmung unerlässlich ist. Außerdem ist das Sammeln von Blüten, Früchten und Blättern an sich schon infolge der großen Höhe der Bäume und der damit verbundenen aufwendigen Sammelmethode sehr zeitintensiv. Somit war es auch nicht möglich, zu Anfang der Untersuchung die Größe des Minimumareals, der Probeflächengröße, bei der die Arten-Areal-Kurve ihren waagrechten Abschnitt erreicht, zu bestimmen. Durch das Minimumareal kann ein Wald repräsentativ charakterisiert werden. Die Untersuchung von Probeflächen, die kleiner als das Minimumareal sind, kann zu irreführenden Vorstellungen führen. Die natürliche Regeneration des Waldes und somit die Verteilung der verschiedenen Altersklassen im Bestand kann sehr unregelmäßig erfolgen. Der Wald unterliegt sowohl zeitlich als auch räumlich einer starken Dynamik. Mehrere

solche mosaiksteinartige Flecken innerhalb des Waldes, die sich gesetzmäßig ablösen, formieren nicht verschiedene Waldtypen, sondern räumlich alternierende, zeitlich oszillierende Waldphasen desselben Waldtyps. Wenn nun die Untersuchungsfläche kleiner ist als das Minimumareal, kann es passieren, daß diese Fläche nur eine einzige Waldphase erfaßt und somit nicht als repräsentativ für den ganzen Wald gelten kann (VARESCHI, 1980).

Zu den Schwierigkeiten der Geländearbeit sind einige Anmerkungen zu machen:

Durchmesser- bzw. Umfangsmessungen der Bäume können problematisch sein. Gewöhnlich erfolgen diese Messungen in Brusthöhe, d.h. 130 cm über dem Boden (LAMPRECHT, 1986). Eine Reihe von Bäumen besitzt jedoch sehr starke Brettwurzeln, die weit höher reichen als 130 cm. Teilweise werden die Durchmessermessungen solcher Bäume am Übergangspunkt der Brettwurzel zum eigentlichen Stamm durchführt (SYNNOTT, 1979). Nach eigenen Feststellungen ist dieser Übergangspunkt jedoch keineswegs so eindeutig zu erkennen, so daß die Messungen auf diese Weise sehr willkürlich und subjektiv sind. Aus diesem Grunde wurde in dieser Arbeit die Regel des Einheitsabstands vom Boden von 130 cm auch bei diesen Brettwurzelbäumen eingehalten.

Ein weiteres Problem stellte die Mehrstämmigkeit dar. Es gibt Baumarten, die wie riesige Büsche wachsen, bei denen also kein Hauptstamm zu erkennen ist, sondern eine Vielzahl von gleich dicken Stämmen dicht nebeneinander wachsen. In diesem Fall wurde die Gesamtheit der Einzelstämme als funktioneller Hauptstamm aufgefaßt und der Umfang in Brusthöhe um alle Einzelstämme gemessen.

Höhenmessungen gestalten sich in tropischen Wäldern wegen der Dichte und Höhe des Bestandes und der dadurch begrenzten Genauigkeit schwierig.

Die Klassifizierung von *Plinia salticola* in verschiedene Kategorien zur Erfassung der Kronenposition, der Intensität des Bewuchses durch Epiphyten oder Lianen, der Vitalität und z.T. auch des phänologischen Zustands erfolgt rein subjektiv. Ein anderer Beobachter würde eventuell andere Einteilungen vornehmen. Die Einschätzung der Vitalität (Lebensphase) eines Baumes kann z.B. bei Bäumen problematisch werden, die gerade ihr Laub abgeworfen haben und dadurch für den Beobachter als "Bäume der Vergangenheit" erscheinen, wobei das in Wirklichkeit nicht der Fall ist. Im Untersuchungsgebiet sind jedoch die meisten Bäume, darunter auch *Plinia salticola*, immergrün, so daß dieses Problem in vorliegender Untersuchung eher untergeordnet war. Trotzdem ist es nur für ein geübtes Auge, d.h. nach einer Phase des "Kennenlernens" der Baumart, möglich, die Individuen nach ihrer Vitalität zu beurteilen.

3.5 AUSWERTUNG

Die Auswertung der Standorts- und Vegetationsaufnahmen stützt sich im wesentlichen auf Methoden, wie sie in früheren Arbeiten tropischer Waldbauanalysen angewandt wurden (BLASER, 1987; HOHEISEL, 1976; LAMPRECHT, 1986; PLONCZAK, 1989).

Unterschiede und Zusammenhänge der aufgenommenen Parameter werden herauskristallisiert und teilweise anhand statistischer Methoden analysiert (Korrelations-, Regressionsanalyse, Chi-Quadrat-Test). Die statistischen Berechnungen wurden mit Hilfe des Statistik-Programms "Statgraf" durchgeführt.

Im folgenden Kapitel werden die aus der rechnerischen Auswertung gewonnenen und zur Beschreibung von Struktur und Ökologie geeigneten Ergebnisse und ihre Abhängigkeiten dargestellt.

333.75
S 768p

6:18135 06

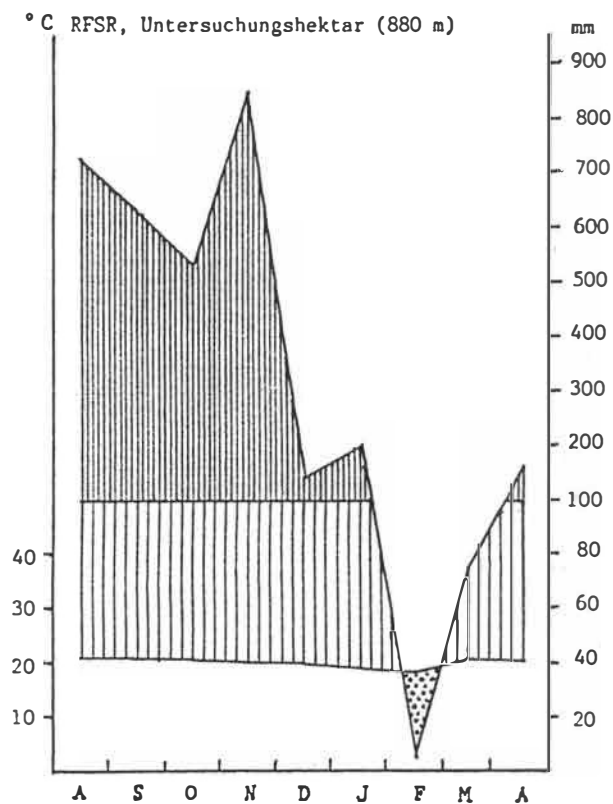
4 ERGEBNISSE

4.1 STANDORTSAUFNAHMEN

4.1.1 Mikroklima

Folgende Angaben über das Mikroklima des Untersuchungsgebietes beziehen sich auf die Monate August 1991 bis April 1992, da in diesem Zeitraum im Untersuchungsgebiet Klimamessungen durchgeführt wurden. In Abb. 7 sind die Niederschlags- und Temperaturmessungen zusammengefaßt.

Abb. 7: Klimadiagramm der Untersuchungsfläche für den Zeitraum August 1991 bis April 1992



Im Untersuchungsgebiet existiert ein ausgeprägtes hygrisches Jahreszeitenklima. Die Niederschlagssumme der neun Beobachtungsmonate betrug 3318 mm. Davon fielen 80 % in den Monaten August, September, Oktober und November. Der regenreichste Monat war November mit 850 mm, der regenärmste Januar mit 4 mm Niederschlag. Die Monate

August bis Dezember waren Teil der Regenzeit ("invierno"), die kürzere Trockenzeit ("verano") begann Ende Januar und endete im März. Im April stiegen die Niederschlagsmengen wieder. Eine kürzere Trockenzeit ("veranillo") in der Zeit zwischen Juli und August, wie sie für diese Klimaregion typisch ist (JANZEN, 1991), war in dieser Meßperiode nicht feststellbar, jedoch fielen im Oktober deutlich weniger Niederschläge als im September oder November.

Die Monatsmitteltemperatur im Untersuchungsgebiet war 20,2°C. Die Temperaturschwankung zwischen dem wärmsten (August) und dem kältesten (Februar) gemessenen Monat betrug 2,8°C. Die mittleren Tagesdifferenzen lagen bei 3,6°C, wobei sie im Januar am größten und im November am geringsten waren. Im Bestandesinneren des Untersuchungsgebietes besteht also weder ein Jahreszeiten-Wärmeklima noch ein ausgesprochenes Tageszeiten-Wärmeklima. Außerhalb des Bestandes können viel größere tägliche Temperaturextreme auftreten.

Der wärmste Monat war zugleich der Monat mit der zweithöchsten gemessenen Niederschlagsmenge; der kälteste Monat war der Monat mit dem geringsten Niederschlag. Eine ähnliche Parallele bestand bezüglich der Tagesdifferenzen der Temperaturen: im regenreichsten Monat waren die Temperaturunterschiede am geringsten, in der Trockenzeit schwankten die Tagestemperaturen viel stärker.

Die relative Luftfeuchte im Bestand war ständig hoch und lag zwischen 90 % und 95 %.

Die Unsicherheit im Auftreten der trockenen Monate ist bei der ökologischen Interpretation der Trocken- und Regenzeit zu beachten, insbesondere bezüglich der Phänologie der Bäume.

4.1.2 Topographie

Die Messungen der Hangneigungen ergaben, daß in x-Richtung 63,5 % der gemessenen 10-m-Abschnitte hangabwärts, 23 % hangaufwärts und 13,5 % nicht geneigt sind. D.h. insgesamt ist der Untersuchungshektar in x-Richtung abwärts geneigt. 56 % aller gemessenen Neigungswinkel in dieser Richtung sind den Klassen sehr schwach, schwach oder mittel geneigt zuzuordnen, 31 % der Hänge sind stark oder sehr stark geneigt oder steil.

In y-Richtung sind 93 % der gemessenen 10-m-Abschnitte hangaufwärts, 3 % hangabwärts und 4 % nicht geneigt. Der Untersuchungshektar geht also in dieser Richtung bergauf. 70 % aller Hänge in y-Richtung gehören zu den Hangneigungsklassen stark oder sehr stark geneigt oder steil, 26 % zu den Klassen mittel, schwach oder sehr schwach geneigt, und 4 % sind eben.

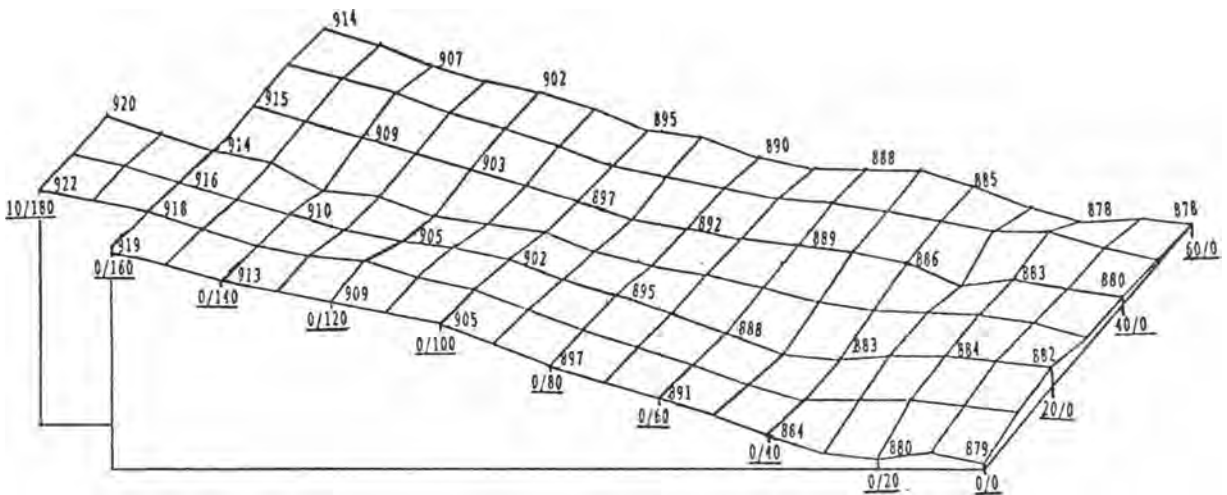
Folgende Tabelle zeigt das Ergebnis der Altimeter-Messungen der Meereshöhen an den bestimmten Koordinatenpunkten im Untersuchungshektar.

Tab. 1: Meereshöhen

Meßpunkt	Meereshöhe
29/180	920 m
36/160	915 m
46/140	910 m
45/120	900 m
45/100	895 m
42/80	900 m
41/60	890 m
39/40	885 m
35/20	885 m
34/0	880 m

Aus diesen Höhenangaben und den gemessenen Hangneigungen wurden alle weiteren Meereshöhen für den Untersuchungshektar berechnet und folgende Zeichnung erstellt (Abb. 8).

Abb. 8: Topographie des Untersuchungshektars
(unterstrichene Zahlenangaben bedeuten Koordinatenpunkte, nichtunterstrichene Höhenmeter)

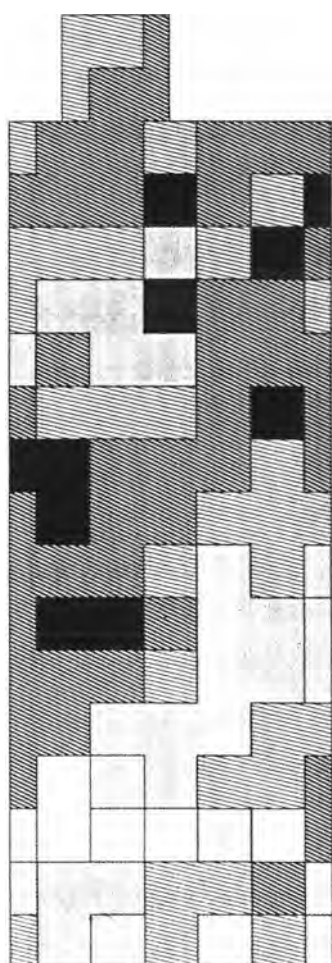









Der untersuchte Hektar liegt zwischen 878 (60/0) und 922 (10/180) Höhenmetern, d.h. seine untere Begrenzung befindet sich maximal 44 m unterhalb der oberen Begrenzungslinie.

Folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Hangneigungsklassen (Abb. 9a) und der Höhenlinien in einer Äquidistanz von 1 m (Abb. 9b) auf den Untersuchungshektar. Die Hangneigungsklassen beziehen sich nur auf die in y-Richtung gemessenen Werte, da in dieser Richtung viel größere Neigungswinkel gemessen wurden, und somit ein möglicher Einfluß auf die Vegetation stärker ist als in x-Richtung.

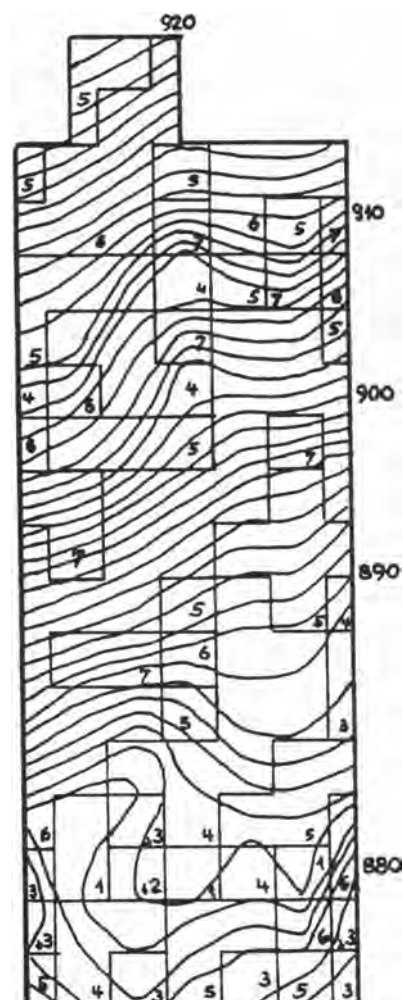
Abb. 9: Untersuchungshektar in Aufsicht mit a) Hangneigungsklassen und b) Höhenlinien

a)



- | | | |
|---|---|----------------------|
|  | 1 | nicht geneigt |
|  | 2 | sehr schwach geneigt |
|  | 3 | schwach geneigt |
|  | 4 | mittel geneigt |
|  | 5 | stark geneigt |
|  | 6 | sehr stark geneigt |
|  | 7 | steil |

b)



Insgesamt ist der Untersuchungshektar sehr stark geneigt, d.h. im Durchschnitt betragen seine Neigungswinkel 15° - 20° . Die Untersuchungsfläche ist jedoch uneinheitlich, denn es treten ebene Teilflächen im Wechsel mit steilen Abschnitten auf. Anhand der Höhenlinien läßt sich deutlich erkennen, daß vor allem der untere Teil der Untersuchungsfläche sehr inhomogen ist. In der oberen Hälfte schwankt die Steigung nicht so stark.

Diese Inhomogenität ist bei der Analyse des Baumbestandes zu berücksichtigen.

4.1.3 Boden

Der Besprechung der Bodenergebnisse muß vorausgeschickt werden, daß ein grundsätzlicher Fehler bei der Aufbereitung der Bodenproben begangen wurde: nach Entnahme aus der Untersuchungsfläche wurden die Proben bei 103°C getrocknet. Die vulkanischen Böden sind jedoch sehr fein (Allophane) und verklumpen irreversibel bei der Trocknung. Deshalb sind die Analyseergebnisse der Bodentextur, die die Böden als sehr sandig charakterisieren, nicht zutreffend. Auch die Bodenbeurteilung im Gelände wies auf eine sehr feine, gut formbare Bodensubstanz mit geringem Sandanteil hin. Die Untersuchungsergebnisse bezüglich der Kationenaustauschkapazität und der Gehalte an Kalzium, Magnesium, Kalium und Phosphor sind unter Vorbehalt zu betrachten. Beim Trocknungsprozeß ballen sich die kleinen Tonpartikel derart zusammen, daß die jeweiligen Lösungsmittel nicht vollständig an allen Oberflächen des Bodenmaterials angreifen und die Nährelemente lösen können. Nichtsdestotrotz werden die Ergebnisse der Bodenanalysen aufgeführt, denn sie können zumindest als untere Grenzwerte für die tatsächlichen Gehalte betrachtet werden. Darüberhinaus können die Werte der Basensättigung der drei Profile ausgewertet werden, denn hier handelt es sich um relative Anteile der Alkali- und Erdalkalitionen an der Kationenaustauschkapazität und nicht um absolute Werte. Ebenso sind Vergleiche der Bodenproben untereinander möglich. Grundannahme ist hierbei, daß sich der Trocknungsprozeß auf alle Proben gleich ausgewirkt hat.

Auf die Ergebnisse der Bestimmung des Gesamtstickstoffgehaltes hat sich die Trocknung aufgrund des starken Lösungsmittels der Analysemethode vermutlich nicht ausgewirkt.

Im folgenden werden zuerst die Profile beschrieben, um dann auf die Ergebnisse der Laboranalysen einzugehen. Alle untersuchten Böden können als Andosole angesprochen werden.

Profil A (Koordinaten: 20/160)

Der Streuhorizont ist 1,5 cm mächtig. Ab 10 cm wird der Boden heller und rötlicher. Bis 45 cm sind feinere Wurzeln vorhanden. Bis 1 m Tiefe ist das Profil steinfrei.

Profil B (Koordinaten: 18/78)

Hier beträgt der Streuhorizont 1 cm. Bis 6 cm ist der Boden stark durchwurzelt. Ab 15 cm Tiefe wird der Boden allmählich heller und es finden sich weniger größere Wurzeln. In 20 cm Tiefe wird der Boden noch etwas heller, und nur vereinzelt finden sich noch größere Wurzeln. Bis 45 cm sind feinere Wurzeln vorhanden. Bis 1 m Tiefe finden sich keine Steine.

Profil C (Koordinaten: 18/5)

Die Streuauflage hat eine Mächtigkeit von 2 cm. Bis 10 cm Bodentiefe ist der Boden stark durchwurzelt. Ab 22 cm wird der Boden heller. Größere Wurzeln gibt es bis zu 80 cm Tiefe. Ab 1 m Tiefe finden sich vereinzelt Steine.

Wassergehalt

Bei allen drei Bodenprofilen betrug der Wassergehalt bei der Probenentnahme (Ende der Regenzeit) im obersten Bodenhorizont um 50 % des Frischgewichts, stieg bis 20 cm Tiefe etwas an und sank schließlich auf Werte zwischen 36 % und 39 % vom Frischgewicht.

Die Analyseergebnisse sind in Abb. 10a-e dargestellt.

pH-Wert (Abb. 10c)

Der pH-Wert liegt bei Profil B und C etwas unter, bei Profil A etwas über 6. Die Oberböden sind bei allen drei Profilen saurer als die Unterböden, was einem normalen Verwitterungsgradienten entspricht.

Kationenaustauschkapazität, KAK_{eff} (Abb. 10a)

Die Werte für die KAK_{eff} ($KAK_{eff} = Ca + Mg + K + Na + H$) der drei Profile schwanken zwischen 2 und 13 mval/100g Boden, wobei sie in Profil A deutlich niedriger sind als in B und C. Bei allen Profilen sind die niedrigsten Werte für die KAK_{eff} im zweiten Horizont (in ungefähr 20 cm Bodentiefe) und die höchsten im Unterboden zu finden.

S-Wert (Abb. 10a)

Die Summe der Kationen (S-Wert = $Ca + Mg + K + Na$) von Profil A und C sind sich sehr ähnlich und bedeutend höher als von Profil B. Damit ist die Basenversorgung bei Profil B geringer als in A und C.

Basensättigung, V-Wert (Abb. 10b)

Der V-Wert ($V\% = 100 \times [\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}]/\text{KAK}_{\text{eff}}$) von Profil A liegt deutlich höher (75-90 %) als der von Profil B (20-75 %) und C (45-60 %). Profil B und C sind sich bzgl. der Höhe und des Verlaufes der Basensättigung mit zunehmender Bodentiefe ähnlicher als Profil A.

Verfügbares Phosphat, P_{verf} (Abb. 10d)

Die P_{verf} -Werte der Profile A und C schwanken zwischen 1-2 g/100g Boden und nehmen vom Oberboden zum Unterboden geringfügig ab. Der Gehalt an verfügbarem Phosphat ist in Profil B bedeutend höher als in den beiden anderen Profilen und nimmt von 4,2 g/100g im Oberboden auf 2,7 g/100g im Unterboden ab. Wegen der Verfälschung aufgrund des Trocknungsprozesses kann davon ausgegangen werden, daß die tatsächlichen P_{verf} -Werte höher liegen. Die Verwendung von NaHCO_3 als Lösungsmittel (Olsen) bewirkt nur eine Lösung des leicht löslichen P-Anteils, dem P-Anteil des Bodens, der für die Pflanze verfügbar ist.

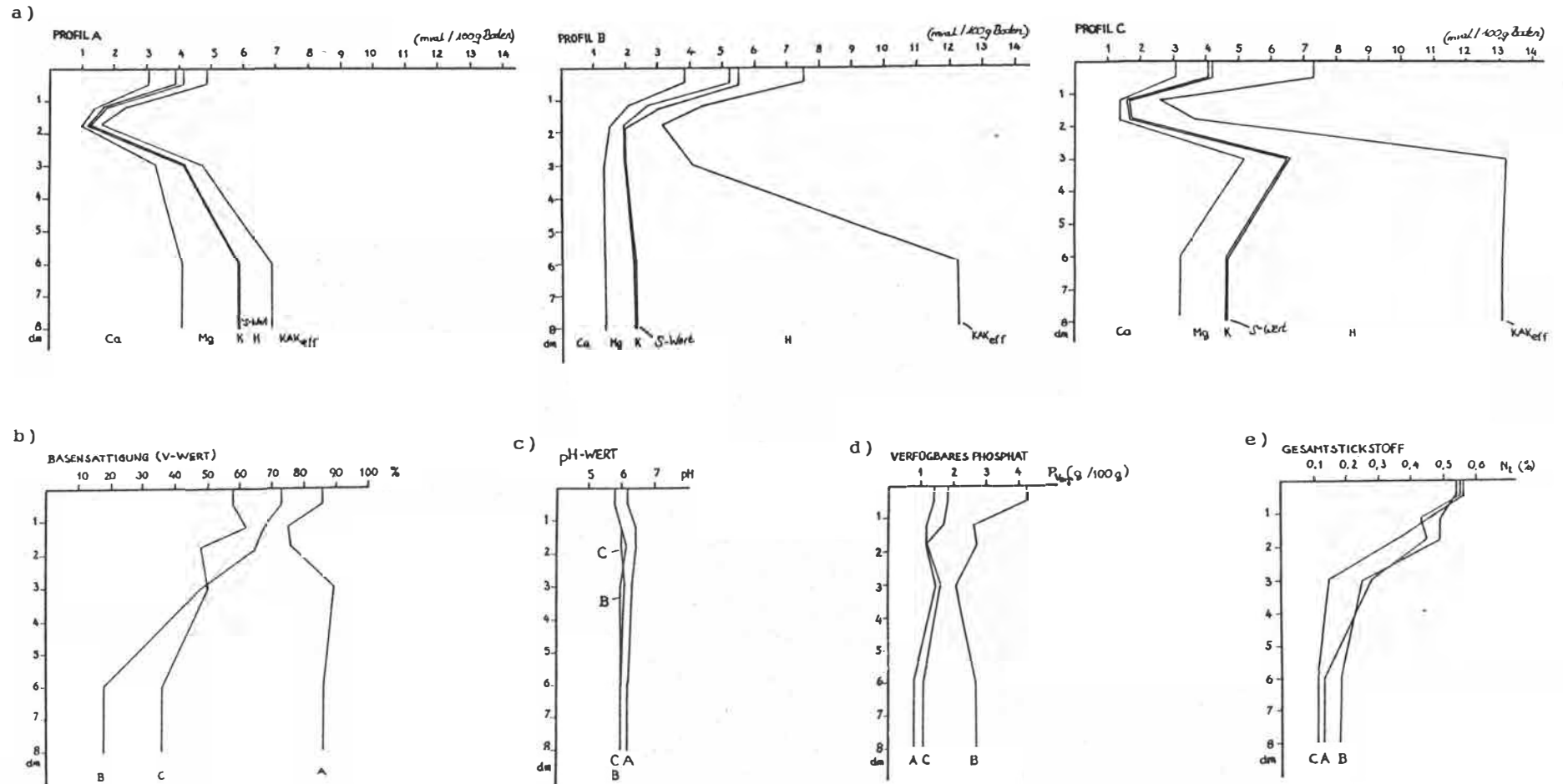
Gesamtstickstoff, N_t (Abb. 10e)

Profil A, B und C weisen im Oberboden N_t -Gehalte von 0,5-0,6 % auf. Mit zunehmender Bodentiefe nimmt der N_t auf 0,15-0,25 % ab. Profil A und B ähneln sich im Verlauf des Stickstoffgehaltes mit zunehmender Tiefe. Der N_t -Gehalt von Profil C nimmt in 20 cm Bodentiefe stärker ab und ist im Unterboden geringer als der von A und B.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Böden der untersuchten Profile humus- und nährstoffreich und mäßig versauert sind.

Profil A ist am besten mit Basen versorgt, Profil B weist die größte P-Verfügbarkeit auf, Profil C ist am flachgründigsten. Da die angegebenen Absolutwerte als Minimalwerte zu betrachten sind, kann davon ausgegangen werden, daß Nährstoffe keinen Mangelfaktor darstellen.

Abb. 10a-e: Bodenanalysen



4.1.4 Lichtmessungen

Die Erfassung der Lichtverhältnisse innerhalb eines Waldbestandes ist sehr schwierig, denn sie ändern sich je nach dem Bestandesaufbau sowohl vertikal als auch horizontal auf kleinstem Raum. Während der Luxmeter-Messungen im Untersuchungshektar schwankte der abgelesene Luxwert innerhalb Sekunden an einem Meßpunkt so stark, daß er nichts über die Lichtverhältnisse des Standorts aussagte. Die Wolken am Himmel waren in ständiger Bewegung, so daß sich - wenn auch mit bloßem Auge nicht bemerkbar - die Lichtverhältnisse innerhalb und außerhalb des Bestandes andauernd änderten. Aus diesem Grunde war es auch nicht möglich, die im Bestand gemessenen Luxwerte auf ein und denselben Bezugswert zu relativieren, denn auch an dessen Meßstelle änderte sich der Bewölkungszustand ständig, und zwar nicht immer gleichzeitig und gleichartig mit der Änderung der Bewölkung am Meßpunkt im Bestand. So schwankten die Meßwerte an einem Standort innerhalb weniger Sekunden bis um das Zehnfache.

Eine weitere Fehlerquelle stellten bei Luxmetermessungen die wandernden Sonnenflecken dar. An Tagen, an denen die Sonne scheint, wird der Baumbestand fleckenweise kurzzeitig von dieser durchdrungen. Dadurch können an einem Meßpunkt die Lichtmessungen viel niedrigere oder höhere Werte ergeben als an einem Meßpunkt wenige Zentimeter daneben. Aus dargelegten Gründen wurde nach einigen Versuchs-Meßtagen vor Ort auf weitere Lichtmessungen mit Luxmetern und hier auf die genaue Darlegung der gemessenen Werte verzichtet.

4.1.5 Kronendachdichte

Messungen der Kronendachdichte, auch Kronendachdeckung genannt, geben indirekt Auskunft über die Lichtverhältnisse an einem Standort.

Die Dichte des Kronendaches im Untersuchungshektar beträgt mindestens 62 % (EP 20) und maximal 97 % (EP 21). Die mittlere Kronendachdichte von allen 400 Meßquadraten ist 85,9 %.

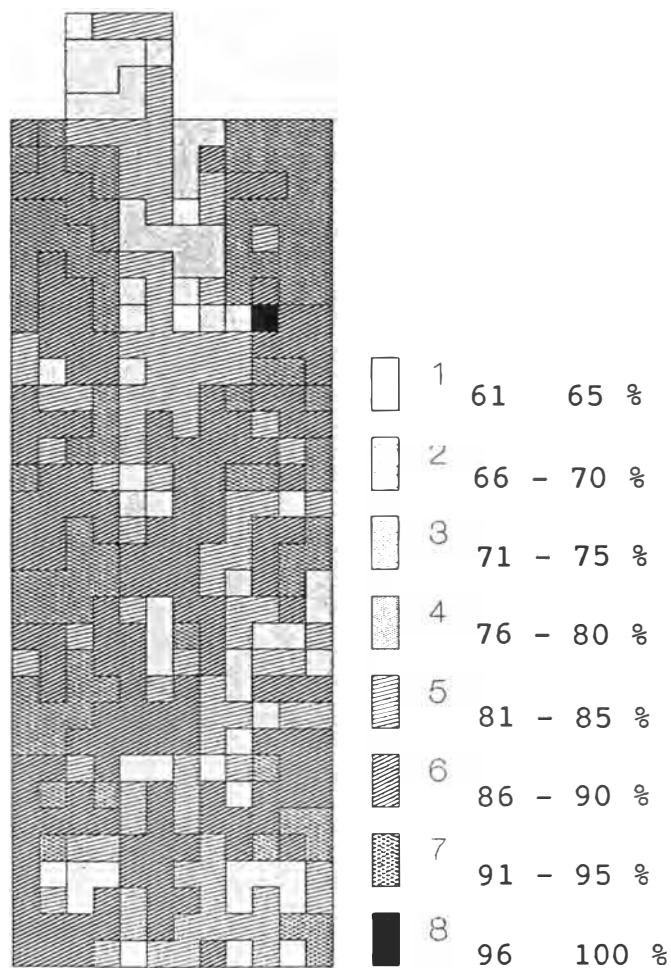
Werden die Meßwerte in 8 Klassen, die jeweils fünf Prozent umfassen, eingeteilt, so ergeben sich folgende Klassenhäufigkeiten (Tab. 2):

Tab. 2: Häufigkeiten der Kronendachdichte-Klassen der 400 Meßquadrate

Klasse	Anzahl absolut	% des Hektars
1 (61-65%)	1	0,25
2 (66-70%)	4	1,0
3 (71-75%)	18	4,5
4 (76-80%)	41	10,25
5 (81-85%)	98	24,5
6 (86-90%)	148	37,0
7 (91-95%)	89	22,25
8 (96-100%)	1	0,25
Σ	400	100

Zur Veranschaulichung sind in Abb. 11 die Kronendichteklassen in ihrer Verteilung auf dem Hektar dargestellt.

Abb. 11: Verteilung der Kronendachdichte-Klassen auf den Untersuchungshektar



84 % des Hektars besitzt eine Kronendachdichte größer als 80 %. Allein 37 % der Fläche hat eine Kronendachdichte zwischen 86 % und 90 %. Die Kronendeckung ist in der ganzen Untersuchungsfläche einheitlich hoch. Es gibt nur wenige Teilflächen mit geringer Kronendachdichte, also lückigem Kronendach. Dies weist darauf hin, daß frische Ast- oder Baumfalllücken (Gaps) keine große Flächenausdehnung haben, oder aber größere Gaps schon älter sind, d.h. der Bestand höher als 150 cm ist. Gerade solche älteren Gaps mit niedrigem Baumbestand besitzen jedoch ein niedriges und dichtes Kronendach, so daß diese Bereiche in die höchsten Kronendachdichteklassen miteinfließen.

4.2 VEGETATIONSAUFNAHMEN

4.2.1 Strukturparameter des Gesamtbaumbestandes

Stammzahlen und Stammkreisflächen

Tab. 3, Abb. 12 und Anhang 1 vermitteln einen Überblick über die absoluten und relativen Stammzahlen (Abundanzen) des Gesamtbaumbestandes des Untersuchungshektars.

Tab. 3: Abundanzen der Bäume mit BHD ≥ 10 cm

Abundanz	total	Palmen (I.g.)	Baum- farne	P.s.	son- stige
absolute (N/ha)	541	66	85	40	350
relative (%)	100	12,2 (11,8)	15,7	7,4	64,7

I.g. = *Iriarteia gigantea*
P.s. = *Plinia salticola*

Wird der Bestand ab 10 cm BHD erfaßt, beträgt die absolute Abundanz 541 Individuen pro Hektar. Davon sind allein 85 (relative Abundanz 15,7 %) Individuen Baumfarne verschiedener Arten und 66 (12,2 %) Palmen. Von den 66 Palmen sind 64 von der Art *Iriarteia gigantea* (11,8 % des Gesamtbestandes). 40 Individuen > 10 cm BHD gehören zur Art *Plinia salticola*, das entspricht einer relativen Abundanz von 7,4 %. Die übrigen 350 (64,7 %) Individuen ("sonstige") sind Bäume mit echtem sekundären Dickenwachstum, die hier nicht weiter nach Baumformen oder Arten eingeteilt werden.

Tab. 4, Abb. 12 und Anhang 2 zeigen die Stammkreisflächen (Dominanzen) des Gesamtbaumbestandes des Untersuchungshektars mit BHD > 10 cm.

Tab. 4: Dominanzen der Bäume mit BHD > 10 cm

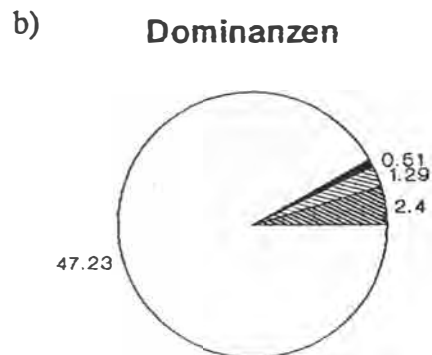
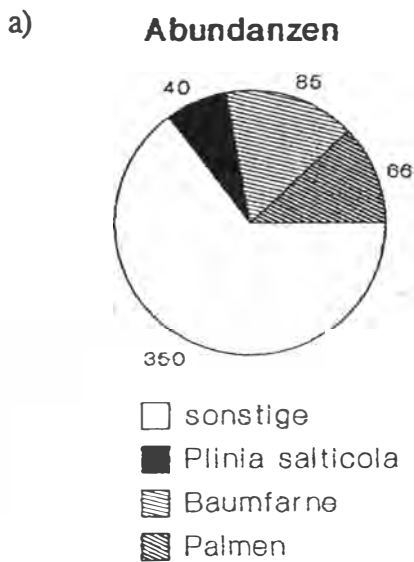
Dominanz	total	Palmen (I.g.)	Baum- farne	P.s.	sonst- ige
absolute (m ² /ha)	51,43	2,40 (2,36)	1,29	0,51	47,23
relative (%)	100	4,7 (4,6)	2,5	1,0	91,8

I.g. = *Iriartea gigantea*

P.s. = *Plinia salticola*

Die absolute Dominanz aller Bäume beträgt 51,43 m²/ha. Davon nehmen alle Palmen 2,4 m²/ha ein, wovon allein *Iriartea gigantea* 2,36 m² umfaßt. Die Baumfarne besitzen eine Dominanz von 1,29 m²/ha und die sonstigen Bäume von 47,23 m²/ha.

Abb. 12: a) absolute Abundanzen und b) absolute Dominanzen nach Baumformen getrennt



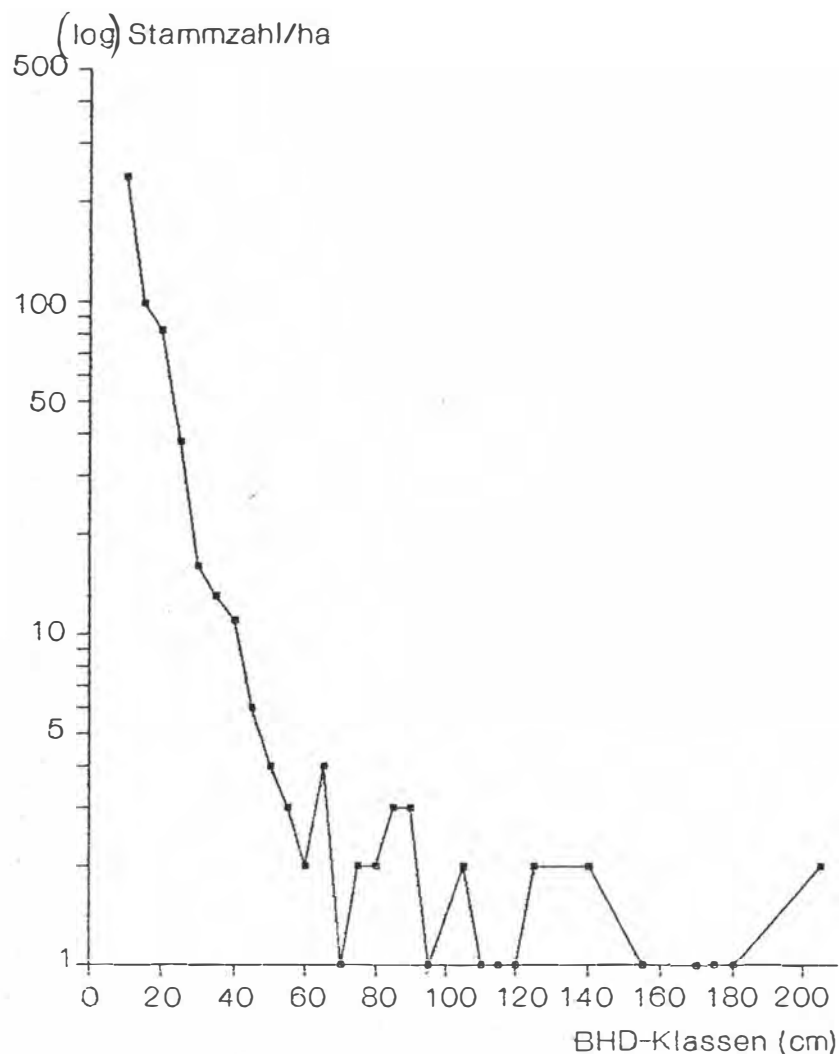
Auffällig ist, daß die Palmen und Baumfarne 12,2 % bzw. 15,7 % der Stammzahlen einnehmen, jedoch nur Stammkreisflächen von 4,7 % bzw. 2,5 % erreichen. *Plinia salticola* besitzt eine relative Abundanz von 7,4 %, jedoch nur eine relative Dominanz von

1,0 %. Dies weist darauf hin, daß Palmen, Baumfarne und *Plinia salticola* vor allem in den unteren Stammkreisflächenklassen vertreten sind, wobei sich dies bei Palmen und Baumfarnen durch das Fehlen des sekundären Dickenwachstums erklären läßt. *Iriartea gigantea*, die ja den Hauptteil der Palmen ausmacht, ist eine sehr lang- und dünnstämmige Palme. Dagegen nehmen die sonstigen Bäume mit BHD ≥ 10 cm 64,7 % der Stammzahlen und 91,8 % der Stammkreisflächen ein. Die meisten Bäume sind also im Vergleich viel dickstämmiger als die vorher genannten Baumformen.

Brusthöhendurchmesser (BHD)

In Abb. 13 sind die Stammzahl-Durchmesserverteilungskurven des Gesamtbestandes mit BHD ≥ 10 cm aufgetragen.

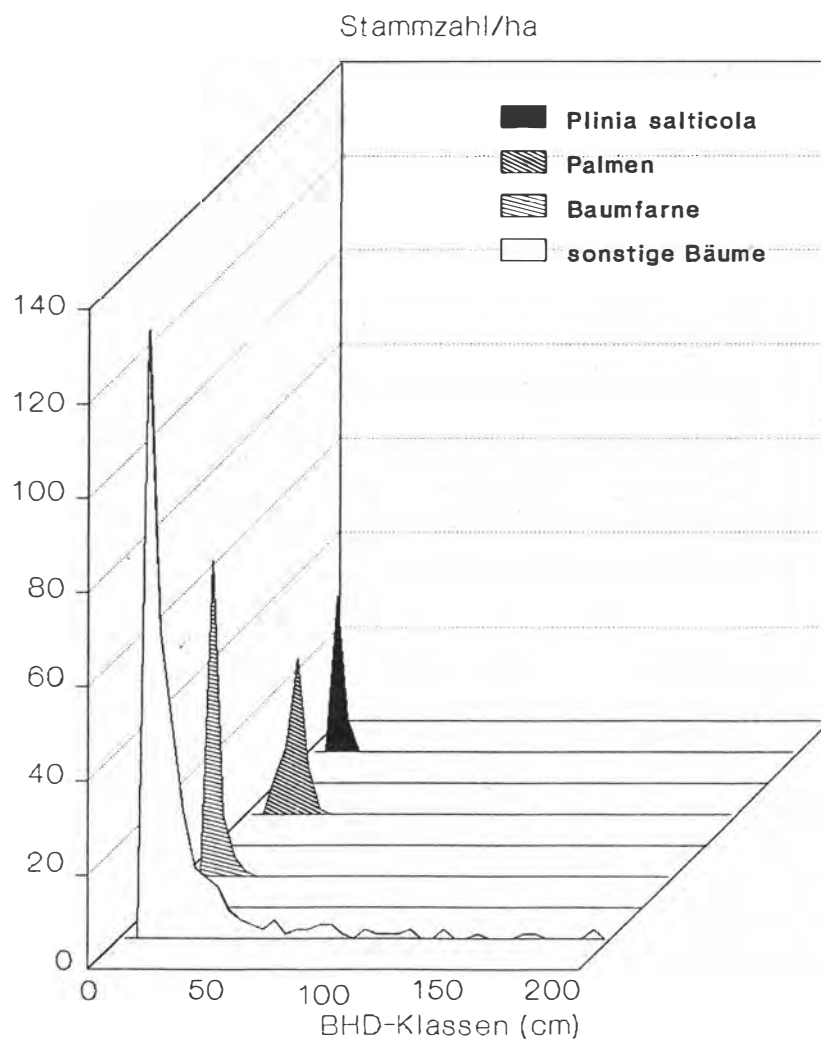
Abb. 13: Stammzahl-Durchmesserverteilung der Bäume ab 10 cm BHD in halb-logarithmischer Darstellung



Die meisten Individuen (von 390 Bäumen mit sekundärem Dickenwachstum 162 Stück, d.h. 41,5 %) besitzen BHD zwischen 10 und 15 cm, wobei mit steigenden Durchmessern die Anzahl der Individuen abnimmt. Der größte gemessene Brusthöhendurchmesser beträgt 207 cm. Bis zu 50 cm BHD nimmt die Stammzahl stetig ab, um dann bis zum größten Durchmesser von 207 cm zwischen 1 und 3 Stück pro BHD-Klasse zu pendeln.

In Abb. 14 sind die Baumzahlverteilungen ab 10 cm BHD getrennt nach Palmen, Baumfarne, *Plinia salticola* und sonstigen Bäumen dargestellt.

Abb. 14: Stammzahlverteilungen der verschiedenen Baumformen mit BHD > 10 cm auf die BHD-Klassen



Es ist deutlich zu sehen, daß sowohl Baumfarne, Palmen als auch *Plinia salticola* nur untere Durchmesserklassen besetzen. Insbesondere die Baumfarne und *Plinia salticola* sind meist 10 cm bis 15 cm dick, Palmen haben meistens Brusthöhendurchmesser von 20 cm bis 30 cm. Die sonstigen Bäume prägen den Verlauf der Gesamtkurve (siehe Abb. 13).

Bestandesoberhöhe

Der absolut höchste Baum im Untersuchungshektar ist 56 m hoch. Diese Höhe wird als Bestandesoberhöhe bezeichnet.

4.2.2 Strukturparameter von *Plinia salticola*

Eine Gesamtübersicht über alle Bäume von *Plinia salticola* mit BHD ≥ 5 cm auf dem Untersuchungshektar liefern Anhang 3a,b und 4a,b. Darin sind die Baumnummern, Positionen, Brusthöhendurchmesser, Baumhöhen, Kronentiefen, Kronendurchmesser, Kronenformen, Kronenpositionen, Kronenüberschattungen, Bewuchs durch Epiphyten und Lianen, Vitalität, Schlankheitsgrade, Stammkreisflächen und Kronenflächen aufgelistet.

Abundanzen

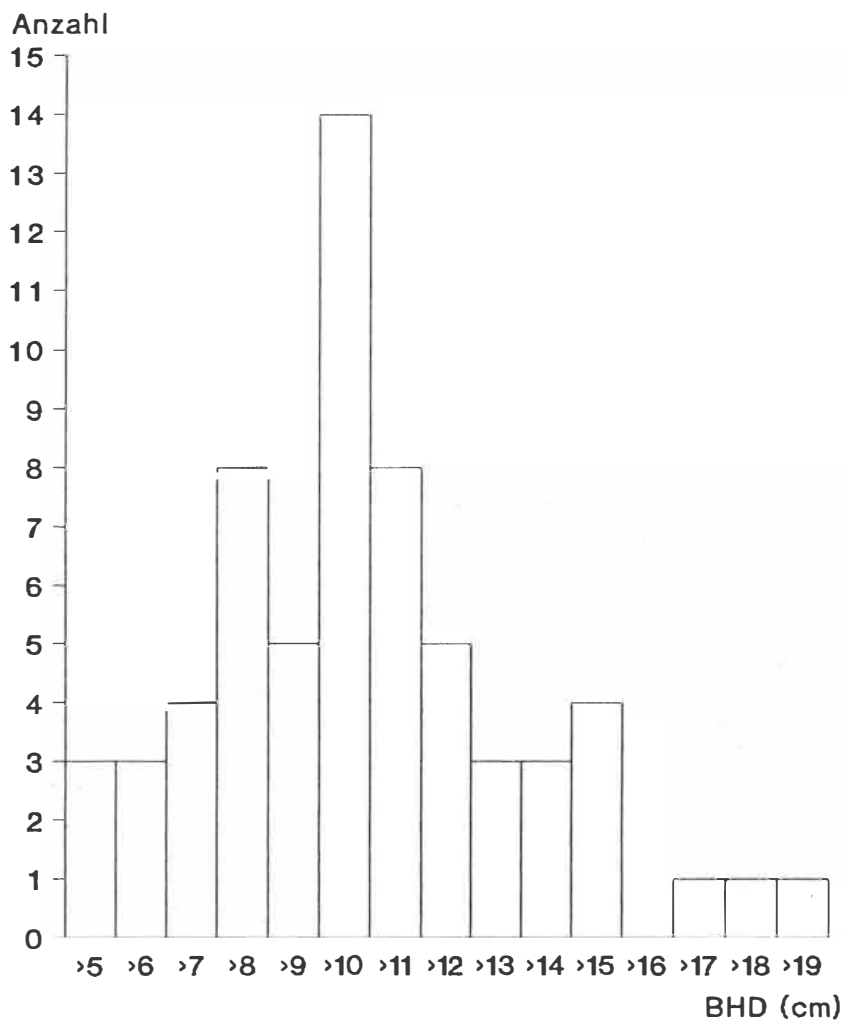
Auf dem Untersuchungshektar befinden sich 63 *Plinia salticola* Individuen mit BHD ≥ 5 cm. Davon haben 23 Stück Stammdurchmesser zwischen 5 und 10 cm und 40 Stück (relative Abundanz 7,4 %) Stammdurchmesser ≥ 10 cm.

Brusthöhendurchmesser (BHD)

Die Grundannahme dieser Arbeit ist, daß die Brusthöhendurchmesser desto größer sind, je älter die Bäume sind. Im Laufe der Untersuchung wurde an mehreren Exemplaren von *Plinia salticola* versucht, diese mit einem Stammbohrer anzubohren, um eventuelle Wachstumsringe zu entdecken. Diese Versuche mißlangen jedoch, da das Holz von *Plinia salticola* so hart ist, daß es nicht möglich war, einen Bohrkern daraus zu entnehmen.

Abb. 15 gibt die Verteilung der *Plinia salticola* Individuen mit BHD ≥ 5 cm auf die Brusthöhendurchmesser wieder.

Die Verteilungskurve verdeutlicht, daß relativ die meisten Bäume, nämlich 14 von 63 (22 %) einen Brusthöhendurchmesser zwischen 10 cm und 11 cm besitzen. Der größte gemessene BHD von *Plinia salticola* beträgt 19,7 cm.

Abb. 15: Stammzahlen-Durchmesser-Verteilung von *Plinia salticola* (BHD ≥ 5 cm)

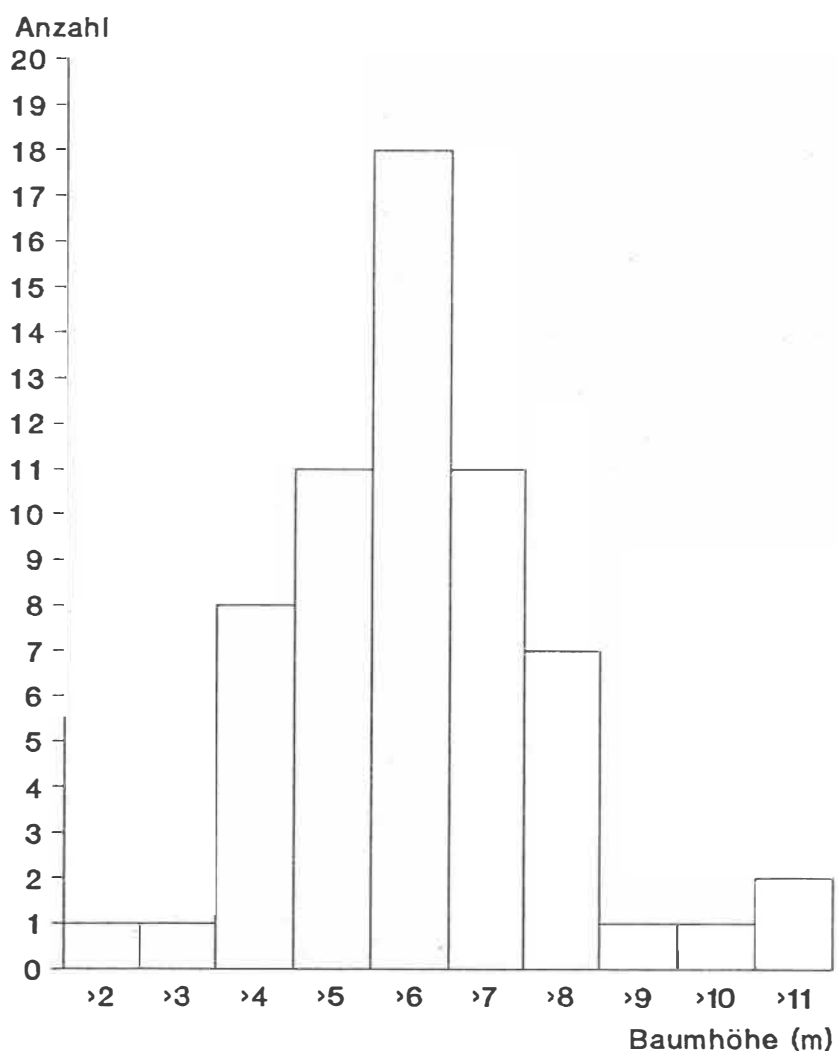
Dominanzen

Die Summe aller Stammkreisflächen von *Plinia salticola* mit BHD > 5 cm beträgt 0,6211 m². Davon nehmen die Individuen mit BHD ≥ 10 cm 0,5092 m² und die mit BHD $\geq 5 - < 10$ cm 0,119 m² ein.

Baumhöhe (H)

61 der 63 *Plinia salticola* Individuen mit BHD ≥ 5 cm wurden auf ihre Baumhöhe vermessen. 2 Individuen waren umgestürzt und nicht vermeßbar.

Abb. 16 zeigt die Verteilung der *Plinia salticola* Individuen auf die Höhen. Die Höhen schwanken zwischen 2,8 m und 11 m und betragen im Mittel 6,2 m. Fast ein Drittel dieser Bäume sind zwischen 6 m und 7 m hoch.

Abb. 16: Stammzahlen-Baumhöhen-Verteilung von *Plinia salticola* (BHD >5 cm)Schlankheitsgrad (H/BHD)

Das Verhältnis von Baumhöhe zu Stammdurchmesser wird als Schlankheitsgrad bezeichnet. In Tab. 5 sind die Werte für die Schlankheitsgrade der *Plinia salticola* Individuen zusammengefaßt.

Tab. 5: Schlankheitsgrade von *Plinia salticola*

<u>BHD</u> (cm)	Mw	<u>H/BHD</u>		Vk
		Min	Max	
≥5-<10	72	48	115	0,24
≥10	53	25	86	0,28

Mw = arithmetisches Mittel

Min = Minimum

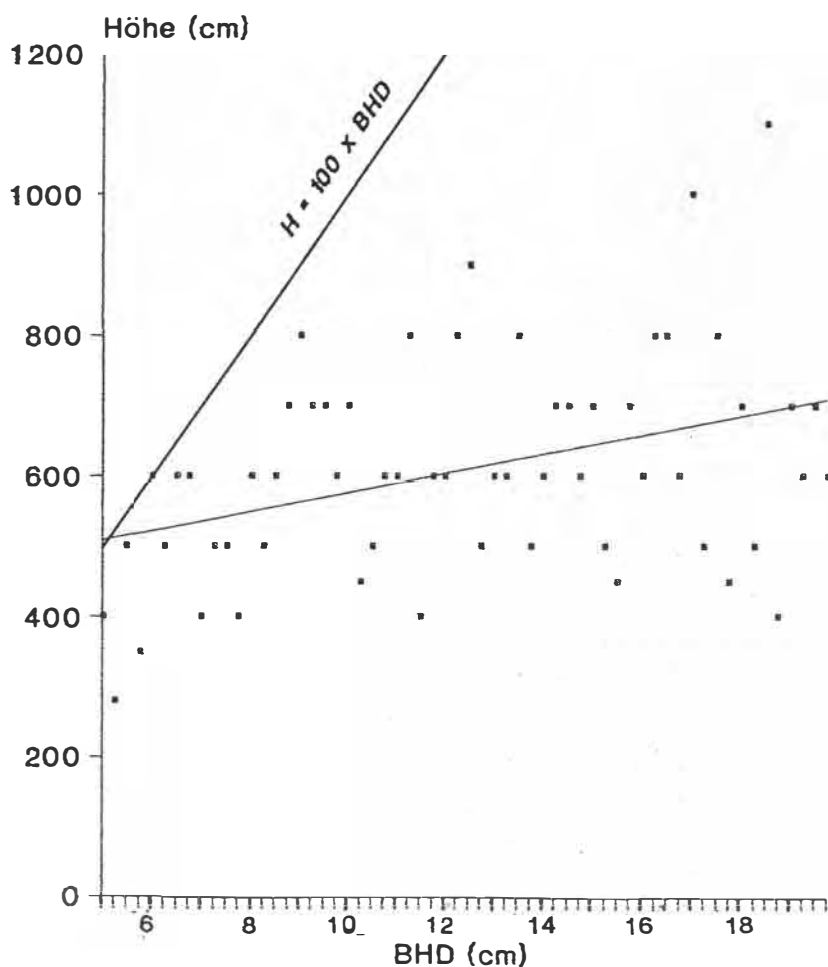
Max = Maximum

Vk = Variationskoeffizient

Es zeigt sich, daß das H/BHD-Verhältnis der dünnstämmigeren Bäume von *Plinia salticola* sowohl bezüglich des arithmetischen Mittels als auch bezüglich des Minimal- und Maximalwertes höher ist als bei den dickstämmigeren. Dies läßt sich dadurch erklären, daß die dünneren Bäume relativ stärker in die Höhe wachsen als die dickeren, älteren Bäume, die teilweise ihre Maximalhöhe schon erreicht haben. Die Variationskoeffizienten beider Gruppen unterscheiden sich kaum. Die Werte der Bäume >10 cm BHD streuen etwas stärker. Das H/BHD-Verhältnis von *Plinia salticola* liegt im Durchschnitt weit unter dem von JACOBS (1988) angegebenen Richtwert von $H/BHD = 100$.

Abb. 17 zeigt die Baumhöhen-Brusthöhendurchmesser-Verteilung von *Plinia salticola* mit $BHD \geq 5$ cm.

Abb. 17: Baumhöhen-Brusthöhendurchmesser-Verteilung



Die untere Gerade stellt die Interpolationsgerade der Meßwerte dar. Die obere Gerade ist die Vergleichsgerade bei einem postulierten H/BHD-Verhältnis von 100. Es ist klar zu erkennen, daß das H/BHD-Verhältnis von *Plinia salticola* insgesamt deutlich kleiner ist als 100.

Kronentiefe (KT)

In Tab. 6 sind die Ergebnisse der Kronentiefenmessungen wiedergegeben.

Tab. 6: Kronentiefen (KT)

<u>BHD</u> (cm)	Mw	<u>KT</u> Min	Max	Vk
≥5-<10	296	100	700	0,50
≥10	341	50	750	0,43

Mw = arithmetisches Mittel

Min = Minimum

Max = Maximum

Vk = Variationskoeffizient

Der kleinste (50 cm) und der größte (750 cm) Wert für die Kronentiefe wurden bei Bäumen mit BHD ≥ 10 cm gemessen. Insgesamt sind die Kronentiefen bei den Individuen mit BHD zwischen 5 cm und 10 cm kleiner, wobei der Variationskoeffizient zeigt, daß die Werte bei diesen Individuen stärker streuen als bei den dickeren Bäumen.

Kronendurchmesser (KD)

Die Kronendurchmesser von *Plinia salticola* sind in Tab. 7 zusammengefaßt.

Tab. 7: Kronendurchmesser (KD)

<u>BHD</u> (cm)	Mw	<u>KD</u> Min	Max	Vk
≥5-<10	325	130	500	0,29
≥10	446	250	700	0,24

Mw = arithmetisches Mittel

Min = Minimum

Max = Maximum

Vk = Variationskoeffizient

Die Kronendurchmesser der dickstämmigeren Bäume sind generell größer und etwas gleichmäßiger um den Mittelwert verteilt als die der dünnstämmigeren Bäume.

Mittels Korrelationsanalyse wurden die Parameter Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe, Kronentiefe und Kronendurchmesser auf den Grad ihrer Linearität hin geprüft. Dabei wurden die *Plinia salticola* mit BHD ≥ 5 - < 10 cm und die mit BHD ≥ 10 cm getrennt behandelt. Tab. 8 gibt einen Überblick über die errechneten Pearsonschen Korrelationskoeffizienten (r).

Tab. 8: Korrelation von Brusthöhendurchmesser (BHD), Baumhöhe (H), Kronentiefe (KT) und Kronendurchmesser (KD)

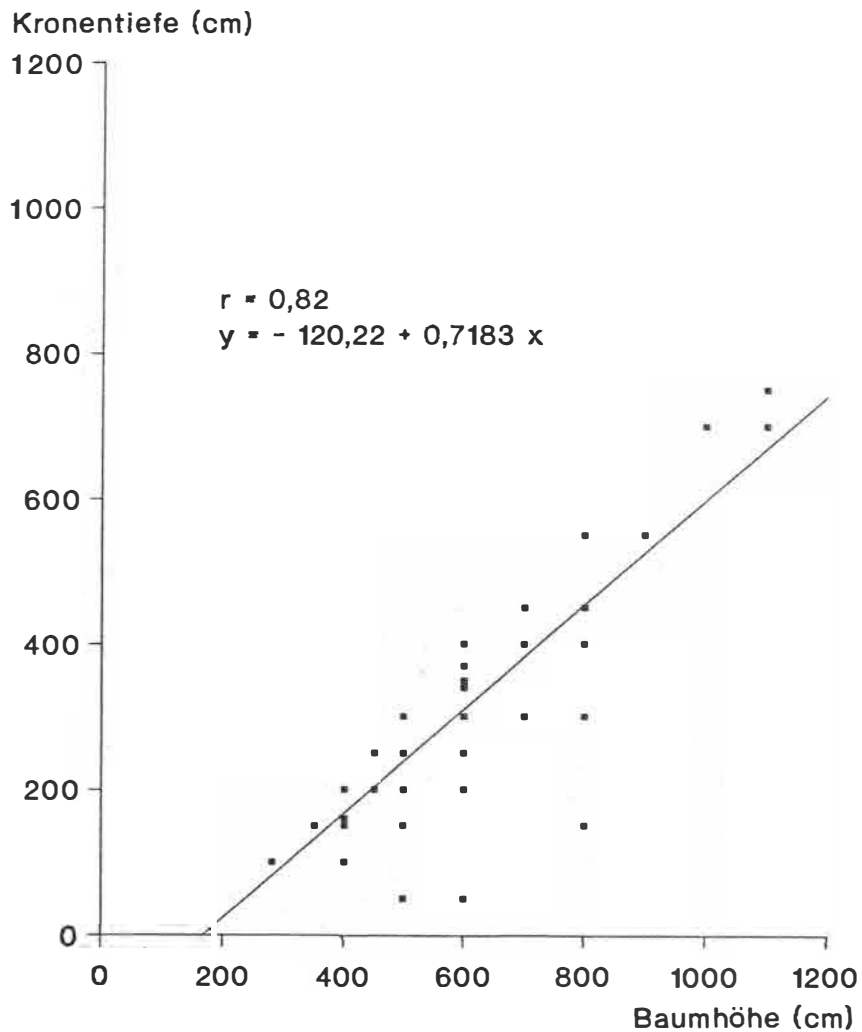
<u>Parameter</u>		<u>r</u>	<u>r</u>
unabhängig	abhängig	BHD ≥ 5 - < 10 cm	BHD ≥ 10 cm
BHD	H	0,64	0,06
H	KT	0,89	0,77
H	KD	0,01	0,16
BHD	KD	0,24	0,20
KT	KD	0,18	0,21

r = Korrelationskoeffizient von Pearson

Zwischen den Parametern Baumhöhe und Kronendurchmesser, Brusthöhendurchmesser und Kronendurchmesser, Kronentiefe und Kronendurchmesser bestehen nur sehr schwache lineare Zusammenhänge. Dagegen wird deutlich, daß starke lineare Korrelationen zwischen den Parametern Baumhöhe und Kronentiefe bei allen *Plinia salticola* Bäumen existieren. Bei den Bäumen mit kleinen BHD, also jüngeren Bäumen, besteht noch ein linearer Zusammenhang zwischen BHD und Baumhöhe, bei den dickeren, durchschnittlich älteren Bäumen jedoch nicht mehr. Dies bestätigt das bereits aufgeführte Ergebnis bezüglich des Schlankheitsgrades: jüngere Bäume wachsen sowohl in ihrem Stammdurchmesser als auch in die Höhe, bei den älteren Bäumen stagniert das Höhenwachstum bei wachsenden Stammdurchmessern bereits.

Der Korrelationskoeffizient zwischen Baumhöhe und Kronentiefe aller *Plinia salticola* mit BHD > 5 cm beträgt 0,82, d.h. es besteht ein starker linearer Zusammenhang zwischen beiden Merkmalen. Die für diese Beziehung kennzeichnende Regressionsgerade hat die Formel $y = - 120,22 + 0,7183 x$ und ist zusammen mit den einzelnen Meßpunkten in folgender Abbildung enthalten (Abb. 18).

Abb. 18: Kronentiefen-Baumhöhen-Verteilung



Kronenflächenindex (CAI)

Aus den Kronendurchmessern lassen sich die Kronenflächen berechnen. Der Anteil der Summe der Kronenflächen einer Art an der Gesamtuntersuchungsfläche wird als Kronenflächenindex dieser Art bezeichnet.

Die Summe der Kronenprojektionen von den *Plinia salticola* Individuen mit $\check{B}HD > 5$ cm beträgt 814,3 m². Bezogen auf die Untersuchungsfläche von 1 ha ergibt sich ein Kronenflächenindex von 8,1 %.

Betrachtet man nur die Bäume von *Plinia salticola* mit $BHD > 10$ cm, so beläuft sich die Summe der Kronenflächen auf 619 m². Dies entspricht einem Kronenflächenindex von 6,2 %.

Bei der Ansprache von *Plinia salticola* nach Kronenform, Kronenposition und Kronenüberschattung wurden nur 59 von 63 Individuen mit BHD >5 cm berücksichtigt, da 4 Bäume umgestürzt oder mechanisch beschädigt waren, und somit nicht klassifiziert werden konnten.

Kronenform (KF)

In Tab. 9 und Abb. 19 sind die Ergebnisse der Betrachtung von *Plinia salticola* nach der Kronenform dargestellt.

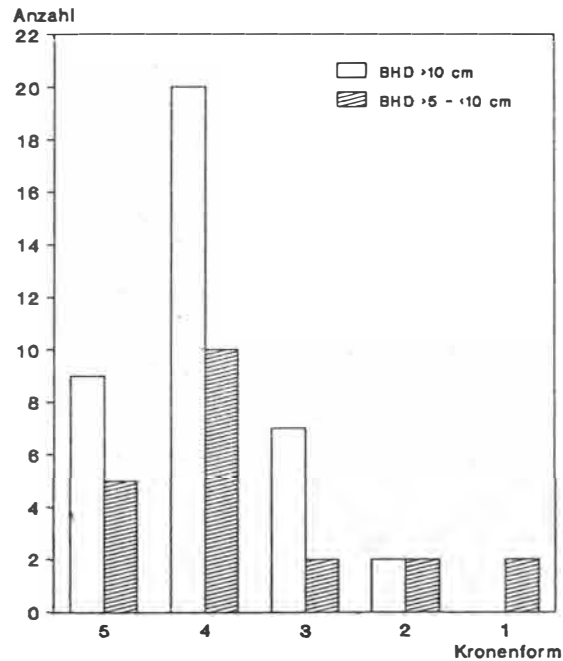
Tab. 9: Kronenform (KF)

BHD (cm)	KF					Σ
	5	4	3	2	1	
≥5-<10	5 23,8%	10 47,6%	2 9,5%	2 9,5%	2 9,5%	21 10
≥10	9 23,7%	20 52,6%	7 18,4%	2 5,3%	0 0,0%	38 100%
Σ	14 22,7%	30 50,8%	9 15,3%	4 6,8%	2 3,4%	59 100%

- 5 - rund und geschlossen
- 4 - ± rund und locker
- 3 - ± rund und lückig
- 2 - einseitig und locker
- 1 - einseitig und lückig

Fast drei Viertel aller *Plinia salticola* Individuen haben gleichmäßig ausgeformte, d.h. runde, geschlossene (Klasse 5) oder runde, lockere Kronen (Klasse 4). In diesen Kronenformenklassen unterscheiden sich die Bäume mit BHD ≥ 5 - <10 cm von denen mit BHD ≥ 10 cm prozentual nicht wesentlich. Bezüglich der drei Klassen mit weniger oder nicht runden Kronen (Klassen 3, 2, 1) unterscheiden sich die dickstämmigeren *Plinia salticola* von den dünnstämmigeren. Die ersteren haben im Gegensatz zu den zweiten rundere Kronen, keiner der Bäume mit BHD ≥ 10 cm hat eine einseitige, lückige Krone (Klasse 1) und nur 2 haben eine einseitige, lockere Krone (Klasse 2). Dagegen sind bei *Plinia salticola* mit BHD ≥ 5 - <10 cm mehrere Kronen einseitig, locker oder einseitig, lückig.

Abb. 19: Kronenform (KF)

Kronenposition (KP)

Tab. 10 und Abb. 20 führen die Ergebnisse der Untersuchung der Kronenpositionen von *Plinia salticola* auf.

Tab. 10: Kronenposition (KP)

BHD (cm)	KP					Σ
	5	4	3	2	1	
≥5-<10	0 0,0%	0 0,0%	9 42,9%	11 52,4%	1 4,7%	21 100%
≥10	0 0,0%	1 2,6%	20 52,6%	17 44,7%	0 0,0%	38 100%
Σ	0 0,0%	1 1,7%	29 49,2%	28 47,5%	1 1,7%	59 100%

5 - allseits frei

4 - oben frei, seitlich beschattet

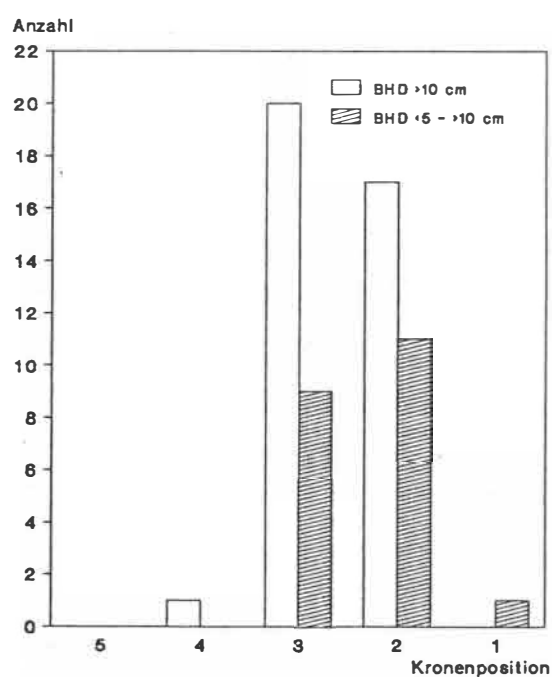
3 - oben teilweise frei, seitlich beschattet

2 - oben beschattet, seitlich teilweise frei

1 - allseits beschattet

Fast alle *Plinia salticola* sind von oben teilweise belichtet und von der Seite beschattet (Klasse 3) oder von oben beschattet und von der Seite teilweise belichtet (Klasse 2). Die Ergebnisse der beiden Größenklassen sind sich sehr ähnlich. Keine einzige *Plinia salticola* erhält volles Ober- und Seitenlicht (Klasse 5). Nur ein Individuum ist von oben frei und seitlich beschattet (Klasse 4), und nur ein Individuum ist allseits beschattet (Klasse 1). Diese Ergebnisse lassen vermuten, daß *Plinia salticola* eine zumindest schattentolerante Baumart ist. Ob sie Schatten zwingend benötigt oder nur toleriert, bleibt jedoch unbeantwortet.

Abb. 20: Kronenposition (KP)



Kronenüberschattung (KS)

Tab. 11 und Abb. 21 geben einen Überblick über die Anzahl der Baumkronen, von denen die *Plinia salticola* Individuen überschattet werden.

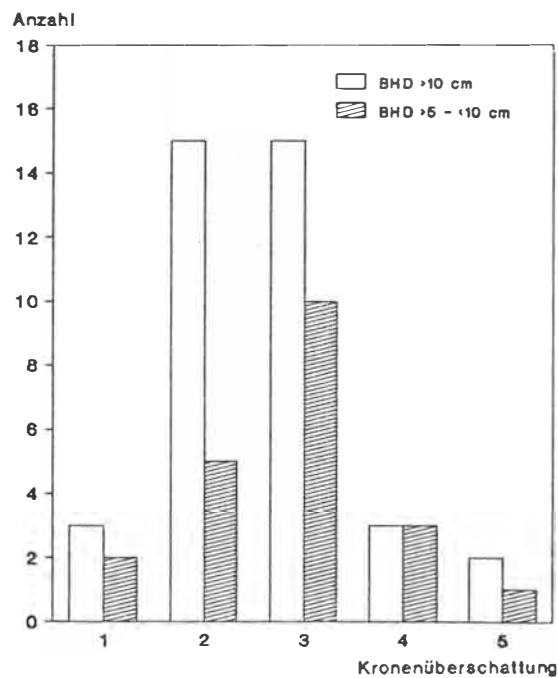
Tab. 11: Kronenüberschattung (KS)

BHD (cm)	KS					Σ
	1	2	3	4	5	
≥5-<10	2 9,5%	5 23,8%	10 47,6%	3 14,3%	1 4,8%	21 100%
≥10	3 7,9%	15 39,5%	15 39,5%	3 7,9%	2 5,3%	38 100%
Σ	5 8,5%	20 33,9%	25 42,4%	6 10,2%	3 5,1%	59 100%

1-5 = Anzahl der beschattenden Baumkronen

Über drei Viertel aller *Plinia salticola* werden von 2 oder 3 fremden Baumkronen überschattet. Die Ergebnisse der zwei BHD-Gruppen sind sich ähnlich, wobei die dünnstämmigen Bäume tendenziell von mehr fremden Kronen beschattet sind als die dickstämmigeren. Keine *Plinia* ist nicht mindestens von einem anderen Baum überschattet. Es wird wiederum deutlich, daß *Plinia salticola* eine Baumart der schattigen Schicht des Waldes ist.

Abb. 21: Kronenüberschattung (KS)



Bewuchs durch Epiphyten und Lianen

Das Ausmaß des Bewuchses von *Plinia salticola* mit Epiphyten und Lianen ist den Tab. 12 und 13 und Abb. 22 und 23 zu entnehmen.

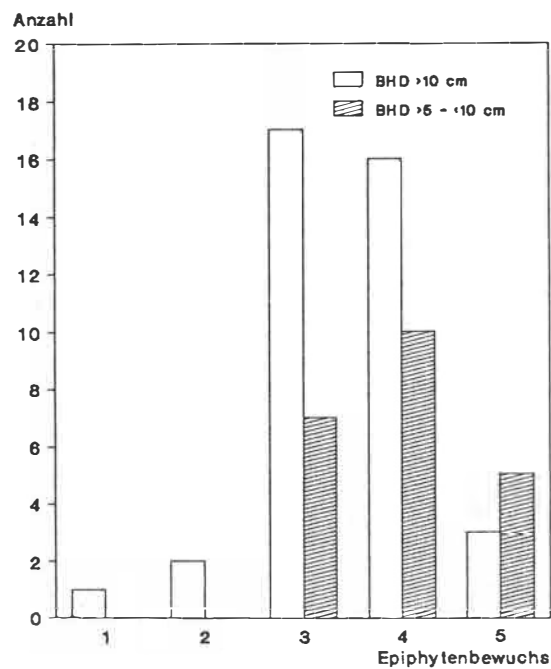
- Epiphyten (E)

Tab. 12: Epiphytenbewuchs (E)

BHD (cm)	1	2	<u>E</u> 3	4	5	Σ
≥5-<10	0 0,0%	0 0,0%	7 31,8%	10 45,5%	5 22,7%	22 100%
≥10	1 2,6%	2 5,1%	17 43,6%	16 41,0%	3 7,7%	39 100%
Σ	1 1,6%	2 3,3%	24 39,3%	26 42,6%	8 13,1%	61 100%

- 1 - frei von Epiphyten
- 2 - Hauptstamm von Epiphyten bewachsen, Äste epiphytenfrei
- 3 - Äste von Epiphyten bewachsen, Hauptstamm epiphytenfrei
- 4 - Hauptstamm und größere Äste von Epiphyten bewachsen
- 5 - Hauptstamm und alle Äste von Epiphyten bewachsen

Abb. 22: Epiphytenbewuchs (E)



Ungefähr 80 % aller *Plinias* mit BHD ≥ 5 cm sind nur auf den größeren Ästen oder auf den größeren Ästen und dem Hauptstamm mit Epiphyten bewachsen. Insgesamt haben die *Plinia salticola* Individuen zwischen 5 und 10 cm BHD einen stärkeren Epiphytenbewuchs. Fast keine *Plinia salticola* ist frei von Epiphyten.

- Lianen (L)

Tab. 13: Lianenbewuchs (L)

BHD (cm)	1	2	$\frac{L}{3}$	4	5	Σ
$\geq 5 - < 10$	3 13,6%	7 31,8%	2 9,1%	8 36,4%	2 9,1%	22 100%
≥ 10	14 35,9%	9 23,1%	7 17,9%	5 12,8%	4 10,3%	39 100%
Σ	17 27,9%	16 26,2%	9 14,8%	13 21,3%	6 9,8%	61 100%

1 - frei von Lianen

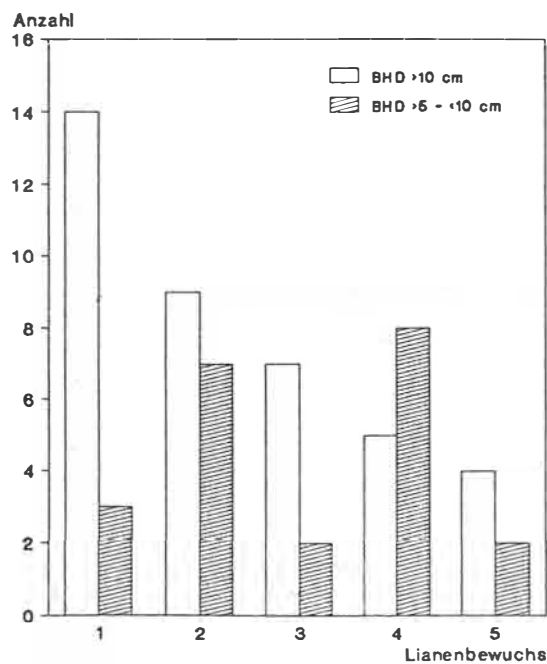
2 - weniger als die Hälfte des Baumes ist von Lianen überhangen

3 - ungefähr die Hälfte des Baumes ist von Lianen überhangen

4 - mehr als die Hälfte des Baumes ist von Lianen überhangen

5 - Baum ist vollständig von Lianen überhangen

Abb. 23: Lianenbewuchs (L)



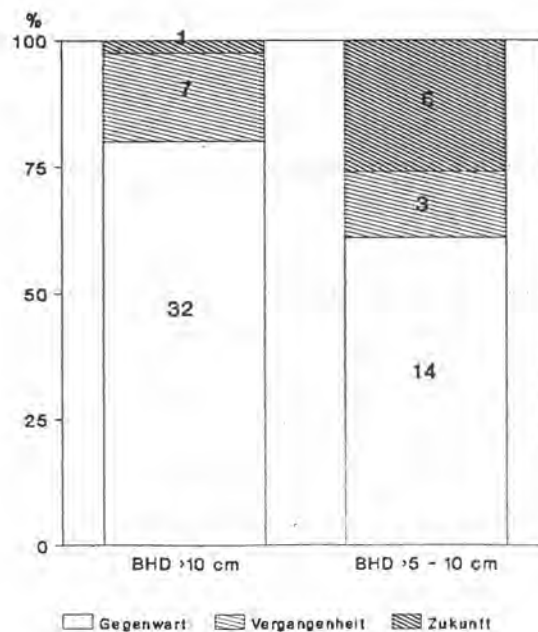
Die Hälfte aller *Plinia salticola* Bäume ist frei von Lianen oder zu weniger als die Hälfte mit Lianen überhangen. Mehr als ein Drittel aller *Plinia salticola* Individuen mit BHD ≥ 10 cm ist völlig frei von Lianenbewuchs, die wenigsten dieser Größenklasse sind vollständig von Lianen überwachsen. Bei den *Plinia salticola* mit BHD zwischen 5 cm und 10 cm ist der Lianenbewuchs insgesamt stärker. Über ein Drittel der Bäume dieser Größenklasse ist zu mehr als die Hälfte der Krone von Lianen behangen.

Aus der Gesamtübersicht in Anhang 4 ist zu ersehen, daß die einzige *Plinia salticola*, die volles Licht von oben abbekommt und nur von der Seite beschattet wird (Baum-Nr. 183, KP 4), gleichzeitig total von Lianen überwachsen ist. Licht begünstigt das Wachstum von Lianen. Lianen aber können, wenn sie im starken Maße vorkommen, ihre Trägerpflanze beeinträchtigen, da sie an dieser durch die Belastung mechanische Schädigungen verursachen und deren Wachstum und Produktion durch die verschlechterte Lichtzufuhr hemmen können.

Vitalität (V)

Bei der Einschätzung der Vitalität der Bäume stellte sich heraus, daß von allen 63 *Plinia salticola* Individuen mit BHD ≥ 5 cm 73 % "Bäume der Gegenwart", 16 % "Bäume der Vergangenheit" und 11 % "Bäume der Zukunft" sind. Abb. 24 veranschaulicht das Ergebnis, wobei hier die 40 Bäume mit BHD ≥ 10 cm und die 23 Bäume mit BHD ≥ 5 cm - < 10 cm getrennt betrachtet werden. Die Zahlenangaben innerhalb der Balken sind Absolutwerte.

Abb. 24: Lebensphasen von *Plinia salticola*



Es läßt sich feststellen, daß in der größeren BHD-Klasse mehr kümmerlich entwickelte "Bäume der Vergangenheit" als üppig entwickelte "Bäume der Zukunft" zu finden sind. Die meisten Bäume sind normal entwickelt. Bei den Bäumen mit BHD >5 - <10 cm ist der Anteil der soziologisch aufsteigenden höher als der der soziologisch absteigenden Bäume. Der Prozentsatz, den die normal entwickelten, soziologisch gleichbleibenden "Bäume der Gegenwart" ausmachen, ist bei den dickstämmigeren Bäumen höher als bei den dünnstämmigeren. Das Ergebnis liegt im Einklang mit der Postulierung, daß die dünneren Bäume zugleich die jüngeren sind, die sich in der Hauptwachstumsphase befinden.

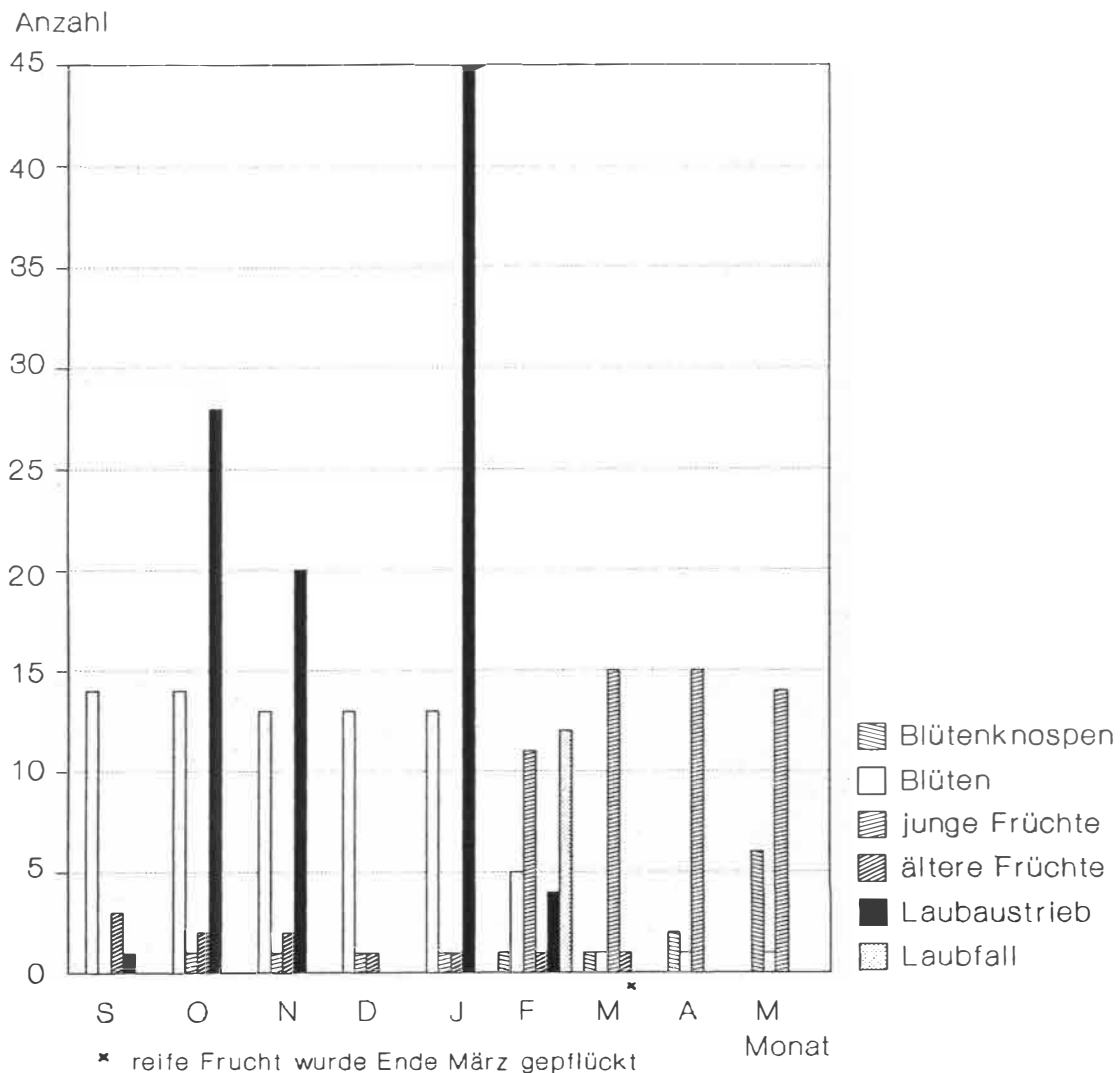
4.2.3 Phänologie von *Plinia salticola*

Blüten, Früchte, Laub

Phänologische Beobachtungen wurden an 45 *Plinia salticola* Bäumen mit BHD >8 cm im Zeitraum September bis Mai durchgeführt. In Abb. 25 ist die Anzahl der *Plinia salticola* Bäume mit BHD ≥ 8 cm, die in einem Monat eines der phänologischen Merkmale "Blütenknospen", "Blüten", "junge Früchte", "ältere Früchte", "Laubaustrieb" oder "Laubfall" aufwiesen, dargestellt. Das Merkmal "junge Früchte" beinhaltet unreife, grüne Früchte von einer Größe von bis zu 3 cm im Querschnitt (Foto 1), hingegen sind mit "ältere Früchte" unreife oder reife Früchte bezeichnet, die Querschnitte von ≥ 3 cm haben (Foto 2).

Die genauen Daten zu diesen phänologischen Erscheinungen sind in Anhang 5 aufgeführt.

Abb. 25: phänologische Beobachtungen



Von 45 Individuen besaßen maximal 14 im gleichen Monat Blüten, das sind fast ein Drittel der betrachteten Bäume. Von September bis Januar wurden die meisten blühenden Bäume gefunden, im Februar war die Mehrheit von diesen verblüht. Im gesamten Beobachtungszeitraum wurde jeden Monat mindestens ein blühender Baum gefunden.

Junge Früchte wurden von Oktober bis Januar nur an einem Individuum gefunden. Im Februar, in dem nur noch wenige blühende Bäume vorhanden waren, stieg die Anzahl der Individuen mit jungen Früchten stark an. Die meisten der vorher blühenden Bäume waren also befruchtet worden. Ältere Früchte, d.h. fast reife oder reife Früchte, wurden im September an drei Bäumen gefunden, im März jedoch nur noch an einem Individuum (Baum-Nr. 142). Die meisten der fast reifen Früchte fielen zwischen September und Dezember aus unbekanntem Ursachen von den Bäumen ab; zwei wurden am Waldboden ge-

funden. Im März wurde die einzige im Hektar auffindbare reife Frucht von Baum Nr. 142 gepflückt, denn bei täglichen Beobachtungen des Heranreifens der Frucht wurde festgestellt, daß in zwei aufeinanderfolgenden Nächten ein Tier etwas Fruchtfleisch von der Oberseite der orangengroßen Frucht gefressen hatte. Da es bisher jedoch weder eine Beschreibung noch Herbarbelege der Frucht von *Plinia salticola* gegeben hatte, wurde jenes Fruchtexemplar zu diesen Zwecken geerntet.

Blütenknospen wurden das erste Mal im Februar entdeckt, also in demselben Monat, in dem zum ersten Mal verstärkt junge Früchte auftraten. Bis zum Mai stieg die Anzahl der Bäume mit Blütenknospen stetig an.

Sehr deutlich sind in der Abbildung die Laubaustriebszeiten zu erkennen: im Oktober trieben 28 von 45 *Plinia salticola* Individuen im Untersuchungshektar neue Blätter, im November waren es 20 von 45. Im Dezember schließlich wurde kein einziger Baum mit jungem Laub gefunden. Die Hauptlaubaustriebszeit war jedoch im Januar. Alle untersuchten *Plinia salticola* Individuen bekamen in diesem Monat neue Blätter. Über die Hälfte der Bäume trieben also von Oktober bis Januar in 2 Schüben frisches Laub, manche der Bäume bekamen hingegen nur einmal junge Blätter.

Laubfall festzustellen war sehr schwierig. Nur im Februar waren an 12 von 45 *Plinia salticola* Individuen auffällig viele blattlose Äste und zugleich viel jüngst abgeworfenes Laub zu entdecken. Da diese Beobachtung jedoch nur bei einer Minderheit von Bäumen gemacht wurde, ist anzunehmen, daß es sich hierbei nicht um eine ausgesprochene Laubfallperiode handelte, sondern vielmehr um eine nicht generell zur Ausprägung kommende zweite Laubfallperiode, wie sie auch bezüglich des Laubaustriebes beobachtet wurde, währenddessen das meiste Laub zu einer Zeit abfiel, die nicht in der Beobachtungsperiode lag. Oder aber ist es möglich, daß *Plinia salticola* während des ganzen Jahres mehr oder weniger kontinuierlich Blätter abwirft, ohne daß dies zu einer bestimmten Jahreszeit verstärkt passiert.

Vergleicht man diese phänologischen Beobachtungen mit den klimatischen Verhältnissen im Untersuchungsgebiet (siehe Abb. 7) so lassen sich folgende Feststellungen machen:

zu Anfang der Trockenzeit verblühen die Bäume von *Plinia salticola* und im Laufe der Trockenzeit kommen neue Blütenknospen zum Vorschein, welche sich dann im Laufe der kommenden Regenzeit öffnen. Mit dem Verschwinden der Blüten treten in der Trockenzeit junge Früchte auf, währenddessen in dieser Jahreszeit die Früchte des Vorjahres vollends heranreifen. Da im untersuchten Zeitraum und Gebiet jedoch nur eine einzige Frucht bis zur Reife am Baum verblieb, sind hierzu verallgemeinernde Aussagen nicht möglich. Hingegen

scheint eine eindeutige Korrelation von regenarmen Zeiten mit vermehrtem Laubaustrieb zu bestehen. In der kurzen regenärmeren Periode des Oktobers erscheinen bei den meisten *Plinia salticola* Bäumen neue Blätter. Das größte Peak bezüglich des Laubaustriebes besteht jedoch im Januar zu Beginn der Trockenzeit. Der beobachtete vermehrte Laubfall findet im trockensten Monat des Beobachtungszeitraums statt.

Über die Blütenentwicklung, -bestäubung, Fruchtentwicklung und -verbreitung von *Plinia salticola* ist bisher noch nichts bekannt. Jedoch können zusätzlich zu den beschriebenen phänologischen Beobachtungen noch weitere Bemerkungen bezüglich der Blüten- und Fruchtbiologie dieser Baumart gemacht werden. So war bei den phänologischen Rundgängen im Untersuchungshektar zu sehen, daß alle Blütenknospen zur Blüte kamen, jedoch nicht alle Blüten befruchtet wurden. Wie in Kapitel 2.5 erwähnt stehen die Blüten von *Plinia salticola* cauliflor zu viert in einem Blütenstand zusammen. Schon aus Platzgründen wäre es gar nicht möglich, daß alle Blüten auch Früchte trügen. Pro Blütenstand bilden sich maximal zwei junge Früchte aus, von denen höchstens eine, zumeist aber keine, die Reife erlangt. Die meisten Früchte werden im unreifen Zustand abortiert. Bestäuberorganismen für *Plinia salticola* sind Wespen (persönliche Kommunikation mit Pablo Sanchez, Herbario Nacional de Costa Rica, Januar 1992), wobei hierzu keine eigenen bestätigenden Beobachtungen gemacht werden konnten. Die zur Untersuchung und Fixierung gepflückte reife Frucht wurde den Fraßspuren nach zu urteilen von einer fruchtfressenden Fledermaus angebissen (persönliche Kommunikation mit Pablo Sanchez, Herbario Nacional de Costa Rica, März 1992). Es ist möglich, daß diese Beobachtung eine Erklärung zur Fruchtverbreitung von *Plinia salticola* liefert: die schweren Früchte werden von Fledermäusen oder anderen Säugern noch am Baum abgenagt, so daß der schwere Samen danach ohne Fruchtfleisch direkt unter seinen Elterbaum fällt. Mittels dieser Strategie kann der Samen direkt hier keimen, insofern er nicht von anderen Tieren verschleppt wird. Für diese Hypothese spricht auch, daß die reife Frucht nicht leicht vom Stamm abzuplücken war. Sie war sehr fest im Stamm verwachsen und konnte nur mit Hilfe einer Machete abgetrennt werden.

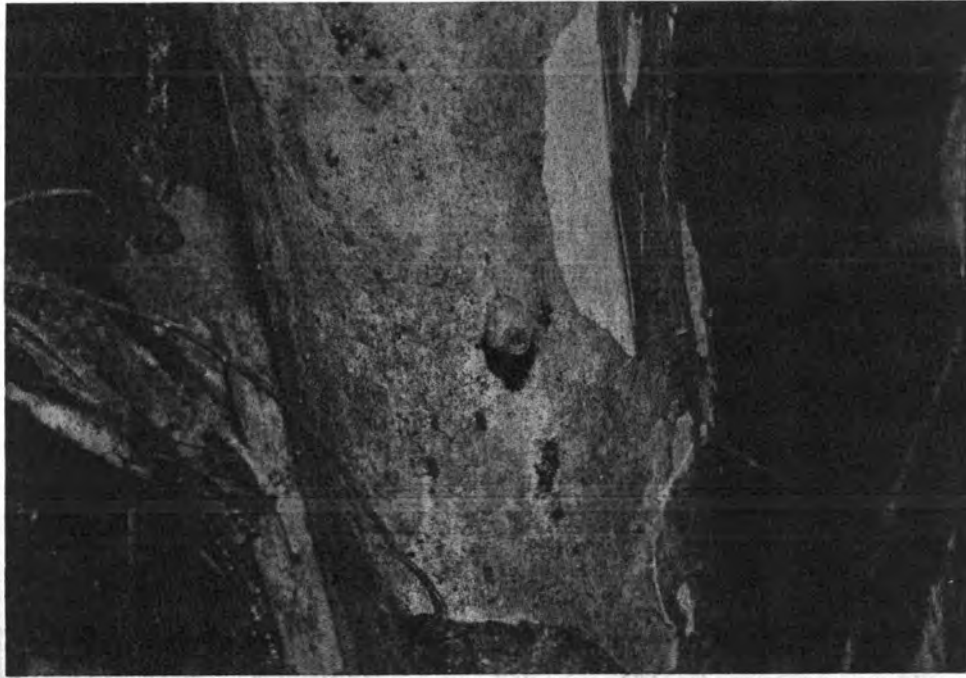


Foto 1: junge, unreife Frucht am Stamm von *Plinia salticola* Nr. 100 im März 1992 (Fruchtquerschnitt ca. 1,5 cm)

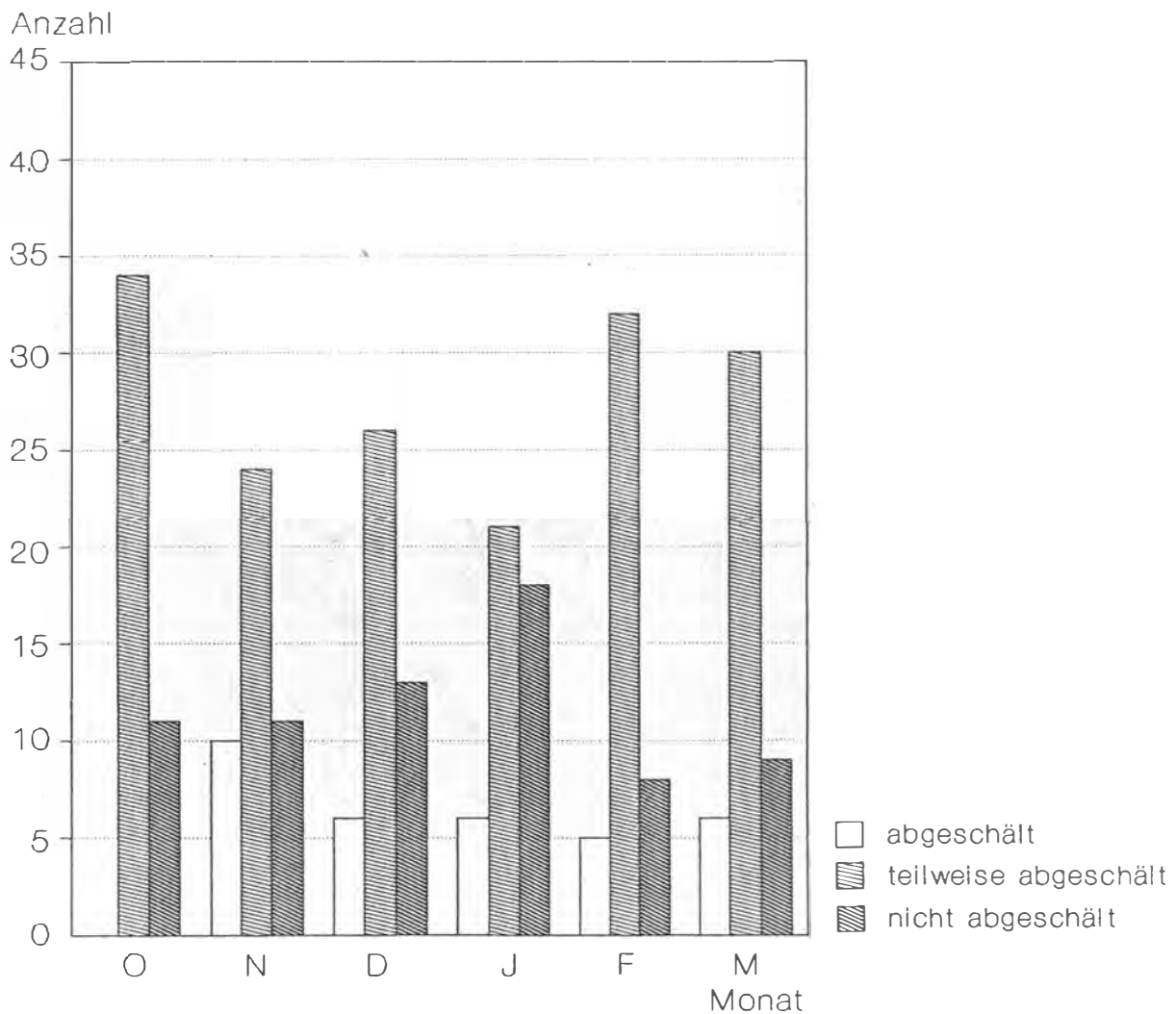


Foto 2: reife, angefressene Frucht am Stamm von *Plinia salticola* Nr. 142 im März 1992 (Fruchtquerschnitt ca. 9 cm)

Borkenzustand

Die Ergebnisse der Beobachtungen des Borkenzustandes von *Plinia salticola* in der Zeit zwischen Oktober und März werden in folgender Abbildung veranschaulicht (Abb. 26). Die genauen Daten zum Borkenzustand sind dem Anhang 6 zu entnehmen. Die Fotos 3-5 zeigen die verschiedenen Borkenzustände.

Abb. 26: Borkenzustand



Über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg hatte die Mehrheit der *Plinia salticola* Bäume eine teilweise abgeschälte Borke (Borkenzustand 2). Die wenigsten Bäume besaßen Stämme und Äste, deren äußere Borke jüngst völlig abgeworfen worden war (Borkenzustand 1). Im Oktober wurde überhaupt kein Baum mit Borkenzustand 1 gefunden, im November jedoch zehn Individuen. Von Dezember bis März schwankte die Zahl der Bäume mit kürzlich abgeworfener Borke jeden Monat zwischen fünf und sechs. Die Anzahl

der Bäume, deren Borke sich weder vom Stamm noch von den Ästen abschälte (Borkenzustand 3) stieg von Oktober bis Januar kontinuierlich an, um dann im Februar auf einen Minimalwert abzusinken und im März wieder etwas anzusteigen. Am auffälligsten bezüglich des Borkenzustandes war der Beginn der Trockenzeit, zwischen Januar und Februar, denn hier stieg die Zahl der Individuen mit Borkenzustand 2 und zugleich sank die Zahl der Individuen mit Borkenzustand 3 stark. Im Februar hatten die wenigsten Bäume Stämme oder Äste, deren Borke sich nicht abschälte. Ebenfalls im Februar begannen sich bei vielen Bäumen Blütenknospen und junge Früchte am Stamm zu bilden. Mit dem Abschälen der Borke wird der Epiphytenbewuchs auf Stamm und Ästen reduziert. Starker Epiphytenbewuchs würde das Heranwachsen der Blüten und Früchte behindern. Bei den Bäumen, die ihre Borke im Februar nicht abschälten, wurden keine Blütenknospen oder junge Früchte gefunden. *Plinia salticola* Nr. 142 mit der einzigen reifen Frucht hatte einen unbewachsenen Stamm, dessen äußere Borkenschicht abgeschält worden war. Dadurch war der Stamm auffällig hell und die Frucht gut sichtbar. Eventuell spielt dieses Phänomen bei der Fruchtverbreitung eine Rolle.



Foto 3: Borkenzustand 1: die äußerste Borke wurde kürzlich abgeschält



Foto 4:
Borkenzustand 2:
die äußerste Borke ist
teilweise abgeschält



Foto 5: Borkenzustand 3: die äußerste Borke ist nicht oder kaum abgeworfen,
die Borke in der Bildmitte wurde zum Vergleich künstlich abgeschält
(Baum liegt am Boden)

4.2.4 Jungwuchs von *Plinia salticola*

Im September 1991 wurden auf dem Untersuchungshektar 157 *Plinia salticola* Individuen mit BHD <5 cm gezählt. Davon waren 128 Sämlinge (Sproßhöhe <130 cm) und 29 junge Bäume (Sproßhöhe >130 cm). In Anhang 7 ist der *Plinia salticola* Jungwuchs der einzelnen Einheitsparzellen samt Sproßhöhe, BHD (junge Bäume), und Blattanzahl (Sämlinge) aufgelistet.

Bei der Kartierung des Jungwuchses war es auffällig, daß kein einziger Sämling (Foto 6) in einer Ast- oder Baumfallücke gefunden wurde, höchstens am Rande einer solchen Lichtlücke oder aber im Bestandesinneren.

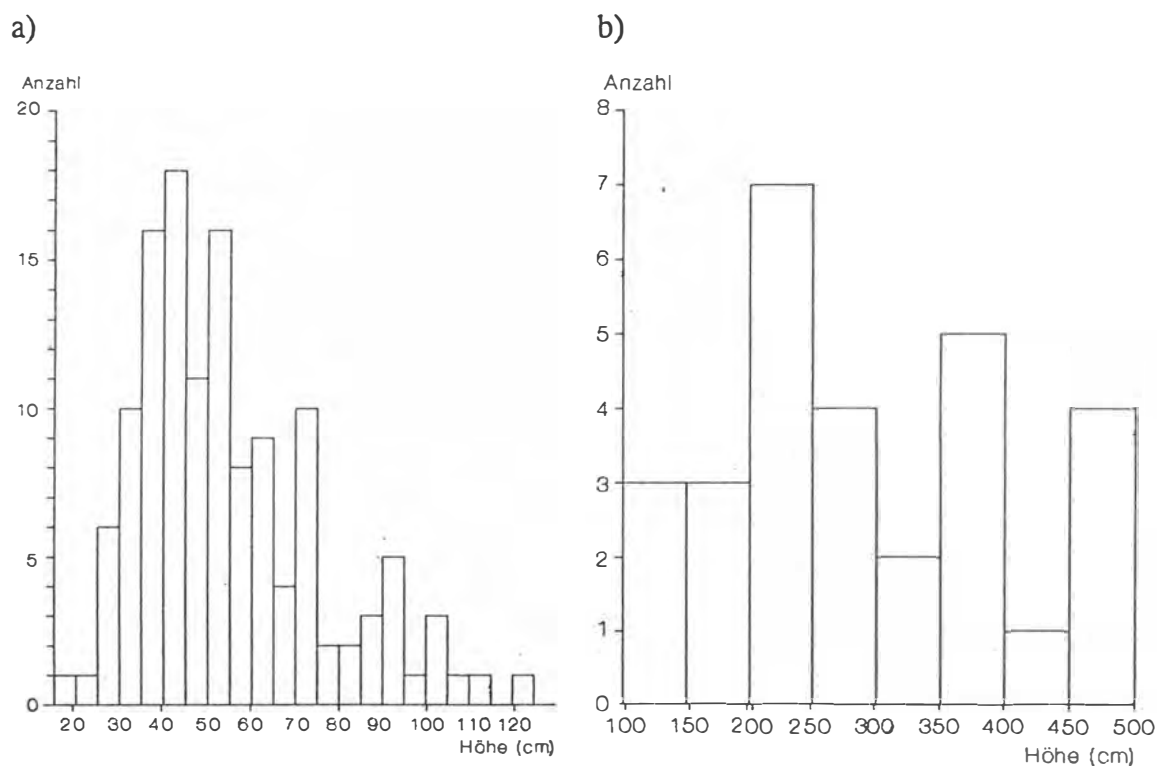


Foto 6: Sämling von *Plinia salticola*

Abb. 27a stellt die Verteilung der Sämlinge auf die einzelnen Höhenklassen (Klassenbreite 5 cm) dar. Über die Hälfte der Sämlinge (71 Stück) sind zum Aufnahmezeitpunkt zwischen 30 und 55 cm hoch.

Abb. 27b zeigt die Verteilung der jungen Bäume auf die einzelnen Baumhöhenklassen (Klassenbreite 50 cm). Die Verteilung schwankt nicht stark, jedoch besteht ein Peak zwischen 200 cm und 250 cm.

Abb. 27: a) Verteilung der Sämlinge auf die Sproßhöhen
b) Verteilung der jungen Bäume auf die Baumhöhen

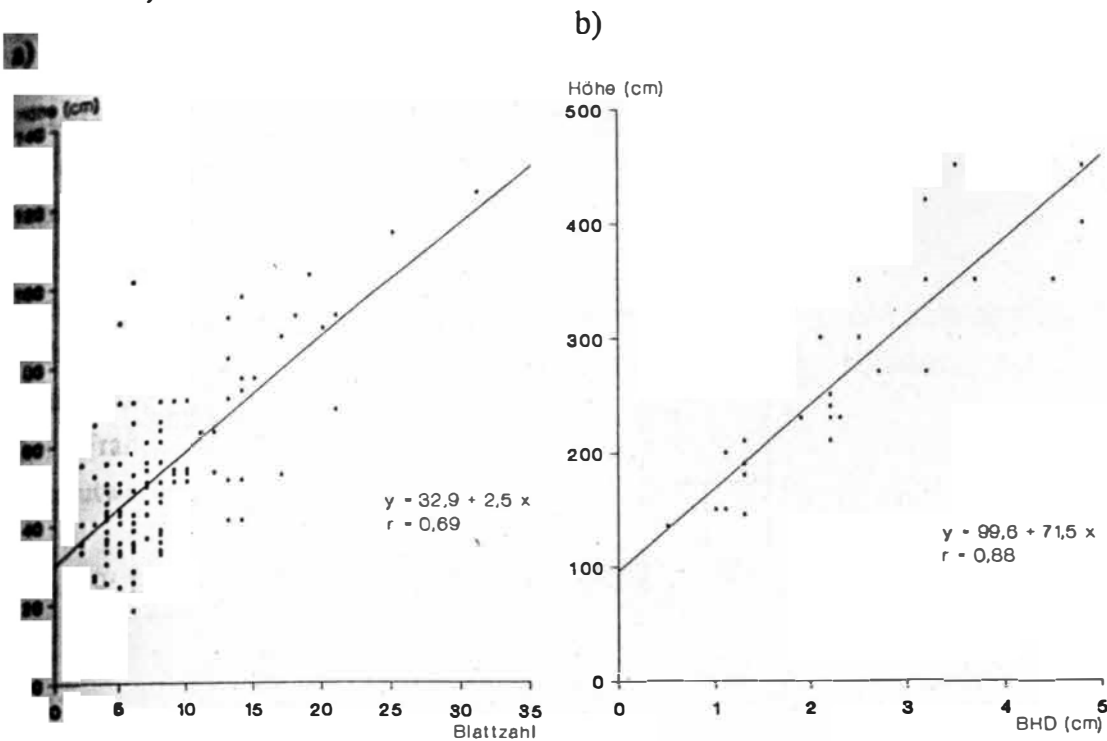


Korreliert man die Sämlingshöhe mit der Anzahl ihrer Blätter so ergibt sich der Korrelationskoeffizient $r = 0,69$. Es besteht eine lineare Beziehung zwischen den beiden Parametern mit der Funktion $y = 32,9 + 2,5 x$.

Werden die Höhen der jungen Bäume mit ihren Durchmessern korreliert, ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,88$, d.h. es besteht eine starke positive, lineare Korrelation dieser beiden Größen. Die lineare Regressionsfunktion dieser Beziehung lautet $y = 99,6 + 71,5 x$.

Beide Regressionsfunktionen sind in folgender Abbildung dargestellt (Abb. 28a,b).

- Abb. 28: a) Beziehung zwischen Sämlingshöhe und -blattanzahl,
b) Beziehung zwischen Baumhöhe und -durchmesser der jungen Bäume



Im Februar 1992 wurden die vier Einheitsparzellen (EP 18, EP 8, EP 13, EP 14), die fünf Monate zuvor die größte Anzahl an *Plinia salticola* Jungpflanzen aufgewiesen hatten, ein zweites Mal nach diesen abgesehen. Die genauen Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Anhang 8 aufgeführt.

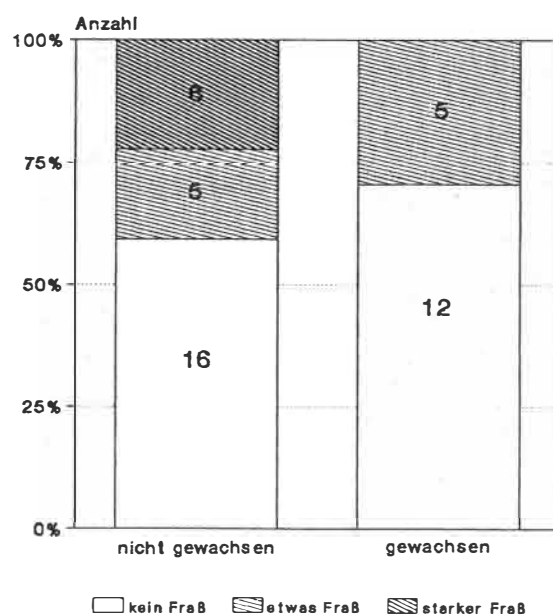
Von 47 der im September 1991 vermessenen Jungpflanzen (44 Sämlinge und 3 junge Bäume) waren im Februar 1992 2 Sämlinge nicht mehr auffindbar und 1 Sämling durch einen heruntergefallenen Ast erdrückt worden. Von den übrigen 44 Jungpflanzen waren bei der Wiederholungsuntersuchung 27 gleich hoch wie bei der ersten Messung, 17 waren gewachsen. Betrachtet man die Blattanzahlen der 41 wiederauffindbaren Sämlinge so ergibt sich folgendes: 12 Sämlinge besaßen gleich viele Blätter wie bei der Erstuntersuchung, 16 hatten inzwischen mehr Blätter und 13 hatten Blätter verloren.

Messungen bezüglich der Brusthöhendurchmesser der jungen Bäume ergaben im Februar 1992 das gleiche Ergebnis wie im September 1991; die Brusthöhendurchmesser waren gleichgeblieben.

Bei der Untersuchung der Jungpflanzen nach Sproß- und Blattschäden durch Fraßtiere oder andere Ursachen, wurde festgestellt, daß viele Pflanzen von Insekten verursachte Fraßspuren an Blättern und Stengeln aufwiesen. Vor allem junge Blattriebe waren beschädigt. Die einzigen Tiere, die auf der Blattunterseite einiger Sämlinge gefunden wurden, waren Zikadenlarven, die allerdings die Pflanzenteile nicht angefressen haben können. Manche Pflanzen hatten auch braune, welke Blätter aus unbekannter Ursache.

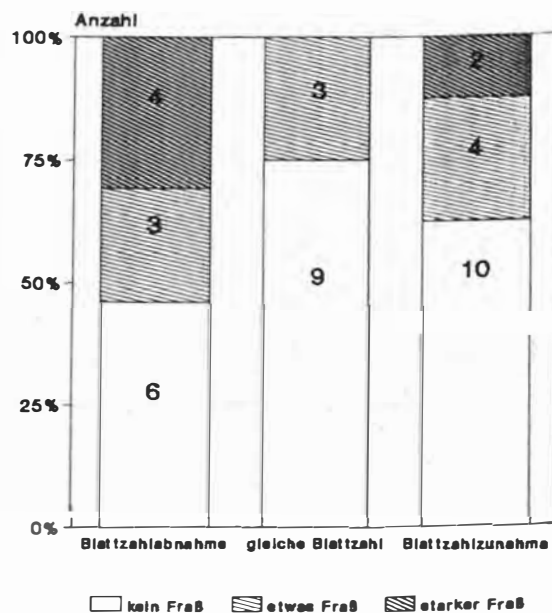
In den Abb. 29 und 30 werden das Höhenwachstum und die Blattanzahlzu- bzw. -abnahme nach dem fünfmonatigen Zeitraum zwischen den Messungen im Zusammenhang mit Fraßschädigungen dargestellt. Das Ausmaß des Fraßschadens wird hierbei in 3 Kategorien (kein Fraß, etwas Fraß, starker Fraß) eingeteilt, die Zahlen innerhalb der Balken sind die Absolutwerte.

Abb. 29: Höhenwachstum und Schädigungen der Jungpflanzen



Hier wird deutlich, daß die in den fünf Monaten gewachsenen Pflanzen weniger von Tierfraß betroffen waren. Überhaupt keines der gewachsenen Individuen wies starke Fraßspuren auf, wohingegen bei den nicht gewachsenen Pflanzen der Anteil der stark befallenen Jungpflanzen bei fast 25 % lag.

Abb. 30: Blattanzahlzu- bzw. -abnahme und Schädigungen der Sämlinge

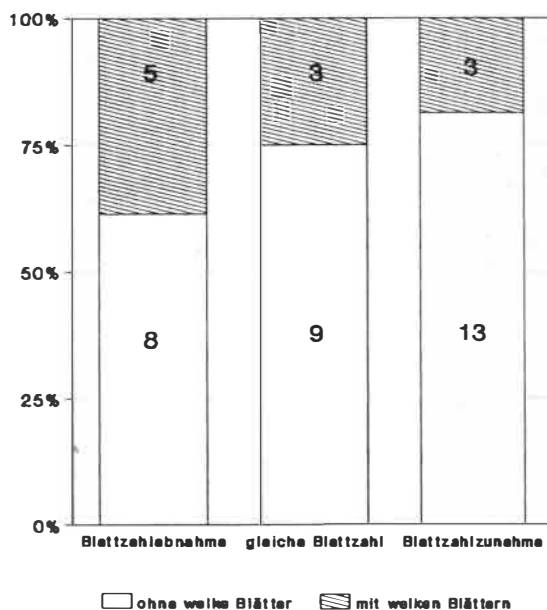


Bezüglich der Blattanzahl ist festzustellen, daß die Sämlinge, deren Blattzahl sich in den fünf Monaten nicht verändert hatte, entweder gar nicht oder nur etwas angefressen und nie von starkem Tierfraß betroffen waren. Über die Hälfte der Pflanzen, deren Blattanzahl abgenommen hatte, wies Fraßspuren auf, wovon mehr als 25 % starke Fraßspuren waren. Sämlinge, deren Blattanzahl zugenommen hatte, waren stärker von Tierfraß betroffen als Pflanzen mit gleichbleibender Blattanzahl, und zwar sowohl von etwas als auch von starkem Fraß.

Gerade junge Blätter werden besonders gerne von Fraßtieren heimgesucht. Eigene Geschmackspuren ergaben, daß ältere Blätter viel bitterer schmeckten als die jungen, frischen Blätter, die niedrigere Konzentrationen an als Fraßschutz wirkenden sekundären Inhaltsstoffen besitzen.

Bei einigen Sämlingen waren krankhaft braune, welke Blätter zu bemerken. Abb. 31 veranschaulicht die Beziehung zwischen dem Vorhandensein solcher welke Blätter an einigen Sämlingen und der Zu- oder Abnahme der Blattzahl nach Ablauf der fünf Monate. Die Zahlen innerhalb der Balken sind die Absolutwerte.

Abb. 31: Blattanzahlzu- bzw. -abnahme und Vorhandensein von welken Blättern bei Sämlingen



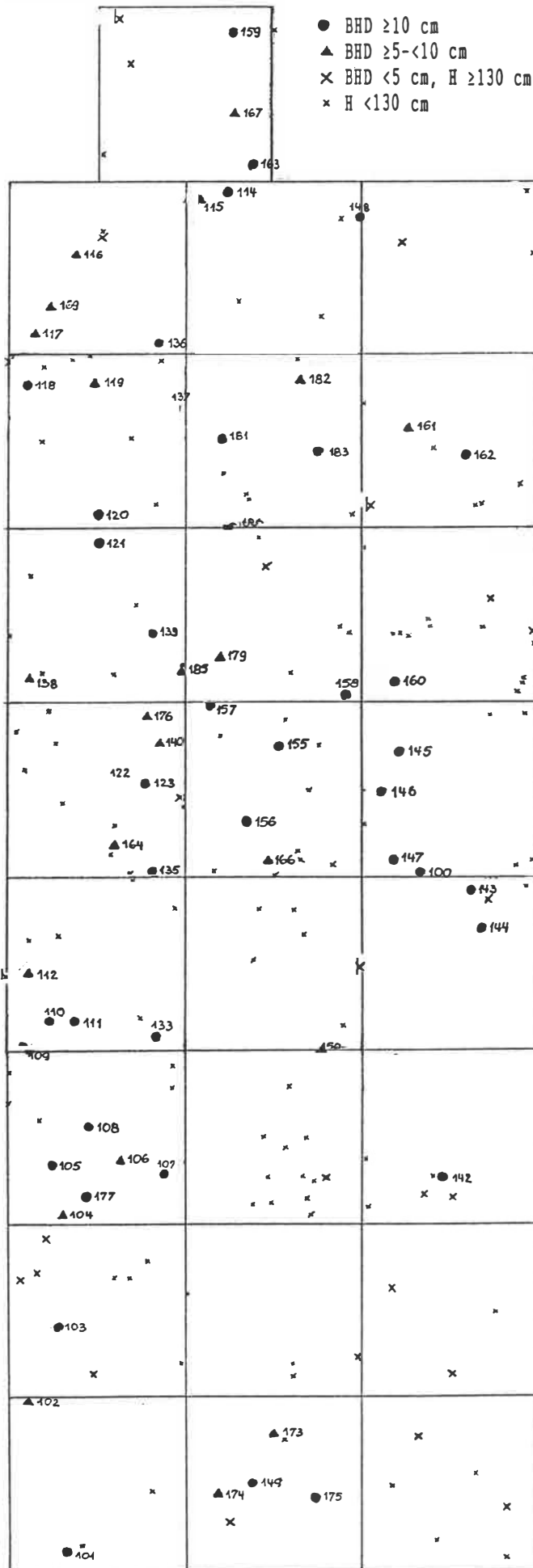
Bei den Sämlingen, die bei der zweiten Messung mehr Blätter aufwiesen, kamen seltener Blattschädigungen in Form von welken Blättern vor, als bei denen, die zwischen der ersten und zweiten Untersuchung Blätter verloren hatten.

Tierfraß an Blättern und andere Blattschädigungen scheinen eine negative Rolle auf das Wachstum der Sämlinge zu spielen. Ob diese biotischen Faktoren auch für eine Sämlingssterblichkeit, die die gesamte Populationsstruktur von *Plinia salticola* beeinflussen würde, verantwortlich sind, bleibt dahingestellt. Der Beobachtungszeitraum war zu kurz, um solche weitreichenden Aussagen machen zu können. Mechanische Faktoren wie Ast- oder Baumfall durch Wind und starken Regen bewirken ebenfalls das Absterben von Jungpflanzen.

4.2.5 Räumliche Verteilung von *Plinia salticola*

In Abb. 32 ist die Verteilung aller Individuen von *Plinia salticola* auf dem Untersuchungshektar dargestellt (Aufnahmezeitpunkt: September 1991).

Abb. 32:
räumliche Verteilung von
Plinia salticola auf dem
Untersuchungshektar



Visuell lassen sich in der Abbildung keine deutlichen Muster der Baumverteilung auf der Untersuchungsfläche feststellen. Es scheinen Bereiche mit gleichmäßiger sowie mit zufälliger und mit geklumpfter Verteilung zu existieren. Die lokale Dichte variiert sehr stark. Die EP wurden dem X^2 -Test unterzogen, um herauszufinden, ob die Individuen zufällig, unter- oder überdispers darauf verteilt sind. Die Prüfgrößen dafür sind $12,401 < X^2 \leq 39,364$. In Tab. 14. sind die Ergebnisse dieses Testverfahrens und die Mittel-, Mindest- und Höchstwerte der Häufigkeiten von *Plinia salticola* in einer EP, nach verschiedenen Größenklassen geordnet, aufgeführt.

Tab. 14: X^2 -Test für die Verteilung von *Plinia salticola*

<u>P. s.</u>	<u>Anzahl auf EP</u>			<u>X²</u>	<u>Verteilung</u>
	Mittel	Min	Max		
gesamt	9,72	3	16	46,81	überdispers
nur Sämlinge	5,12	1	13	50,12	überdispers
nur junge Bäume	1,16	0	4	28,76	zufällig
nur BHD ≥ 5 - < 10 cm	0,92	0	4	28,08	zufällig
nur BHD ≥ 10 cm	2,52	0	7	35,81	zufällig

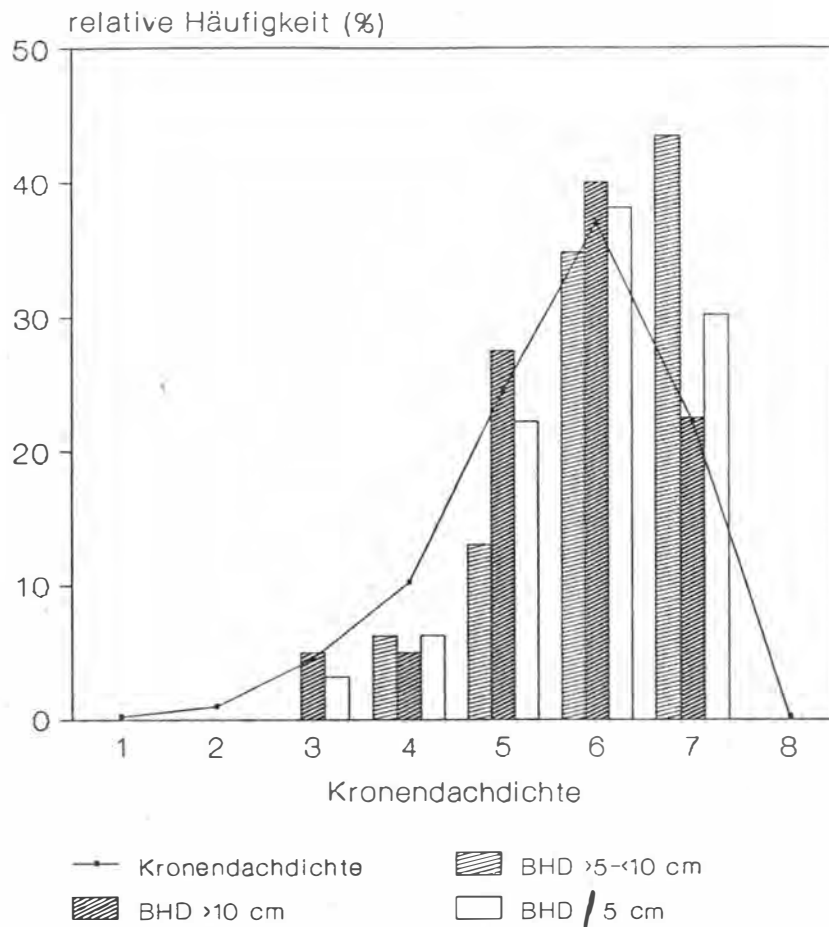
Die gesamte Population von *Plinia salticola* weist ein geklumpftes, nicht zufälliges Verteilungsmuster im Untersuchungshektar auf. Wird die Population in Größenklassen aufgesplittet und nach ihrer Verteilung untersucht, zeigt sich, daß einzeln betrachtet nur die Sämlinge überdispers, also geklumpft verteilt sind. Alle anderen Größenklassen getrennt analysiert haben ein zufälliges Verteilungsmuster auf der Fläche. Jedoch liegt der X^2 -Wert für die Gruppe BHD > 10 cm nahe am Grenzwert zur überdispersen Verteilung. So kann die Raumverteilung dieser Bäume genauer als zufällig bis schwach geklumpft bezeichnet werden. Die gruppierte Verteilung der gesamten Population wird demnach von der Klumpung der Sämlinge geprägt, die zahlenmäßig stark überwiegen. Im Laufe der Zeit werden die überdispers verteilten Sämlinge in Richtung einer zufälligen Verteilung der erwachsenen Individuen ausgedünnt.

Räumliche Verteilung von *Plinia salticola* in Bezug auf die Kronendachdichte und die Hangneigung

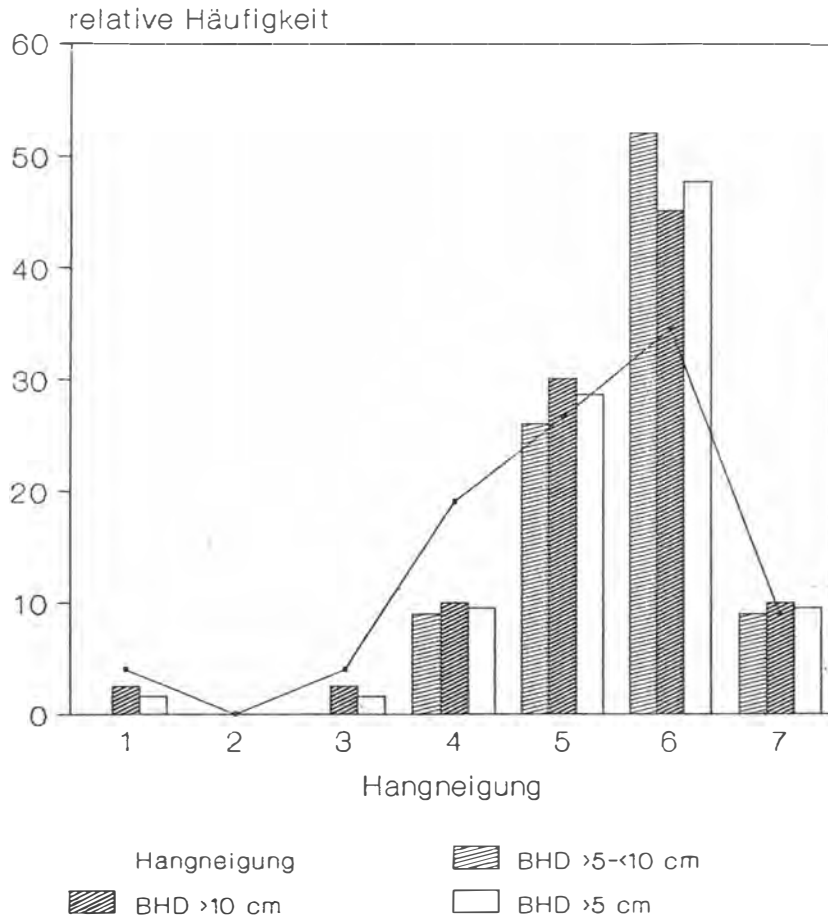
Um festzustellen, ob ein Zusammenhang zwischen den Kronendachdichten bzw. Hangneigungen und der Verteilung von *Plinia salticola* im Untersuchungshektar besteht, wurden die relativen Häufigkeiten dieser Parameter mit den relativen Häufigkeiten von *Plinia salticola* in den Klassen des jeweiligen Parameters miteinander verglichen. Die

Ergebnisse sind in Abb. 33 und 34 dargestellt. Die Bäume werden nach Brusthöhendurchmessern (BHD $\geq 5 - 10$ cm, BHD ≥ 10 cm, BHD $\neq 5$ cm) getrennt betrachtet.

Abb. 33: Verteilung von *Plinia salticola* bezüglich der Kronendachdichte



Die Häufigkeitsverteilung der Kronendachdichten ist als Linie dargestellt, die der Bäume als Balken. Das Schaubild zeigt, daß bei einer Kronendachdeckung von 76 - 80 % (Klasse 4) in allen BHD-Klassen auffällig wenige *Plinia salticola* wachsen. Dagegen sind in 86 - 95 % (Klasse 6 und 7) Kronendachdichte auffallend viele Bäume vertreten. Dabei besteht bezüglich der Kronendachdichte-Klasse 7 ein offensichtlicher Unterschied in den verschiedenen Baumklassen: nur die Bäume zwischen 5 und 10 cm BHD sind hier übermäßig stark vertreten, diejenigen über 10 cm BHD zeigen keinen signifikanten Unterschied zur Bezugskurve. Das Ergebnis verdeutlicht, daß *Plinia salticola* mit größerer Wahrscheinlichkeit unter dichtem als unter lückigem Kronendach zu finden ist. An lichtreichen Standorten scheint diese Baumart sogar untervertreten zu sein.

Abb. 34: Verteilung von *Plinia salticola* bezüglich der Hangneigung

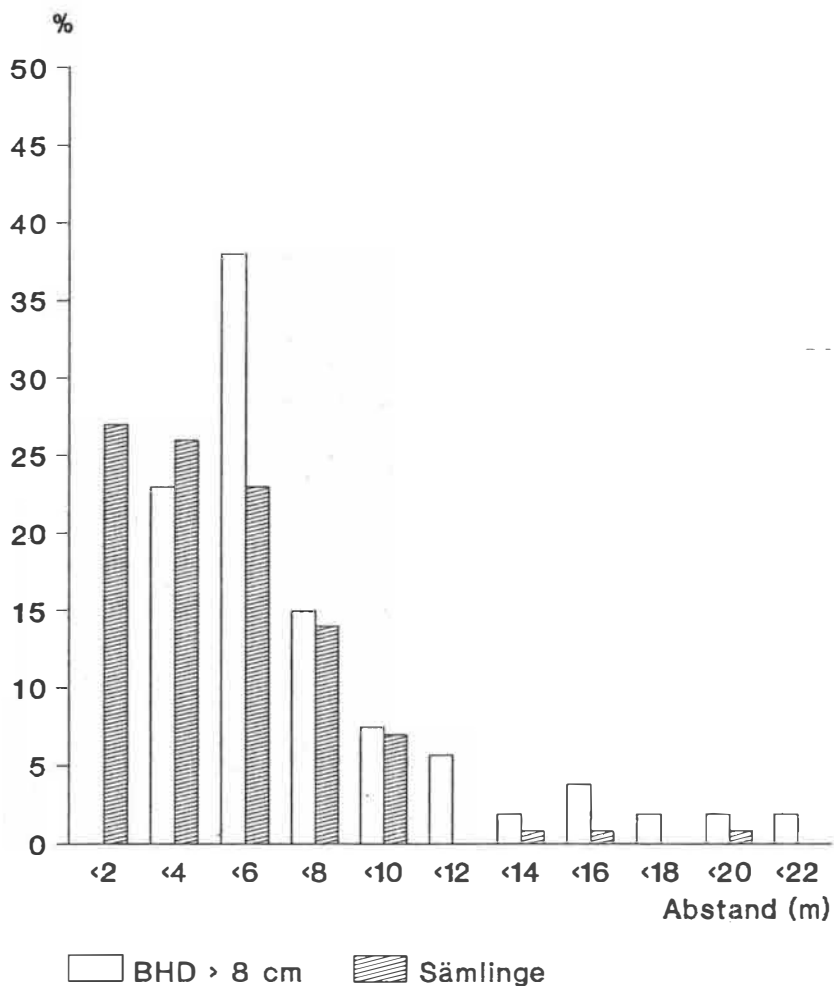
In diesem Diagramm werden nur die in y-Richtung ebenen und hangaufwärts gerichteten Abschnitte des Hektars betrachtet, da nur 3% der Untersuchungsfläche in dieser Richtung bergab weist, worauf nur eine *Plinia salticola* wächst. Das Schaubild zeigt deutlich, daß auffällig wenige Individuen in mittel geneigten Abschnitten (Klasse 4) der Untersuchungsfläche wachsen, dagegen jedoch sehr viele Bäume auf sehr stark geneigten Hängen (Klasse 6) stehen. Zwischen den verschiedenen BHD-Klassen bestehen keine signifikanten Unterschiede in der Verteilung. Es ist möglich, daß *Plinia salticola* auf steilen Hängen konkurrenzkräftiger ist als andere Baumarten, bzw. auf den ebenen, besseren Standorten nicht konkurrenzkräftig genug, so daß sie auf die steileren Abschnitte zurückgedrängt wird.

Abstand zum nächsten Nachbar

Von den 53 *Plinia salticola* mit BHD ≥ 8 cm und den 128 Sämlingen wurden mittels der Koordinatenpunkten der Abstand zum nächstgelegenen Artgleichen derselben Größenklasse

berechnet. Abb. 35 veranschaulicht die Verteilung auf die in 2-m-Klassen eingeteilten Abstände. Die Häufigkeiten sind in Prozent der Gesamtanzahl der Individuen der jeweiligen Größenklasse angegeben.

Abb. 35: Abstand zum nächsten Nachbar derselben Größenklasse, BHD ≥ 8 cm und Sämlinge



Der kleinste Abstand zwischen zwei Bäumen von *Plinia salticola* mit BHD > 8 cm beträgt 2,6 m, der größte 20,1 m und der mittlere 7 m. Über ein Drittel der Bäume ≥ 8 cm BHD sind zwischen 4 m und 6 m vom nächsten entfernt. Drei Viertel der Bäume sind zwischen 2,6 m und 8 m von ihrem nächsten Verwandten derselben Größenklasse entfernt.

Die Sämlinge stehen mindestens 0,75 m, höchstens 18,5 m und im Mittel 4,4 m auseinander. Drei Viertel der Sämlinge sind zwischen 0,75 m und 6 m voneinander entfernt. Die Sämlinge stehen näher beieinander als die erwachsenen *Plinia salticola*. Dieses Ergebnis stimmt mit dem der Häufigkeitsverteilung der *Plinia*-Alters- bzw.

Größenklassen in den EP überein. Mit zunehmendem Alter erfolgt eine Ausdünnung des Bestandes von *Plinia salticola*.

Außerdem wurde aus den Positionen errechnet, welchen Mindestabstand die Sämlinge von *Plinia salticola* zum nächstgelegenen Baum mit BHD ≥ 8 cm einnehmen:

der kleinste Abstand zwischen einem Sämling und einem erwachsenen Baum beträgt 80 cm (bei *Plinia salticola* Nr. 142). Im Mittel stehen die Sämlinge 7,3 m vom nächsten erwachsenen Baum entfernt. Ob es sich bei diesen nächstgelegenen erwachsenen Individuen auch um die jeweiligen Mutterbäume der Sämlinge handelt, bleibt dahingestellt.

4.3 Vertikalstruktur des Waldes

Eine eindeutige vertikale Schichtung des Waldes wie sie von RICHARDS (1966) für tropische Wälder postuliert wird, konnte im Untersuchungsgebiet nicht beobachtet werden. Für Waldanalysen ist es jedoch praktikabel, den Bestand in Unter-, Mittel- und Oberschicht einzuteilen (HALLE, 1978; JACOBS, 1988). Diese Einteilung wird vereinfacht nach der IUFRO-Klassifikation vorgenommen (LEIBUNDGUT, 1958; LAMPRECHT, 1986), wobei in dieser Untersuchungsfläche die Bestandesoberhöhe 56 m beträgt:

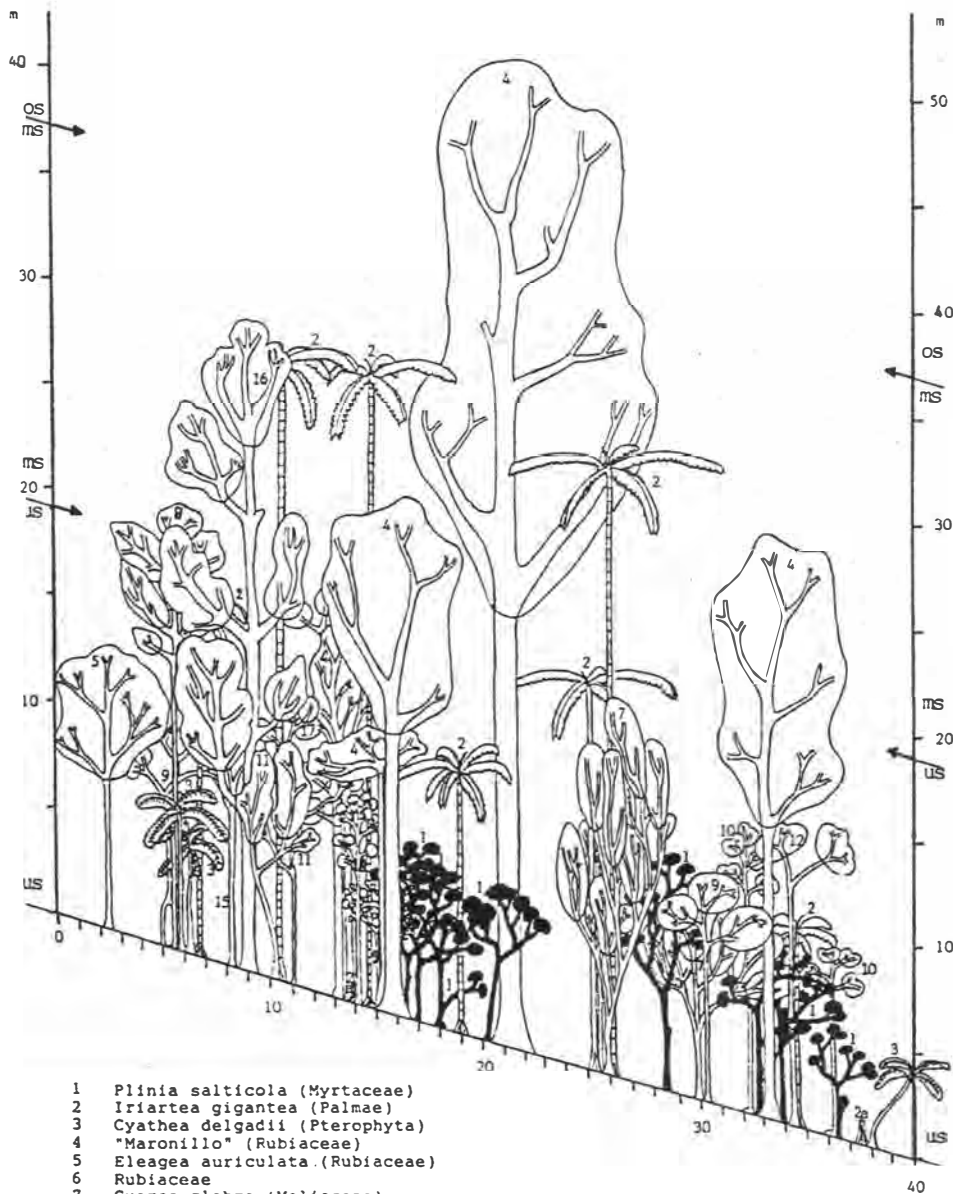
Oberschicht (OS): $> 2/3$ der Bestandesoberhöhe, d.h. 37 m

Mittelschicht (MS): $> 1/3, < 2/3$ der Bestandesoberhöhe, d.h. > 19 m - 37 m

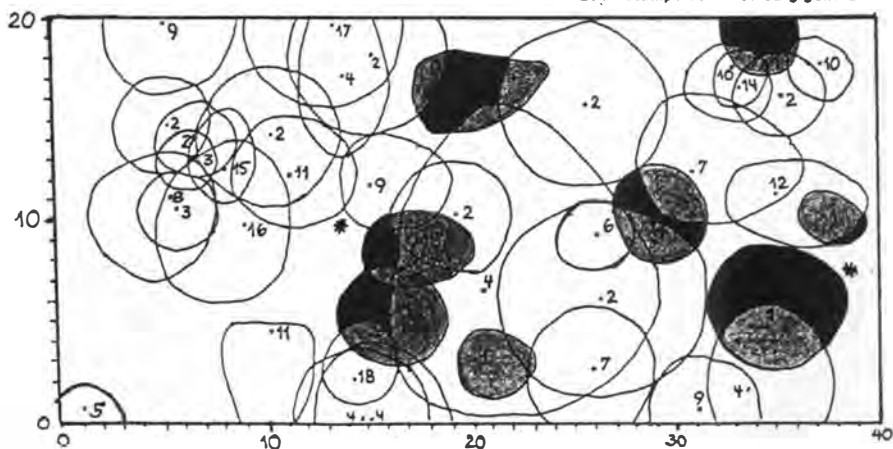
Unterschicht (US): $> 1/3$ der Bestandesoberhöhe, d.h. < 19 m

In Abb. 36 wird der Aufbau des Waldes veranschaulicht, wobei die Grenzen der vertikalen Schichten durch Pfeile gekennzeichnet sind.

Abb. 36: Waldprofil



- 1 *Plinia salticola* (Myrtaceae)
- 2 *Iriarteia gigantea* (Palmae)
- 3 *Cyathea delgadii* (Pterophyta)
- 4 "Maronillo" (Rubiaceae)
- 5 *Eleagea auriculata* (Rubiaceae)
- 6 Rubiaceae
- 7 *Guarea glabra* (Meliaceae)
- 8 *Ruarea glabra* (Meliaceae)
- 9 Melastomaceae
- 10 *Swartzia* sp. (Papilionaceae)
- 11 *Ouratea* sp. (Ochnaceae)
- 12 *Eugenia* sp. (Myrtaceae)
- 13 *Ocotea* sp. (Lauraceae)
- 14 *Virola* sp. (Myristicaceae)
- 15 *Styrax glabrescens* (Styracaceae)
- 16 *Coccoloba tuerckheimii* (Polygonaceae)
- 17 *Calatola costaricensis* (Icacinaeae)
- 18 ?

* Baumstumpf von *Iriarteia gigantea*

Der höchste und dickste Baum des Profils ist ein "Maronillo"*. Er ist mit 48 m aus dem Bestand herausragend und gehört als einziger Baum dieses Waldabschnittes der Oberschicht an. Dieser Baum hat auch die größte Kronenfläche und beschattet viele Nachbarbäume.

Das obere geschlossene Kronendach befindet sich in einer Höhe von 20 - 25 m in der Mittelschicht. Hier ist die Palmenart *Iriartea gigantea* stark vertreten. Die meisten Bäume haben Höhen zwischen 10 m und 20 m, reichen also in den oberen Abschnitt der Unterschicht bis zum unteren Abschnitt der Mittelschicht hinein.

Plinia salticola bildet zusammen mit den Baumfarnen die unterste Zone der Unterschicht.

In der Aufsicht wird deutlich, daß die Bäume nicht gleichmäßig in diesem Waldabschnitt verteilt sind, sondern in Gruppen zusammenstehen. Auch die zahlreichen kleineren und größeren Lücken innerhalb des Bestandes sind zu erkennen.

* Dieser Baum ist noch nicht beschrieben und wird hier unter seinem kkommen Namen aufgeführt. Vermutlich handelt es sich um eine Art der Gattung *Elaeagia* (Rubiaceae).

5. DISKUSSION

Die durchgeführten Untersuchungen hatten zum Ziel, die Populationsstruktur der endemischen Baumart *Plinia salticola* und ökologische Faktoren, die diese bedingen können, in einer Untersuchungsfläche von einem Hektar im prämontanen Regenwald der RFSR zu erfassen.

Standortsfaktoren

Klimatologische Messungen im Bestandesinneren der Untersuchungsfläche ergaben in einer Meßzeit von neun Monaten Niederschlagsmengen von 3318 mm und mittlere Temperaturen von 20,2 °C. Die Niederschläge waren sehr unterschiedlich auf die längere Regen- und die kürzere Trockenzeit verteilt. In den regenreichsten Monaten waren die Tagestemperaturen insgesamt höher und zeigten geringere Schwankungen. Die regenärmsten Monate waren durchschnittlich etwas kühler und wiesen größere Extreme in den Tagestemperaturen auf.

Bei der Analyse der mikroklimatischen Messungen muß immer im Auge behalten werden, daß diese im Bestandesinneren des Untersuchungshektars erfolgten. Außerhalb des Bestandes sind die thermischen und hygrischen Verhältnisse im allgemeinen viel extremer. So trägt in tropischen Bergwäldern die Interzeption des Regens durch die Laubmasse der Bäume und Epiphyten mindestens 15-25 % (WALTER und BRECKLE, 1984; LAMPRECHT, 1986). Die tatsächliche Regenmenge in der RFSR kann also bedeutend über den im Bestandesinneren gewonnenen Meßwerten liegen. Jedoch wiesen sogar die im Bestand gemessenen Regenwerte verglichen mit Klimadiagrammen anderer tropischer Waldregionen (WALTER, 1984; WALTER und BRECKLE, 1984) außerordentliche Unterschiede zwischen der Regen- und Trockenzeit auf. Es liegt nahe, daß sich diese extremen hygrischen Bedingungen auf die Vegetation auswirken.

Die zeitweise sehr starken Regenfälle zusammen mit den steilen Hängen der Untersuchungsfläche können einen starken Einfluß auf die Bestandesstruktur ausüben, denn unter diesen Verhältnissen wird das Umstürzen von Bäumen begünstigt, wodurch Lücken in den Bestand gerissen werden können. Tatsächlich befinden sich im Untersuchungshektar zahlreiche Gaps verschiedenen Alters, die durch den Fall meist nur eines Baumes oder Astes verursacht wurden. Der sehr üppige und gewichtige Epiphytenbewuchs in Verbindung mit starken Regenfällen begünstigen das Abbrechen von Ästen zusätzlich.

Die Böden des Untersuchungsgebietes sind gut dränierte, nährstoff- und humusreiche Andosole. Das Ausgangsgestein dieser Böden besteht größtenteils aus vulkanischen Aschen. Diese Böden besitzen, verglichen mit anderen Böden der humiden Tropen, eine hohe natürliche Fruchtbarkeit (FINCK, 1963; PAGEL et. al., 1982; LAMPRECHT, 1986; MABERLEY, 1992).

Die Ergebnisse der Bodenanalysen sind als untere Grenzwerte aufzufassen. Die in der nachfolgenden Diskussion aufgeführten Vergleichswerte und Klassifikationsstufen sind PAGEL et al. (1982) entnommen.

Die Kationenaustauschkapazität tropischer Böden variiert gewöhnlich zwischen 2 und 80 mval/100g Boden. Nach den Analyseergebnissen (2-13 mval/100g Boden) wären die Böden des Untersuchungsgebietes bezüglich ihres Kationenaustauschvermögens als "extrem niedrig" bis "mittel" einzustufen. Da in diesen vulkanischen Böden ein hoher Anteil an Tonmineralen enthalten ist, liegen die tatsächlichen Werte höher.

Die Basensättigung von Profil A ist als "hoch", die von Profil B als "höherer" im Oberboden und "niedrig" im Unterboden, die von Profil C als "mittel" zu bezeichnen.

Die Böden sind schwach bis mäßig sauer. Die pH-Werte nehmen mit zunehmender Tiefe leicht zu und sind für tropische Böden im allgemeinen recht hoch. Der pH-Wert ist somit für die Mobilität der Nährstoffe nicht limitierend.

Bezogen auf Kulturpflanzen wäre die Menge an verfügbaren Phosphaten (P_{verf}) bei Profil A und C "mittel" und bei Profil B "hoch". Verglichen mit einem Durchschnitt von tropischen Böden (PAGEL et al., 1982, S. 101) liegen die P_{verf} -Werte von Profil A und C auf gleichem Niveau wie diese, die von Profil B weit höher. Die Phosphat-Versorgung der untersuchten Böden ist insgesamt gut, am besten ist sie in Profil B.

Der Gesamtstickstoffgehalt aller drei Profile ist im Oberboden "sehr hoch" und im Unterboden "mittel". Der hohe Stickstoffgehalt ist charakteristisch für Andosole, da diese einen hohen Humusgehalt bis in größere Tiefen aufweisen (Bindung der organischen Substanz an Allophane).

In Anbetracht dessen, daß die Analysenwerte Minimalwerte darstellen, sind die Böden des Untersuchungsgebiets sehr nährstoffreich. Es kann davon ausgegangen werden, daß Nährstoffe kein Mangelfaktor für die Vegetation sind.

Nach HART et al. (1989) sind die wichtigsten Faktoren für den Artenreichtum tropischer Wälder chemische Fruchtbarkeit und Bodenfeuchte bei gleichzeitig guter Dränage. Diese Standortsfaktoren sind im Untersuchungsgebiet durchaus gegeben.

Abundanzen, Dominanzen, Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe

Auf dem Untersuchungshektar stehen 541 Bäume mit BHD > 10 cm. Verglichen mit anderen tropischen Waldgebieten ist dies wenig. So wurden in südamerikanischen Tieflandregenwäldern Abundanzen von 594 (LAMPRECHT, 1986), im venezolanischen Wolkenwald in 2300 m NN Abundanzen von 855 (HOHEISEL, 1976) und im costaricanischen Eichenwald in 2000 m NN Abundanzen von 455-512 (BLASER, 1987) festgestellt.

Mit 51,4 m²/ha liegt die Stammkreisfläche der Bäume des Untersuchungsgebietes in dem von DAWKINS (1958) für tropische Wälder angegebenen Rahmen von 20-64 m²/ha. Verglichen mit Angaben über Tieflandregenwälder (LAMPRECHT, 1986) mit Werten von 28-33 m²/ha ist die Dominanz des Baumbestandes in der untersuchten Fläche sehr hoch. HOHEISEL (1976) und BLASER (1987) errechneten für die von ihnen untersuchten tropischen montanen Wälder Dominanzen von 41 m²/ha und 52 m²/ha.

Die L-förmige Kurve der Verteilung der Stammdurchmesser des gesamten Baumbestandes des Untersuchungshektars ist charakteristisch für tropische Primärwälder: viele Bäume haben kleine Brusthöhendurchmesser; mit zunehmendem Brusthöhendurchmesser sinkt die Anzahl der Individuen. Dies bedeutet, daß die natürliche Regeneration des Bestandes gesichert ist (LAMPRECHT, 1977).

Das Problem bei den Untersuchungen von Populationsstrukturen tropischer Baumarten ist das Fehlen von datierbaren Zuwachsringen. Die Grundannahme derartiger Untersuchungen ist, daß die Brusthöhendurchmesser mit dem Alter der Bäume korrelierbar sind.

Problematischer ist die Erfassung des Alters bezüglich der Baumhöhe, denn hier können kleinräumige Lichtunterschiede mitentscheidend sein. Außerdem ist das Höhenwachstum meist lange vor dem Dickenwachstum abgeschlossen (LAMPRECHT, 1986).

Plinia salticola ist mit einer relativen Abundanz von 7,4 % im Vergleich zu anderen Baumarten des Untersuchungsgebietes häufig. Nur wenige Baumarten sind hier ebenso häufig. Eine Ausnahme stellt die Palmenart *Iriartea gigantea* dar, die mit 11,8 % bestandsbildend ist. Dieser Prozentsatz ist sehr hoch. Nach JACOBS (1988) weisen relative Abundanzen von > 15 % am Gesamtbaumbestand in tropischen Wäldern auf begrenzte Faktoren und Störungen des Primärwaldes hin.

Bei einer hohen Abundanz hat *Plinia salticola* eine geringe Dominanz (1 %), da ihre Stammdurchmesser vergleichsweise klein sind.

Mit einer maximalen Baumhöhe von 11 m ist *Plinia salticola* zusammen mit Baumfarnen Bestandteil der untersten Waldschicht.

Der Schlankheitsgrad (H/BHD) von *Plinia salticola* liegt bei durchschnittlich 53-72. Dies entspricht einem Wert, wie er in anderen tropischen Primärwäldern in der Oberschicht des Waldes vorkommt (HOHEISEL, 1976). Nur die kleineren, jüngeren Bäume des Untersuchungshektars erreichen Werte von 100 und darüber. Die jungen Bäume von *Plinia salticola* wachsen noch verstärkt in die Höhe, die dickeren, älteren haben ihr Höhenwachstum bereits eingestellt. Dies wird auch an der bestehenden stark linearen Beziehung zwischen BHD und H bei den kleineren Bäumen im Gegensatz zur fehlenden Linearität bei den größeren Bäumen ersichtlich. Der Daumenwert von $H = 100 \times \text{BHD}$ (HALLE, 1978; JACOBS, 1988) ist bei *Plinia salticola* weit unterschritten. HALLE (1978) erklärt eine Beziehung von $H < 100 \times \text{BHD}$ wie sie in diesem Falle vorliegt mit mechanischer Unterdrückung des betreffenden Baumes von oben. Dies ist hier jedoch vermutlich nicht der Fall, denn die jungen Bäume von *Plinia salticola* mit durchschnittlich höherem Schlankheitsgrad als die älteren Bäume sind in Bezug auf Epiphyten- und Lianenbewuchs stärker mechanisch belastet und weisen lückigere, meist von oben beschattete Kronen auf. Die dickstämmigeren Bäume mit durchweg $H < 100 \times \text{BHD}$ sind allgemein weniger unterdrückt. Das niedrige H/BHD-Verhältnis von *Plinia salticola* beruht eher auf genetischen Faktoren als auf Standorts- und Konkurrenzbedingungen. Wäre *Plinia salticola* im Konkurrenzkampf der Arten besonders benachteiligt, wäre sie wohl nicht so häufig.

Plinia salticola wächst vor allem an steilen Hängen. Wind kann Waldbestände an Hängen sehr gut angreifen und zu Baumfall führen. An Hängen und in Gaps sind die Böden eher der Wassererosion ausgesetzt, jedoch zugleich besonders gut dräniert. Hier wachsende Bäume müssen gut im Boden verankert sein. Unterschichtbäume wie *Plinia salticola*, die im Schutze anderer Bäume stehen, haben Vorteile gegenüber diesen, denn in die untere Waldschicht dringen die zeitweise heftigen Regenfälle und Wind nur in abgeschwächter Form ein. Die Bäume der Waldunterschicht können außerdem von entstehenden Lichtlücken im Bestand profitieren, insofern sie erhöhte Lichtzufuhr von ihrer Physiologie und Anatomie her ertragen und photosynthetisch ausnützen können.

Licht ist in tropischen Wäldern als größter Mangelfaktor zu betrachten (JACOBS, 1988). Die Stellung von *Plinia salticola* in der schattigsten Schicht des Waldes ist durch ihre geringe maximale Baumhöhe bedingt. Schon allein deswegen ist sie im Konkurrenzkampf ums Licht benachteiligt und kann nur in Lichtlücken mit anderen kleinen oder jungen Bäumen konkurrieren. Das gesamte Kronendach unterliegt jedoch einer Dynamik (HALLE et al., 1978), d.h. in allen Schichten des Waldes wechseln sich sowohl räumlich als auch zeitlich lichtreiche und lichtarme Standorte ab, so daß auch in der Waldunterschicht zeitweise gute Lichtverhältnisse herrschen. Zudem bewirken wandernde Sonnenflecken im Bestandesinneren auf kleinstem Raume starke Schwankungen von sehr starken bis zu sehr schwachen Lichtintensitäten (BAZZAZ, 1984).

Phänologie

Das Auftreten, die Dauer, Intensität und Regelmäßigkeit von Trocken- und Regenzeiten wirken sich stark auf die Vegetation aus (LAMPRECHT, 1986).

Aufgrund des sehr harten Holzes war es nicht möglich, von *Plinia salticola* Bohrkernkerne zu entnehmen, um zu sehen, ob sich die Saisonalität der Niederschläge in Wachstumsringen bemerkbar macht.

Phänologische Daten können Einblicke in die biologische Organisation von Lebensgemeinschaften und Ökosystemen geben. Einige phänologische Erscheinungen von *Plinia salticola* korrelierten mit den klimatischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet. FRANKIE et al. (1974a) stellten in phänologischen Studien fest, daß sich Laubtrieb und -fall am besten mit klimatischen Gegebenheiten korrelieren ließen, wobei beide Erscheinungen ihren Höhepunkt in der Trockenzeit hatten. In vorliegender Arbeit kann zumindest bezüglich des Laubtriebs von einem entsprechenden klimatischen Zusammenhang ausgegangen werden. So war ein vermehrter Laubtrieb in der kurzen, regenarmen Zeit zwischen Oktober und November sowie eine Hauptlaubtriebszeit zu Anfang der längeren Trockenzeit im Januar zu beobachten.

Neben klimatischen, abiotischen beeinflussen auch biotische Faktoren die Phänologie von Pflanzen. Der beobachtete vermehrte Laubtrieb von *Plinia salticola* zu Beginn der Trockenzeit kann mit der verminderten Anzahl von Fraßinsekten in dieser Zeit zusammenhängen. Denn junges Laub ist generell bezüglich des Nährwertes hochwertig und hat einen geringeren Anteil an sekundären Inhaltsstoffen als altes Laub (MORI und KALLUNKI, 1976). Es ist möglich, daß ein starker Selektionsdruck von Seiten der Fraßinsekten in Richtung Blattaustrieb in der Trockenzeit, v.a. zu Beginn der Trockenzeit, besteht. So werden in der Mitte und zu Ende der Trockenzeit wenige Blätter produziert, denn zu dieser Zeit ist die Bodenfeuchte minimal und damit die Konkurrenz um Wasser maximal.

Ein weiterer Peak der Laubproduktion in Zusammenhang mit dem plötzlich höheren Bodenwassergehalt zu Anfang der Regenzeit wie er in anderen Untersuchungen (JANZEN, 1991) beobachtet wurde, konnte bei *Plinia salticola* nicht festgestellt werden. Jedoch regnet es in der RFSR auch in der Trockenzeit, so daß Bodenwasser nie ein Mangelfaktor sein muß. Außerdem sind im Untersuchungsgebiet fast alle Bäume, auch die der Oberschicht, immergrün, d.h. sie können sich den Wasserverlust durch die erhöhte Transpiration in der regenarmen Zeit leisten.

In vergleichbaren phänologischen Untersuchungen in tropischen Wäldern wurde ein verstärkter Laubfall zu Ende der Trockenzeit festgestellt (JANZEN, 1991). An einigen wenigen Individuen von *Plinia salticola* konnte zu dieser Zeit ebenfalls Blattabwurf beobachtet werden. Gerade in Hinblick auf Laubfall existieren Unterschiede zwischen den Bäumen der

verschiedenen Schichten des Waldes: die Bäume der Oberschicht haben häufig einen stark ausgeprägten Laubfall zu einer bestimmten Zeit des Jahres. Dagegen ist in der Unterschicht des Waldes Laubfall weniger stark ausgeprägt und findet nicht zu einem genauen Zeitpunkt statt (FRANKIE et al., 1974a).

Bezüglich der Blütezeit tropischer Bäume machten FRANKIE et al. (1974a) ähnliche Beobachtungen: die Blütezeit von Bäumen der Waldoberschicht ist eher abhängig von Trocken- bzw. Regenzeiten als die von den Bäumen der Waldunterschicht.

Die Blütenknospenbildung mancher tropischer Baumarten kann durch einen kritischen Bodenwassergehalt initiiert werden und somit nach kürzerer Trockenzeit beginnen (MORI und KALLUNKI, 1976). Auch bei *Plinia salticola* entwickelten sich vermehrt Blütenknospen zu Beginn der Trockenzeit. Gleichzeitig verblühten die alten Blüten und es entwickelten sich junge Früchte.

Vor allem in den Tropen vermitteln phänologische Studien Informationen über Tier-Pflanzen-Interaktionen, welche Bestäubung, Samenverteilung und Samenraub beeinflussen, denn die meisten tropischen Pflanzen sind für zumindest eine Phase ihres Reproduktionszyklus von Tieren abhängig. Die Lebenszyklen von Bestäuber-, Fruchtverbreiter-, Samenräuber- und phytophagen Organismen müssen mit den Baumperiodizitäts-Mustern synchronisieren. Die Blütezeit tropischer Bäume fällt auf einen Zeitpunkt, zu dem die Bestäuber unterwegs sind. Die Fruchtzeit ist, wenn die Bedingungen für die Fruchtverbreitung optimal sind (FRANKIE et al., 1974b). Die Fruchtzeit kann von der Fruchtart abhängig sein, wobei wiederum Unterschiede zwischen Bäumen der Ober- und der Unterschicht des Waldes bestehen (FRANKIE et al., 1974a). Die Unterschichtsbäume korrelieren mit ihrer Fruchtzeit seltener mit regenarmen oder -reichen Jahreszeiten.

In welchem Ausmaße die Blüte- und Fruchtzeit von *Plinia salticola* von den klimatischen Bedingungen am Standort und damit verbundenen Tieraktivitäten abhängen, läßt sich im Rahmen dieser Arbeit nicht sagen, zumal Blütenbestäuber oder Fruchtverbreiter nie gesehen wurden.

Einhergehend mit den genannten phänologischen Erscheinungen von *Plinia salticola* war das Abschälen der äußersten Borke von Stamm und Ästen. Dieser Borkenabwurf bewirkt zugleich den Abwurf von Epiphyten, wodurch Platz für die Entfaltung der kleinen, caulifloren Blüten des Baumes geschaffen und der Zugang für deren Bestäuber erleichtert wird.

Verjüngung

Die Waldregeneration beginnt mit der Verteilung der Samen.

Die Verbreitung des schweren Samens von *Plinia salticola* erfolgt vermutlich durch Herunterfallen vom Mutterbaum, was durch fruchtfressende Tiere gefördert werden kann. Einmal am Waldboden angelangt wird der Samen gegebenenfalls noch von Tieren verschleppt. Die Wahrscheinlichkeit, daß der Samen in nächster Nähe des Mutterbaumes liegenbleibt und dort auskeimt, ist hoch. Großsamige Bäume, deren Samen von Säugern verbreitet werden, haben oftmals einen hohen Grad an Samenverstreuerung (JANZEN, 1978), was gleichzeitig hohe Verlustraten der Samen aufgrund von Samenraub bedeutet (SORK, 1987). Die meisten untersuchten *Plinia salticola* Bäume begannen gleichzeitig zu fruchten. Synchrones Fruchten innerhalb und unterhalb großsamiger Arten garantiert eine höhere Wahrscheinlichkeit dafür, daß manche Samen unversehrt bleiben, insbesondere, wenn die Samen von vorratshaltenden Tieren vergraben werden. Denn oft verzehren die Tiere diese Samen nicht alle oder finden sie nicht mehr wieder, wodurch der Samen an dieser Stelle auskeimen kann (FRANKIE et al., 1974b). Ob diese Strategie auch auf die Verjüngung von *Plinia salticola* zutrifft, ist fraglich, denn zumindest im Beobachtungsgebiet und -zeitraum war nur eine einzige reife Frucht und kein jüngst verbreiteter Samen zu finden.

Die Samen von *Plinia salticola* besitzen sehr harte Schalen. Solche Samen haben einen geringeren Wassergehalt und brauchen länger zur Keimung als die schnell keimenden Samen der meisten tropischen Primärwaldbaumarten (BAZZAZ, 1984). Außerdem ist es bei solchen hartschaligen Samen oft notwendig, daß der harte Mantel durch Tiere entfernt wird, wodurch dann eine schnellere Keimung herbeigeführt wird (WALKER, 1990).

Besonders in tropischen Wäldern stellen Samenverbreitung und Sämlingsetablierung die kritischsten Phasen im Leben einer Pflanze dar (TERBORGH, 1990). Ob ein Samen auskeimt und sich der Sämling an diesem Standort etablieren kann, ist von abiotischen und damit verbundenen biotischen Faktoren abhängig. So spielen die Lichtverhältnisse eines Standortes eine entscheidende Rolle bezüglich der Samenkeimung und des Überlebens des Sämlings (AUGSBURGER, 1983, 1984; AUGSBURGER und KELLY, 1984; BAZZAZ, 1984; HOWE et al., 1985; OBERBAUER et al., 1988; TURNER, 1990). In Anbetracht der guten edaphischen Verhältnisse und der ausreichenden Wasserversorgung ist Licht im Untersuchungsgebiet der RFSR der kritischste abiotische Faktor für die Vegetation.

Die Strukturparameter von *Plinia salticola* und ihre Stellung im Gesamtbaumbestand weisen darauf hin, daß *Plinia salticola* eine Schattbaumart ist, die zeitlebens in geringen Lichtintensitäten existieren kann und zumindest in der Jugend schattenbedürftig ist. Kein Sämling von *Plinia* wurde in einem Gap gefunden, höchstens am Rande einer solchen Lichtlücke.

Großsamige Bäume haben oft eine größere Fähigkeit, unter schlechten Lichtbedingungen zu keimen. Schattbaumarten können auf eine Verbesserung des Lichtklimas mit erhöhtem Wachstum reagieren. Wie bei *Plinia salticola* sind die Früchte vieler Schattbaumarten sehr groß (LAMPRECHT, 1986).

Mindestens ebenso stark wie die abiotischen wirken sich biotische Faktoren auf die Verjüngung von Baumarten aus. Zu nennen sind hier v.a. Samenräuber (JANZEN, 1978; AUGSPURGER, 1983; SCHUPP, 1988; SCHUPP und FROST, 1989), Herbivore (JANZEN, 1970; CONNELL, 1971; RICHARDS, 1966; BAZZAZ, 1984; CLARK und CLARK, 1985), Pathogene (AUGSPURGER, 1983, 1984; CLARK und CLARK, 1985; BARROS HENRIQUES und GIRNOS DE SONSA, 1989), Wurzel- und Lichtkonkurrenz (SCHMID, 1991) sowie Schlingpflanzen und durch diese verursachte mechanischen Schädigungen (HOWE und SMALLWOOD, 1982).

Inwieweit Samenraub eine Wirkung auf die Populationsstruktur und -verteilung von *Plinia salticola* hat, konnte in dieser Untersuchung nicht festgestellt werden, da zum Untersuchungszeitpunkt keine Samen auffindbar bzw. die Samen schon ausgekeimt waren. Im Zuge der wiederholten Auszählung des Jungwuchses auf einigen Parzellen des Untersuchungshektars war jedoch festzustellen, daß Herbivore und Pathogene bei *Plinia salticola* durchaus Faktoren sein können, die die Regeneration beeinflussen. So wiesen einige Jungpflanzen Blattschädigungen in Form von Fraßspuren und welken Blättern auf. Pflanzen, die innerhalb des fünfmonatigen Zeitraumes zwischen den Aufnahmen gewachsen waren, hatten insgesamt weniger Fraßspuren und seltener Blattschädigungen in Form von welken Blättern. Die welken Blätter können durch Pathogene hervorgerufen worden sein. Mechanische Faktoren scheinen die Sämlingsmortalität nur untergeordnet zu beeinflussen.

Räumliche Verteilung

Das Raumverteilungsmuster tropischer Baumarten steht in einem engen Zusammenhang mit der Verbreitungsart der Samen (HUBBELL, 1979). Werden die Samen von *Plinia salticola*, nachdem sie auf den Boden gefallen sind, von Tieren verschleppt, so ist das Populationsmuster dieser Baumart in starkem Maße von der Tierverhaltensweise abhängig.

Generelle Raumverteilungsmuster tropischer Waldbaumarten existieren nicht. Nach HUBBELL (1979) gibt es sowohl geklumpt als auch zufällig verteilte Baumarten, wobei seltene Arten eher eine geklumpfte Verteilung aufweisen als häufige Arten. Außerdem sind erwachsene Individuen weniger geklumpt als junge Pflanzen. Die Ergebnisse der Populationsanalyse von *Plinia salticola* sind ähnlich. Die Gesamtpopulation dieser im Untersuchungsgebiet

häufigen Baumart ist geklumpt verteilt. Werden die einzelnen BHD-Klassen, also Altersklassen, getrennt betrachtet, so zeigen nur die Sämlinge eine deutlich überdisperse, geklumpte Verteilung. Die Bäume mit $BHD \geq 10$ cm sind zufällig bis schwach geklumpt verteilt. BARROS HENRIQUES und GIRNOS DE SONSA (1989) stellten mit zunehmender BHD-Klasse ebenfalls einen Übergang von geklumpter zu zufälliger Baumverteilung fest. Im Gegensatz dazu prognostizierten ARMESTO et al. (1986) auch in BHD-Klassen > 10 cm Klumpung als Hauptverteilungsmuster tropischer Baumarten. Die von ihnen untersuchten Arten änderten ihre räumliche Verteilung mit zunehmendem BHD von zufällig zu geklumpt. Manche Baumarten in jener Untersuchung hatten je nach Standort geklumpte oder zufällige Verteilungen.

Der Ausdünnungsprozeß, der die Populationsstruktur von *Plinia salticola* kennzeichnet, wird auch in den errechneten Minimalabständen zwischen benachbarten Individuen deutlich. Sämlinge haben zueinander einen mittleren Abstand von 4,4 m, erwachsene Bäume stehen im Mittel 7 m voneinander entfernt. Die Sämlinge wachsen durchschnittlich in einer Entfernung von 7,3 m vom nächsten erwachsenen Baum von *Plinia salticola*.

Die vorliegende Arbeit macht deutlich, wie vernetzt abiotische und biotische Faktoren in dem komplexen Ökosystem des tropischen Regenwaldes zusammenwirken. Um die Populationsökologie einer einzigen Baumart zu erfassen, ist es notwendig eine Vielzahl von Parametern, die sich ihrerseits gegenseitig beeinflussen, mit in die Untersuchung einzubeziehen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Im prämontanen Regenwald der Reserva Forestal de San Ramón in Costa Rica wurde zwischen Juli 1991 und Mai 1992 die Populationsstruktur der Schattbaumart *Plinia salticola* (*Myrtaceae*) in Zusammenhang mit standörtlichen und ökologischen Faktoren untersucht.

Die wichtigsten Standortsbedingungen der gutachtlich festgelegten Untersuchungsfläche von einem Hektar waren das extreme Lokalklima mit ausgeprägten niederschlagsreichen und niederschlagsarmen Monaten, die sehr stark geneigten Hänge und die relativ nährstoffreichen Böden.

Plinia salticola ist mit 40 Individuen bei einer Gesamtstammzahl von 541 mit Stammdurchmessern > 10 cm eine der häufigsten Baumarten des untersuchten Waldbestandes. *Plinia salticola* ist ein dünnstämmiger Baum der Waldunterschicht, und ihre zumeist runde, gleichmäßig ausgeformte Krone erhält auf Grund der Überdeckung durch Baumkronen anderer Arten nie volles Oberlicht. Die meisten Bäume des Waldbestandes, so auch *Plinia salticola*, sind stark von Epiphyten bewachsen, wobei sich *Plinia salticola* durch das Abschälen der äußersten Borke von Stamm und Ästen von diesem Bewuchs entledigt.

Phänologische Beobachtungen an *Plinia salticola* ergaben klare Korrelationen zwischen Laubtrieb und niederschlagsarmen Zeiten sowie zwischen der Ausbildung der caulifloren Blüten und der längeren Trockenzeit.

Die Gesamtpopulation von *Plinia salticola* weist auf der untersuchten Fläche eine geklumpfte, nicht zufällige Verteilung auf, wobei dieses Verteilungsmuster vor allem auf der starken Klumpung der Sämlinge beruht. Im Gegensatz zu diesen sind die älteren Individuen von *Plinia salticola* eher zufällig auf dem Hektar verteilt.

7 AUSBLICK

Abschließend seien noch einige Verbesserungsvorschläge und Anregungen für weiterführende Untersuchungen gemacht.

Aufgrund der hohen Artenzahlen bei geringen Individuenzahlen der einzelnen Arten in den meisten tropischen Wäldern ist es empfehlenswert, populationsökologische Untersuchungen in diesen Gebieten auf Untersuchungsflächen, die größer als ein Hektar sind, durchzuführen. Im Vorfeld der Untersuchungen sollte das Minimumareal bestimmt werden, das notwendig ist, um den zu untersuchenden Wald repräsentativ darzustellen. Dies ist jedoch nur in einem bereits inventarisierten Waldbestand möglich, denn aufgrund des hohen Artenreichtums, methodischer Schwierigkeiten und großem Zeitaufwand ist eine Bestimmung aller Baumarten im Rahmen einer Populationsuntersuchung einer einzigen Art nicht möglich.

In Anbetracht dessen, daß tropische Waldbaumarten nicht zwangsläufig mit jahreszeitlichen Periodizitäten korrelieren, ist ein Untersuchungszeitraum von mehr als einem Jahr ratsam, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, alle phänologischen Erscheinungen beobachten zu können.

In der Diskussion ist deutlich geworden, wie stark sich Samenraub und Sämlingsschädigungen auf die gesamte Populationsstruktur einer Art auswirken können. Deswegen wäre es von Vorteil, den Zeitpunkt der Samenverbreitung der zu untersuchenden Baumart im voraus zu kennen und mit der gesamten Populationsuntersuchung zu diesem Zeitpunkt zu beginnen. Auf diese Weise könnten sowohl Sämlingsmortalitätsraten als auch damit einhergehende, sich eventuell verändernde Mindestabstände zu den Mutterbäumen bestimmt werden.

Um den Einfluß von Standortfaktoren auf das Vorkommen einer Baumart bewerten zu können, wären vergleichende Untersuchungen in Gebieten, in denen die zu untersuchende Art unter anderen Standortfaktoren wächst, angebracht. Auch rein experimentelle Versuchsansätze würden die Wirkung von Standortfaktoren verdeutlichen. Wenn eine große Anzahl von Samen zur Verfügung steht, könnten zum Beispiel Keimversuche unter unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt werden. Oder es werden Pflanzversuche unternommen, bei denen Sämlinge auf Versuchsflächen innerhalb des Waldes unter verschiedenen Lichtverhältnissen und auf verschiedenen Hangneigungen gepflanzt oder in Blumentöpfen außerhalb des Waldes unter verschiedenen Standortbedingungen herangezogen werden.

Auch solche Experimente erfordern eine lange Untersuchungszeit, um Unterschiede zwischen den Versuchseinheiten feststellen zu können.

Andere Untersuchungen könnten die Wirkung biotischer Faktoren aufklären. Dazu wären Beobachtungen über das Vorkommen und die Jahres- bzw. Tagesrhythmen von Blütenbestäubern, Fruchtverbreitern, Samenräubern und Pflanzenschädlingen geeignet. So könnten beispielsweise jüngst abgefallene Samen lokalisiert und markiert werden, um bei einer Kontrolluntersuchung nach einem gewissen Zeitraum zu überprüfen, ob die Samen unverändert an dieser Stelle liegengeblieben, ausgekeimt oder verschwunden sind. Dabei wären gleichzeitig Faktoren wie mechanischer Schutz und Dormanz ins Auge zu fassen. Fraßinsekten könnten mit Hilfe spezieller Methoden von den Pflanzen abgesammelt werden, und diese Fänge anschließend qualitativ und quantitativ ausgewertet werden. Oder aber einige Sämlinge werden durch Netze oder Plastiktüten besonders geschützt, um zu sehen, ob sie dadurch weniger dem Tierfraß zu Opfer fallen und größere Überlebenschancen haben. Ein besonderes Augenmerk wäre auch auf inner- und zwischenartliche Konkurrenz zu legen. So können Pflanzen eine fördernde oder hemmende Wirkung auf ihre Nachbarpflanzen ausüben. Deshalb wäre es interessant, die unmittelbaren Nachbarbäume der einzelnen Individuen der zu untersuchenden Baumart zu bestimmen. Eventuell liessen sich dabei bestimmte konkurrenzbedingte Artmuster feststellen.

Biochemische Analysen der sekundären Inhaltsstoffe der einzelnen Pflanzenteile von Sämlingen und Erwachsenen einer Baumart und künstliche Verfütterung dieser an verschiedene Fraßinsekten könnten Hinweise auf die besondere Empfindlichkeit von bestimmten Altersstadien und Pflanzenteilen einer Baumart gegenüber Insektenfraß geben.

8. LITERATURVERZEICHNIS

Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde, 1982
Bodenkundliche Kartieranleitung
Hannover

Armesto, J.J., Mitchell, J.D. und Villagran, C., 1986
A comparison of spatial patterns of trees in some tropical and temperate forests
Biotropica 18(1): 1-11

Augspurger, C.K., 1983
Offspring recruitment around tropical trees: changes in cohort distance with time
Oikos 40: 189-196

Augspurger, C.K., 1984
Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens
Ecology 65(6): 1705-1712

Augspurger, C.K. und Kelly, C.K., 1984
Pathogen mortality of tropical tree seedlings: experimental studies of the effects of dispersal distance, seedling density, and light conditions
Oecologia (Berlin) 61: 211-217

Barros Henriques, R.P. und Gimnos de Sonsa, E.C., 1989
Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in northeastern Brazil
Biotropica 21(3): 204-209

Bazzaz, F.A., 1984
Dynamics of wet tropical forests and their species strategies
in: Medina, E., Mooney, H.A. und Vazques-Yanes, C. (eds.)
Physiological ecology of plants of the wet tropics
The Hague, Boston, Lancaster

Blaser, J., 1987
Standörtliche und waldkundliche Analyse eines Eichen-Wolkenwaldes (*Quercus* spp.) der Montanstufe in Costa Rica
Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen

Burger, W.C., 1991
in: Ortiz-Vargas, R. (ed.)
Memoria de Investigación, Reserva Forestal de San Ramón
Serie Catedra Universitaria

Clark, D.A. und Clark, D.B., 1984
Spacing Dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model
The American Naturalist 124: 769-788

Clark, D.B. und Clark, D.A., 1985
Seedling dynamics of a tropical tree: impacts of herbivory and meristem damage
Ecology 66(6): 1884-1892

- Connell, J.H., 1971
On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees
in: Den Boer, P. F. und Gradwell, P. R. (eds.)
Dynamics of populations, S. 298-312
Pudoc, Wageningen
- Cruz, D.G., 1989
Nuestras Reservas Forestales y Zonas Protectoras
Ministerio des Recursos Naturales, Energía y Minas, Costa Rica
- Daubenmire, R., 1970
Phenology and other characteristics of a tropical semi-deciduous forest in north-western Costa Rica
Journal of Ecology 60: 147-170
- Dawkins, H.C., 1958
The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda
Imperial Forestry Institute, University of Oxford
Paper No. 34
- Finck, A., 1963
Tropische Böden
Paul Parey Verlag, Hamburg
- Forget, P.M., 1989
Régénération naturelle d'une espèce autochore de la forêt guyanaise: *Eperua falcata* Aublet (Caesalpiniaceae)
Biotropica 21(2): 115-125
- Frankie, G.W., Baker, H.G. und Opler, P.A., 1974a
Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica
Journal of Ecology 62: 881-919
- Frankie, G.W., Baker, H.G. und Opler, P.A., 1974b
Tropical plant phenology: applications for studies in community ecology
in: Lieth, H. (ed.)
Phenology and seasonality modeling
Springer Verlag
- Gomez-Laurito, J. und Ortiz-Vargas, R., 1991
in: Ortiz-Vargas, R. (ed.)
Memoria de Investigación, Reserva Forestal de San Ramón
Serie Catedra Universitaria
- Grubb, P.J., 1971
Interpretation of the "Massenerhebung" effect in tropical mountains
Nature 229(5279): 44-45
- Hallé, F., Oldeman, R.A.A. und Tomlinson, P.B., 1978
Tropical trees and forests - an architectural analysis
Springer-Verlag
- Hart, T.B., Hart, J.A. und Murphy, P.G., 1989
Monodominant and species-rich forests of the humid tropics: causes for their co-occurrence
The American Naturalist 133: 613-633

- Hoheisel, H., 1976
Strukturanalyse und Waldtypengliederung im primären Wolkenwald "San Eusebio" in der Nordkordillere der venezolanischen Anden
Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen
- Holdridge, L.R., 1967
Life Zone Ecology (rev.ed.)
Tropical Science Center, San José, Costa Rica
- Holdridge, L.R., Grenke, W.C., Hatheway, W.H., Liang, T. und Tosi, J.A., 1971
Forest environments in tropical life zones: a pilot study
Pergamon Press, New York, 747 S.
- Howe, H.F., 1990
Seed dispersal by birds and mammals: Implications for seedling demography
in: Bawa, B.S. und Hadley, M. (eds.)
Reproductive ecology of tropical forest plants: S. 191-217
Man and the Biosphere Series, Volume 7
The Parthenon Publishing Group
- Howe, H.F., Schupp, E.W. und Westley, L.C., 1985
Early consequences of seed dispersal for a neotropical tree (*Virola surinamensis*)
Ecology 66: 781-791
- Howe, H.F. und Smallwood, J., 1982
Ecology of seed dispersal
Annual Review of Ecology and Systematics 13: 201-228
- Hubbell, S.P., 1979
Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest
Science 203: 1299-1309
- Hubbell, S.P. und Foster, R.B., 1983
Diversity of canopy trees in a neotropical forest and implications for conservation
in: Sutton, S. L., Whitmore, T. C. und Chadwick, A. C. (eds.)
Tropical rainforest: ecology and management, S. 25-41
Blackwell Scientific Publications, London
- Hubbell, S.P. und Foster, R.B., 1987
Structure, dynamics, and equilibrium status of old-growth forest on Barro Colorado Island
Paper for the Symposium: Four Neotropical Forests
of the Association for Tropical Biology
- Jacobs, M., 1988
The tropical rainforest - a first encounter
Springer Verlag
- Janzen, D.H., 1970
Herbivores and the number of tree species in tropical forests
The American Naturalist 104: 501-528
- Janzen, D.H., 1978
Seeding patterns of tropical trees
in: Tomlinson, P.B. und Zimmermann, M.H.
Tropical trees as living systems, S. 83-128
Cambridge University Press, Cambridge

- Janzen, D.H., 1991
 Historia Natural de Costa Rica
 Editorial de la Universidad de Costa Rica
- Lamprecht, H., 1977
 Structure and function of south american forests
 in: Müller, P. (ed.)
 Ecosystem research in South America
 Dr. W. Junk B.V., Publishers, The Hague, 151 S.
- Lamprecht, H., 1986
 Waldbau in den Tropen
 Verlag Paul Parey
- Lang, G.E. und Knight, D.H., 1983
 Tree growth, mortality, recruitment and canopy gap formation during a 10-year period
 in a tropical moist forest
 Ecology 64(5): 1075-1080
- Leibundgut, H., 1958
 Empfehlungen für die Baumklassenbildung und Methodik bei Versuchen über die
 Wirkung von Waldpflegemaßnahmen
 Proceedings of the 12th Congress IUFRO, Oxford
- Mabberley, D.J., 1992
 Tropical rain forest ecology
 Chapman & Hall, New York
- Mc Vaugh, R., 1963
 Tropical american Myrtaceae: a new species of *Plinia* L., from Costa Rica
 Fieldiana 29: 505-507
- Mori, S. und Kallunki, J.A., 1976
 Phenology and Floral Biology of *Gustavia superba* (Lecythidaceae) in Central Panama
 Biotropica 8(3): 184-192
- Oberbauer, S.F., Clark, D.B., Clark, D.A. und Quesada, M., 1988
 Crown light environments of saplings of two species of rainforest emergent trees
 Oecologia 75: 207-212
- Pagel, H., Enzmann, J. und Mutscher, H., 1982
 Pflanzennährstoffe in tropischen Böden - ihre Bestimmung und Bewertung
 VEB, Berlin
- Pérez, S., Alvarado, A. und Ramírez, E., 1978
 Asociación de subgrupos de suelos de Costa Rica (mapa preliminar)
 Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria, Instituto Geográfico Nacional,
 San José, Costa Rica
- Plonczak, M., 1989
 Struktur und Entwicklungsdynamik eines Naturwaldes unter Konzessionsbewirtschaftung
 in den westlichen Llanos Venezuelas
 Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen
- Richards, P.W., 1966
 The tropical rain forest - an ecological study
 The University Press, Cambridge, 450 S.

Sarukhán, J., Piñero, D. und Martínez-Ramos, M., 1985
 Plant demography: a community-level interpretation
 in: White, J. (ed.)
 Studies on plant demography
 Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich, Publishers

Schmid, B., 1991
 Konkurrenz bei Pflanzen
 in: Schmid, B. und Stöcking, J. (eds.)
 Populationsbiologie der Pflanzen
 Birkhäuser Verlag, Basel Boston Berlin, 351 S.

Schupp, E.W., 1988
 Seed and early seedling predation in the forest understory and in treefall gaps
 Oikos 51: 71-78

Schupp, E.W. und Frost, E.J., 1989
 Differential predation of *Welfia georgii* seeds in treefall gaps and in the forest understory
 Biotropica 21(3): 200-203

Sork, V.L., 1987
 Effects of predation and light on seedling establishment in *Gustavia superba*
 Ecology 68(5): 1341-1350

Synnott, T.J., 1979
 A manual of permanent plot procedures for tropical rainforests
 Tropical Forestry Papers, No. 14
 Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, 67 S.

Terborgh, J., 1990
 Seed and fruit dispersal - commentary
 in: Bawa, B.S. und Hadley, M. (eds.)
 Reproductive ecology of tropical forest plants: S. 181-190
 Man and the Biosphere Series, Volume 7
 The Parthenon Publishing Group

Turner, I.M., 1990
 Tree seedling growth and survival in a Malaysian rain forest
 Biotropica 22(2): 146-154

Vareschi, V., 1980
 Vegetationsökologie der Tropen
 Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

Walker, L.R., 1990
 Germination of an invading tree species (*Myrica faya*) in Hawaii
 Biotropica 22(2): 140-145

Walter, H., 1984
 Vegetation und Klimazonen
 Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

Walter, H. und Breckle, S.-W., 1984
 Ökologie der Erde, Band 2 - Spezielle Ökologie der Tropischen und Subtropischen Zonen
 Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

Anhang 1: absolute Abundanzen aller Bäume mit BHD > 10 cm
in den Einheitsparzellen untergliedert nach Baumformen

EP	total	Palmen (I.g.)	Baum- farne	P.s.	son- stige
1	26	8(8)	5	1	12
2	20	2(2)	2	2	14
3	18	4(4)	2	0	12
4	30	3(3)	8	1	18
5	26	0(0)	9	0	17
6	20	2(2)	2	0	16
7	20	3(3)	1	5	11
8	34	3(3)	16	0	15
9	22	0(0)	6	1	15
10	22	4(4)	2	3	13
11	14	2(2)	2	0	10
12	22	4(4)	2	2	14
13	20	5(4)	1	2	12
14	16	1(1)	1	3	11
15	15	1(1)	0	4	10
16	30	5(5)	3	2	20
17	22	3(3)	3	2	14
18	18	1(1)	1	1	15
19	24	1(0)	2	3	18
20	17	3(3)	2	2	10
21	20	2(2)	2	1	15
22	24	3(3)	4	1	16
23	25	4(4)	6	2	13
24	19	1(1)	2	0	16
25	17	1(1)	1	2	13
Σ	541	66(64)	85	40	350

EP = Einheitsparzelle
I.g. = *Iriartea gigantea*
P.s. = *Plinia salticola*

Anhang 2: absolute Dominanzen (cm²/ha) aller Bäume mit BHD > 10 cm in den Einheitsparzellen untergliedert nach Baumformen

EP	total	Palmen	I.g.	Baum- farne	P.s.	son- stige
1	14.967,3	0	3.126,8	474,7	91,6	11.274,2
2	14.051,7	0	763,2	178,5	206,2	12.903,8
3	18.193,4	0	1.341,3	264,2	0	16.587,9
4	17.443,2	0	1.377,7	1.017,6	96,8	14.951,1
5	63.704,4	0	0	1.460,4	0	62.244,0
6	16.407,1	0	752,1	264,5	0	15.390,5
7	16.518,9	0	1.356,2	126,7	862,8	14.173,2
8	15.926,1	0	1.389,9	2.130,0	0	12.406,2
9	9.674,7	0	0	1.541,5	141,0	7.992,2
10	12.725,3	0	1.519,7	275,8	483,0	10.446,8
11	18.795,7	0	595,2	303,4	0	17.897,1
12	15.598,8	0	1.711,0	507,4	178,5	13.201,9
13	22.929,0	96,8	1.218,5	326,9	247,2	21.039,6
14	41.307,9	0	422,7	81,7	350,0	40.453,5
15	8.342,1	0	460,0	0	450,1	7.432,0
16	23.297,7	0	1.372,2	404,8	346,0	21.174,7
17	5.986,7	0	1.000,5	748,7	196,0	4.041,5
18	52.173,7	0	401,1	183,9	115,0	51.473,7
19	30.329,7	304,8	0	382,2	323,4	29.319,3
20	3.137,3	0	1.273,0	290,2	173,3	1.400,8
21	12.631,0	0	211,8	339,3	96,8	11.983,1
22	11.202,9	0	877,5	544,0	232,4	9.549,0
23	18.606,7	0	1.405,8	726,7	285,2	16.189,0
24	8.528,8	0	522,8	207,4	0	7.798,6
25	41.846,5	0	483,1	134,8	267,7	40.960,9
Σ	514.327	402	23.582	12.915	5.143	472.285
m ²	51,4	0,04	2,3	1,3	0,51	47,2

EP = Einheitsparzelle
 I.g. = *Iriartea gigantea*
 P.s. = *Plinia salticola*

Anhang 3a: Gesamtübersicht über *Plinia salticola* mit BHD ≥ 5 - < 10 cm,
1. Teil

#	P.s. -Nr.	EP	POS	BHD (cm)	H (cm)	KT (cm)	KD (cm)	H/BHD	SKF (cm ²)	KA (m ²)
1	102	1	3,7/18,9	8,9	700	400	430	79	62,2	14,5
2	104	7	7,4/40,6	9,9	700	450	350	71	77,0	9,6
3	106	7	13,8/47,2	9,2	700	450	400	76	66,5	12,6
4	112	10	3,2/68,3	8,9	500	250	370	56	62,2	10,8
5	115	23	20,3/158,2	8,9	800	300	270	90	62,2	5,7
6	116	22	6,5/151,3	6,4	350	150	290	55	32,2	6,6
7	117	22	2,0/141,9	6,4	600	250	380	94	32,2	11,3
8	119	19	8,8/136,5	8,3	400	160	230	48	54,1	4,2
9	122	13	11,8/90,5	8,9	600	400	350	67	62,2	9,6
10	138	16	2,3/102,2	9,9	600	370	410	61	77,0	13,2
11	140	13	17,2/95,3	9,6	1100	700	150	115	72,4	1,8
12	150	8	35,7/60,0	9,2	700	-	-	76	66,5	15,9
13	161	21	44,5/132,0	8,0	500	300	430	63	50,3	14,5
14	164	13	12,4/83,7	8,6	600	340	500	70	58,1	19,7
15	166	14	30,0/82,0	8,0	500	150	350	63	50,3	9,6
16	167	25	23,7/167,8	7,6	400	100	130	53	45,4	1,3
17	169	22	3,5/145,3	5,4	500	300	250	93	22,9	4,9
18	173	2	31,9/15,8	5,4	280	100	250	52	22,9	4,9
19	174	2	25,4/8,6	7,3	600	200	260	82	41,9	5,3
20	176	13	15,8/98,0	5,1	400	150	320	78	20,4	8,0
21	179	17	24,0/105,0	7,3	600	400	380	82	41,9	11,3
22	182	20	32,3/137,0	6,4	-	-	-	49	32,2	-
23	185	16	19,6/103,6	7,0	500	-	-	-	38,5	-

Anhang 3b: Gesamtübersicht *Plinia salticola* mit BHD ≥ 5 - < 10 cm,
2. Teil

#	P.s. -Nr.	KF	KP	KS	E	L	V
1	102	5	2	2	4	1	g
2	104	5	2	3	3	1	g
3	106	4	2	3	3	2	g
4	112	4	2	3	3	2	g
5	115	2	2	3	3	4	g
6	116	4	3	2	4	1	g
7	117	4	2	4	4	4	g
8	119	5	2	1	5	4	g
9	122	4	3	3	3	2	g
10	138	2	2	4	4	4	v
11	140	1	3	-	5	5	v
12	150	4	2	5	4	4	g
13	161	4	3	3	3	2	g
14	164	5	3	2	3	3	g
15	166	4	3	2	4	2	z
16	167	1	3	1	5	5	z
17	169	3	2	2	5	4	g
18	173	3	3	-	4	4	z
19	174	4	1	-	4	3	z
20	176	4	3	-	4	4	z
21	179	5	2	3	4	2	z
22	182	-	2	-	5	2	v
23	185	-	-	-	-	-	g

Anhang 4a: Gesamtübersicht über *Plinia salticola* mit BHD ≥ 10 cm,
1. Teil

#	P.s. -Nr.	EP	POS	BHD (cm)	H (cm)	KT (cm)	KD (cm)	H/BHD	SKF (cm ²)	KA (m ²)
1	100	15	47,0/80,7	11,5	700	400	490	61	103,9	18,9
2	101	1	8,6/1,9	10,8	500	200	470	46	91,6	17,3
3	103	4	7,0/27,7	11,1	600	250	480	54	96,8	18,1
4	105	7	6,0/46,5	18,5	700	400	360	38	268,8	10,2
5	107	7	18,8/45,5	12,7	800	450	400	63	126,7	12,6
6	108	7	10,0/51,0	15,0	1100	750	450	73	176,7	15,9
7	109	7	2,6/60,0	14,0	800	400	430	57	153,9	14,5
8	110	10	5,5/63,2	10,5	900	550	520	86	86,6	21,2
9	111	10	8,1/63,0	10,8	800	550	430	74	91,6	14,5
10	114	23	23,7/159,0	10,5	800	300	280	76	86,6	6,2
11	118	19	1,2/136,0	12,1	700	400	400	58	115,0	12,6
12	120	19	9,5/121,2	10,2	600	350	300	59	81,7	7,1
13	121	16	9,8/117,9	13,7	500	300	430	36	147,4	14,5
14	123	13	15,5/90,4	14,3	700	450	420	49	160,6	6,6
15	133	10	17,5/62,0	19,7	600	250	700	30	304,8	38,5
16	135	13	16,8/80,3	10,5	600	350	590	57	86,6	27,3
17	136	22	16,1/140,8	17,2	600	300	400	35	232,4	12,6
18	137	19	19,3/133,7	12,7	800	150	580	63	126,7	26,4
19	139	16	16,1/107,6	15,9	700	300	550	44	198,6	23,8
20	142	9	50,1/46,0	13,4	600	350	440	45	141,0	15,2
21	143	12	52,9/79,1	10,2	600	400	520	59	81,7	21,2
22	144	12	54,2/74,8	11,1	700	400	510	63	96,8	20,4
23	145	15	44,5/94,5	10,2	800	400	470	78	81,7	17,3
24	146	15	42,5/90,0	14,3	450	250	390	31	160,0	11,9
25	147	15	44,0/82,4	11,5	600	400	550	52	103,9	23,8
26	148	23	38,9/156,3	15,9	400	100	350	25	198,6	9,6
27	149	2	29,8/10,0	11,1	700	400	590	63	96,8	27,3
28	155	14	30,8/94,8	15,0	500	300	510	33	176,7	20,4
29	156	14	27,5/86,3	10,8	600	350	330	56	91,6	8,6
30	157	14	23,2/99,5	10,2	450	200	420	44	81,7	13,9
31	158	17	38,3/101,0	10,5	400	200	530	38	86,6	22,1
32	159	25	24,0/177,1	12,7	600	400	620	47	126,7	30,2
33	160	18	43,2/102,8	12,1	450	250	280	37	115,0	6,2
34	162	21	51,0/129,0	11,1	500	300	390	45	96,8	11,9
35	163	25	26,5/162,0	13,4	1000	700	510	75	141,0	20,4
36	175	2	36,8/8,5	11,8	500	-	-	42	109,4	-
37	177	7	10,0/42,8	10,5	600	350	260	57	86,6	5,3
38	180	17	25,0/120,0	11,8	-	-	-	-	109,4	-
39	181	20	23,6/130,0	10,2	500	50	350	55	81,7	9,6
40	183	20	34,5/129	10,8	600	50	250	56	91,6	4,9

Anhang 4b: Gesamtübersicht über *Plinia salticola* mit BHD ≥ 10 cm,
2. Teil

#	P.s. -Nr.	KF	KP	KS	E	L	V
1	100	4	3	2	3	1	g
2	101	4	2	3	3	2	g
3	103	5	2	2	4	1	g
4	105	5	3	2	3	1	g
5	107	4	3	2	4	1	g
6	108	4	3	2	5	1	g
7	109	3	3	1	3	1	g
8	110	5	3	2	3	2	v
9	111	5	3	3	3	3	g
10	114	2	2	4	3	5	g
11	118	3	2	5	3	2	g
12	120	5	2	2	4	2	g
13	121	5	3	3	3	1	g
14	123	4	2	2	4	4	g
15	133	4	2	3	3	3	g
16	135	4	3	3	3	1	g
17	136	4	3	2	4	2	g
18	137	3	2	1	5	5	v
19	139	3	3	3	4	4	v
20	142	4	2	4	1	3	g
21	143	5	3	2	4	2	g
22	144	4	2	2	4	2	g
23	145	4	2	3	3	1	g
24	146	4	3	3	3	1	g
25	147	4	3	3	4	1	g
26	148	4	2	3	4	3	g
27	149	3	3	3	4	4	v
28	155	4	2	2	4	1	g
29	156	3	3	2	3	1	g
30	157	5	3	3	3	4	g
31	158	4	2	4	2	1	g
32	159	4	2	2	4	3	g
33	160	3	2	3	2	2	v
34	162	4	3	5	3	4	g
35	163	4	3	3	3	2	g
36	175	1	3	-	5	5	v
37	177	5	3	3	4	3	f
38	180	-	-	-	-	-	g
39	181	4	2	2	3	3	v
40	183	2	4	1	4	5	g

Anhang 5: phänologische Untersuchung an allen *Plinia salticola* Bäumen mit BHD ≥ 8 cm

	September			Oktober			November			Dezember			Januar			Februar			März			April			Mai								
	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt			
	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-			
	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
101	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-			
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
102	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
103	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
104	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-			
	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-			
	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
106	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-			
	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Fortsetzung Anhang 5:

	September			Oktober			November			Dezember			Januar			Februar			März			April			Mai								
	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt			
	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf
120	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
121	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
122	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-
123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
133	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
135	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
136	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
139	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fortsetzung Anhang 5:

	September			Oktober			November			Dezember			Januar			Februar			März			April			Mai								
	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt	Bk	jF	Lt			
	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf	B	äF	Lf
142	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
143	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
145	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
146	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
147	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
148	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
149	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* reife Frucht wurde Ende März gepflückt

Fortsetzung Anhang 5:

	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai
	Bk jF Lt	Bk jF Lt	Bk jF Lt	Bk jF Lt	Bk jF Lt	Bk jF Lt	Bk jF Lt	Bk jF Lt	Bk jF Lt
	B äF Lf	B äF Lf	B äF Lf	B äF Lf	B äF Lf	B äF Lf	B äF Lf	B äF Lf	B äF Lf
164	- - -	- - +	- - +	- - -	- - +	- - -	- - -	- - -	- - -
	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - +	- - -	- - -	- - -
166	- - -	- - -	- - -	- - -	- - +	- - -	- - -	- - -	- - -
	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
175	- - -	- - -	- - -	- - -	- - +	- - -	- - -	- - -	- - -
	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -

Bk = Blütenknospen jF = junge Früchte Lt = Laubtrieb

B = Blüten äF = ältere Früchte Lf = Laubfall

+ = phänologische Erscheinung beobachtet

= phänologische Erscheinung nicht beobachtet

Anhang 6: Borkenzustand der *Plinia salticola* Bäume
mit BHD ≥ 8 cm

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März
100	2	1	2	1	2	2
101	2	2	2	2	3	3
102	2	2	2	2	2	2
103	3	2	2	2	2	2
104	2	2	2	3	2	2
105	2	2	2	1	2	2
106	2	2	1	2	2	2
107	2	3	3	3	3	3
108	3	3	3	3	3	3
109	2	2	2	2	2	2
110	2	2	2	2	2	2
111	2	2	2	2	2	2
112	3	3	3	3	3	2
114	2	1	2	3	2	3
115	2	1	2	3	2	3
118	3	3	3	3	2	2
119	2	2	2	2	2	2
120	2	3	3	3	2	2
121	2	2	2	2	2	2
122	2	2	2	2	2	2
123	2	3	3	3	3	3
133	3	3	3	3	2	2
135	2	1	1	1	1	1
136	2	3	2	3	2	2
139	2	2	2	2	2	2
142	2	1	2	2	2	1
143	2	2	2	2	2	2
144	2	2	2	2	2	2
145	2	1	1	3	1	1
146	2	2	3	1	1	1
147	3	2	2	3	3	3
148	3	3	3	3	3	3
149	3	2	2	2	2	2
150	2	1	2	2	2	2
155	2	2	2	2	2	2
156	3	3	3	3	3	3
157	2	2	2	2	2	2
158	2	2	2	2	2	2
159	3	2	3	3	2	2
161	2	1	1	1	1	1
162	2	2	2	2	2	2
163	2	1	1	2	2	2
164	2	1	1	1	1	1
166	2	2	3	3	2	2
175	3	3	3	3	2	2

- 1 Borke wurde kürzlich abgeschält
- 2 Borke ist teilweise abgeschält
- 3 Borke ist nicht oder kaum abgeschält

Anhang 7: *Plinia salticola* Jungwuchs (BHD <5 cm)

#	EP	POS	BHD (cm)	H (cm)	BZ
1	1	10,0/2,5		34	6
2	1	18,0/8,8		40	5
3	2	33,0/15,0		95	14
4	2	27,0/5,8	3,7	350	
5	3	45,0/10,0		40	3
6	3	58,2/2,0		48	4
7	3	58,2/7,8	1,1	200	
8	3	50,2/3,8		35	6
9	3	54,5/11,7		70	6
10	3	48,0/16,0	3,5	450	
11	4	11,0/22,3	2,5	350	
12	4	17,0/35,5		55	4
13	4	15,0/33,5		45	4
14	4	13,0/13,5		33	2
15	4	4,5/34,0	4,5	350	
16	4	2,5/33,0	2,1	300	
17	4	5,5/38,0	1,9	230	
18	5	21,0/23,8		42	4
19	5	20,0/31,7		51	17
20	5	35,0/32,7		120	31
21	5	33,8/24,0		53	7
22	5	33,8/22,5		38	6
23	6	56,4/30,5		55	8
24	6	41,0/24,7	1,3	290	
25	6	44,7/33,0	2,2	210	
26	6	51,6/23,2	2,2	240	
27	7	1,8/58,0		35	4
28	7	19,6/58,0		33	8
29	7	19,5/55,5		40	14
30	7	1,0/53,5		50	4
31	7	1,0/57,0		25	4
32	7	4,5/51,7		50	8
33	7	3,5/49,5		52	3
34	8	35,5/41,2		50	7
35	8	37,2/45,5	1,1	150	
36	8	34,8/50,0		62	11
37	8	30,0/50,0		47	8
38	8	32,5/49,0		33	6
39	8	32,8/56,0		48	6
40	8	30,7/45,3		75	15
41	8	31,0/42,5		40	3
42	8	28,8/42,4		40	5
43	8	35,5/46,5		100	6
44	8	34,7/45,6		27	3
45	8	35,8/45,0		55	7
46	8	35,0/43,0		25	6
47	9	40,5/47,5		87	20
48	9	43,5/59,3	1,3	210	
49	9	41,8/42,1		62	12

Fortsetzung Anhang 7:

#	EP	POS	BHD (cm)	H (cm)	BZ
50	9	48,3/44,2	2,2	250	
51	9	51,2/43,8	2,2	230	
52	9	49,0/46,0		49	7
53	10	1,7/68,2		52	9
54	10	14,3/79,8		32	8
55	10	19,4/76,0		65	3
56	10	3,0/72,2		70	5
57	10	15,6/63,5		35	2
58	10	6,3/72,8		63	10
59	11	28,4/70,4		42	5
60	11	34,2/73,4		38	8
61	11	28,7/76,3		75	14
62	11	33,0/76,1		43	5
63	11	38,7/63,0		85	17
64	12	40,2/70,0	3,2	350	
65	12	57,0/78,1	3,2	270	
66	12	59,1/80,0		90	21
67	12	54,0/63,6		67	21
68	13	1,0/95,8		35	4
69	13	2,0/91,5		26	3
70	13	4,7/98,5		63	8
71	13	5,5/94,8		90	13
72	13	6,5/88,2		38	8
73	13	11,7/82,3		36	7
74	13	11,7/83,7		65	6
75	13	14,3/80,0		35	4
76	13	20,0/89,0	4,8	450	
77	13	12,4/85,7		52	12
78	14	23,7/80,5		36	4
79	14	24,0/96,0		60	8
80	14	31,5/98,0		43	4
81	14	35,5/95,2		38	4
82	14	34,5/90,0		80	10
83	14	33,3/83,0		41	4
84	14	33,6/82,2		33	4
85	14	30,8/80,0		33	5
86	14	37,3/81,5		100	19
87	15	40,2/83,5		55	2
88	15	59,7/82,7		55	2
89	15	57,9/82,0		55	8
90	15	46,8/87,3	3,2	350	
91	15	54,4/99,3		70	16
92	15	58,5/96,5		60	8
93	16	19,5/104,2		35	4
94	16	12,7/114,5		35	6
95	16	2,2/114,0		48	5
96	16	11,6/113,2		50	13
97	16	14,0/111,0		70	9
98	16	3,5/102,8		33	5

Fortsetzung Anhang 7:

#	EP	POS	BHD (cm)	H (cm)	BZ
99	16	0,0/107,7		60	8
100	17	24,0/101,0	4,8	450	
101	17	38,5/108,5		37	8
102	17	37,5/109,0		60	7
103	17	33,5/118,5		100	40
104	17	32,0/103,5		28	6
105	17	28,0/119,2		70	10
106	17	29,0/113,0		90	18
107	17	29,0/115,5	1,3	180	
108	18	57,4/102,0		90	13
109	18	45,0/108,4		50	5
110	18	44,0/108,5		24	5
111	18	57,0/104,8		70	8
112	18	59,3/107,7		80	13
113	18	59,0/109,0	0,5	135	
114	18	40,5/117,9		52	9
115	18	57,8/103,0		45	7
116	18	58,0/103,5		53	9
117	18	43,2/108,4		40	6
118	18	53,3/109,4		42	7
119	18	47,3/109,4		32	5
120	18	47,0/110,0		42	6
121	18	46,7/105,5		18	6
122	18	54,0/112,7	4,8	400	
123	19	16,2/139,0		65	8
124	19	9,0/139,8		45	8
125	19	0,0/139,0	3,2	450	
126	19	3,5/48,0		50	8
127	19	16,0/122,5		45	7
128	19	13,0/130,0		45	7
129	19	0,5/132,7		55	4
130	19	2,8/129,5		60	8
131	19	3,0/138,0		55	5
132	20	31,8/139,5		40	2
133	20	38,4/121,6		72	14
134	20	23,6/126,3		85	10
135	20	26,3/123,9		40	13
136	20	26,5/123,8		45	8
137	21	47,3/129,8		40	3
138	21	40,2/122,9	1,3	145	
139	21	40,2/134,4		52	6
140	21	52,0/123,1		35	8
141	21	52,7/123,4		30	4
142	21	57,0/125,8		70	8
143	22	9,2/153,4	2,5	300	
144	22	9,4/153,6		90	5
145	23	28,0/153,0		110	25
146	23	27,5/154,0		42	6
147	23	25,0/146,0		70	13

Fortsetzung Anhang 7:

#	EP	POS	BHD (cm)	H (cm)	BZ
148	23	34,5/144,5		70	10
149	23	36,5/156,0		35	5
150	24	43,3/153,4	1,0	150	
151	24	57,3/160,0		40	6
152	24	58,0/152,4		50	14
153	25	10,5/163,2		50	9
154	25	10,5/178,5	2,7	270	
155	25	12,0/173,3	1,3	145	
156	25	28,5/177,5		105	10
157	25	14,5/162,0	2,3	230	

EP = Einheitsparzelle
 POS = Position im Untersuchungshektar
 BHD = Brusthöhendurchmesser
 H = Sproßhöhe
 BZ = Blattzahl

Anhang 8: wiederholte Auszählung des Jungwuchses (BHD < 5 cm) von *Plinia salticola* in vier Einheitsparzellen

EP	#	H I	H II			BZ I	BZ II	
8	34	50	50	0		7	6	-
8	35	150	150	0				
8	36	62	◆			11	◆	
8	37	47	47	0		8	8	0
8	38	33	33	0		6	6	0
8	39	48	♠			6	♠	
8	40	75	75	0		15	8	-
8	41	40	45	+	5	3	5	+
8	42	40	40	0		5	2	-
8	43	100	100	0		6	5	-
8	44	27	27	⊕		3	4	+
8	45	55	55	0		7	5	-
8	46	25	27	+	2	6	5	-
13	68	35	37	+	2	4	7	+
13	69	26	34	+	2	3	3	0
13	70	63	70	+	2	8	11	+
13	71	90	90	0		13	11	-
13	72	38	39	+		8	9	+
13	73	36	36	0		7	10	+
13	74	65	67	+		6	7	+
13	75	35	35	0		4	4	0
13		450	450	0				
13		52	52	0		12	12	0
14		36	◆			4	◆	
14		60	60	0		8	12	+
14		43	43	0		4	4	0
14	81	38	38	0		4	4	0
14	82	80	86	+		10	15	+
14	83	41	41	0		4	2	-
14	84	33	33	0		4	4	0
14	85	33	37	+		5	5	0
14	86	100	100	0		19	15	-
18	108	90	91	+		13	17	+
18	109	50	50	0		5	6	+
18	110	24	31	+		5	3	-
18	111	70	72	+		8	9	+
18	112	80	80	0		13	11	-
18	113	135	140	+		30	38	+
18	114	52	53	+		9	10	+
18	115	45	45	0		7	5	-
18	116	53	53	0		9	9	0
18	117	40	40	0		6	6	0
18	118	42	42	0		7	8	+
18	119	32	42	+		5	5	0
18	120	42	42	0		6	8	+
18	121	18	23	+		6	5	-
18	122	400	400	0				

Fortsetzung Anhang 8:

- EP = Einheitsparzelle
- # = Individuennummer
- H = Sproßhöhe C.?
- BZ = Blattanzahl
- I = Aufnahme im September 1991
- II = Aufnahme im Februar 1992
- ^ = Differenz
- ◆ = im Februar 1992 nicht auffindbar
- ♠ = von heruntergefallenem Ast erdrückt
- + = Zuwachs
- = Verringerung
- 0 = gleichgeblieben

