G. S. Groth



Rekultivierung degradierter, brachliegender Monokulturflächen in ausgewogene Mischkulturflächen unter besonderer Berücksichtigung bodenbiologischer Faktoren

Abschlußbericht

Projektleitung:

Prof. Dr. Reinhard Lieberei (Universität Hamburg, Institut für Angewandte Botanik) Dr. Luadir Gasparotto (CPAA/EMBRAPA, Manaus, Amazonas)

Projektkoordination:

Dr. Helmut Preisinger (Universität Hamburg, Institut für Angewandte Botanik)
Dr. Falko Feldmann (Universität Hamburg, Institut für Angewandte Botanik)
Dr. Luadir Gasparotto (CPAA/EMBRAPA, Manaus, Amazonas)

Dieses Vorhaben wurde im Rahmen des Forschungsprogramms
"Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics" (SHIFT) durchgeführt und
mis Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF, Deutschland)
und des CNPq/IBAMA (Brasilien) finanziert.

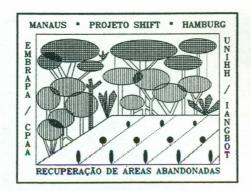
Förderkennzeichen 0339457A / projeto ENV-23

0235

Rekultivierung degradierter, 1997 RT-2002.00235

Hamburg im Januar 1997





Rekultivierung degradierter, brachliegender Monokulturflächen in ausgewogene Mischkulturflächen unter besonderer Berücksichtigung bodenbiologischer Faktoren

Abschlußbericht

634.99 L716m

Projektleitung:

Prof. Dr. Reinhard Lieberei (Universität Hamburg, Institut für Angewandte Botanik) Dr. Luadir Gasparotto (CPAA/EMBRAPA, Manaus, Amazonas)

Projektkoordination:

Dr. Helmut Preisinger (Universität Hamburg, Institut für Angewandte Botanik)
Dr. Falko Feldmann (Universität Hamburg, Institut für Angewandte Botanik)
Dr. Luadir Gasparotto (CPAA/EMBRAPA, Manaus, Amazonas)

Dieses Vorhaben wurde im Rahmen des Forschungsprogramms
"Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics" (SHIFT) durchgeführt und
aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF, Deutschland)
und des CNPq/IBAMA (Brasilien) finanziert.

Förderkennzeichen 0339457A / projeto ENV-23

Hamburg im Januar 1997



Die SHIFT-Versuchsfläche (Im Juli 1993)



Die Arbeitsgruppe (1994)



1 Aufg	gabenstellung und Arbeitshypothesen bei Projektbeginn	. 2
2 Allg	emeine Angaben zum Vorhaben	. 4
000	2.1 Technische und organisatorische Voraussetzungen	
	2.2 Beteiligte Institutionen und Zusammenarbeit	
	2.3 Projektmitarbeiter, Funktionen und Arbeitsgebiete	
	2.4 Planung und Ablauf des Vorhabens	
3 Erge	bnisse des Vorhabens	10
	3.1 Konzeption des Feldversuchs	10
	3.2 Lage, Größe, Topographie und Nutzungsgeschichte der Untersuchungsfläche .	17
	3.3 Allgemeine Methodik zur Analyse des Feldversuchs	
	3.4 Wirkung der Versuchsvarianten und Pflanzsysteme auf die	
	Nutzpflanzenentwicklung	22
	3.4.1 Verlustraten nach Auspflanzen ins Feld	22
	3.4.2 Pflanzenkrankheiten in der Versuchsplantage	23
	3.4.3 Kautschukbaum - Hevea brasiliensis	
	3.4.4 Cupuaçu - Theobroma grandiflorum	
	3.4.5 Pfirsichpalme - Bactris gasipaes	
	3.4.6 Urucum - Bixa orellana.	
	3.4.7 Kokospalme - Cocos nucifera	
	3.4.8 Zitrus - Citrus sinensis	
	3.4.9 Forstbäume	
	3.4.10 Papaya - Carica papaya.	
	3.4.11 Kurzlebige Nutzpflanzenarten	
	3.4.12 Nutzpflanzenentwicklung: Zusammenfassung der Ergebnisse	
	3.5 Wechselwirkungen zwischen Standortfaktoren und Nutzpflanzenentwicklung .	
	3.5.1 Artenzusammensetzung und Diversität der Vegetation	
	3.5.2 Multivariate Analyse des Pflanzsystems 3	
	3.5.3 Dynamik der spontanen Vegetation und Plantagen-Management	
	3.5.4 Vorkommen und Wirksamkeit der Mykorrhizapilze	
	3.6 Phytomassenproduktion und Nährelemente	01
	3.7 Anhang zum Ergebnisteil	
	3.7.1 Plantagen-Management	
210 00	3.7.2 Bodenchemische Kennwerte	88
4 Zusa	mmenfassende Bewertung der Ergebnisse des Feldversuchs	91
	rte Literatur	
6 Verö	ffentlichungen der Arbeitsgruppe	00
7 Foto	grafische Dokumentation	05

1 Aufgabenstellung und Arbeitshypothesen bei Projektbeginn

Ziel des Projekts "Rekultivierung ..." ist es, Beiträge zur Entwicklung von landwirtschaftlichen Produktionssystemen in den feuchten Tropen zu leisten, welche aus ökologischer, sozialer und ökonomischer Sicht besser für eine dauerhafte Nutzung der Standorte geeignet sind als die derzeit in Zentralamazonien üblichen Bewirtschaftungsformen¹. Unter "dauerhafter Nutzung" wird die landwirtschaftliche Nutzung eines Standortes über lange Zeiträume verstanden, und zwar unter Erhaltung der Standort-Resourcen und ohne daß es zur Degradation der Standorte kommt. Dabei muß die Funktionsfähigkeit der Systeme in ökonomischer und sozialer Sicht gewährleistet sein (Brown et al. 1987).

In der nunmehr abgeschlossenen ersten Projektphase wurde hierzu auf einer durch Kautschuk-Monokulturen vorgenutzten Brachfläche auf einem *Terra-Firme-*Standort bei Manaus, Amazonas, Brasilien eine 19 ha große Versuchs-Mischkulturplantage aus vorwiegend ausdauernden Nutzpflanzenarten angelegt. Der Feldversuch wurde im Hinblick auf unterschiedliche ökologische, biologische und agrarwissenschaftliche Fragestellungen bearbeitet, dokumentiert und ausgewertet. Im einzelnen handelt es sich hierbei u.a. um solche der Bodenbiologie (insbes. Mykologie), Landwirtschaft (einschl. Agroforstwirtschaft), Phytopathologie (einschl. angewandte Entomologie), Produktionsbiologie, Klimatologie, Vegetations- und Standortkunde.

Der weiter unten im einzelnen beschriebene, groß angelegte Feldversuch wurde aufgrund folgender Vorüberlegungen und wissenschaftlicher Vorarbeiten entwickelt:

- a. Brache- bzw. Sekundärwaldflächen, vor allem solche ehemaliger Kautschuk-Monokulturplantagen, gibt es in der Umgebung größerer Städte in Zentralamazonien in großem Umfang (vgl. Dubois 1990). Ließe sich anhand einer Versuchsplantage zeigen, daß solche Flächen unter Anwendung geeigneter Rekultivierungsmaßnahmen dauerhaft landwirtschaftlich wiedergenutzt werden können, wäre eine wichtige argumentative Voraussetzung geschaffen, um der Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzflächen nach wenigen Jahren und der anschließenden Rodung und Innutzungnahme neuer Primärwaldflächen entgegenzuwirken. Darüber hinaus könnte man für die landwirtschaftliche Produktion auf logistisch günstig gelegene Flächen im Einzugsbereich der Städte (u.a. von Manaus, Itacoatiara, Parintins, Barcelos, Tefé) zurückgreifen.
- b. Untersuchungen von Feldmann (1991) hatten gezeigt, daß bestimmte Sippen von Endomycorrhiza-Pilzen (arbuskuläre Mykorrhizapilze = AMP) für das Gedeihen des Kautschukbaumes, vor allem hinsichtlich der Anfälligkeit gegenüber den pathogenen Pilzen Microcyclus ulei und Tanatephorus cucumis, von großer Bedeutung sein können. Außerdem folgerte Feldmann aus seinen Ergebnissen, daß Plantagenstandorte gegenüber Primärwaldstandorten an Mykorrhizapilz-Populationen verarmt und daß u.a. deshalb die Vitalität des Kautschukbaumes in der Monokultur herabgesetzt sei. Der Feldversuch sollte Möglichkeiten schaffen, um diese und andere Thesen unter praxisnahen Bedingungen zu prüfen und darüber hinaus neue Erkenntnisse zur ökologischen Bedeutung der Endomykorrhiza-Pilze für das Nutzpflanzenwachstum in den feuchten Tropen gewinnen.
- c. Die Forderung, in den feuchten Tropen (und in anderen Klimabereichen) anstelle von Monokultur-Plantagen Mischkulturen anzulegen ergibt sich schon seit langem aus

Das sind auf der *Terra Firme* Brandrodungssysteme der Kleinbauern mit Anbau von Maniok als Hauptkultur sowie Weide- und Plantagenwirtschaft, letztere vor allem in Form von Monokulturen.

zahlreichen praktischen Erfahrungen und Untersuchungen (z.B. PROBOR-Programm; Schubarth 1977, Sioli 1980, Burger 1986). Als Gründe dafür werden u.a. größere räumliche Abstände zwischen den Pflanzen einer Art und ein dadurch verminderter Pathogendruck sowie eine räumliche Struktur der Pflanzung, die bei sinnvoller Kombination und Anordnung der Elemente positive Wechselwirkungen zwischen den benachbarten Pflanzen entstehen lassen, angesehen. Ein weiterer, wesentlicher Grund ist außerdem eine höhere Produktvielfalt als in der Monokultur, die eine Risikominderung für den Bauern bedeutet. Risiken können beispielsweise Totalausfall bzw. Mißernte einer Kultur oder Änderungen der Marktpreise sein.

d. Spontane Vegetation (= Wildwuchs, Unkraut) zwischen den Kulturen wird aus landwirtschaftlicher Sicht grundsätzlich als Konkurrenz für die Nutzpflanzen, vor allem um Licht und Nährstoffe, angesehen. Sie beeinträchtigt die Nutzpflanzenentwicklung negativ und muß deshalb durch mechanische und/oder chemische Bekämpfungsmaßnahmen so weit wie möglich ausgeschaltet werden (z.B. Alkämper 1976, 1980; Wegmann & Zehrer 1980). Darüber hinaus wird für viele ausdauernde Kulturen die Einsaat von Bodendekkern, insbesondere Leguminosen (Pueraria sp., Desmodium spp. u.a.) empfohlen, die aufgrund ihrer Konkurrenzkraft die Mehrzahl der Wildpflanzen ausschalten und außerdem die Ernährung der Nutzpflanzen aufgrund ihrer Fähigkeit zur Bindung von Luftstickstoff positiv beeinflussen sollen (s. Rehm 1989a, b; für Kautschuk: Broughton 1977). Gängige Praxis bei Anlage und Management von (größeren) Plantagen in Amazonien ist häufig Roden und Brennen des Waldes, anschließende mechanische Säuberung der Bodenoberfläche, Pflanzung der Jungpflanzen in den Mineralboden, Grunddüngung in das Pflanzloch und nachfolgende regelmäßige Düngemaßnahmen, ggf. Einsaat von Bodendeckern und regelmäßige mechanische Kontrolle der spontanen Vegetation bzw. des Bodendeckers. Dieser Sichtweise steht die Vorstellung gegenüber, daß im Interesse der langfristigen Nutzbarkeit eines Standortes die Strukturen des Oberbodens möglichst wenig gestört werden sollten und daß das Arteninventar² des Standortes bei Inkulturnahme und während der Bewirtschaftungsphase so weit wie möglich erhalten bleiben sollte. Im Rahmen der Möglichkeiten der Versuchsplantage sollte erprobt werden, inwieweit die zuletzt dargestellten Forderungen in der Praxis erfüllbar sind.

Mit Hilfe des 19-ha-Feldversüchs sollte daher untersucht werden, ob die nachfolgend genannten Maßnahmen Möglichkeiten und vielversprechende neue Ansätze zur effektiveren, langfristigen landwirtschaftlichen Nutzung von Terra-Firme-Standorten in Zentralamazonien enthalten:

- Erprobung und Vergleich der Entwicklung von vier unterschiedlichen Mischkultur-Systemen und Vergleich mit vier konventionellen Monokultur-Systemen;
- Inokulation von Jungpflanzen verschiedener, vorwiegend ausdauernder Nutzpflanzenarten mit arbuskulären Mykorrhizapilz-Sporen und vergleichende Untersuchungen zur Wirkung der Inokulation auf die Pflanzenentwicklung;
- 3. Erprobung von alternativen Management-Maßnahmen und Untersuchung der Auswirkungen auf die Nutzpflanzenentwicklung und die der spontanen Vegetation.

insbes. an höheren und niederen Pflanzen und Bodenorganismen (hier vor allem Mykorrhizapilze)

2 Allgemeine Angaben zum Vorhaben

2.1 Technische und organisatorische Voraussetzungen

Für den geplanten Feldversuch stellte das CPAA/EMBRAPA, Manaus, Amazonas, eine 19ha große Fläche zur Verfügung, die sich auf dem EMBRAPA-Gelände 28 km nördlich von Manaus an der AM 10 befindet. Das Institut verfügt über die notwendige Infrastruktur vor Ort wie Räumlichkeiten, Geräte-Grundausstattung und Personal, um ein Projekt dieser Größenordnung in Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Botanik der Universität Hamburg durchzuführen. Im Rahmen des Projekts wurden darüber hinaus neben Kleingeräten zwei Geländefahrzeuge für den Transport von Mitarbeitern und Material sowie drei Personal-Computer beschafft und vor Ort eingesetzt.

Die Projektdurchführung erfolgte durch eine deutsch-brasilianische Arbeitsgruppe in Manaus, die durch eine zweite, an der Universität Hamburg, Institut für Angewandte Botanik in Hamburg, arbeitende Gruppe unterstützt wurde. Letztere befaßte sich vorwiegend mit den mikrobiologischen Fragestellungen des Projekts (Laboranalysen, Auswertungen). Darüber hinaus war das Ordinariat für Holzbiologie der Universität Hamburg, Arbeitsgruppe Prof. Dr. Bauch, beteiligt (Themenschwerpunkt: "Biomassenentwicklung und Nährelementverteilung in Holzarten").

Die Qualifikationen der brasilianischen Projektmitarbeiter sind - auf unterschiedlichem Ausbildungsniveau - ausnahmslos dem Bereich "Landwirtschaft" zuzuordnen, einschließlich der Fachgebiete Phytopathologie, Angewandte Entomologie, Agrarmeteorologie, Vermessungskunde u.a.. Die deutschen Mitarbeiter waren Biologen, ein Mitarbeiter war Landwirt. Die Qualifikationen der Biologen waren bewußt weit gestreut und umfaßten die Bereiche Mikrobiologie und Mykologie, Bodenbiologie, Agrarbiologie und Vegetationskunde.

Aufgrund der Verteilung der sich gegenseitig ergänzenden Qualifikationen innerhalb der brasilianisch-deutschen Arbeitsgruppe war von vorn herein eine Arbeitsteilung naheliegend, die der brasilianischen Seite überwiegend die Arbeitsschwerpunkte "Landwirtschaft und landwirtschaftliche Produktion" und der deutschen die Schwerpunkte "Angewandte Ökologie" und "Angewandte Botanik" zuwies. Diese Arbeitsteilung kommt in den Jahresberichten 1993 und 1994 deutlich zum Ausdruck (s. dort).

2.2 Beteiligte Institutionen und Zusammenarbeit

	Beteiligt	e Institutionen
	Institution	Arbeitsschwerpunkte
Deutschland	Universität Hamburg Institut für Angewandte Botanik Prof. Dr. Lieberei - Antragsteller - Marseiller Straße 7 20355 Hamburg	Ent- und Weiterwicklung der Versuchs- konzeption; Bodenbiologie; Biologie der Nutzpflanzen; Vegetations- und Stand- ortkunde;
	Universität Hamburg Ordinariat für Holzbiologie Prof. Dr. J. Bauch Leuschnerstraße 91 21031 Hamburg	Biomassenentwicklung und Nährstoffverteilung in den Nutzpflanzen (Dissertation P. Schmidt);
Brasilien	CPAA/EMBRAPA km 24, AM 10 69000 Manaus-AM	Landwirtschaft; Phytopathologie, Agrarmeteorologie u.a.
lita.	INPA Cx. P. 478 69011 Manaus-AM	Teilarbeiten zur Bodenbiologie; floristische Bestimmungen

	Zusammenarbeit					
SHIFT-Projekt	Institution (Personen)	Orte und Gegenstand der Zusammenarbeit				
ENV-42	Universität Hamburg Ordinariat für Holzbiologie (Prof. Dr. Bauch, Dr. Oliver Dünisch)	SHIFT-Versuchsfläche: Nährelement-Verteilung und Holzanatomievon Nutz- und Wildpflanzen - Implikationen für Aut- und Synökologie der Arten; u.a.				
ENV-45	Universität Bayreuth Institut für Bodenkunde (Prof. Dr. Zech, Dr. Götz Schroth)	SHIFT-Versuchsfläche: Auswirkungen landwirtschaftlicher Nutzung auf Kenngrößen des Bodens				
ENV-25	Universität Göttingen Inst. f. Pflanzenbau in den Tropen und Sub- tropen (Dr. Manfred Denich)	SHIFT-Versuchsflächen bei Manaus und Belém: Auswirkungen einer langfristigen Nutzung von Regenwald-Standorten auf das Artenpotential; überregionale Vergleiche Manaus-Belém				
	Universität Ulm Abt. Spezielle Botanik (Prof. Dr. Gottsberger, Dr. Albert Stevens)	SHIFT-Versuchsfläche: Regenerationspotential der Primär- und Sekundärvegetation (Promotionsvorhaben M. Skatulla)				

2.3 Projektmitarbeiter, Funktionen und Arbeitsgebiete

In die nachfolgende Liste wurden die Mitarbeiter aufgenommen, die während der gesamten Laufzeit oder während einer bestimmten Phase wesentliche Einzelbeiträge zum Projekt geleistet haben.

Projektleitung

Prof. Dr. Reinhard Lieberei (Deutschland)

Dr. Luadir Gasparotto (Brasilien)

Arbeitsgruppe Hamburg (Institut für Angewandte Botanik)

Projektkoordination Hamburg

Dr. Falko Feldmann

Wissenschaftliche Mitarbeit

Dr. Falko Feldmann (Bodenbiologie)

Wolfgang Kruse (Bodenbiologie - Bakterien)

Yob Kubrum (Bodenbiologie - Bakterien)

Christoph Reisdorf (Biologie Cupuaçu)

Karsten Voß (Bodenbiologie)

Arbeitsgruppe Hamburg (Ordinariat für Holzbiologie)

Prof. Dr. Joseph Bauch

Petra Schmidt

Arbeitsgruppe Manaus

Projektkoordination Manaus

Dr. Luadir Gasparotto (CPAA/EMBRAPA, Manaus-AM)

Dr. Helmut Preisinger (Institut für Angewandte Botanik, Universität Hamburg)

Wissenschaftliche Mitarbeit

CPAA/EMBRAPA, Manaus-AM

Ricardo Andreazze (Entomologie)

Raunira da Costa Araújo (Kulturtechnik)

Celso P. Azevedo (Forstwirtschaft)

Dr. Newton Bueno (Pflanzenernährung)

Osvaldo M.R. Cabral (Agrarmeteorologie))

Dr. Acilino do Carmo Canto (Agrarökologie)

Luís Antônio Cruz (Kulturtechnik)

Marcos V.B. Garcia (Entomologie)

Dr. Luadir Gasparotto (Phytopathologie)

Rosângela dos Reis Guimarães (Ökonomie)

Roberval M.B. Lima (Forstwirtschaft)

M. Imaculada P.M. Lima (Phytopathologie)

Jeferson L.V. Macêdo (Kulturtechnik)

Gilvan C. Martins (Statistik)

Cássia Regina A. Moraes (Kulturtechnik)

Dr. Vicente H. de F. Moraes (Physiologie der Kulturpflanzen)

Ronaldo Ribeiro de Morais (Pflanzenanatomie und -morphologie)

Edinelson J.M. Neves (Agroforstliche Systeme)

Mirza C. Normando (Ökonomie)

Cley D.M. Nunes (Kulturtechnik)

Ana M.S. Pamplona (Entomologie)

Sebastião Eudes Lopes da Silva (Obstkulturen)

José Pereira Silva Junior (Bodenbiologie)

M. do Socorro G. Siqueira (Botanik)

Adauto M. Tavares (Vermessung)

INPA, Manaus-AM

L.F. Coelho (Botanik)

N.A.F. Farias (Bodenbiologie)

E.M. Figueiredo (Bodenbiologie)

F.W. Moreira (Bodenbiologie)

Dr. L.A. Oliveira (Bodenbiologie)

Universität Hamburg

Dr. Elke Idczak (Bodenbiologie - VA-Mykorrhiza)

Wolfgang Kruse (Bodenbiologie - Bakterien)

Ingo Müller (Landwirtschaft)

Dr. Helmut Preisinger (Vegetationskunde)

Christoph Reisdorf (Biologie Cupuaçu)

Petra Schmidt (Agrarbiologie)

Martina Skatulla (Pflanzenökologie)

Karsten Voß (Bodenbiologie)

2.4 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Idee des Vorhabens wurde seit Mai 1990 planmäßig entwickelt. Mehr als ein Jahr vor dem offiziellen Projektbeginn wurde mit der Pflanzenanzucht auf dem Gelände der EMBRAPA bei Manaus durch die brasilianischen Kollegen begonnen. Diese für die Pflanzenanzucht lange Zeitspanne erklärt sich aus der ursprünglichen Absicht, die Versuchsplantage bereits in der ersten Hälfte des Jahres 1991 anzulegen, was aufgrund der erst später erfolgten Mittelzuweisung nicht realisiert werden konnte. Der Aufbau der Versuchsplantage konnte danach ordnungsgemäß durchgeführt werden, einschließlich der begleitenden Untersuchungen in den verschiedenen Fachgebieten (Ablauf des Vorhabens mit zentralen Arbeitsgebieten und Arbeitsgängen s. Tab. 1). Bei der Vielzahl der möglichen Untersuchungsansätze in dem großflächigen und komplexen Feldversuch mußten dabei zwangsläufig - bei der begrenzten Anzahl der beteiligten Wissenschaftler - Prioritäten gesetzt werden³. Die bodenkundlichen Aktivitäten wurden daher auf ein Mindestmaß beschränkt, da hierfür von vorn herein ein eigenes Teilprojekt bzw. Projekt mit zusätzlicher Finanzierung geplant war, was dann allerdings erst im Juli 1995 beginnen konnte ("Wasser- und Elementflüsse …", Prof. Zech und Dr. Schroth, Universität Bayreuth).

Nach dem Ende der Laufzeit von vier Jahren kann das Projekt "Rekultivierung ...I" eine Reihe von Erfolgen vorweisen, die Grundlage für alle bisherigen und zukünftigen wissenschaftlichen Einzeluntersuchungen darstellen, u.a.:

- Aufbau einer brasilianisch-deutschen Arbeitsgruppe, die in ihrem Kern eine große personelle Konstanz bewiesen hat und die auch das Nachfolgeprojekt "Rekultivierung... II", zusammen mit den neuen, in der Zwischenzeit auf der Versuchsfläche arbeitenden Gruppen, tragen wird.
- Erfolgreicher Aufbau einer 19 ha großen Mischkultur-Versuchsplantage, die sich aus insgesamt 14 tropischen Nutzpflanzenarten zusammensetzt, von denen schon nach 4 Jahren 6 Pflanzenarten beerntet werden konnten.
- Dokumentation der Flächengeschichte, der Nutzpflanzenentwicklung und wichtiger Umweltfaktoren für die Nutzpflanzen sowie von Untersuchungen zur Interaktion zwischen Nutzpflanzen und Umweltfaktoren.

Das Projekt "Rekultivierung ..." wurde nach Ende der Laufzeit von vier Jahren, unter veränderten thematischen Schwerpunkten, für weitere vier Jahre verlängert (s. Projektantrag "Rekultivierung ... II" vom Dezember 1996).

Zeitraum in Brasilien und/oder Deutschland mitarbeiten (brasilianische Mitarbeiter s. Kap. 2.3).

Auf deutscher Seite waren für den gesamten Zeitraum beteiligt: Herr Dr. Preisinger (Projektkoordination in Brasilien und Vegetationskunde) und Herr Dr. Feldmann (Koordination in Deutschland und Mykologie); für 2 Jahre in Brasilien: Frau Dr. Idczak (Mykologie) sowie Herr Müller (Landwirtschaft, Doktorand); für durchschnittlich 4 Monate im Jahr in Brasilien: Frau Schmidt (Agrarbiologie, Doktorandin); alle anderen deutschen Mitarbeiter konnten nur für einen kürzeren

Tab. 1: Ablauf des Vorhabens (nur zentrale Arbeitsgebiete und Arbeitsgänge genannt)

Arbeitsgebiet /	Jahr>	1991	2 5		1992				1993			10.	1994				1995				1996	
Arbeitsgang Quartal>		2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
ğ. 5	Pflanzenanzucht	Q A	+	+	+	+	+	+	+>					100								
	Flächenvorbereitung		8 5		7			+	+													
	Auspflanzen		8 1						+	+>	4			B, p			7					
T for the	Düngungsmaßnahmen		9 8	- 4					+	+	8	+		雪上	<i>\$</i> 6	+	- 5			+		
Landwirt- schaft	Erntearbeiten				N. T.		3					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Biometrische Messungen	37 E			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Pflanzenschutz		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Agrarmeteor. Messungen				1 10)			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Boden-	AMP: Sporenanalyse u. Wurzelbesiedelung							+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
biologie	AMP: Effektivitätstests	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	AMP: Inokul'produktion	+	+	+									1						7 5			
8.8	Bakterien			-			+	+	+	+	20.10		1 3			+	+		1 9			
Vegetations-	synökolog. Untersuch.									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ökologie	autökolog. Untersuch.																計算	+	+	+	+	+
	Regeneration Sek'veget.		9 8		l A											1		+	+	+	+	+
Phytomassenpi	roduktion u. Nährelemente	9 5	5 3	T				+	+	+	+	+	+ 5	+	+	+	+	+	+			
Arbeiten zur N	utzpflanzenbiologie		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bodenchemisc	he Analysen							+		+										+	+	+
			Vorle	eistunger	1								För	derzeit	raum							

3 Ergebnisse des Vorhabens

Vorbemerkung:

Da in den Jahresberichten 1992, 1993 und 1994 bereits eine Reihe von Ergebnissen ausführlich dargestellt wurden, wird hierauf nachfolgend Bezug genommen, ohne die gesamten Sachverhalte zu wiederholen.

3.1 Konzeption des Feldversuchs

Die Versuchsfläche befindet sich auf einem *Terra-Firme*-Standort auf dem Gelände der EMBRAPA, 28 km nördlich von Manaus, Amazonas. Die Fläche wurde zwischen 1982 und 1984 erstmalig gerodet, um zwei Kautschuk-Versuchsplantagen anzulegen. Letztere wurden bald nach Anpflanzung wieder aufgegeben. Im August/September 1992 wurde der etwa acht Jahre alte Sekundärwald, der sich zwischenzeitlich entwickelt hatte, in traditioneller Weise gerodet und gebrannt und im Frühjahr 1993 die SHIFT-Versuchsplantage angelegt (s. Fotodokumentation, Bilder 5 und 6).

Nutzpflanzen und Pflanzsysteme

Es wurden 14 Nutzpflanzenarten in den Feldversuch integriert (Tab. 2). Dabei sollten vier Mischkultursysteme (Systeme 1-4, s. Tab. 3) und vier konventionelle Monokultursysteme (Systeme 6-9) miteinander verglichen werden. System 5 besteht aus Parzellen, die in gleicher Weise wie die übrigen vorbereitet, danach jedoch als Brachflächen für Vergleichszwecke sich selbst überlassen wurden. Die Pflanzsysteme enthalten ausdauernde und kurzlebige Nutzpflanzenarten, wobei letztere zwischen die Reihen der ausdauernden gepflanzt wurden. Die Nutzpflanzen-Auswahl erfolgte aufgrund der regionalen Verfügbarkeit und der Vermarktungschancen nach Einschätzung der Experten vor Ort.

System 1 ist ein vergleichsweise intensives Pflanzsystem, in dem wenig Platz zwischen den Pflanzreihen gelassen wurde, anders als in den Systemen 2 und 3, die im ersten Jahr zur Kultivierung von kurzlebigen Arten genutzt werden können. In der Praxis würde das dem Bauern das Überleben während der ersten Zeit ermöglichen, in der die langlebigen Nutzpflanzen noch keinen Ertrag liefern. System 4 ist das "extensivste" Test-Pflanzsystem, deren gepflanzte Arten Holz produzieren sollen. In diesem System wird Sekundärvegetation zwischen den Reihen toleriert. In den übrigen Pflanzsystemen dagegen wurde der Bodendecker *Pueraria phaseoloides* eingesetzt (zur Geschichte dieser Pflanzenpopulation vgl. Kap. 3.2).

Pflanzsysteme und Versuchsvarianten

Die neun beschriebenen Pflanzsysteme wurden in verschiedenen Testvarianten realisiert (Tab. 4). In den Systemen 1-3 werden Parzellen mit Nutzpflanzen, die während der Pflanzenanzucht mit arbuskulärer Mykorrhiza (AM) inokuliert wurden (Variante "+M") mit Kontrollparzellen verglichen ("-M"). In System 4 wurde ausschließlich mit inokulierten Pflanzen gearbeitet, in den

Monokultur-Parzellen dagegen nur mit nicht inokulierten Pflanzen. Als Düngungsvarianten wurden 30% und 100% der empfohlenen Düngergaben für die einzelnen Nutzpflanzenarten realisiert (EMBRAPA-Empfehlungen aufgrund der dortigen Erfahrungen). Eine Nullvariante existiert nur für die Bracheparzellen. Dieser Versuchsaufbau ergibt n=54 mögliche Versuchsvarianten, von denen aus ökonomischen Gründen nur die 18 Varianten realisiert wurden, die die interessantesten Vergleiche erwarten ließen.

Versuchsfläche und Anlage des Feldversuchs

In dem Feldversuch wurden die 18 Testvarianten in fünf unabhängigen Blöcken bzw. Wiederholungen angelegt (Blöcke A, B, C, D und E). Die Anordnung der Varianten innerhalb der Blöcke erfolgte vollständig randomisiert. Die Abmessung der Parzellen beträgt 48x32 m. Die Nutzpflanzen-Kombinationen der vier Mischkultursysteme und deren Anordnung in den Parzellen zeigt Tab. 5. Form und Größe der Parzellen ergaben sich zwingend aus der zur Verfügung stehenden Gesamtfläche und dem Raumbedarf der einzelnen Pflanzenarten, die Anordnung der Parzellen aus der langgestreckten Form der vorgegebenen Versuchsfläche (Abb. 1). Eine 100x100 m große Sekundärwaldfläche blieb - für vergleichende Untersuchungen der spontanen Vegetation, bodenbiologischer, mikroklimatischer Verhältnisse u.a. - am westlichen Rand der Versuchsfläche unverändert erhalten.

Tab. 2: Liste der eingesetzten Nutzpflanzen und ihre Nutzungsmöglichkeiten

	Nutzpflanzen	The same and a second	* = Erntearbeiten in	tzung Gange		
Name	Wissenschaftlicher Name	Pflanzenfamilie	** = Ernte beendet	Cange		
Kautschukbaum	Hevea brasiliensis (Adr.Juss.) Muell. Arg.	Euphorbiaceae	Herstellung von Gummiprodukten, (aus Samen, Holzproduktion			
Cupuaçu	Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) K. Schum.	Sterculiaceae	* Pulpa (Säfte, Eis, Dessert), Schokolade			
Pfirsichpalme	Bactris gasipaes Kunth	Arecaceae	* Palmenherzen, Fri Blätter), Färbung Webmaterial	üchte, Futtermittel von Lebensmitteln,		
Paranußbaum	Bertholletia excelsa Humb. & Bonpl.	Lecythidaceae	Paranüsse, Holz	oping suppose a desemble Ex		
Urucum	Bixa orellana L.	Bixaceae	* Färbemittel, Sonn	enschutzmittel		
Kokospalme	Cocos nucifera L.	Arecaceae	Öl, Copra, Kokosnußmilch, Futtermittel (Ölkuchen), Webmaterial, Fasergewinnung, Bauholz u.a.			
Zitrus	Citrus sinensis (L.) Osbeck	Rutaceae	Früchte, Öl, Pektin			
Paricá	Schizolobium amazonicum Ducke	Caesalpiniaceae	Holz, Holzkohle	laster i e ten v Leo sadases e c		
Mahagoni	Swietenia macrophylla King	Meliaceae	Holz	en, die la gland Jeungares		
Andiroba	Carapa guianensis Aubl.	Meliaceae	Holz, Öl			
Papaya	Carica papaya L.	Caricaceae	**Früchte, Papain, C	Carpain, Futtermittel		
Maniok	Manihot esculenta Crantz	Euphorbiaceae	**Stärkeproduzent, Gemüse aus den Blättern			
Kuhbohne	Vigna sinensis L.	Fabaceae	**Grünfutter, Stärke			
Mais	Zea mays L.	Poaceae	**Stärke, Speiseöl, I	Futtermittel		
Kudzu	Pueraria phaseoloides (Roxb.) Benth.	Fabaceae	Bodendecker	Spontane		

Tab. 3: Nutzpflanzen und Pflanzsysteme

	Pfla	anzsys	steme	30				perio	e Da	lex l
	Mis	schku	turen	Ma	В	Mor	okult	uren		M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kautschuk	*		*	*		*				
Cupuaçu	*	*	*	16			*			
Pfirsichpalme	*	*		11.87	Sec	100		*		
Paranuß		*			1					
Urucum		*								ausdauernde
Kokospalme			*							Nutzpflanzen
Zitrus			*						*	
Paricá	loig a	-	*	*						
Mahagoni				*		i.				
Andiroba	260		BK-A	*	ender.	-				
Papaya	*									
Maniok		*	*	1 1 7 1		-				kurzlebige Nutzpflanzen
Kuhbohne			*							
Mais			*							
Kudzu	*	*	*			*	*			Bodendecker
spontane Vegetation				*	*			*	*	

B = Brache (zum Vergleich)

Tab. 4: Pflanzsysteme und Versuchsvarianten

n = 54	keine I	Düngung	30% Dür	ngung	100% I	Düngung	
	-M	+M	-M	+M	-M	+M	
System 1	1 1 1	8 7	*	*	*	*	
System 2		-415.	*	*		*	Misch-
System 3			*	*	*		kulturen
System 4		case	Ł	*		1	
System 5	*	s per Roccin	Armo	a dan			Brache
System 6	da la				*		
System 7	Olympia III	in large lab	1 boys	Baccad		nole Ho	Mono-
System 8	amb &	S api.			*		kulturen
System 9	se oreth	big as	1 House	Te -	*	Magazi Si	nenselwen

⁻ M = nicht mit arbuskulären Mykorrhizapilzsporen (AMP) inokuliert + M = mit arbuskulären Mykorrhizapilzsporen (AMP) inokuliert

Tab. 5: Anordnung der Pflanzenarten in den vier Mischkultursystemen

System I:	4 2,5 2,5 SMP- 4 3 2 S S M P + Kudzu als Bodend	3 6 3 M C	MPM>
System II:	4 4 4 BUC- 7 4 7 C U B + Maniok zwischen	PB 2	UP> 7 2 2 P
System III:	4 5 5SCCP- 4 7 8 8 PC CP + Maniok, Mais, Kul	5 4 7 Z	CZ>
System IV:	4 10SMG PC A + Spontane Vegetat:	PCA 4 7 S M	> 4 G PC
<pre>Abstände z Abkürzungen für S = Kautschuk,</pre>	zwischen den Reihen [nzwischen den Pflanzen de Pflanzenarten: C = Cupuaçu, P = Pfize Kokospalme, Z = Zit:	in einer Reihe rsichpalme, B =	

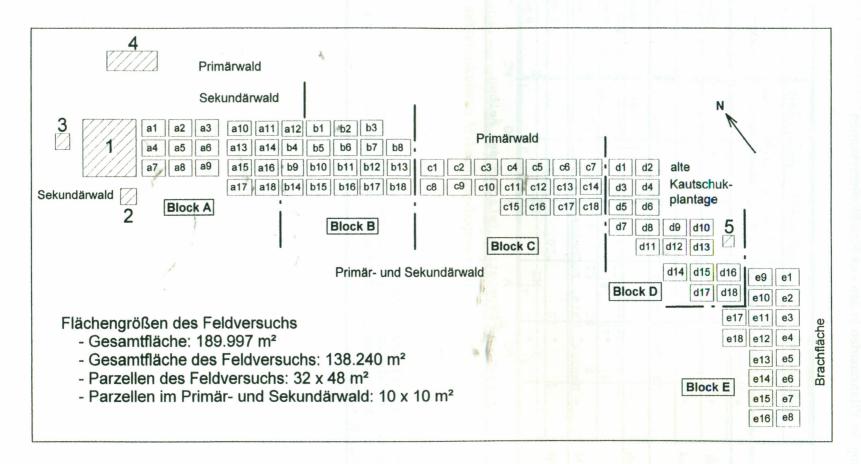


Abb. 1: Blöcke, Parzellen und benachbarte Primär- und Sekundärwald-Standorte der Versuchsplantage des Projects "Rekultivierung ..." bei Manaus-AM.

1 = Referenzfläche Sekundärwald (1 ha); 2, 3 = Referenzflächen Sekundärwald (je 400m²); 4 = Referenzfläche Primärwald; 5 = Referenzfläche Sekundärwald (100m², für Pytomassen-Bestimmung)

3.2 Lage, Größe, Topographie und Nutzungsgeschichte der Untersuchungsfläche

Lage und Größe

Die SHIFT-Versuchsfläche liegt 28 km nördlich von Manaus an der Straße Manaus - Itacoatiara (AM 10) auf dem Versuchsgelände des CPAA/EMBRAPA (2° 52' 57" südlicher Breite und 59° 59' 57" westlicher Länge = Mitte der Versuchsfläche). Das EMBRAPA-Versuchsgelände, welches eine Ausdehnung von ca. 1.800 ha hat, wurde um 1970 vermessen sowie geographisch und bodenkundlich beschrieben (IPEAAOc 1972). Eine erste forstliche Bestandsaufnahme des Primärwaldes erfolgte Mitte der 70er Jahre (Prance, Rodriguez & da Silva 1976). Der Feldversuch einschließlich angrenzender Primär- und Sekundärwaldflächen, die teilweise in die Untersuchungen einbezogen wurden, hat eine Fläche von etwa 19 ha. Die 90 Parzellen des Feldversuchs allein nehmen 13,8 ha ein (vgl. Jb. 1993: Tavares et al.). Die Fläche befindet sich auf einem Höhenrücken und hat eine langgestreckte Form (maximale Längenausdehnung 1412m, Breitenausdehnung 75-200m).

Topographie

Die Topographie der Untersuchungsfläche⁴ weist die folgenden Merkmale auf: Der höchste Ort befindet sich im Block E, im Schnittpunkt der Parzellen e5, e6, e13 und e14 (h=50,3m), der niedrigste im linken vorderen Eckpunkt der Parzelle d17 (h=40,0m). Die Untersuchungsfläche hat also einen maximalen Höhenunterschied von 10m. Zwischen den Parzellen d3 und d4 befindet sich eine Senke, so daß diese Parzellen einen Neigungswinkel von 4,4° bzw. 5,6° aufweisen. Zur Südwestseite der Blöcke A bis C fällt das Gelände um bis zu 4m ab. Nur ca. 23% der Parzellen kann man als annähernd eben ansehen (Höhendifferenz in der Parzelle <0,5m). Block A ist derjenige mit dem höchsten Anteil "ebener" Parzellen. Am südwestlichen Rand der Blöcke A bis C fällt das Gelände ab. Die Parzellen der Blöcke D und E weisen überwiegend Flächenneigungen über 1° auf.

Nutzungsgeschichte

Die nachfolgende Darstellung der Nutzungsgeschichte der SHIFT-Versuchsfläche basiert auf Versuchsprotokollen der EMBRAPA, die im Zusammenhang mit den früher auf der Fläche durchgeführten Kautschuk-Experimenten angefertigt wurden, sowie auf mündlichen Angaben langjähriger EMBRAPA-Mitarbeiter.

Der Primärwald des westlichen Teils der Versuchsfläche wurde 1982 mechanisch gerodet und gebrannt⁵ und im März 1983 der Bodendecker Pueraria phaseoloides ausgesät. Das umfaßt etwa die heutigen Versuchsblöcke D und E sowie einen Teil von Block C. Im Juni 1983 wurde der Versuch "Konkurrenz von [Kautschuk-]Primärklonen I und II" ("Competição de clones primários I e II") angelegt. Noch im selben Jahr wurden 166 kg/ha (= 348g/Pflanze) Dünge-

Zu Beginn des Projekts wurde die Versuchsfläche vermessen und eine Höhenlinienkarte im Maßstab 1:20.000 angefertigt.

Nach einer anderen mündlichen Auskunft wurde der Primärwald bereits 1976 gerodet.

mittel ausgebracht (N, P, K, MgO; Mengenverhältnisse 12:17:10:3), im 2. Jahr 263kg/ha (= 552g/Pflanze) und im 3. Jahr 265kg/ha (= 557g/Pflanze) mit derselben Zusammensetzung.

Der Primärwald des östlichen Teils der Versuchsfläche (etwa Blöcke A, B und teilweise C) wurde erst 1984 gerodet und gebrannt und im Folgejahr das Experiment "Konkurrenz von polyploiden Klonen [von Kautschuk] ("Competição de clones poliploides") angelegt. Im März 1985 wurde *Pueraria phaseoloides* eingesät. Bei der Installation der Pflanzung und in den beiden Folgejahren wurden Düngungsmaßnahmen durchgeführt, und zwar insgesamt die folgenden Mengen: Supertripelphosphat = 270g/Pflanze, Kaliumchlorid = 80g/Pflanze, Magnesiumsulfat = 80g/Pflanze und FTE BR 13 (Zn, Cu, Mn) = 60g/Pflanze.

Die Räumung der beiden Teilflächen zur Anlage der ehemaligen EMBRAPA-Versuche erfolgte mit schwerem Gerät, wobei die verbrannten Pflanzenteile zusammen mit Teilen des Oberbodens zu den Seiten geschoben wurden. Die Reste der dabei entstandenen Ablagerungen sind reich an organischem Material und zeigen heute eine von der Umgebung abweichende Vegetation, die z.T. große Anteile an krautigen Farnen im Unterwuchs aufweist. Bei der mechanischen Räumung kam es auf der heutigen Versuchsfläche zu Veränderungen der Topographie und zu Kompaktierungen des Oberbodens.

Beide EMBRAPA-Experimente wurden bald nach dem 2. bzw. 3. Jahr aufgegeben (genaue Zeitpunkte nicht bekannt), da die Kautschukbäume so stark von dem Schadpilz *Microcyclus ulei* befallen wurden, daß eine Weiterführung offenbar nicht sinnvoll erschien. Danach regenerierte sich ein in floristischer und physiognomischer Hinsicht heterogener Sekundärwald, der zum Zeitpunkt der erneuten Rodung im Oktober 1992 eine Höhe bis ca. 12m erreicht hatte. Die Kautschuk-Jungpflanzen verblieben in der Fläche, überlebten großenteils und wuchsen zusammen mit der spontanen Vegetation auf. Reste dieses Vegetationsmusters wurden in der 1-ha-Referenzfläche bis heute erhalten (vgl. Luftaufnahme im Anschluß an das Titelblatt und Fotodokumentation, Bild 2).

Die ehemaligen Muster des Primärwaldes und die durch die Vornutzung entstandenen prägen die ökologischen Anfangsbedingungen für den Feldversuch entscheidend. Wie heterogen sich die Versuchsfläche 4 Monate nach dem Roden und Brennen darstellt, läßt sich anhand der Regeneration der Sekundärvegetation demonstrieren (Beispiele s. Abb. 2).

An dieser Stelle sei angemerkt, daß die *Pueraria*-Population der SHIFT-Versuchsfläche noch aus den Ansaaten von 1983 und 1985 stammt. Zum Zeitpunkt der erneuten Rodung des Sekundärwaldes war *Pueraria* nur an wenigen Stellen des Sekundärwaldes vertreten und breitete sich nach Anlage der Plantage mit großer Geschwindigkeit aus, vermutlich hauptsächlich ausgehend von Block C (s. Preisinger et al. 1994).

Abb. 2: Beispiele für Vegetationsmuster der sich regenerierenden spontanen Vegetation 4 Monate nach dem Roden und Brennen der Versuchsfläche (Mai 1993). Regeneration vorwiegend durch ...



... Lianen (hier: Pueraria phaseoloides), c6



... Rhizomgräser, Parzelle e16

... Kräuter mit Rhizomen (hier: Adlerfarn, Pteridium aquilinum), Parzelle e2



... Bäume (hier: Vismia sp.), Parzelle b15



... Stolonengräser (hier: Homolepis aturensis), b3



3.3 Allgemeine Methodik zur Analyse des Feldversuchs

Die Versuchsplantage stellt einen komplexen Feldversuch dar. Er setzt sich wie oben ausgeführt aus 9 Pflanzsystemen mit 4 Versuchsvarianten zusammen, die auf einer langgestreckten Fläche von 19 ha angeordnet sind. Flächengröße und -form sind Ursache für eine hohe Variabilität der Standortbedingungen in den verschiedenen Parzellen des Versuchs. Im einzelnen gehören hierzu Vornutzungsunterschiede in Längsrichtung der Fläche sowie topographische Faktoren (unterschiedliche Hangneigungen). Analysen hierzu wurden durchgeführt und ausführlich dargestellt (s. Jb. 1993: Tavares, Preisinger & Martins; Jb. 1994: Allgemeiner fachlicher Bericht).

Wegen der Variabilität der Standortbedingungen auf der Versuchsfläche war zu erwarten, daß sich Entwicklungsunterschiede der Nutzpflanzen in den Versuchsvarianten nur dann als statistisch signifikant erweisen würden, wenn die ökologische Bedeutung einzelner "Versuchsfaktoren" (+M, -M, 30% Düngung, 100% Düngung) groß gegenüber der Variabilität "zufälliger" Faktoren wäre. Dieses war bei Planung des Versuchs unterstellt worden, denn sonst wären andere Versuchsvarianten gewählt worden. Der Wahl der Versuchsvarianten ist also auf Arbeitshypothesen gegründet, welche durch die Ergebnisse des Feldversuchs verifiziert oder falsifiziert werden müssen.

Für eine Analyse der Ergebnisse des Feldversuchs werden die nachfolgend genannten Möglichkeiten gesehen, mit jeweils unterschiedlichen Auswertungszielen und Aussagemöglichkeiten:

- a. Analyse der Wirkungen der Versuchsvarianten und Pflanzsysteme und ihrer Kombinationen auf die einzelnen Nutzpflanzenarten, ohne Berücksichtigung möglicher anderer ökologischer Faktoren. Wichtigstes Auswerteziel ist hierbei Verifizierung oder Falsifizierung der Arbeitshypothesen, die davon ausgehen, daß die Versuchsvarianten "+M", "-M", "30% Düngung", "100% Düngung" wichtige Standortparameter für die Nutzpflanzen sowie unter den herrschenden Standortfaktoren am Ort des Experiments darstellen. Auswertemethoden sind univariate Analyseverfahren, insbesondere die der Varianzanalyse (s. Tab. 6).
- b. Suche nach den *Ursachen der Variation* in der Entwicklung der einzelnen Nutzpflanzenarten an den verschiedenen Wuchsorten in der Versuchsplantage, unter Berücksichtigung der Versuchsvarianten und anderer Standortvariablen, die für die jeweiligen Standorte verfügbar sind.
 - b.1 Univariate und sukzessive Analyse der Entwicklung der einzelnen Nutzpflanzenarten der Versuchsplantage. Untersuchungsgegenstand ist dabei das pflanzliche Individuum, und die kleinstmögliche berücksichtigte Flächeneinheit ist der Wuchsort der Nutzpflanze (Größenordnung: ca. 10 m²). Hiervon sind Detailergebnisse zum Verhalten der einzelnen Nutzpflanzenarten (bzw. der im Experiment eingesetzten Genotypen) zu erwarten.
 - b.2 *Multivariate* Analyse der Entwicklung der getesteten Nutzpflanzen-Kombinationen. Die kleinstmögliche zu berücksichtigende Flächeneinheit ist hierbei die Versuchsparzelle (48 x 32 m). Von diesem Analysetyp sind *keine* Detailergebnisse zum Verhalten einzelner Pflanzenarten, jedoch eine vergleichende Darstellung des ökologischen Verhaltens der in einem Pflanzsystem vereinigten Arten zu erwarten.

die dabei eingesetzten statistischen Verfahren wieder.

Die Auswertungen zu a. sind abgeschlossen. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse wird in Kap. 3.4.12 wiedergegeben (weitere Details zu den einzelnen Nutzpflanzen s. Jahresberichte 1993, 1994 und brasilianischer Abschlußbericht). Die unter b. aufgeführten Möglichkeiten, d.h. die Suche nach ökologischen Schlüsselfaktoren, können bisher noch nicht vollständig dargestellt werden. Die Gründe dafür liegen zum einen an den zeitlichen und personellen Vorgaben des Projektablaufs, die sehr zeitintensive Auswertearbeiten nicht erlaubten. Zum anderen stellen fehlende Umweltvariablen, insbesondere solche des Bodens, Begrenzungen für die Analyse der Ursachen der Variation der Nutzpflanzenentwicklung dar. Die wichtigsten, derzeit vorliegenden Ergebnisse zu Punkt b.1 sind in Kap. 3.4, die Ergebnisse zu Punkt b.2 werden in Kap. 3.5.2 behandelt.

In den Kap. 3.4.3 - 3.4.11 werden die im Feldversuch eingesetzten Nutzpflanzenarten einzeln abgehandelt. Aufgrund des Versuchsdesigns war es nicht möglich, alle Arten nach dem gleichen Schema auzuwerten. Die Kautschuk- und Cupuaçu-Kulturen werden ausführlicher als die übrigen abgehandelt, da diese Pflanzenarten in jeweils 3 Mischkultursystemen und in Monokultur vorliegen und damit die interessantesten Vergleichsmöglichkeiten von allen im Versuch eingesetzten Arten bieten.

Tab. 6: Statistische Verfahren und graphische Darstellungen bei der Analyse des Feldversuchs

a. Analyse der Wirkungen der Versuchsvariannen auf die einzelnen Nutzpflanzenarten	nten und Pflanzsysteme und ihrer Kombinatio-
Univariate Verfahren:	Graphische Darstellung:
 One way ANOVA (Student-Newman-Keuls-Test); Kruskal-Wallis one way ANOVA on ranks (bei Nicht-Erfüllung der Bedingungen für den parametrischen Test; P: 0,05)⁶; 	 Balkendiagramme mit Standard- abweichungen; Box plots (mit Darstellung der 5/95-, 10/90- und 25/75-Perzentile);
b. Analyse der Nutzpflanzen-Kombinationen	und Umweltvariablen
Multivariate Verfahren:	Graphische Darstellung:
Indirekte Gradientenanalyse (Principal Component Analysis = PCA u.a. Eigenwertverfahren);	Ordinationsdiagramme in Form von "biplots" (vgl. Ter Braak 1991)

In einigen Fällen wurde dieses Verfahren eingesetzt, obwohl die Bedingungen für den parametrischen Test erfüllt waren, um die Vergleichbarkeit mit anderen Analysen zu wahren.

3.4 Wirkung der Versuchsvarianten und Pflanzsysteme auf die Nutzpflanzenentwicklung

3.4.1 Verlustraten nach Auspflanzen ins Feld

Die aus Samen oder Stecklingen hervorgegangenen Jungpflanzen wurden in Kunstoffbeuteln vorkultiviert (Substrat: Mischung aus Sand, ggf. AMP-Blähton-Inokulum und "terriço"⁷) und danach in 40x40x40 cm große Pflanzlöcher gepflanzt, die mit einer Mischung aus "terriço", Mineraldünger und Mineralboden aufgefüllt wurden (nähere Angaben zur Pflanzenanzucht s. Jb. 1992). Die Bonitierung der Jungpflanzen vor dem Auspflanzen ins Feld ergab, daß die inokulierten Pflanzen der meisten Arten größer und kräftiger waren als die Kontrollpflanzen. Dadurch bedingt blieben auch die Anteile der Pflanzen, die das Auspflanzen ins Feld nicht überlebten, in der Gruppe der inokulierten Pflanzen in den meisten Fällen wesentlich geringer als in der Kontrollgruppe (Abb. 3). Die gesteigerte Streßtoleranz mykorrhizierter Pflanzen ist in der Literatur belegt (Schönbeck 1980).

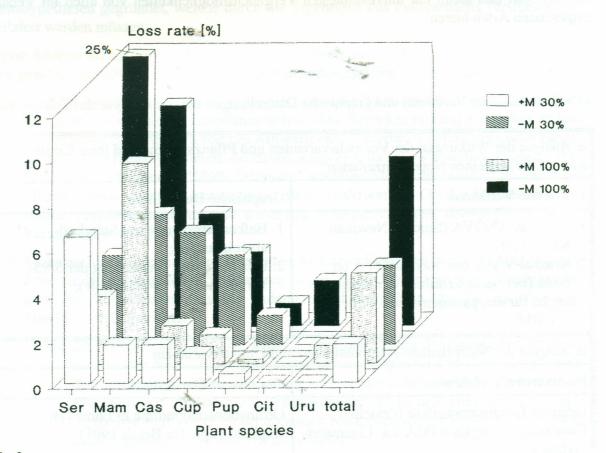


Abb. 3:

Verlustraten bei Kautschuk (Ser), Papaya (Mam), Paranuß (Cas), Cupuaçu (Cup), Zitrus (Cit) und Urucum (Uru) sowie die Gesamt-Verlustrate (total) ca. 4 Wochen nach Auspflanzen des Anzuchtmaterials ins Feld, dargestellt für die vier Versuchsvarianten.

terriço: humusreicher Oberboden, der in den Wäldern der Umgebung gewonnen wird.

3.4.2 Pflanzenkrankheiten in der Versuchsplantage

Einführung

Das ganzjährig feuchte und warme Klima Amazoniens ist für die Entwicklung von Schadorganismen an Nutzpflanzen außerordentlich förderlich. Sehr viele Bemühungen, ausdauernde Nutzpflanzen in Monokultursystemen dauerhaft zu etablieren, sind bisher u.a. deshalb fehlgeschlagen. Die Zerstörung der Kautschukplantagen durch Mycrocyclus ulei und andere Schadpilze und die Suche nach alternativen Formen der Landwirtschaft in Amazonien war der Hintergrund, vor dem dieses Vorhaben entwickelt wurde. Aus diesem Grund waren Beobachtung, Dokumentation und ggf. Bekämpfung von auftretenden Pflanzenkrankheiten in der Plantage von großer Bedeutung. In diesem Zusammenhang darf nicht unerwähnt bleiben, daß die Entscheidung darüber, ob eine aufgetretene Pflanzenkrankheit mit Chemikalien bekämpft werden soll, eine andere oder gar keine Maßnahme dagegen ergriffen werden soll, ein oft sehr schwieriger Abwägungsprozeß ist. Beispiel: Das Auftreten von Microcyclus ulei an den Kautschuk-Jungpflanzen nach dem Auspflanzen ins Feld erforderte einerseits den Einsatz von Fungiziden (Triadimenol, Bayfidan), um nicht das Risiko des Verlustes aller Pflanzen des Versuchs einzugehen. Andererseits war nicht genau bekannt, in wie weit das Fungizid die eingesetzten Mykorrhizapilze, die ein integraler Bestandteil des Feldversuchs sind, schädigen oder gar zerstören würden.

Methoden

Bei Mahagoni, Andiroba, Paricá, Paranuß, Kokos, Zitrus, Urucum, Papaya und Maniok wurden Erhebungen über Pflanzenkrankheiten in Abständen von 2 Monaten durchgeführt. Das gleiche gilt für die an Cupuaçu durchgeführten Kontrollen, einschließlich der Entfernung der von Hexenbesen (*Crinipellis perniciosa*) befallenen Pflanzentrieben. An den Maispflanzen wurden Kontrollen zum Zeitpunkt der Entwicklung der Maiskolben durchgeführt.

Beim Kautschuk wurden monatlich Jungtriebe markiert und eine Bonitur des Befalls der Blätter mit Schadpilzen durchgeführt. Zum Ende des Jahres 1994 waren bei der Mehrzahl der Pflanzen die Kronen zugunsten des Klons PA 31 ausgetauscht, welche gegen *Microcyclus ulei* weitgehend resistent sind. Zwischen August 1993 und Dezember 1994 wurden Spritzungen mit 0,12%igem Bayfidan durchgeführt, um die Blätter der Kautschukpflanzen gegen *Microcyclus ulei* und *Tanatephorus cucumeris* zu schützen.

Abgesehen von den systematischen Untersuchungen zur Insektenfauna, die auf der Versuchsfläche durchgeführt wurde (s. Jb. 1993 und 1994), wurden beobachtete Insekten-Kalamitäten dokumeniert und ggf. der/die Verursacher identifiziert.

Ergebnisse

a. Schadpilze

Außer an Kautschuk und Maniok gab es bis Dezember 1994 an den Nutzpflanzen keine Pflanzenkrankheiten. In den Monaten September bis Oktober 1993 ging der Befall von *M. ulei* und *Th. cucumeris* am Kautschuk dank der Bekämpfungsmaßnahmen drastisch zurück. In den

Monaten November und Dezember war ein erneuter Anstieg des Krankheitsbefalls zu beobachten, der auf die feuchter werdende Witterung während dieser Zeit zurückgeführt wird. Am Maniok trat in geringem Ausmaß Xanthomonas campestris cv. manihotis auf, die Krankheit führte aber zu keinen gravierenden Schäden.

1994 trat an den Zweigen der Zitruspflanzen der Mono- und Mischkulturparzellen Septobasidium pseudopedicelatum und S. sacardinum auf. An einigen Zitruspflanzen wurde Phytophtora sp. beobachtet, der "Gummose" hervorruft. An den Papayapflanzen trat Meloidogyne sp. auf, ohne die Pflanzenentwicklung zu beeinträchtigen.

1994 trat am Kautschuk schwerer Befall mit *Th. cucumeris* auf, während der Befall mit *M. ulei* gering blieb.

1995 war der Befall mit den beiden Blattkrankheiten des Kautschuk sehr gering. Bei Zitrus traten dieselben Krankheiten wie 1994 auf, jedoch ohne eine Ausbreitungstendenz erkennen zu lassen. An einer Kokospalme wurde *Corticium penicillatum* festgestellt, und sporadisch wurden Fälle von *Crinipellis perniciosa* an Cupuaçu festgestellt.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt konnten keine Unterschiede im Krankheitsbefall der Nutzpflanzen in den Misch- und Monokultursystemen festgestellt werden, wahrscheinlich weil die Pflanzen derzeit noch keine ausreichende Höhe erreicht haben, um Barrieren gegen die Ausbreitung der Pathogene zu bilden. Unterschiede zwischen den Pflanzen der verschiedenen Versuchsvarianten konnten ebenfalls nicht beobachtet werden. Der Krankheitsbefall in der Versuchsplantage ist sehr viel geringer als der in den Kulturen von Kleinbauern der Region. Das mag damit zusammenhängen, daß die Experimentalfläche isoliert von anderen Kulturflächen liegt und an drei Seiten von Wald umgeben ist, und somit mögliche Infektionsherde in der nächsten Umgebung fehlen. Für die Zukunft wird ein Anstieg des Krankheitsbefalls in den Monokultursystemen erwartet, da die verfügbare Blattfläche dort zunehmen wird. Dagegen wird in den Mischkultursystemen eine Abnahme des Befalls erwartet.

b. Schadinsekten

In der Versuchsplantage wurden einige Kalamitäten festgestellt, die aus Literaturangaben bisher nicht bekannt waren, z.B. ein Befall des Paranuß-Baumes mit dem Blattkäfer *Hybolabus amazonicus* Voss (Coleoptera, Attelabidae). Der Käfer kam vielfach an einer Reihe von Pflanzen zur Massenentwicklung, jedoch war ein erkennbarer langfristiger Schaden an den Pflanzen nicht auszumachen. In der Region neu beobachtete Kalamitäten sind außerdem eine Raupe (Lepidoptera, Stenomidae) an Zitrus und Cupuaçu, ein Wurzelbohrer in Mahagoni, welcher bisher noch nicht gesammelt und damit auch nicht bestimmt werden konnte sowie die Blattfuß-Wanze *Crinocerus sanctus* (Fabr.) (Hemiptera, Coreidae) und der Schmetterling *Sibine nesea* (Stoll in Cramer) (Lepidoptera, Limacodidae) an Zitrus. Eine Erklärung für das Auftreten neuer, bisher nicht beobachteter Insektenschäden ist die Lage der Versuchsplantage, die an drei Seiten von Primär- und Sekundärwald umgeben ist. Dieser ist Lebensraum für eine Vielzahl von Insektenarten, von denen einige auf die Plantage übergehen und dort u.U. zur Massenentwicklung gelangen.

Einige der Mahagoni-Pflanzen wurden von der Larve des Schmetterlings *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera, Pyralidae) befallen (Pamplona et al. 1995). *Hypsipyla* zerstört die apikalen Knospen des jungen Baumes. Dadurch stirbt die Pflanze entweder ab oder die Wuchsform der

Pflanze wird so verändert, daß die späteren Stämme für die kommerzielle Nutzung nur noch geringen Wert haben. Aufgrund des Befalls mit *Hypsipyla* bzw. des nicht identifizierten Wurzelbohrers gingen eine Reihe von Mahagoni-Pflanzen verloren, darunter alle des Blocks A.

Tab. 7: Übersicht über die in der Versuchsplantage aufgetretenen Pilz- und Insektenkrankheiten

Befallene Kulturen	Schadpilze saicen aliquado des	Befallene Pflanzenteile	Schadsymptome
Zitrus	Septobasidium sacardinum S. pseudopedicelarum Phytophthora spp.	Äste Äste Stamm	Absterben der Äste Absterben der Äste Tod der Pflanze
Cupuaçu	Crinipellis perniciosa	Früchte Triebe	Fäulnis Hexenbesen und Hypertrophie des Sprosses
Kautschukbaum	Microcyclus ulei Thanatephorus cucumeris	Blätter, Früchte Blätter	Blattfall Blattfall
Kokospalme	Corticium penicillatum	Blätter	Tod der Pflanze
Papaya	Meloidogyne incognita	Wurzeln	Ertragsrückgang, Tod der Pflanze
Maniok	Xanthomonas campestris cv. manihotis	Blätter	Flecken

Befallene Kulturen	Schadinsekten	Befallene Pflanzenteile	Schadsymptome
Mahagoni	Hypsphila grandella bisher nicht identifizierter Holzbohrer	Triebe Wurzeln	Verlust der Knospen Aushöhlen, Tod der Pflanze
Zitrus	Toxoptera sp. Coccina, Schildläuse Sibine nesea Crinocerus sanctus	Äste Blätter, Zweige Blätter Blätter	Atrophie Schwächung der Pflanze Blattfall Läsionen
Paranußbaum	Hybolabus amazonicus	Blätter	Nekrosen

3.4.3 Kautschukbaum - Hevea brasiliensis (Adr. Juss.) Muell. Arg.

Einführung

Das Grundproblem des Kautschukbaum-Anbaus in Brasilien liegt darin, daβ die für die maximale Produktivität des Kautschukbaumes erforderlichen Bedingungen - ganzjährige Feuchte-auch für den Erreger der bedeutendsten Krankheit dieses Baumes, der südamerikanischen Blattfallkrankheit, verursacht durch den Schadpilz *Microcyclus ulei*, günstig sind. Der Anbau in Regionen mit definierter Trockenzeit umgeht dieses Problem, jedoch wird der Latex-Ertrag des Baumes durch die Trockenheit vermindert. Durch Selektion von Klonen hoher Produktivität, die an die Trockenperiode angepaβt sind, wäre dieser Mangel zu beheben. In den dauerhaft feuchten Regionen Amazoniens dagegen ist die Forschung darauf ausgerichtet, auf Stämme eines produktiven Klons die Krone eines gegen den Schadpilz resistenten Klons bzw. der Art *Hevea pauciflora* zu okulieren. Dabei wird auch der Einfluβ der Okulierung auf die Produktivität des Kautschukbaumes und die Qualität des Latex geprüft.

Die Pflanzen des Experiments bestehen aus Stämmen des Klons Fx 4098 und Kronen des Klons PA 31. Der Austausch der Kronen war zur Jahreswende 1994/95 abgeschlossen. Die nachfolgend dargestellte Analyse der Kautschukbaum-Entwicklung bezieht sich auf diesen Zeitpunkt. Als Maß für den Entwicklungsstand der Pflanzen wurde der Stamm-Durchmesser herangezogen, da dieser zum Zeitpunkt der Analyse der einzig geeignete Parameter hierfür war.

Statistische Analyse

Die Datenkontingente der einzelnen Parzellen (hier: Durchmesser-Verteilungen der einzelnen Kautschukpflanzen) wurden - für die Blöcke A, B, C, D und E getrennt - auf signifikante Unterschiede geprüft (Varianzanalyse, "one way ANOVA", Student-Newman-Keuls-Test). Dabei wurden die *Einzelpflanzen* jeder Parzelle gegen alle anderen innerhalb des Blockes geprüft. Die Mittelwerte mit Standardabweichungen für die Parzellen wurden blockweise in Säulendiagrammen dargestellt (Abb. 4).

Die Ergebnisse der Tests zeigen für Block A signifikante Unterschiede (P < 0.05) der Versuchsvariante "System 3 / 30% Düngung / +M" gegenüber allen anderen. Die Entwicklung der Pflanzen in dieser Variante ist besser als in den übrigen. Ferner unterscheiden sich die Varianten "100% / +M" und "System 1 / 100% / -M" signifikant von "System 3, 30%, -M". Dieses Muster wiederholt sich in den anderen Blöcken allerdings nicht. Von Block A > B > C > D > E nehmen vielmehr die Unterschiede zwischen den Parzellen bzw. Versuchsvarianten immer mehr ab, so daß in Block E überhaupt keine signifikanten Unterschiede zwischen irgendwelchen Parzellen mehr auftreten. Die Voraussetzungen für den parametrischen Test sind für Block E nicht mehr erfüllt. Die Säulendiagramme der Mittelwerte zeigen darüber hinaus schon optisch eine deutliche Abnahme der Stamm-Durchmesser von Block A nach Block E. Diese steht in Übereinstimmung mit dem postulierten "ökologischen Gradienten", nach dem die Standorte in der angegebenen Richtung schlechter werden (s. Kap. 3.5.2). - Die Entwicklung der Pflanzen in System 4 bleibt grundsätzlich hinter der der anderen Systeme zurück.

Schlußfolgerungen

Ein einheitlicher Trend bezüglich Düngungs- und/oder +M/-M-Varianten, der sich in allen Blöcken wiederholt, kann nicht ausgemacht werden. Die Analyse der Kautschukbaum-Entwicklung macht - stellvertretend für alle anderen eingesetzten Nutzpflanzen - die extrem komplexe Situation des Feldversuchs deutlich. Probabilistische Modelle hierzu könnten dann aufgestellt werden, wenn die wichtigsten Umweltfaktoren der Einzelpflanzen zur Verfügung ständen. Dieses ist nicht der Fall. Es können aber Modelle auf einer gröberen räumlichen Skala (= Parzelle) aufgestellt werden, um Hypothesen zu folgender Frage aufzustellen: Wie reagieren die Nutzpflanzenarten der Parzellen auf die Versuchsvarianten und auf nicht kontrollierte ökologische Faktoren, und wie sind die Interaktionen zwischen den Faktoren- bzw. Behandlungs-Kombinationen? Das Ordinationsmodell für das Pflanzsystem 3 ist ein Versuch in dieser Richtung (s. Kap. 3.5.2).

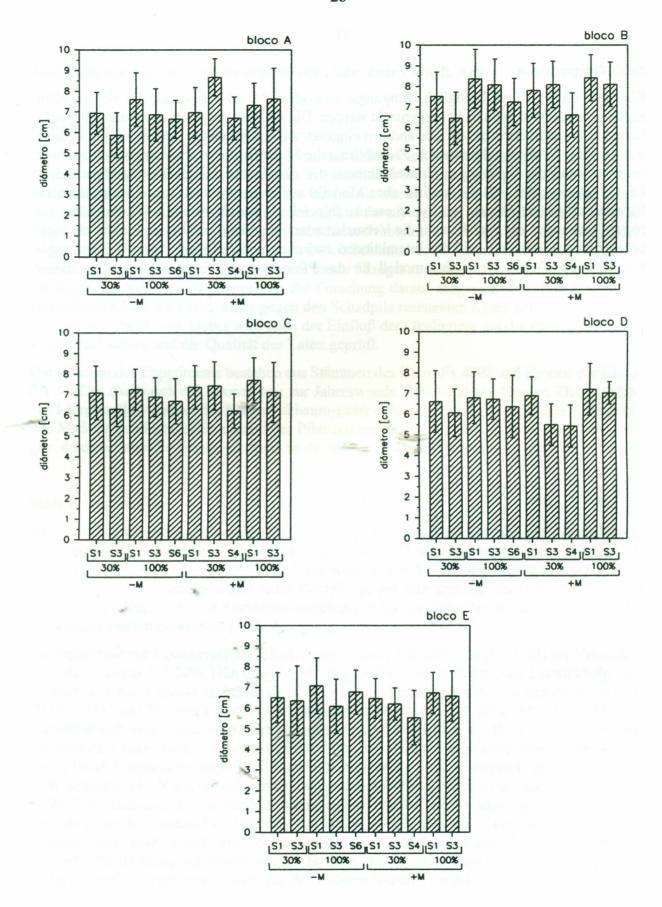


Abb. 4: Arithmetische Mittelwerte der Stamm-Durchmesser (DAP) der Kautschukbaum-Pflanzen in den Parzellen der Pflanzsysteme S1, S3, S4 und S6 und der 4 Versuchsvarianten in den Blöcken A-E (Entwicklungsstand vom Dezember 1994)

3.4.4 Cupuaçu - Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) K. Schum.

Die ersten Cupuaçu-Pflanzen begannen zum Jahresende 1994 mit der Produktion von Früchten, so daß für den Zeitraum Januar/Februar 1996 das erst Mal aussagekräftige Produktionsdaten vorgelegt werden können. Das sind die Haupt-Monate der Fruchtproduktion für Cupuaçu.

Neben Kautschuk ist Cupuaçu die einzige Nutzpflanzenart, die in vier Pflanzsystemen vertreten ist. Das war Anlaß zu der nachfolgend dargestellten Analyse der Abhängigkeiten zwischen den Cupuaçu-Einzelpflanzen und ihrer Wuchsorte.

Bereits in den frühen Entwicklungsstadien der Cupuaçu-Pflanzen zeigte sich deutlich, daß die Variation bezüglich der Merkmale Pflanzenhöhe, Stammdurchmesser, Blüten- und Fruchtbildung auch innerhalb derselben Versuchsvariante sehr hoch waren. Außerdem war zu erkennen, daß sich die Pflanzen in Monokultur sehr viel schlechter und gegenüber den in Mischkultur kultivierten Pflanzen verzögert entwickelten. Trotzdem überlebte die überwiegende Mehrzahl der Pflanzen auch in den Monokulturparzellen. Da Cupuaçu aus Samen nicht domestizierter Pflanzen angezogen wurde, mußte mit einer hohen Heterogenität des Pflanzenmaterials gerechnet werden. Diese ist der Hauptgrund dafür, daß die Varianzanalyse zum Ende des Projekts, durchgeführt anhand der oben genannten Merkmale, für die vier Versuchsvarianten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ergab.

Produktion der Cupuaçu-Pflanzen im Januar/Februar 1996 (Tab. 8)

Die Frischgewichte der produzierten Früchte [kg] wurden getrennt nach Versuchsvarianten und Pflanzsystemen aufsummiert. Das entspricht der Fruchtproduktion pro Parzelle (Tab. 8). Danach bestätigt sich das schon optisch wahrnehmbare und aufgrund der biometrischen Messungen erhaltene Ergebnis, wonach die Pflanzen in den Mischkultursystemen wesentlich höhere Leistungen erbringen als in Monokultur. Zusätzlich zeigt sich, daß das System 1 das für Cupuaçu leistungsfähigste ist, gefolgt von System 2 und 3. Außerdem ergibt sich aus Tab. 8, daß die Erträge in den Versuchsvarianten "+M" höher liegen als in den "-M"-Varianten. Das letztgenannte Ergebnis macht wahrscheinlich, daß drei Jahre nach Anlage der Plantage der positive Effekt der anfangs vorgenommenen Behandlung mit arbuskulären Mykorrhizapilzen wirksam geworden ist. Wirkungsvorgänge lassen sich allerdings nicht ableiten.

Analyse der Entwicklung der Cupuaçu-Einzelpflanzen in Abhängigkeit von ihren Wuchsorten in der Versuchsplantage

a. Versuchs-Blöcke und Pflanzsysteme (Abb. 5)

Nach 3½ Jahren erreichte in den Blöcken E und D kaum eine Pflanze den Entwicklungszustand der Fruchtproduktion, während in Block C mehr als 50% der Pflanzen bereits Früchte produzierten. C ist der Block, in dem der Bodendecker *Pueraria phaseoloides* 4 Monate nach dem Roden und Brennen die höchsten Flächendeckungen erreicht hatte (s. Preisinger et al. 1994; Jb. 1993). Es kann vermutet werden, daß derzeit unbekannte Standorteigenschaften Ursachen für das geschilderte Verhalten der beiden Pflanzenarten darstellen. Die Ergebnisse der Nährelementanalysen des Bodens bieten dafür zwar Anhaltspunkte, die Aufstellung von Hypothesen erscheint aber zum jetzigen Zeitpunkt verfrüht (s. Kap. 3.7.2).

Das Mischkultursystem 1 ist eindeutig dasjenige mit den am besten entwickelten und den produktivsten Cupuaçu-Pflanzen, gefolgt von den Mischkultursystemen 2 und 3. Das Cupuaçu-Monokultursystem fällt im Vergleich zu den Mischkultursystemen stark ab und brachte bisher nur wenige Pflanzen hervor, die Früchte produzieren. Der starke Einfluß der Pflanzsysteme auf die Entwicklung der Cupuaçu-Pflanzen wird insbesondere in den generell am schlechtesten produzierenden Blöcken D und E deutlich, in denen bislang fast ausschließlich das Pflanzsystem 1 fruchtende Pflanzen hervorbrachte. Cupuaçu ist eine Pflanzenart, die im Jugendstadium am besten unter leichter Beschattung gedeiht. Es kann deshalb vermutet werden, daß sich Cupuaçu in Mischkultur mit Nutzpflanzen, die schneller wachsen als er selbst und deshalb schnell eine wenn auch geringe - Schattenwirkung entfalten, wie Papaya und die Pfirsichpalme, besser entwickelt als in Monokultur. Es ist überraschend, wie empfindlich Cupuaçu offenbar auf Artenzusammensetzung und Pflanzabstände des jeweiligen Mischkultursystems reagiert. Im vorliegenden Fall entwickeln sich die Pflanzen offenbar mit zunehmender Pflanzdichte perennierender Arten besser, d.h. mit zunehmender "Intensivität" des Produktionssystems, und zwar in der folgenden Reihenfolge:

Monokultur-System < Mischkultur-System 3 < System 2 < System 1.

Es muß derzeit offen gelassen werden, ob der Faktor "Beschattung" oder ein anderer, damit im Zusammenhang stehender Standortfaktor die Schlüsselrolle für die bessere Pflanzenentwicklung darstellt. Hierfür kämen abiotische Faktoren wie Luft-, Bodenfeuchte und Lufttemperatur oder biotische Faktoren in Frage.

b. Abstände der Wuchsorte von den Plantagenrändern (Abb. 6)

Die Beobachtung vor Ort ließ erkennen, daß Cupuaçu-Pflanzen am Rand der Versuchsplantage in ihrer Entwicklung weiter fortgeschritten sind als die in den zentral gelegenen Bereichen. Dort hat der größte Teil der Pflanzen (>60%) den adulten Zustand noch nicht erreicht. Zur Erklärung dieses Phänomens werden zwei mögliche Ursachenkomplexe diskutiert:

- Einfluß des Primär- bzw. Sekundärwaldes auf das Mikroklima und auf den Wasserhaushalt des Bodens der angrenzenden Bereiche. Diese Ursache wird als die wahrscheinlichste angesehen.
- Einfluß des Reliefs der Versuchsfläche auf die Nährstoffverhältnisse und den Wasserhaushalt des Bodens (Wie bereits mitgeteilt, liegt die Versuchsfläche auf einem Höhenrücken und fällt zu den Rändern hin ab).

c. Vergleich benachbarter Pflanzen

Auch direkt benachbarte Pflanzen, für welche die oben genannten Standortfaktoren gleich sind (gleicher Block, gleiches Pflanzsystem, gleiche Parzelle, gleicher Abstand zum Rand der Versuchsfläche), weisen häufig deutliche Unterschiede in ihrem Entwicklungszustand und ihrer Produktivität auf. Diese können ihre Ursachen in genetischen Unterschieden des Pflanzenmaterials oder in kleinräumigen Standortunterschieden haben.

Bei den untersuchten Cupuaçu-Pflanzen läßt sich eine erhebliche Variabilität der Entwicklungsgeschwindigkeit bzw. der Produktivität zu beobachten. Rasche Entwicklung und Fruchtproduktion sind offensichtlich nur in einem engen Optimum-Bereich der Standortfaktoren gewährten.

leistet. Folglich treten Unterschiede der genetischen Prädisposition hinsichtlich Entwicklung und Produktivität nicht eindeutig hervor, da sie von der Wirkung bestimmter Standortfaktoren überlagert werden. Lediglich bei einzelnen Individuen, die sich deutlich von den übrigen Pflanzen unterscheiden, könnten genetische Ursachen für die betreffenden Merkmale vermutet werden, z.B. für eine breitere ökologische Amplitude, einen verlagerten Optimum-Bereich hinsichtlich eines oder mehrerer Standortqualitäten und/oder eine höhere Produktivität und eine raschere Entwicklung der Pflanzen.

Tab. 8: Produktion an Cupuaçu-Früchten in den Parzellen des Feldversuchs von Januar bis Februar 1996, getrennt nach Pflanzsystemen und Versuchsvarianten

		II. In herdit	Mischkultur						
		System 1	System 2	System 3	System 7				
30%	-M	19,5	3,3	0,5					
Dün- gung	+M	28,5	1,7	2,5	HONO SANTA				
100%	-M	31,9	17,0	0,5	0,9				
Dün- gung	+M	40,0	24,4	3,2	ms Socie				
amt-Be	decku	Produkti	on [kg] pro Par	zelle im Jan./F	ebr. 1996				

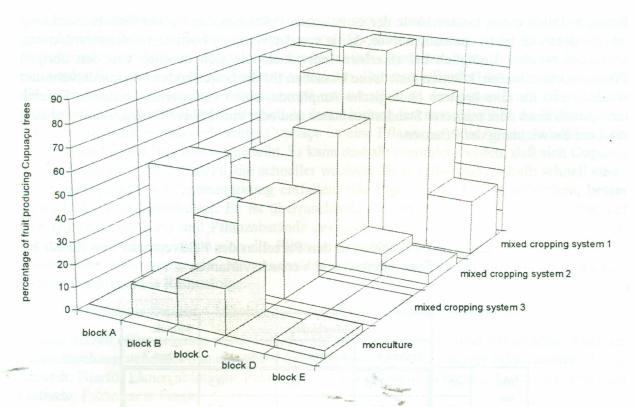


Abb. 5: Anteil adulter Cupuaçu-Bäume in den verschiedenen Pflanzsystemen und Blöcken nach 3½ Jahren Kultur

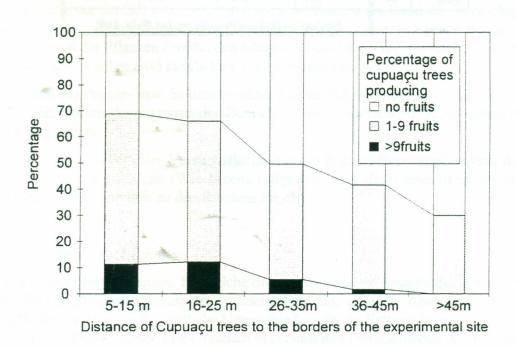


Abb. 6: Entwicklungsstadien der Cupuaçu-Bäume in Abhängigkeit von ihrem Abstand zu den Rändern des Versuchsfeldes

3.4.5 Pfirsichpalme - Bactris gasipaes Kunth

Die Pfirsichpalme bietet zahlreiche Nutzungsmöglichkeiten (vgl. Tab. 2). Mit dem Ziel, möglichst viele unterschiedliche Produkte in der Plantage zu produzieren, wurde jede zweite Pflanzreihe in den beiden Mischkultursystemen für die Gewinnung von Palmenherzen (palmito) abgeschlagen. In den übrigen Reihen wurde jede zweite Pflanze für die Palmenherzen-Produktion geerntet, die übrigen Pflanzen verblieben für die Fruchtproduktion. Die Monokulturparzellen wurden in zwei gleich große Teilparzellen geteilt, wobei die eine ausschließlich für die Palmenherzen-Produktion dient, die andere genauso behandelt wird wie die Mischkultur.

Zum Zeitpunkt des Projektendes lagen Daten zur 1. und 2. Palmenherzen-Ernte vor. Die 2. Ernte (Ende 1995) ist die Grundlage für die nachfolgende Auswertung. Weitere Ernteparameter sowie biometrische Daten (Gewicht der Blätter, Stammdurchmesser u.a.) liegen vor, werden hier aber im Interesse einer komprimierten Darstellung ausgespart.

Die Ernteergebnisse an Palmenherzen zeigen zwischen den Gruppen der Versuchsvarianten keine statistisch signifikanten Unterschiede, jedoch zwischen denen der Pflanzsysteme (Tab. 9). Die Pflanzen des Systems 1 produzieren deutlich besser als die des Systems 2. Das Pupunha-Monokultursystem erbringt ähnlich gute Ernteergebnisse wie das Mischkultursystem 1. Die Pupunha-Palmen zur Fruchtproduktion des Monokultur-Systems sind genauso gut oder besser entwickelt als die in Mischkultur.

Die Bodenvegetation im Pupunha-Monokultursystem weicht von allen anderen Systemen stark ab, bedingt durch die starke Beschattung des Bodens durch die Palmen (vgl. Fotodokumentation, Bild 17) sowie durch die starke Durchwurzelung des Oberbodens. Sie ist vor allem durch eine niedrige Gesamt-Bedeckung der Vegetation und durch einen hohen Kräuteranteil gekennzeichnet. Die dadurch bedingte geringe Fremdkonkurrenz mag der Hauptgrund für das gute Gedeihen dieser Pfirsichpalmen in Monokultur sein.

Tab. 9: Produktion an Palmenherzen (Mittelwerte der Brutto-Produktion als Gewicht pro Pflanze) in den Parzellen des Feldversuchs Ende 1995, getrennt nach Pflanzsystemen und Versuchsvarianten

		Misch	Monok.	
. 2, 10EO .	Jerry	System 1	System 2	System 8
30%	-M	1,60	1,01	
Dün- gung	+M	1,56	0,38	-
100%	-M	1,66	1,17	1,64
Dün- gung	+M	1,68	0,98	
	0,41	Prod	uktion / Pflanze	e [kg]



3.4.6 Urucum - Bixa orellana L.

Urucum ist ein kleiner, schnellwüchsiger und vergleichsweise anspruchsloser Baum des tropischen Amerika, der bereits in der vorkolumianischen Zeit zur Gewinnung von Farbstoffen diente.

Die Pflanzen der Versuchsplantage entwickelten sich ohne Probleme und erbrachten bereits im Jahr 1994 einen Ertrag an Samen von 404 kg/ha (Trockengewicht), im Jahr darauf von 581 kg/ha. Diese Erträge liegen über dem Mittelwert, der für den Staat Amazonas angegeben wird (304 kg/ha).

Im 1. Erntejahr ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten, jedoch erhebliche Produktionsunterschiede in den Parzellen der verschiedenen Blöcke (Tab. 10). Im 2. Jahr erbrachten die 100% gedüngten Parzellen deutlich höhere Erträge als die 30% gedüngten (Tab. 11). Die Unterschiede zwischen den inokulierten Pflanzen und den Kontrollen waren statistisch nicht signifikant.

Tab. 10: Produktion an Urucum-Samen (Trockengewichte) pro Parzelle im 1. Erntejahr (1994), nach Versuchsvarianten und -blöcken getrennt

		Block A	Block B	Block C	Block D	Block E
30%	-M	14,4	15,1	10,7	10,8	13,7
Dün- gung	+M	15,3	9,4	9,6	14,6	6,8
100%	-M	21,3	12,9	15,9	19,0	17,3
Dün- gung	+M	19,1	17,3	19,1	24,4	7,2
de no	dadada	l-churd ra	Trockenge	ewicht der Sar	nen [kg]	ak son ar

Tab. 11: Produktion an Urucum-Samen (Trockengewichte) im 1. und 2. Erntejahr (arithmetische Mittelwerte pro Parzelle), nach Versuchsvarianten getrennt

1		1. Jahr	2. Jahr
30%	-M	13,5	16,7
Dün- gung	+M	12,5	16,7
100%	-M	17,5	30,6
Dün- gung	+M	18,3	25,3
			ewicht der n [kg]

3.4.7 Kokospalme - Cocos nucifera L.

Die Kokospalmen begannen erst zum Ende des Projekts Früchte zu entwickeln. Die nachfolgende Auswertung basiert deshalb auf biometrischen Parametern.

Die Pflanzen des Mischkultursystems 3 erbrachten bezüglich der Merkmale "Anzahl der Blattfiedern", "Länge der Blattfieder Nr. 4" und "Stammumfang" keine statistisch signifikanten Unterschiede in den vier Versuchsvarianten. Die 100%-gedüngten Pflanzen zeigen gegenüber den 30%-gedüngten einen schwachen Entwicklungsvorsprung (Tab. 12).

Tab. 12: Medianwerte der Anzahl der Blattfiedern und arithmetische Mittelwerte Längen der viertjüngsten Blattfieder für die Versuchsvarianten

202.		Anzahl der Blattfiedern	Länge der Blattfieder Nr. 4 [m]
30%	-M	9	1,7
Dün- gung	+M	9	1,7
100%	-M	11	1,8
Dün- gung	+M	10	1,8

3.4.8 Zitrus - Citrus sinensis (L.) Osbeck

Wie die Kokospalmen begannen auch die Zitruspflanzen (Sorte "Rio Pero") erst zum Ende des Projekts Früchte zu entwickeln. Die bisherigen Auswertungen basieren deshalb auf biometrischen Parametern.

Die Pflanzen des Mischkultursystems 3 erbringen bezüglich der Merkmale "Pflanzenhöhe" und "Stammdurchmesser" keine statistisch signifikanten Unterschiede in den vier Versuchsvarianten. Die 100%-gedüngten Pfanzen zeigen gegenüber den 30%-gedüngten einen schwachen Entwicklungsvorsprung (Tab. 13).

Die Zitruspflanzen entwickeln sich in Mischkultur besser als in Monokultur.

Angaben zu Pflanzenkrankheiten der Zitrus-Versuchspflanzen s. Kap. 3.4.2.

Tab. 13: Arithmetische Mittelwerte der Pflanzenhöhen und der Stammdurchmesser der Zitruspflanzen in Mischkultur, nach Versuchsvarianten getrennt, und in Monokultur

18.7	ckea g8trent	- Alexander	Höhe [m]	Durchm. (DAP) [mm]
Fall.	30%	-M	1,8	50,2
	Düngung	+M	1,8	50,7
Mischkultur (System 3)	100%	-M	1,9	54,1
*	Düngung	+ M	2,1	54,6
Monokultur (Sy	rtem 9)		1,5	41,7

3.4.9 Forstbäume

Paranußbaum - Bertholletia excelsa Humb. & Bonpl., Andiroba - Carapa guianensis Aubl., Mahagoni - Swietenia macrophylla King, Hevea brasiliensis (Adr. Juss.) Muell. Arg. und Paricá - Schizolobium amazonicum Ducke

Die in dem "forstlichen" System 4 gepflanzten Arten dienen der Holzgewinnung. Der Paranußbaum, in System 2 eingesetzt, dient darüber hinaus der Produktion von Früchten. Paranußbaum, Andiroba, Mahagoni und Kautschukbaum liefern hochwertige Hölzer, wogegen das Holz der schnellwüchsigen Leguminose Paricá z.B. als Brennholz, für die Holzkohlegewinnung und als Bauholz Verwendung findet. - Für die Entwicklung der Kautschuk-Pflanzen wird auf Kapitel 3.4.3 verwiesen.

Die Wuchsleistung der genannten Baumarten ist außerordentlich unterschiedlich (Tab. 14). Welche Zuwachsraten, zumindest kurzfristig, auf Terra-Firme-Standorten möglich sind, zeigt beispielgebend Paricá. Innerhalb von 3 Jahren erreichte die am besten entwickelte Pflanze eine Höhe von 26m und einen Stammdurchmesser von 21cm. Diese Wuchsleistung liegt damit weit über derjenigen, die für Bäume früher Sukzessionsstadien angegeben wird (5m pro Jahr: Bazzaz & Picket 1980).

Tab. 14: Medianwerte, Minima und Maxima der Pflanzenhöhen und Durchmesser der Forstbaumarten auf der Versuchsfläche nach drei Jahren Kulturzeit (n = Probenumfang und Anzahl der lebenden Exemplare der jeweiligen Art zum Untersuchungszeitpunkt)

i Silm Julies no	Pflanzenhöhe [m]			Durchm			
Pflanzenart	Median	Min.	Max.	Median	Min.	Max.	n
Bertholletia excelsa	4,1	1,1	7,8	6,0	0,6	11,6	230
Carapa guianensis	3,9	2,8	5,5	5,5	3,1	7,1	19
Swietenia macrophylla	5,3	4,3	6,8	6,1	4,5	7,2	12
Hevea brasiliensis (System 4)	3,1	1,7	4,8	2,4	0,8	3,7	53
Schizolobium amazonicum	12,7	1,5	26,2	13,4	1,5	21,0	155

Der Paranußbaum entwickelte sich in allen Parzellen ohne große Probleme, abgesehen von einem Befall mit Blattkäfern (s. Kap. 3.4.2). Die Pflanzen der vier Versuchsvarianten unterscheiden sich hinsichtlich Stammdurchmesser und Pflanzenhöhe statistisch nicht, dagegen nehmen diese Parameter von Block A nach Block E deutlich ab (Abb. 7). Der Paranußbaum zeigte also weder auf die Inokulation mit AMP noch auf die unterschiedlichen Düngergaben eine erkennbare Reaktion!

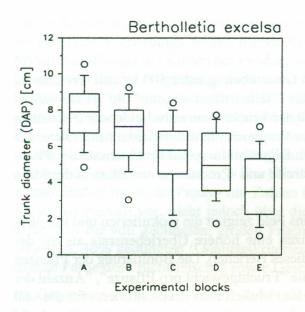
Auch die Paricá-Pflanzen entwickelten sich in der ersten Zeit ohne Probleme. Trotz der hohen Wachstumsraten eignet sich die Pflanzenart nicht als Schattenpflanze bei Anlage einer Misch-

kulturplantage, weil die Pflanzen keine dichte Krone ausbilden und die zarten Fiederblätter kaum Schatten werfen. Die Pflanzen erwiesen sich außerdem in der hier verwendeten niedrigen Pflanzdichte der Systeme 3 und 4 als sehr empfindlich gegen Windbruch. Zum Projektende waren einige Pflanzen ganz oder teilweise umgebrochen, und es wird erwogen, die Paricá-Pflanzen aus dem Versuch herauszunehmen. Der Nutzwert des Holzes ist als gering einzuschätzen. Fazit: Der Einsatz von Paricá in Mischkultursystemen ausdauernder Nutzpflanzen erscheint für die Zukunft nicht sinnvoll.

Auch Paricá zeigte bezüglich der Versuchsvarianten ein indifferentes Verhalten, gleiches gilt auch für Wachstumsunterschiede in den Blöcken A-E (Abb. 8). Deutliche Unterschiede im Wachstumsverhalten lassen sich dagegen zwischen den Pflanzsystemen 3 und 4 erkennen. Die Pflanzen erreichen in System 3 Stammdurchmesser von 14cm und in System 4 von lediglich 10cm (arithmetische Mittelwerte).

Die beiden Edelholzarten Andiroba und Mahagoni wurden nur in System 4 eingesetzt, so daß Vergleiche zur Wirkung der Versuchsvarianten auf das Pflanzenwachstum nicht möglich sind. Wachstumsunterschiede entlang der Blöcke konnten bei den beiden Arten nicht festgestellt werden. Die Mahagoni-Pflanzen des Blockes A fielen Insekten-Kalamitäten zum Opfer (vgl. Kap. 3.4.2).

Sowohl der Kautschukbaum (s. Abb. 4) als auch Paricá zeigten in System 4, in dem der Aufwuchs der Sekundärvegetation zwischen den Reihen geduldet wurde, eine schlechtere Entwicklung als in den anderen Mischkultursystemen. Ähnliche Ergebnisse erbrachten Versuche der EMBRAPA mit verschiedenen Holzarten und mit Cupuaçu. Offenbar geht die Konkurrenz um Nährstoffe, Wasser und Licht zwischen den (schon etablierten) Pflanzen der Sekundärvegetation und den (sich erst etablierenden) Nutzpflanzen immer zuungunsten der Nutzpflanzen aus, auch wenn letztere regelmäßig in ihrer nächsten Umgebung von Wildwuchs freigehalten werden.



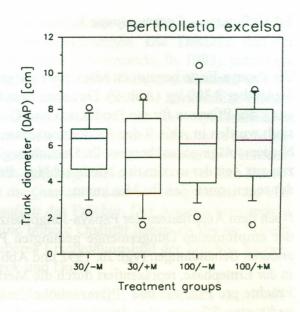
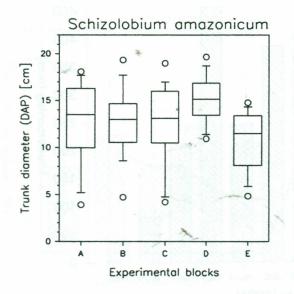


Abb. 7:

Medianwerte sowie 25/75-, 10/90- und 5/95-Perzentile der Stammdurchmesser (DAP) der Paranußpflanzen der Versuchsblöcke (links) und der Versuchsvarianten (rechts), drei Jahre nach Anlage der Versuchsplantage



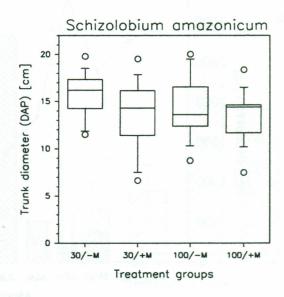


Abb. 8:

Medianwerte sowie 25/75-, 10/90- und 5/95-Perzentile der Stammdurchmesser (DAP) der Paricá-Pflanzen der Versuchsblöcke (links) und der Versuchsvarianten (rechts), drei Jahre nach Anlage der Versuchsplantage

3.4.10 Papaya - Carica papaya L.

Die Papaya-Ernte begann im März 1994 mit einem Gesamtbetrag unter 500 kg und erreichte im September 3.300 kg (Abb. 9). Da neben dem Faktor "Nährstoffversorgung" die Wasserversorgung der Pflanzen für die Produktion und Qualität der Früchte von entscheidender Bedeutung sind, wurden in Abb. 9 den Produktionsdaten zum Vergleich die monatlichen Mittelwerte der Niederschläge gegenübergestellt. Danach beginnen Blütenbildung und Fruchtansatz der Pflanzen zur Zeit der maximalen Niederschläge. Fruchtreife und -Produktion erreichen in der Mitte der regenarmen Zeit ihr Maximum.

Nach dem Auspflanzen der Papaya-Jungpflanzen ins Feld zeigten die inokulierten und mit 30% der empfohlenen Düngermenge gedüngten Pflanzen eine höhere Überlebensrate als die der anderen Behandlungen (vgl. Jb. 1992 und Abb. 3 dieses Berichts). Die Bonitierung der Pflanzen in der Erntephase, repräsentiert durch die Merkmale "Fruchtgewicht pro Pflanze", "Anzahl der Früchte pro Pflanze" und "Pflanzenhöhe", zeigt - hinsichtlich aller drei Kriterien - für die voll gedüngten Pflanzen eine deutlich bessere Entwicklung als für die 30% gedüngten. Durch die Inokulation mit AMP werden zwar die biometrischen und Ernteergebnisse der 30% gedüngten Versuchsvariante erhöht, jedoch liegen letztere nur bei einem Drittel der Erträge der Pflanzen mit Volldüngung (Abb. 10, rechter Teil; vgl. auch Müller 1995). Es darf bei dem Vergleich aber nicht übersehen werden, daß in dem Beispiel der Abb. 10 die 30/+M-Versuchsvariante gegenüber der 30/-M-Variante einen Ernte-Mehrertrag von 5,5kg pro Pflanze bedeutet!

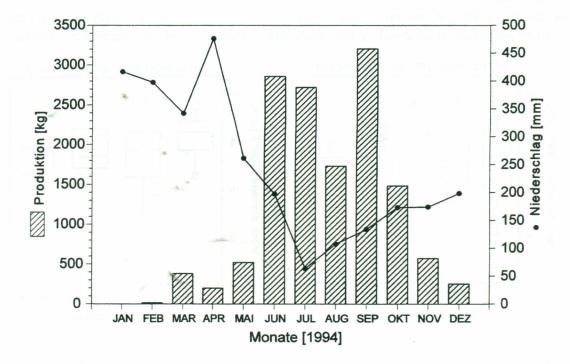
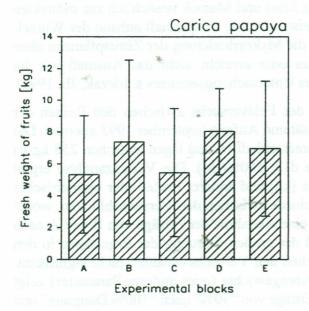


Abb. 9:

Gesamt-Papaya-Produktion auf der Versuchsplantage im Jahre 1994 (1. Produktionsjahr) sowie Monats-Mittelwerte der Niederschläge

Ob die Kostenersparnis durch den geringeren Düngemittel-Einsatz den Minderertrag aufwiegt, ist zweifelhaft, allerdings fehlen hierzu Kosten-Nutzenrechnungen. Die Tatsache, daß der Mykorrhiza-Einsatz die Kosten der Produktion kaum erhöht (s. Normando, Jb. 1993), jedoch die Überlebensrate der Jungpflanzen sowie die Erträge bei geringem Düngemitteleinatz, läßt die Durchführung von Versuchen mit mehreren Düngungsstufen und mit/ohne Mykorrhiza-Einsatz sinnvoll erscheinen, um eine Optimierung des Düngemittel-Einsatzes bei mykorrhizierten Pflanzen zu erreichen, mit dem Ziel eines optimierten Kosten-/Nutzenverhältnisses. Im Mittel werden in Papaya-Monokulturen der Region 25 t/ha geerntet. Der in der Mischkultur-Versuchsplantage erreichte Ertrag von 21,2 t/ha bei Volldüngung liegt danach leicht unter dem Durchschnitt. Bisher liegen für Papaya nur Zahlen über die Quantitäten der Ernteergebnisse der vier Versuchsvarianten vor, nicht jedoch über die Qualität der Früchte. Der Augenschein spricht dafür, daß die voll gedüngten, großen Früchte eine höhere Qualität haben als die im Schnitt kleineren, 30% gedüngten (Qualitätskriterien: äußeres Erscheinungsbild der Früchte, ansprechende Farbe des Fruchtfleisches sowie Geschmack und Duft).

Im Gegensatz zu anderen Pflanzenarten der Mischkulturplantage, insbesondere den Forstbaumarten, spricht Papaya deutlich auf die Düngungsmaßnahmen (= organischer Dünger) an. Pflanzenentwicklung und Ernteerträge variieren zwar in den verschiedenen Parzellen des Versuchs erheblich, jedoch zeigen sich bei Papaya keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsblöcken (Abb. 10, linker Teil).



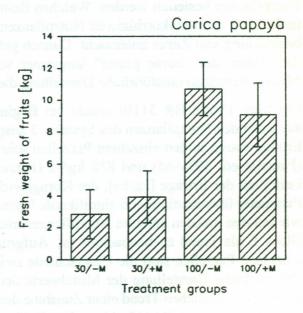


Abb. 10:

Mittlere Frischgewichte der Papaya-Früchte pro Pflanze, bezogen auf die Versuchsblöcke (links) und die Versuchsvarianten (rechts) im Erntejahr 1994

3.4.11 Kurzlebige Nutzpflanzenarten

Kuhbohne - Vigna sinensis L.

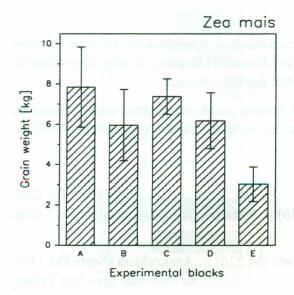
Die Bohnen (Kultivar IPEAN V 69), gesetzt Anfang Mai 1993, fielen zu etwa 90% einer Insektenkalamität zum Opfer, weshalb keine Ernte eingebracht werden konnte und eine Auswertung nicht durchgeführt wurde.

Der Befall der Kuhbohne mit dem Blattkäfer *Diabrotica speciosa* Germar 1824 (Coleoptera, Chrysomelidae) tritt in Amazonien häufig auf und ist daher von großer wirtschaftlicher Bedeutung für diese Kultur. Im vorliegenden Fall muß davon ausgegangen werden, daß sich die Käfer von einer ihrer Wirtspflanzen, dem Bodendecker *Pueraria phaseoloides* ausbreiteten (s. Pamplona, Jahresbericht 1993). Diese Art dominierte schon zu diesem Zeitpunkt Teile der Plantage.

Mais - Zea mais L.

Mais erbringt auf den armen *Terra-Firme*-Böden Amazoniens nur schlechte Erträge und wird von den Kleinbauern nur in geringem Umfang und vorwiegend für den Eigenbedarf angebaut. Für das Projekt dagegen war die letztgenannte Pflanzenart ein wichtiger Bestandteil des Feldexperiments, da mit AMP besiedelte Maiswurzeln - und die anderer kurzlebiger Nutzpflanzen wie Maniok - die Besiedelung der Wurzelsysteme anderer Nutzpflanzenarten fördern können. Nach Besiedelung der Wurzeln von Mais- bzw. Maniokpflanzen können diese als "nurse plants" dienen, indem von den mykorrhizierten Wurzelsystemen ausgehend andere nicht-mykorrhizierte Nutzpflanzen besiedelt werden. Welchen Beitrag Mais und Maniok tatsächlich zur indirekten Inokulation nicht-mykorrhizierter Nutzpflanzen leisten, wurde beispielhaft anhand der Wurzelbesiedelung von Zitrus untersucht. Danach geht die Mykorrhizierung der Zitruspflanzen ohne den Anbau der "nurse plants" langsamer voran oder erreicht nicht das Ausmaß wie im Mischkulturanbau (ausführliche Darstellung dieses Untersuchungsansatzes s. Idczak, Jb. 1993).

Der Mais (Sorte BR 5110) wurde bei Beginn des Feldversuchs zwischen den Reihen der ausdauernden Nutzpflanzen des Systems 3 ausgesät und Anfang September 1993 geerntet. Die Erträge waren in den einzelnen Parzellen sehr unterschiedlich und lagen zwischen 258 kg/ha (Parzelle e6, 30%/-M) und 838 kg/ha (Parzelle d17, 100%/-M). Die Varianzanalyse ergibt bezüglich der Erträge [kg/ha], der Korngewichte [kg] und anderer Ernte- oder biometrischer Parameter übereinstimmend signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsblöcken, wobei wie bei den meisten anderen Nutzpflanzenarten eine Abnahme der Erträge von Block A nach Block E als Trend zu beobachten ist. Aufgrund der großen Streuung der Ergebnisse in den einzelnen Parzellen sind die Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten nicht signifikant. Die grafische Darstellung der Mittelwerte der Korngewichte (oder anderer Parameter) zeigt jedoch den deutlichen Trend einer Zunahme der Erträge von "30%" nach "100% Düngung" und von "-M" nach "+M" (Abb. 11, rechter Teil).



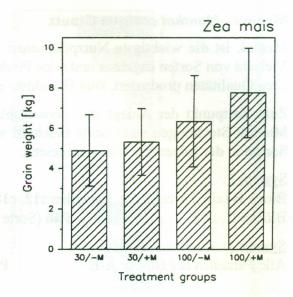


Abb. 11:

Arithmetische Mittelwerte der Erträge an Maiskorn in den Parzellen der Versuchsblöcke (links) und der Versuchsvarianten (rechts). Die Korngewichte wurden wurden auf einen einheitlichen Wassergehalt von 13% normiert.

Maniok - Manihot eculenta Crantz

Maniok ist die wichtigste Nutzpflanzenart des amazonischen Kleinbauern, er wird in einer Vielzahl von Sorten angebaut und seine Produkte wie Maismehl (farinha), in sehr unterschiedlichen Qualitäten produziert, sind Grundnahrungsmittel der Bevölkerung.

Zum Zeitpunkt der Anlage der Versuchsplantage konnte nicht die ausreichende Menge an Maniok-Stecklingen einer Sorte beschafft werden. Es wurden deshalb drei unterschiedliche Sorten in der folgenden Weise eingesetzt:

System 2:

System 3:

Da die Sorten unterschiedliche Erträge erbringen und ein unterschiedliches ökologisches Verhalten zeigen, war eine statistische Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich der Versuchsvarianten nicht möglich. Nachfolgend werden deshalb, nach Pflanzsystemen getrennt, die Erträge der Sorten in den Parzellen als "Produktion pro Pflanze" [kg] einander in Säulendiagrammen gegenübergestellt (Abb. 12 und 13).

Danach ist in System 2 der Ertrag von "Pão" höher als der von "Vinagre". In System 3 sind die Erträge von "Pão" und "Amarelona" (Mandioca) etwa gleich hoch. "Pão" produziert im Pflanzsystem 2 deutlich besser als im System 3. Deutliche Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten können aufgrund der hohen Streuungen der Erträge nicht ausgemacht werden. Gleiches gilt für die Varianten "-M"/"+M".

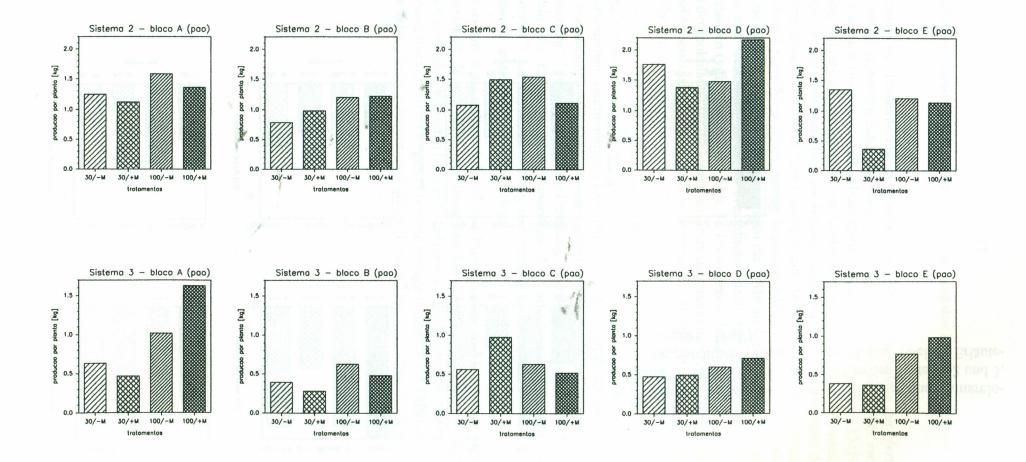
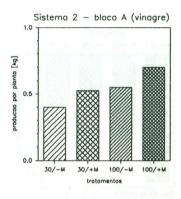
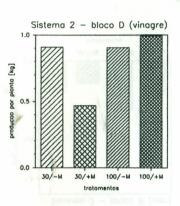


Abb. 12: Erträge des Manioks (Sorte "Pão") in den Parzellen der Systeme 2 und 3, dargestellt als "Produktion pro Pflanze" (weitere Erläuterungen s. Text!)







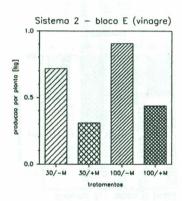
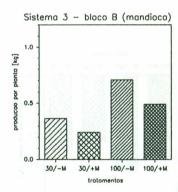
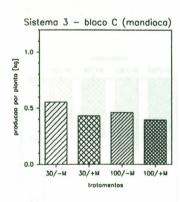
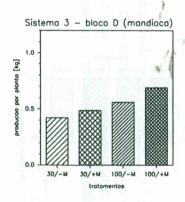


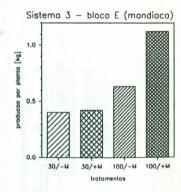
Abb. 13:

Erträge des Manioks (Sorten "Vinagre" und "Amarelona" = Mandioca) in den Parzellen der Systeme 2 und 3, dargestellt als "Produktion pro Pflanze" (weitere Erläuterungen s. Text!)









3.4.12 Nutzpflanzenentwicklung: Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Feldexperiments erlauben drei Jahre nach Anlage der Versuchsplantage keine einfach zu ziehenden Schlußfolgerungen bezüglich der Wirkungen der zwei Düngungsstufen und der der Inokulation mit arbuskulären Mykorrhizapilz-Sporen (AMP-Sporen). Bei Anwendung univariater statistischer Analysemethoden ergeben sich nur wenige statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungs-Gruppen: Die Mehrzahl der Nutzpflanzenarten zeigt zwar eine bessere Entwicklung in der 100%- als in der 30%-Düngungsvariante, jedoch sind die Unterschiede häufig gering, in einigen Fällen ist kein Unterschied festzustellen. In der Anzuchtphase der Nutzpflanzen zeigen die AMP-inokulierten Pflanzen ein schnelleres Wachstum und wesentlich geringere Ausfallraten nach dem Auspflanzen ins Feld als die Kontrollpflanzen (vgl. Jb. 1992 und Abb. 3). Im weiteren Verlauf der Pflanzenentwicklung ist der Effekt der Inokulation für die einzelnen Arten unterschiedlich. Auch der Vergleich zwischen Mono- und Mischkultursystemen gestattet keine generell gültigen Aussagen, jedoch gedeihen die Nutzpflanzen in der Mehrzahl der Fälle in Mischkultur besser als in Monokultur.

Trotz der Komplexität der Ergebnisse wird der Versuch einer tabellarischen, stark vereinfachenden Übersicht über das Verhalten der Pflanzen in den verschiedenen Versuchsvarianten und Kultursystemen unternommen (Tab. 15). Die Tabelle stellt für die in allen Versuchsvarianten vorhandenen Pflanzenarten den Vergleich zwischen den Varianten "mit" und "ohne Mykorrhizierung", "30%-" und "100%-Düngung" und den Kultursystemen "Mischkultur" und "Monokultur" dar. Dabei beruht die Bewertung des Verhaltens der Pflanzen ("wenig erhöht", deutlich erhöht") auf der Einschätzung der beteiligten Projektmitarbeiter, gestützt auf die Ernteergebnisse und/oder Wuchsparameter.

Es ist interessant festzustellen, daß sich die Pfirsichpalme in Monokultur genauso gut oder besser entwickelt als in Mischkultur (mögliche Ursachen hierfür s. Kap. 3.4.5). Inokulierter Mais erbrachte in allen Varianten bessere Ergebnisse als die Kontrollen, während Papaya in der "+M"-Variante nur bei "30% Düngung" bessere Erträge brachte. Kautschukbaum, Paranußbaum und Paricá zeigen keine oder nur undeutliche Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten.

Tab. 15: Qualitative Bewertung der Nutzpflanzenentwicklung in den Versuchsvarianten und für die Kultursysteme (Monokultur = Mono; Mischkultur = Misch);

Basis der Bewertung: Papaya, Cupuaçu, Pupunha, Urucum, Maniok, Mais = Produktions- und biometrische Daten; alle anderen Kulturen = nur biometrische Daten (Pflanzenhöhe, Stammdurchmesser)

Legende

Diff. Blöcke:

● = Pflanzenart zeigt deutliche Entwicklungsunterschiede zwischen den Blöcken

? = derzeit nicht ausgewertet

Versuchsvariante "100% Düngung":

Felder schattiert = betreffende Art erbringt in dieser Variante deutlich höhere Leistungen

Versuchsvarianten "-M/+M":

O = Leistung der Pflanzenart wenig erhöht

= Leistung der Pflanzenart deutlich erhöht

		ets: lests	V	ersuchs	svarian	ten	Ku	ltur-
		Diff. Blöcke		gung	1009 Dün	% gung	sys	teme
		banu	-M	+M	-M	+M	Mono	Misch
williarus Papis	Kautschuk	•	00801	5708	od a	diari	Aliensy L	mi strice
a variounite V	Cupuaçu	•	I ad	0		0		•
	Pfirsichpalme	•	0			0	•	
	Zitrus	?		0		0		0
ausdauernde Nutzpflanzen-	Urucum	•	0			0		
arten	Kokos	?		0		0		
	Paranuß	•					nicht w	ntersucht
	Paricá 🌭						ment untersuct	
	Papaya			•	•			
kurzlebige	Maniok		0		O			
Nutzpflanzen	Mais	•		•		•		

3.5 Wechselwirkungen zwischen Standortfaktoren und Nutzpflanzenentwicklung

Definitionen:

"Standort" ist die Gesamtheit der Einflüsse (Faktoren), die an einer (geographisch) bestimmten Örtlichkeit auf die Pflanze oder Pflanzengesellschaft einwirkt (vgl. Rübel 1930). "Standortfaktoren" sind ökologische Faktoren, die auf einen Standort einwirken. In diesem Sinne ist die spontane Vegetation ein Komplex von Standortfaktoren ("environmental complex" i.S. von Billings 1952), der auf die Nutzpflanze einwirkt. In diesem Sinne sind sowohl "Vornutzung" als auch "spontane Vegetation" Standortfaktorenkomplexe für die Nutzpflanzenarten, die zusammen mit bodenbiologischen und Bodenfaktoren innerhalb dieses Kapitels behandelt werden.

3.5.1 Artenzusammensetzung und Diversität der Vegetation

Einführung

Um beurteilen zu können, ob die in Erprobung befindlichen Pflanzsysteme für eine nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung der Standorte geeignet sind, ist die Untersuchung von Funktionszusammenhängen in derartigen Agro-Ökosystemen notwendig. Eine wichtige Grundlage hierfür sind Kenntnis von Flora und Vegetation und ihr ökologisches Verhalten nach unterschiedlicher (Vor-)Nutzung der Standorte der Versuchsfläche. "Nutzung" wirkt sich immer als Störung der natürlichen Vegetation aus, die je nach Intensität und Häufigkeit der Störungsereignisse geringere oder stärkere Auswirkungen auf die Vegetation haben (vgl. hierzu Uhl 1988). Der Begriff "Störung" wird hier i.S. von Grime (1979, 1985 u.a.) verwendet. Im Falle der extensiven Nutzung des Primärwaldes sind das Tritt und Abschlagen von Bäumen, im Falle landwirtschaftlicher Nutzung Roden, Brennen, Abschlagen, Mahd und Tritt. Ein Strukturmerkmal der Vegetation, welches sich nach Störung immer ändert, ist die Wuchsformenzusammensetzung. Als Beispiel für die Wirkungen verschiedener Störungsmuster, wie sie auf der SHIFT-Versuchsfläche auftreten, werden nachfolgend die drei Vegetationstypen extensiv genutzter Primärwald, achtjähriger Sekundärwald und Plantage vergleichend analysiert.

Methoden

Die spontane Vegetation eines extensiv genutzten Primärwaldes, eines achtjährigen Sekundärwaldes und der Versuchsplantage wurden floristisch und strukturell einer vergleichenden Analyse unterzogen. Hierfür wurden drei Flächen von je $1.600 \mathrm{m}^2$ ausgewählt. Die Vegetationstypen repräsentieren Sukzessionsstadien mit steigender Nutzungsdauer und -intensität. Es wurden alle in den Probeflächen vorkommenden Gefäßpflanzenarten auf Artenebene identifiziert und die Arten einer von 16 Wuchsformentypen zugeordnet (Wuchsformensystem nach Preisinger et al., im Druck; s. Tab. 16). Es wurden Artenanzahlen und Wuchsformenzusammensetzungen untersucht.

Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Der Terra-Firme-Wald in der Umgebung der Versuchsfläche ist physiognomisch durch eine

maximal 40m hohe Baumschicht mit palmenreichem Unterwuchs gekennzeichnet. Unter Verwendung des Klassifikationssystems von Beard (1955) ist er als "tropical rain forest" mit einer Tendenz zum "evergreen seasonal forest" zu bezeichnen. Eine nähere Klassifikation unter Bezugnahme auf die dominierenden Arten erscheint aufgrund der geringen Größe der bisher ausgewerteten Aufnahmeflächen als noch nicht sinnvoll. Weder Klinge (1973) noch Prance, Rodriguez & da Silva (1976) machen für den Wald des Untersuchungsgebietes einen Klassifikationsvorschlag. Die im Primärwald auf kleiner Fläche vorgefundene Artenanzahl von 465 Arten erscheint gegenüber anderen Untersuchungen hoch, sie ist jedoch vergleichbar mit der von Klinge (1973) auf etwa gleicher Fläche gezählten Arten (über 500 Arten auf 2.000 m² bei km 60 an der Straße Manaus-Itacoatiara). Es muß hier nochmals darauf hingewiesen werden, daß im Gegensatz zu vielen anderen Untersuchungen (z.B. Rank-de-Mérona et al. 1992) in der vorliegenden Analyse alle Gefäßpflanzenarten der Parzelle erfaßt wurden, einschließlich die der Jungpflanzen der Bäume, der Gräser und Kräuter.

Der Vergleich der drei Beispielflächen zeigt, daß Störungsereignisse wie Roden und Brennen und die nachfolgende Inkulturnahme zu einer drastischen Abnahme der Artenzahlen und zu einem vollständigen Wandel in der Wuchsformenstruktur führen (Abb. 14, Tab. 17, 18 und 19). Verglichen mit dem untersuchten Primärwald zeigt die Analyse der Plantagenfläche einen Artenverlust von mehr als 80%. Hiervon sind vor allem die holzigen Arten betroffen, insbesondere große Bäume (Wuchsform "TT"). Sie werden durch Arten mit kurzen Lebenszyklen ersetzt, wie strauchförmige Pflanzen, Kräuter und Gräser. Nur bestimmte holzige Arten, die über Fähigkeiten der vegetativen Regeneration aus Wurzeln und Sproßteilen verfügen, können unter derartigen Umständen überleben. Einige Arten der Gattung Vismia (Clusiaceae) gehören z.B. zu dieser Gruppe, die nach schweren, aber einmaligen oder selten stattfindenden Störungsereignissen (≈ einmal in zehn oder hundert Jahren) zur Dominanz gelangen können.

Die Veränderungen in der Wuchsformenzusammensetzung ziehen auch solche der taxonomischen Zusammensetzung der Flora nach sich. Viele Pflanzenfamilien werden durch einen begrenzten Bereich von ökologischen oder Strategietypen repräsentiert, z.B. sind die Melastomataceae im Sekundärwald ausschließlich durch die Wuchsformentypen "treelet" (ST) und "Niedrige Bäume" (LT) repräsentiert. Mit Reduzierung der Artenzahlen bei zunehmender Nutzungsintensität verringert sich auch die taxonomische Diversität auf der Ebene der Pflanzenfamilien (76 Familien im Primärwald, 54 im Sekundärwald und 31 in der landwirtschaftlichen Versuchsfläche). Obwohl die taxonomische und strukturelle Vielfalt der Vegetation nach landwirtschaftlicher Nutzung drastisch reduziert wird, können viele der Primärwaldarten für längere Zeit in der Nutzfläche mit Hilfe von Wurzeln und Sproßteilen durch Wiederaustrieb überleben. Aufgelassene Flächen werden von benachbarten Primärwaldrändern erneut besiedelt. Allerdings wird die landwirtschaftliche Nutzung großer Flächen, die für lange Jahre auf denselben Flächen stattfindet (wie im vorliegenden Feldversuch vorgesehen), zu einem irreversiblen Verlust der Mehrzahl der Primärwaldarten führen, wenn das Regenerationspotential erschöpft ist. Um das Artenpotential des Primärwaldes in Landwirtschaftsgebieten wenigstens teilweise zu erhalten, müßte für ein kleinräumiges Muster aus Primärwald, Sekundärwald und Nutzflächen gesorgt werden (Preisinger & Skatulla, in Vorber.).

Ob der Waldtyp der Versuchsfläche mit dem von Pires & Prance (1985) beschriebenen "open forest with palms" identisch ist, kann aufgrund der dortigen kurzen Beschreibung nicht entschieden werden.

Tab. 16: Wuchsformen-System nach Preisinger et al. (im Druck). Das System wurde, unter teilweiser Verwendung von Vorstellungen Dansereau's (1951, 1957), Box' (1981) and Barkman's (1988), für die zu untersuchende Terra-Firme-Vegetation bei Manaus entwickelt. Es beansprucht keine Allgemeingültigkeit für die amazonische Vegetation.

	non se	lf-supporting	self-su	self-supporting				
herbaceous	WH SC	<u>Winding Herbs</u> = vines* <u>Spread Climbers*</u>	GS GR GT BF UH HR	Graminoid herbs, spreading by Stolons (Poaceae) Graminoid herbs, spreading by Rhizomes (Poaceae) Graminoid herbs, forming Tussocks (Poaceae, Cyperaceae) Broad-leaved Forbs (Musaceae inter alia) Upright or prostrate growing Herbs ⁹ with medium or small leaves Herbs, spreading by Rhizomes (Polypodiaceae)				
woody	WT	Winding or Twining plants = lianas (Bignoniaceae inter alia)	SH ST	<u>SH</u> rubs ¹⁰ <u>S</u> parsely ramified, short-lived <u>T</u> reelets which regenerate mainly from seeds, forming broad or medium, simple, lobed or compound leaves (<i>Melastomataceae</i> , <i>Moraceae</i>)				
	SC	Spread Climbers	RT Brance LT MT TT	Rosette-Trees, forming a single terminal crown of broad, compound leaves (Arecaceae) hed out trees, medium or small leaves: Low Trees, height <8m, often regenerating from subterranean roots and shoots Medium Trees, height 8-15m Tall Trees (height >15m)				

zusätzlich: Lebensform "Epiphyt" (EP)

⁹ Z.T. mit verholzten unteren Sproßteilen

Nach eigenen Beobachtungen (Preisinger, unveröff.) fehlen echte Sträucher i.S. von Raunkiaer (1934), d.h. Gefäßpflanzen mit basitoner Wuchsform, im Untersuchungsgebiet vollständig. Die hier als "shrubs" bezeichneten Formen zeigen Mesotonie und erreichen dabei nur geringe Wuchshöhen (meist < 1,5 m).

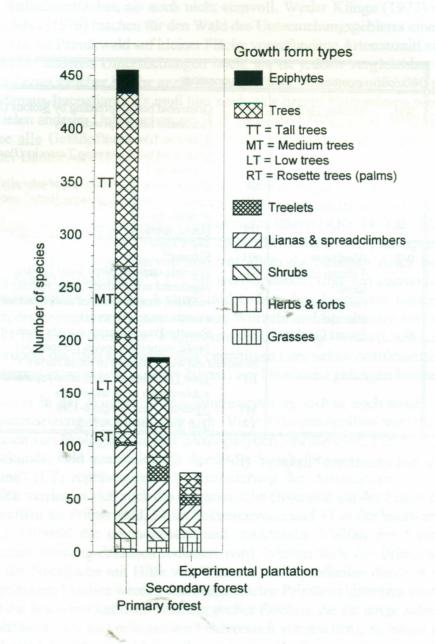


Abb. 14:

Artenanzahlen und Wuchsformen-Zusammensetzungen der drei Referenzflächen von je 1.600m² (extensiv genutzter Primärwald, 8jähriger Sekundärwald und Versuchsplantage). Die dargestellten Wuchsformen-Kategorien beinhalten die folgenden Wuchsformen (vgl. Tab. 16): "Epiphytes" = EP, "Treelets"= ST, "Lianas & Spreadclimbers" = WH, WT u. SC, "Shrubs" = SH, "Herbs & forbs = BF, UH u. HR, "Grasses" = GS, GR u. GT.

Tab. 17: Artenliste der 1.600m² großen Primärwald-Referenzfläche, geordnet nach Wuchsformentypen entsprechend der Abb. 14 (Nomenklatur nach Boggan et al. 1992; Abkürzungen vor den Artnamen = Wuchsformentyp, s. Tab. 16)

Epi Aechmea mertensii (Mey.) Schult. f.	TT Dialium guianense (Aubl.) Sandw.
Epi Anthurium atropurpureum R.E. Sch. & Mag.	TT Dicorynia sp. 1
Epi Anthurium bonplandii Bunting	TT Dipteryx odorata (Aubl.) Willd.
Epi Araecoccus micranthus Brongn.	TT Dipteryx punctata (Blake) Amsh.
Epi Clusia sp. 1	TT Drypetes sp. 1
Epi Codonanthopsis huebneri Mansf.	TT Duckesia verrucosa (Benth.) Cuatrec.
Epi Guzmania lingulata (L.) Mez	TT Duguetia argentea (R.E. Fr.) R.E. Fr.
Epi Maxillaria brunnea Linden & Rchb. f.	TT Ecclinusa abbreviata Ducke
Epi Oedomatopus obovatus Spr. ex Pl. & Tr.	TT Ecclinusa sp. 1
Epi Philodendron distantilobium Krause	TT Endopleura uchi (Huber) Cuatr.
Epi Philodendron fragrantissimum (Hook.)Kunth	TT Enterolobium schomburgkii (Bth.) Bth.
Epi Philodendron hylaeae Bunting	TT Eperua bijuga Mart. ex Benth.
Epi Philodendron linneai Kunth	TT Eschweilera bracteosa (Poepp. ex Berg) Miers
Epi Philodendron megalophyllum Schott	TT Eschweilera decolorans Sandw.
Epi Philodendron melinonii Brongn. ex Regel	TT Eschweilera odora (Poepp.) Miers
Epi Philodendron sp. 1	TT Eschweilera ovata (Cambess.) Miers.
Epi Philodendron sp. 2	TT Geissospermum sericeum (Sagot) Bth.&J.D.Hook
Epi Philodendron sp. 3	TT Guarea subsessifolia C. DC.
Epi Philodendron sp. 4	TT Guatteria discolor R.E. Fries
Epi Philodendron sp. 5	TT Guatteria procera R.E. Fries
Epi Rudolfiella aurantiaca (Lindl.) Hoehne	TT Gustavia elliptica Mori
Epi Scaphiglottis amazonica Schlechter	TT Helicostylis tomentosa (Poepp. & Endl.)Rusby
Epi Scapingiotus anazonica Schiechter	TT Holopyxidium jarana (Hub.) Ducke
TT Ampelocera edentula Kuhlm.	TT Humiriastrum cuspidatum (Benth.) Cuatrec.
TT Anacardium parvifolium Ducke	
TT Andira micrantha Ducke	TT Inga alba (Swartz) Willd.
	TT Inga brevialata Ducke
TT Aniba canelilla (Kunth) Mez	TT Inga leiocalycina Benth.
TT Aniba ferrea Kubitzki	TT Iryanthera elliptica Ducke
TT Aniba panurensis (Meissn.)	TT Iryanthera juruensis Warb.
TT Anisophyllea manausensis Pires & W.Rodr.	TT Licania elliptica Standl.
TT Aspidospermum discolor A. DC.	TT Licania gracilipes Taub.
TT Aspidospermum sp. 2	TT Licania kunthiana J.D. Hook.
TT Aspidospermum sp. 3	TT Licania laevigata Prance
TT Astronium sp. 1	TT Licania laxiflora Fritsch
TT Bocoa viridiflora (Ducke) Cowan	TT Licania majuscula Sagot
TT Bombacopsis macrocalyx (Ducke) A.Robyns	TT Licania micrantha Miq.
TT Brosimum guianense (Aubl.) Huber	TT Licania sp. 1
TT Brosimum rubescens Taub.	TT Licania sp. 2
TT Buchenavia congesta Ducke	TT Licania sp. 3
TT Buchenavia parvifolia Ducke	TT Licania sp. 5
TT Byrsonima sp. 2	TT Licania sp. 6
TT Cariniana decandra Ducke	TT Licania sp. 7
TT Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.	TT Licania unguiculata Prance
TT Chrysophyllum prieurii A. DC.	TT Licaria aritu Ducke
TT Chrysophyllum sp. 1	TT Licaria cannela (Meissn.) Kosterm.
TT Chrysophyllum sp. 2	TT Licaria chrysophylla (Meissn.) Kosterm.
TT Chrysophyllum sp. 3	TT Licaria guianensis Aubl.
TT Chrysophyllum sp. 4	TT Marilkara amazonica (Hub.) Chev.
TT Chrysophyllum sp. 5	TT Micropholis egensis (A. DC.) Pierre
TT Chrysophyllum sp. 7	TT Micropholis guyanensis (A. DC.) Pierre
TT Clarisia racemosa Ruiz & Pav.	TT Minquartia guianensis Aubl.
TT Copaifera multijuga Hayne	TT Mouriri duckeana Morley
TT Corytophora alta R. Knuth	TT Mouriri lunanthera Morley
TT Couepia bracteosa Benth.	TT Mouriri sp. 1
TT Couepia guianensis Aubl.	TT Myrtiluma eugeniifolia (Pierre) Baill.
TT Couepia longipendula Pilger	TT Ocotea amazonica (Meissn.) Mez
TT Couepia obovata Ducke TT Couepia racemosa Benth. ex Hook. f.	TT Octoorblooum plot/coormum (Spr. ev. A DC.) Work
STATE SALD CONTRACTOR AND	TT Osteophloeum platyspermum (Spr. ex A.DC.) Warb.
TT Crepidospermum goudotianum (Tul.) Tr. & Pl.	TT Parkia decussata Ducke
TT Crepidospermum rhoifolium (Bth.) Tr. & Pl.	TT Piptadenia suaveolens Miq.

/em #		_
(Tah	17	Fortsetzung)

TT Pithecellobium claviflorum Benth.

TT Pithecellobium racemosum Ducke

TT Pithecellobium sp. 1

TT Pouteria anomala (Pires) Penn.

TT Pouteria cladantha Sandw.

TT Pouteria glomerata (Miq.) Radlk.

TT Pouteria guianensis Aubl.

TT Pouteria jariensis Pires & Penn.

TT Pouteria macrophylla (Lam.) Eyma

TT Pouteria opposita (Ducke) Penn.

TT Pouteria sp. 1

TT Pouteria sp. 2

TT Pouteria sp. 3

TT Protium altsonii Sandw.

TT Protium apiculatum Swart

TT Protium aracouchini (Aubl.) March.

TT Protium divaricatum Engl.

TT Protium ferrugineum (Engl.) Engl.

TT Protium fimbriatum Swart

TT Protium giganteum Engl.

TT Protium glabrescens Swart

TT Protium grandifolium Engl.

TT Protium guianense (Aubl.) March.

TT Protium hebetatum Daly

TT Protium krukoffii Swart

TT Protium nitidifolium (Cuatr.) Daly

TT Protium opacum Swart

TT Protium paniculatum Engl.

TT Protium pilossimum Engl.

TT Protium polybotryum (Turcz.) Engl.

TT Protium sagotianum March.

TT Protium spruceanum (Benth.) Engl.

TT Protium tenuifolium (Engl.) Engl.

TT Pseudolmedia sp. 1

TT Pseudolmedia sp. 2

TT Qualea paraensis Ducke

TT Radlkoferella macrocarpa (Hub.) Aubr.

TT Rollinia exsucca (DC. ex Dunal) A. DC.

TT Sclerolobium sp. 1

TT Sclerolobium sp. 2

TT Sclerolobium sp. 3

TT Sclerolobium sp. 4

TT Sclerolobium sp. 5

TT Scleronema micrantha Ducke

TT Sloanea eichleri K. Schum.

TT Sloanea floribunda Spruce ex Benth.

TT Sloanea guianensis (Aubl.) Benth.

TT Sloanea laxiflora Spruce ex Benth. TT Sloanea rufa Planch. ex Benth.

TT Stryphnodendron racemiferum (Ducke) W.Rodr.

TT Swartzia ingifolia Ducke

TT Swartzia sp. 1

TT Swartzia sp. 3

TT Swartzia ulei Harms

TT Symphonia globulifera L.f.

TT Tabebuia serratifolia (Vahl) Nichols.

TT Tachigalia paniculata Aubl.

TT Tapirira guianensis Aubl.

TT Vantanea macrocarpa Ducke

TT Virola caducifolia W. Rodr.

TT Virola calophylla Warb.

TT Virola divergens Ducke

TT Virola multinervia Ducke

TT Virola theiodora (Benth.) Warb.

TT Virola venosa (Benth.) Warb.

TT Voucapoua pallidior Ducke

MT Bocageopsis multiflora (Mart.) R.E.Fr.

MT Carpotroche crispidentata Ducke

MT Casearia javitensis Kunth

MT Cordia nodosa Lam.

MT Cordia scabrida Mart.

MT Couepia habrantha Standley

MT Diospyros praetermissa Sandw.

MT Diospyros sp. 1

MT Eugenia egensis DC.

MT Eugenia ferreireana O. Berg

MT Eugenia patrisii Vahl

MT Eugenia sp. 1

MT Geissospermum laevis (Vell.) Miers

MT Guarea duckei C. DC.

MT Guarea humaitensis Penn.

MT Guarea kunthiana Adr. Juss.

MT Guarea macrophylla Vahl

MT Guarea sp. 1

MT Guatteria guianensis (Aubl.) R.E.Fr.

MT Guatteria sp. 2

MT Inga bourgoni (Aubl.) DC.

MT Inga bracteosa Benth.

MT Inga cayennensis Sagot ex Bth.

MT Inga falcistipula Ducke

MT Inga sp. 2

MT Iryanthera laevis Markgr.

MT Licaria rodriguesii Kurz

MT Mabea speciosa Muell. Arg.

MT Marlierea sp. 1

MT Miconia hypoleuca (Benth.) Tr.

MT Miconia regelii Cogn.

MT Micropholis trunciflora Ducke

MT Micropholis williamii Aubr. et Pell.

MT Ocotea neesiana (Miq.) Kosterm.

MT Ocotea tabacifolia (Meissn.) Rohwer

MT Perebea sp. 1

MT Pourouma melinonii Benoist

MT Pourouma minor Benoist

MT Pourouma myrmecophylla Ducke

MT Pourouma tomentosa Miq.

MT Pouteria campanulata Baehni MT Pouteria verniciosa Penn.

MT Roucheria punctata Ducke

MT Schefflera morototoni (Aubl.) Maguire

MT Simaba cedron Planch.

MT Simaba polyphylla (Cav.) Thomas

MT Simarouba amara Aubl.

MT Sorocea guilleminiana Gaud.

MT Sorocea sp. 2

MT Spathelia excelsa (Krause)Cowan & Briz.

MT Sterculia parviflora (Ducke) E. Taylor

MT Sterculia sp. 1

MT Sterculia sp. 2

MT Stryphnodendron pulcherrimum (Willd.)Hochr.

MT Tapura amazonica Poepp. & Endl.

MT Theobroma subincanum Mart. MT Theobroma sylvestre Willd.

MT Toulicia guianensis Aubl.

MT Tovomita paraensis Huber

MT Tovomita sp. 1

MT Tovomita sp. 2

MT Trichilia micrantha Benth.

(Tab. 17, Fortsetzung)

MT Trichilia quadrijuga Kunth

MT Trichilia sp. 1

MT Vochysia vismaefolia Spruce ex Warm.

MT Xylopia longifolia (Sagot) R.E. Fries

MT Xylopia sp. 1

LT Allophylus sp. 1

LT Amaioua corymbosa Kunth

LT Amaioua guianensis Aubl.

LT Amphirrhox surinamensis Eichl.

LT Calycolpus goetheanus (Mart. ex DC.) O.Berg

LT Casearia negrensis Eichl.

LT Casearia sylvestris Swartz

LT Compsoneura ulei Warb.

LT Conceveiba guianensis Aubl.

LT Cupania hispida Radlk.

LT Dicypellium manauense W. Rodr.

LT Didymocistrus chrysasadenius Kuhlm.

LT Duguetia flagellaria Huber

LT Duguetia sp. 1

LT Duroia macrophylla Huber

LT Duroia sp. 1

LT Duroia sp. 2

LT Duroia sp. 3

LT Duroia sp. 4

LT Endlicheria longicaudata (Ducke) Kosterm.

LT Endlicheria sp. 1

LT Ephedranthus amazonicus R.E. Fries

LT Erythroxylum macrophyllum Cav.

LT Erythroxylum mucronatum Benth.

LT Exellodendron coriaceum (Bth.) Prance

LT Faramea capillipes Muell. Arg.

LT Faramea multiflora A. Rich.

LT Guarea pubescens (L.C. Rich.) Adr. Juss.

LT Guarea silvatica C. DC.

LT Guatteria dielsiana R.E. Fries

LT Hirtella burchellii Britton

LT Hirtella duckei Huber

LT Hirtella myrmecophila Pilger

LT Hirtella racemosa Lam.

LT Iryanthera coriacea Ducke

LT Lacunaria jenmani (Oliver) Ducke

LT Malmea manausensis Maas & Miralha

LT Malouetia duckei Markgr.

LT Miconia lepidota DC.

LT Miconia sp. 1

LT Mollinedia sp. 1

LT Myrcia fallax (L.C. Rich.) DC.

LT Myrcia fenestrata DC.

LT Myrcia sp. 1

LT Myrciaria floribunda (West ex Willd.) O.Berg

LT Naucleopsis caloneura (Hub.) Ducke

LT Naucleopsis sp. 1

LT Neea sp. 1

LT Neea sp. 2

LT Neoptychocarpus apodanthus (Kuhlm.) Buchh.

LT Ocotea adenotrachelium (Nees) Mez

LT Palicourea guianensis Aubl.

LT Picramnia elliptica Kuhlm. ex Pitani & Thom.

LT Protium trifoliolatum Engl.

LT Protium unifoliatum Engl.

LT Pseudoxandra leiophylla (Diels) R.E.Fr.

LT Quiina amazonica A.C. Smith

LT Quiina pteridophyta (Radlk.) Pires

LT Rhabdodendron amazonicum (Spr. ex Bth.)Huber

LT Rinorea lindeniana (Tul.) Kuntze

LT Rinorea macrocarpa (Mart.ex Eichl.) Kuntze

LT Rinorea racemosa (Mart. et Zucc.)Kuntze

LT Rinorea sp. 1

LT Rinorea sp. 2

LT Rinorea sp. 3

LT Roucheria calophylla Planch.

LT Ryania speciosa Vahl

LT Siparuna amazonica (Mart.) A. DC.

LT Siparuna cuspidata (Tul.) A. DC.

LT Siparuna decipiens (Tul.) A. DC.

LT Siparuna guianensis Aubl.

LT Stylogyne mathewsii Mez

LT Stylogyne micrantha (Kunth) Mez

LT Swartzia longistipitata Ducke

LT Talisia guianensis Aubl.

LT Talisia hemidasya Radlk.

LT Talisia medrii G.G. Neto

LT Talisia sp. 1

LT Talisia sp. 3

LT Tapura guianensis Aubl.

LT Tetrameranthus duckei R.E. Fries

LT Touroulia guianensis Aubl.

LT Trichilia cipo (Adr. Juss.) C. DC.

LT Trymatococcus amazonensis P.&P.

LT Unonopsis duckei R.E. Fries

LT Unonopsis rufescens (Baill.) R.E.Fr.

LT Unonopsis sp. 1

LT Unonopsis stipitata Diels

LT Zanthoxylum djalmabatistae (de Alb.)Waterm.

RT Astrocaryum acaule Mart.

RT Astrocaryum munbaca Mart.

RT Bactris constanciae Barb. Rodr.

RT Bactris elegans B.Rodr.& Trail ex B. Rodr.

RT Euterpe precatoria Mart.

RT Geonoma deversa (Poit.) Kunth

RT Iriartella setigera (Mart.) H. Wendl.

RT Jessenia bataua (Mart.) Burret RT Oenocarpus bacaba Mart.

RT Oenocarpus minor Mart.

ST Anacampta rigida (Miers.) Markgr.

ST Aparisthmium cordatum (Adr. Juss.) Baill.

ST Miconia argyrophylla DC.

SC Desmoncus polyacanthos Mart.

WT Abuta grandifolia (Mart.) Sandw.

WT Abuta panurensis Eichl.

WT Abuta rufescens Aubl.

WT Abuta velutina Gleason WT Acacia altiscandens Ducke

WT Acacia tenuifolia (L.) Willd.

WT Adenocalymna subincanum Huber

WT Arrabidaea trailii Sprague

WT Cheiloclinium cognatum (Miers) A.C.Smith

WT Cheiloclinium sp. 1

WT Cheiloclinium sp. 2

WT Cheiloclinium sp. 3

WT Cheiloclinium sp. 4

WT Cheiloclinium sp. 6 WT Cheiloclinium sp. 7

WT Coccoloba racemulosa Meissn.

WT Condylocarpon amazonicum (Markgr.)Ducke

WT Connarus ruber (Poepp.& Endl.) Planch.

WT Connarus sp. 3

WT Derris floribunda (Benth.) Ducke

WT Derris sp. 1

(Tab. 17, Fortsetzung)

WT Doliocarpus brevipedicellatus Garcke

WT Doliocarpus dentatus (Aubl.) Standl.

WT Heteropterys sp. 1

WT Hippocratea sp. 1

WT Humirianthera rupestris Ducke

WT Leucocalanthe aromatica Barb. Rodr.

WT Machaerium castaneiflorum Ducke

WT Machaerium hoehnearum Ducke

WT Machaerium quinata (Aubl.) Sandw.

WT Machaerium sp. 1

WT Machaerium sp. 2

WT Machaerium sp. 3

WT Machaerium sp. 6

WT Machaerium sp. 7

WT Memora adenophora Sandw.

WT Memora flavida (DC.) Bureau & K.Schum.

WT Memora flaviflora (Miq.) Pulle

WT Memora longilinea A. Samp

WT Memora moringifolia (DC.) Sandw.

WT Memora schomburgkii (DC.) Miers

WT Mendoncia sprucei Lindau

WT Moutabea guianensis Aubl.

WT Mussatia priewei (DC.)Bureau ex K.Schum.

WT Odontadenia funigera Woodson

WT Pachyptera kerere (Aubl.) A. Gentry

WT Paullinia sp. 1

WT Paullinia sp. 2

WT Paullinia sp. 4

WT Petrea brevicalyx Ducke

WT Rhynchosia phaseoloides (Swartz) DC.

WT Rourea grosourdyana Baill.

WT Salacia impressifolia (Miers) A.C. Smith

WT Sciadotenia amazonica Eichl.

WT Sciadotenia duckei Mold.

WT Securidaca bialata Benth.

WT Serjania sp. 1

WT Smilax spp.

WT Sparattanthelium tarapotanum Meissn.

WT Stizophyllum riparium (Kunth) Sandw.

WT Telitoxicum rodriguesii Krukoff

WH Dicranostyles densa Spr.ex Meissn. in Mart.

WH Heteropsis integrifolia Schott

WH Heteropsis longispathaceae Engl.

WH Heteropsis spruceana Schott

WH Lomariopsis japurensis (Mart.) J. Sm.

WH Maripa sp. 1

WH Petrea volubilis L.

WH Polybotrya sp. 1

WH Strychnos cogens Benth.

WH Strychnos guianensis (Aubl.) Mart.

WH Strychnos hirsuta Spruce ex Benth.

SH Dilkea sp. 1

SH Dilkea sp. 2

SH Henriettella caudata Gleason

SH Ixora francavillana Muell. Arg.

SH Ouratea paraensis Huber

SH Piper bartlingianum (Miq.) C. DC.

SH Piper dactylostigmum Yunck.

SH Psychotria adderleyi Steyerm.

SH Psychotria barbiflora DC.

SH Psychotria deflexa DC.

SH Psychotria iodotricha Muell. Arg.

SH Psychotria prancei Steyerm.

SH Psychotria sp. 1

SH Styrax guianensis A. DC.

SH Tococa guianensis Aubl.

BF Calathea altissima (Poepp. & Endl.) Krn.

BF Heliconia acuminata L.C. Rich.

BF Ischnosiphon arouma (Aubl.) Krn.

BF Ischnosiphon gracilis (Rudge) Krn.

BF Ischnosiphon martianum Eichl. ex Pet.

BF Ischnosiphon ovatus Krn.

UH Adiantum sp. 1

UH Asplenium angustum Sw.

UH Ctenitis protensa (Afz.) Ching.

UH Trichomanes pinnatum Hdw.

GT Calyptrocarya poeppigiana Kunth

GT Pariana sp. 1

GT Pleurostachys pauciflora Steud.

Tab. 18: Artenliste der 1.600m² großen Sekundärwald-Referenzfläche, geordnet nach Wuchsformentypen entsprechend der Abb. 14 (Nomenklatur nach Boggan et al. 1992; Abkürzungen vor den Artnamen = Wuchsformentyp, s. Tab. 16)

	MA
Epi Anthurium gracile (Rudge) Lindl.	
Epi Catasetum gnomus L. & Rchb. f.	
Epi Codonanthe crassifolia (Focke) C. Morton	
Epi Markea coccinea L.C. Rich.	
CT Foregoing of Audion Holler	
TT Abarema jupunba (Willd.) Britton & Killip.	
TT Bocoa viridiflora (Ducke) Cowan	
TT Brosimum guianense (Aubl.) Huber	
TT Buchenavia sp.1	
TT Casearia grandiflora Camb.	
TT Clarisia racemosa Ruiz & Pav.	
TT Corytophora alta R. Knuth	
TT Corytophora sp. 1	
TT Couepia racemosa Benth. ex Hook. f.	
TT Crepidospermum goudotianum (Tul.) Tr. & Pl.	
TT Crepidospermum sp. 1	
TT Diplotropis sp. 1	
TT Duckedendron cestroides Kuhlm.	
TT Eschweilera ovata (Cambess.) Miers.	
TT Glycydendron amazonicum Ducke	
11 Goupia giabra Aubi.	
TT Guatteria discolor R.E. Fries	
TT Hevea brasiliensis (Adr.Juss.) Muell. Arg.	
TT Licania sp. 5	
TT Licaria cannela (Meissn.) Kosterm.	
TT Minquartia guianensis Aubl.	
TT Osteophloeum platyspermum (Spr. ex A.DC.) War	rb.
TT Piptadenia suaveolens Miq.	
TT Pogonophora schomburgkiana Miers, ex Benth.	
TT Pouteria caimito (Ruiz & Pav.) Radlk. TT Protium aracouchini (Aubl.) March.	
TT Pseudolmedia laevis (Ruiz & Pav.) MacBr.	
TT Rollinia exsucca (DC. ex Dunal) A. DC.	
TT Tabebuia serratifolia (Vahl) Nichols.	
TT Trattinnickia glaziovii Swart	
TT Vantanea macrocarpa Ducke	
TT Vantanea sp. 2	
TT Virola divergens Ducke	
TT Virola theiodora (Benth.) Warb.	
MT Allophylus edulis (St. Hil.) Radlk.	
MT Bocageopsis multiflora (Mart.) R.E. Fr.	
MT Byrsonima chrysophylla Kunth	
MT Byrsonima crispa Adr. Juss.	
MT Carpotroche crispidentata Ducke	
MT Casearia javitensis Kunth	
MT Connarus angustifolius (Radlk.) Schel.	
MT Eschweilera rodriguesiana Mori	
MT Fernandusa goudotiana K. Schum.	
MI Ficus mamewsh (Miq.) Miq.	
MT Geissospermum laevis (Vell.) Miers	
MT Guarea duckei C. DC.	
MT Guatteria guianensis (Aubl.) R.E. Fr.	
MT Guatteria en 1	
MT Guatteria sp. 1	
MT Inga sp. 1 MT Laetia procera (Poepp.) Eichl.	
MT Licaria rodriguesii Kurz	
MT Palicourea grandifolia (Willd. ex R.&S.)Standl	
MT Paypayrola grandiflora Tul.	
MT Pourouma con	

MT Pourouma spp.

MT Rollinia edulis Tr. & Pl.

MT Vochysia vismaefolia Spruce ex Warm. LT Alchornea schomburgkiana Klotzsch LT Allophylus amazonicus LT Allophylus sp. 4 LT Allophylus sp. 5 LT Amaioua corymbosa Kunth LT Amphirrhox surinamensis Eichl. LT Bellucia grossularioides (L.) Triana LT Bellucia imperialis Sald. et Cogn. LT Casearia sylvestris Swartz LT Duroia sp. 2 LT Duroia sp. 4 LT Ephedranthus amazonicus R.E. Fries LT Ficus krukovii Standl. LT Miconia pyrifolia Naud. LT Mollinedia sp. 1 LT Myrcia amazonica DC. LT Myrcia fallax (L.C. Rich.) DC. LT Naucleopsis sp. 2 LT Palicourea calophylla DC. LT Palicourea corymbifera (Muell. Arg.) Standl. LT Rinorea racemosa (Mart. et Zucc.)Kuntze LT Ryania speciosa Vahl LT Sorocea muriculata Miq. LT Tapura guianensis Aubl. LT Trymatococcus amazonensis P.&P. LT Vismia cayennensis (Jacq.) Pers. LT Vismia duckei Maguire LT Vismia guianensis (Aubl.) Choisy LT Vismia japurensis Reichardt RT Astrocaryum acaule Mart. RT Astrocaryum munbaca Mart. RT Bactris spp. RT Euterpe precatoria Mart. RT Geonoma deversa (Poit.) Kunth RT Iriartella setigera (Mart.) H. Wendl. RT Jessenia bataua (Mart.) Burret RT Oenocarpus bacaba Mart. RT Oenocarpus minor Mart. ST Anacampta rigida (Miers.) Markgr. ST Aparisthmium cordatum (Adr. Juss.) Baill. ST Cecropia concolor Willd. ST Cecropia sciadophylla Mart. ST Cecropia spp. ST Miconia alata (Aubl.) DC. ST Miconia argyrophylla DC. ST Miconia crassinervia Cogn. ST Miconia dispar Benth. ST Miconia gratissima Benth. ex Triana ST Miconia longispicata Triana ST Miconia phanerostila Pilger ST Miconia tomentosa (Rich.) D. Don ex DC. WT Abuta grandifolia (Mart.) Sandw.

WT Abuta rufescens Aubl.

WT Acacia altiscandens Ducke

MT Sacoglottis ceratocarpa Ducke
MT Simarouba amara Aubl.
MT Sorocea guilleminiana Gaud.
MT Tapura amazonica Poepp. & Endl.

(Tab. 18, Fortsetzung)

- WT Acacia tenuifolia (L.) Willd.
- WT Adenocalymna subincanum Huber
- WT Arrabidaea chica (Humb. & Bonpl.) Verl.
- WT Ceratophytum sp. 1
- WT Connarus ruber (Poepp.& Endl.) Planch.
- WT Davilla kunthii A. St. Hil.
- WT Davilla nitida (Vahl) Kubitzki
- WT Dicella conwayi Rusby
- WT Doliocarpus brevipedicellatus Garcke
- WT Doliocarpus dentatus (Aubl.) Standl.
- WT Gnetum sp. 1
- WT Gurania huebneri Harms
- WT Gurania tricuspidata Cogn.
- WT Humirianthera rupestris Ducke
- WT Leucocalanthe aromatica Barb.Rodr.
- WT Machaerium castaneiflorum Ducke
- WT Machaerium hoehnearum Ducke
- WT Machaerium madeirense Pittier
- WT Machaerium sp. 2
- WT Machaerium sp. 4
- WT Memora adenophora Sandw.
- WT Memora cladotricha Sandw.
- WT Memora flaviflora (Miq.) Pulle
- WT Memora longilinea A. Samp
- WT Memora moringifolia (DC.) Sandw.
- WT Mendoncia sprucei Lindau
- WT Mussatia priewei (DC.)Bureau ex K.Schum.
- WT Odontocarya spp.
- WT Passiflora auriculata Kunth
- WT Passiflora coccinea Aubl.
- WT Passiflora longiracemosa Ducke
- WT Paullinia sp. 2
- WT Paullinia sp. 5
- WT Pseudoconnarus spp.
- WT Rourea surinamensis Miq.
- WT Sabicea amazonensis Wernh.
- WT Sciadotenia duckei Mold.
- WT Securidaca sp. 3
- WT Serjania circumvallata Radlk.
- WT Smilax longifolia L.C. Rich.
- WH Mikania psilostachya DC.
- WH Pueraria phaseoloides (Roxb.) Benth.
- SH Clidemia hirta (L.) D. Don
- SH Clidemia novemnervia (DC.) Triana
- SH Clidemia rubra (Aubl.) Mart.
- SH Henriettella caudata Gleason
- SH Leandra micropetala (Naud.) Cogn.
- SH Piper manausense Yuncker
- SH Piper spp.
- SH Psychotria adderleyi Steyerm.
- SH Psychotria iodotricha Muell. Arg.
- SH Psychotria prancei Steyerm.
- SH Psychotria sp. 1
- SH Solanum leucocarpon L.C. Rich. ex Dunal

BF Heliconia acuminata L.C. Rich.

- UH Borreria alata (Aubl.) DC.
- UH Irlbachia alata (Aubl.) Maas
- UH Pityrogramma sp. 1
- UH Sphaeropteris sp. 1
- UH Thelypteris sp. 1
- UH Trichipteris sp. 1

- GT Andropogon leucostachyus Kunth
- GT Pariana sp. 1
- GT Pleurostachys pauciflora Steud.
- GS Homolepis aturensis (Kunth) Chase

Tab. 19: Artenliste der 1.600m² großen Plantagen-Referenzfläche, geordnet nach Wuchsformentypen entsprechend der Abb. 14 (Nomenklatur nach Boggan et al. 1992; Abkürzungen vor den Artnamen = Wuchsformentyp, s. Tab. 16)

	TT Dipteryx odorata (Aubl.) Willd.
	TT Enterolobium schomburgkii (Bth.) Bth.
	TT Helicostylis spp. TT Platymiscium duckei Huber
	TT Pogonophora schomburgkiana Miers. ex Bth.
	TT Rollinia exsucca (DC. ex Dunal) A.DC.
	RT Astrocaryum munbaca Mart.
	RT Astrocaryum spp.
	MT Bocageopsis multiflora (Mart.) R.E.Fries
	MT Cassia spp.
	MT Crepidospermum spp.
	MT Geissospermum laevis (Vell.) Miers
	MT Humirianthera rupestris Ducke
	MT Humirianthera spp.
	MT Palicourea spp.
	MT Paypayrola grandiflora Tul. LT Amphirrhox longifolia (St. Hil.) Speng.
	LT Chimarrhis spp.
	LT Senna latifolia (G.Mey.)Irwin & Barneby
	LT Siparuna guianensis Aubl.
/sq	LT Trema micrantha (L.) Blume
	LT Vismia cayennensis (Jacq.) Pers.
	LT Vismia guianensis (Aubl.) Choisy
	ST Anacampta rigida (Miers.) Markgr.
	ST Cecropia spp.
	ST Cecropia concolor Willd.
	ST Solanum leucocarpon L.C. Rich. ex Dunal
	ST Solanum rugosum Dunal
	ST Solanum vanhuerckii Muell. ST Solanum subinerme Jacq.
	51 Solution Suche inc Sucq.
	SC Desmoncus spp.
	SC Scleria pterota Presl
	WT Anemopaegma paraense Bureau & K.Schum.
	WT Arrabidaea spp.
	WT Blepharodon nitidus (Vell.) Macbr.
	WT Davilla latifolia Casar
	WT Derris floribunda (Benth.) Ducke
	WT Doliocarpus spp. WT Machaerium hoehnearum Ducke
	WT Memora moringifolia (DC.) Sandw.
	WT Memora spp.
	WT Memora magnifica (Mart. ex DC.) Bur.
	WT Memora flaviflora (Miq.) Pulle
	WT Paragonia spp.
	WT Passiflora auriculata Kunth
	WT Passiflora coccinea Aubl.
	WT Sabicea amazonensis Wernh.
	WT Sciadotenia duckei Mold.
	WT Smilax spp.
	WT Trigonia spp.
	WH Pueraria phaseoloides (Roxb.) Bth.
	SH Borreria verticillata (L.) G. Mey.
	SH Clidemia hirta (L.) D. Don
	CIT CIT 1 - 1 - (A 11)) (-)

SH Clidemia rubra (Aubl.) Mart. SH Lantana camara L.

SH Sida spp.

UH Borreria latifolia (Aubl.) K.Schum.
UH Croton miguelensis Ferg.
UH Gypsophylla spp.
UH Irlbachia alata (Aubl.) Maas
UH Mikania congesta DC.
UH Phyllanthus niruri L.
UH Rolandra fruticosa (L.) Kuntze

SH Mimosa spruceana Benth.

SH Piper spp.

GR Paspalum maritimum Trin.

UH Vernonia scabra Pers.

GS Homolepis aturensis (Kunth) Chase GS Panicum laxum Swartz GS Paspalum conjugatum Berg.

GT Andropogon leucostachyus Kunth GT Hypolytrum laxum Kunth GT Paspalum malocophyllum Treim. GT Paspalum decumbens Swartz GT Paspalum platyaxi Mes.

3.5.2 Multivariate Analyse des Pflanzsystems 3

Untersuchungsziele

Ziele des nachfolgend dargestellten Auswertungsansatzes sind die Analyse des Feldversuchs in seiner Gesamtheit, unter Berücksichtigung von biometrischen Daten und Ernteergebnissen der Nutzpflanzen, verfügbarer Umweltvariablen und der Versuchsvarianten. Dabei sollen, soweit es der derzeitige Datenstand erlaubt, ökologische Schlüsselvariablen identifiziert werden, welche für die Variation der Nutzpflanzenentwicklung verantwortlich sind. Darüber hinaus werden Aussagen zu Wechselwirkungen zwischen Nutzpflanzenentwicklung, Plantagenmanagement und spontaner Vegetation angestrebt.

Allgemeine Methodik

Der Feldversuch auf einer Gesamtfläche von 17 ha, bestehend aus 5 Blöcken mit je 18 Parzellen, wurde auf einem Hügelrücken angelegt. Die Versuchsfläche ist in Ost-West-Richtung langgestreckt, und die Geländeoberfläche ist wellig. Bei der Räumung der Fläche wurden nur die oberirdischen Pflanzenteile der Sekundärvegetation zerstört. Wurzeln und Rhizome verblieben großenteils lebend im Boden, so daß die alten Vegetationsmuster teilweise erhalten blieben. Diese Muster stellen damit wichtige Standortunterschiede in der neu angelegten Versuchsplantage dar. Demgegenüber sind die physikalisch-chemischen Bodeneigenschaften auf der gesamten Versuchsfläche einheitlich¹¹, d.h. es verlaufen keine Bodentyp-Grenzen durch die Fläche. Unterschiede in den Bodeneigenschaften scheinen überwiegend durch die Nutzungsgeschichte bedingt zu sein.

Das sind keine idealen Verhältnisse für einen Feldversuch, da die beschriebenen Standortunterschiede die Versuchsvarianten überlagern. Letztere zeigen nur dann statistisch signifikante Unterschiede, wenn ihre ökologische Bedeutung groß gegenüber anderen, nicht experimentell erzeugten Faktoren ist (s. Kap. 3.4). Die Gesamt-Analyse des Feldversuchs erfordert zwingend Informationen über die Anfangsbedingungen des Feldversuchs. Ziel muß es dabei sein, alle verfügbaren Standortfaktoren, die als ökologisch relevant angesehen werden, in einer (multivariaten) Gradientenanalyse zu verarbeiten. Das sind die in Tab. 20 dargestellten Umweltvariablen. Sie beziehen sich auf den Zeitpunkt der Anlage der Plantage (Mai 1993) und schließen die Wuchsformentypen-Zusammensetzung der spontanen Vegetation als Indikator ein, ebenfalls zu Beginn des Experiments. Die Versuchsvarianten werden als nominal skalierte Umweltvariablen behandelt.

Die Systeme 1, 2 und 3 wurden mit Hilfe einer indirekten Gradientenanalyse (vgl. Whittaker 1967) in Form der Hauptkomponentenanalyse (Principal Component Analysis = PCA) jeweils für sich getrennt untersucht. Dabei wurden jeweils die ersten beiden Achsen des Modells ausgewertet. Dieses Verfahren wurde der Korrespondenzanalyse (Correspondence Analysis = CA) vorgezogen¹², da vergleichende Vorversuche ein gegenüber der CA besser interpretierbares

Bodentyp: "Gelber Latosol" bzw. "Oxisol"; "Xanthic Ferralsol" nach FAO-Klassifikation (Schroth, mdl. Mitt.); Ergebnisse bodenchemischer Analysen zu Beginn des Feldversuchs s. Kap. 3.7.2.

Die PCA unterstellt einen linearen Zusammenhang zwischen der Nutzpflanzenentwicklung und den jeweiligen Umweltvariablen, während die CA einen unimodalen Zusammenhang unterstellt.

Ordinationsmodell ergeben hatten.

Nachfolgend werden die Ergebnisse des Systems 3 als Beispiel dargestellt. Die erste Matrix der Tab. 20 ("species data") wurde hinsichtlich der (multivariaten) Korrelationen zwischen den biometrischen Parametern der ausdauernden Nutzpflanzen in den 20 Parzellen des Feldversuchs, in denen jeweils ein Mischkultursystem realisiert ist, analysiert. Die ausdauernden Nutzpflanzen gingen jeweils mit der Gewichtung "1" in die Analyse ein, während die kurzlebigen Arten Maniok und Mais stark herabgewichtet wurden (Gewichtung = 0,02). Sie beeinflussen das Ordinationsmodell daher praktisch nicht ("passive Arten"). Der betrachtete Entwicklungs-Zeitpunkt der Nutzpflanzen ist 2 Jahre nach Anlage der Plantage. Da für die Nutzpflanzen z.T. unterschiedliche biometrische Parameter herangezogen werden mußten, wurden letztere standardisiert, um vergleichbare Aussagen zu erzielen. Die übrigen Matrizen der Tab. 20 enthalten Umweltvariablen, die passiv mit der ersten Matrix korrelliert wurden. Die verwendeten Bodendaten sind mit den im Jb. 1994 dargestellten identisch (s. Kap. 3.7.2 und Jb. 1994: Preisinger & Bueno). Die Ergebnisse der Analyse wurden graphisch in Form von "biplots" dargestellt (s. Gabriel 1971 und Corsten & Gabriel 1976; vgl. auch Jongman, Ter Braak & van Tongeren 1987).

Tab. 20: Datensätze für die multivariate Analyse der Mischkultursysteme (Systeme 1, 2 und 3)

Datensätze der Systeme 1, 2 und 3		Skalentyp	Standardisierung der
Matrix	Umweltvariablen	[Dimension] {Klassen}	Datensätze
"species data"	Biometrische Daten, Produktion oder Produktivität der Nutzpflan- zenarten	kardinal [m, kg, kg/Pflanze]	"centred by species" und "standardisation by species norm"
"environ- mental data 1"	Versuchsvarianten des Feldexperiments	nominal {100%, 30%, M+, M-}	keine
	Kationengehalt des Bodens (Ca, Mg, Mn, Zn, K, P, Cu, Al, Fe)	kardinal [ppm, %]	
	pH, organisches Material im Boden	kardinal [-], [%]	
	Maximale Hangneigung der Parzellen	kardinal [°]	
"environ- mental data 2"	Spontane Vegetation: Zusammensetzung aus 7 Wuchsformen-Typen	kardinal: Bedeckungsgrade [%]	
"environ- mental data 3"	Zusammensetzung der AMP- Sporentypen im Boden	kardinal [%]	

Erläuterungen zur graphischen Darstellung des "biplots" und seiner Interpretation:

Die PCA und andere Eigenwert-Verfahren ergeben in ökologischen Anwendungen x/y-Wertepaare in einem kartesischen Koordinatensystem für die Arten (hier: Entwicklungszustand von Nutzpflanzenarten) und ihrer Standorte (hier: Parzellen des Feldversuchs), welche zusammen in einer Graphik (biplot) dargestellt werden können. Das ermöglicht z.B. die Erfassung von Richtung und Größenordnung der Zu- oder Abnahme eines biometrischen Parameters einer Art für die verschiedenen Parzellen in der Ordinationsebene auf einen Blick. Die Standorte (hier: Parzellen) werden in der Ordinationsebene als Punkte dargestellt. Nahe zusammenliegende Punkte sind Parzellen mit ähnlicher Konstellation der Entwicklungszustände der beteiligten Arten, entfernt liegende sind bezüglich dieses Merkmalskomplexes sehr verschieden. Die Arten werden in der Ordinationsebene als Vektoren dargestellt, ausgehend vom Koordinatenursprung. Der Vektor gibt die Richtung an, in der sich der Entwicklungszustand einer Art verbessert. Die Vektorlänge ist ein Maß für das Ausmaß der Veränderung in dieser Richtung. Man erhält die Reihenfolge, mit der der Entwicklungszustand einer Art in den Parzellen zunimmt, indem man von den Parzellen (= Punkte in der Ordinationsebene) die Lote auf den Vektor (bzw. Strahl) der jeweiligen Art projiziert. Der Entwicklungszustand verbessert sich in der Reihenfolge der Schnittpunkte in Pfeilrichtung. Im "covariance biplot", der hier Verwendung findet, sind

- Vektoren, die in die gleiche Richtung zeigen, positiv miteinander korrelierte Arten oder Umweltvariablen;
- Vektoren, die einen rechten Winkel bilden sind nicht miteinander korreliert und
- Vektoren, die in die entgegengesetzte Richtung zeigen, sind negativ miteinander korreliert.

Der Übersichtlichkeit halber sind in Abb. 15 (S. 66) die Standorte (Parzellen) links und die (Nutzpflanzen-)Arten rechts getrennt dargestellt. Abb. 16 (S. 67) zeigt die Wuchsformenverteilung der spontanen Vegetation (links) und einige weitere Standortvariablen, insbesondere des Bodens (rechts). Zum Erkennen einiger der nachfolgend erläuterten Korrelationen muß man sich die Grafiken übereinandergelegt vorstellen.

Ergebnisse

1. Nutzpflanzenarten und Parzellen (Abb. 15, S. 66)

Die Parzellen mit unterschiedlichen Versuchsvarianten erscheinen in der Ordinationsebene zufallsmäßig verteilt. Das läßt den Schluß zu, daß die Versuchsvarianten für die Variabilität der Nutzpflanzenentwicklung im Vergleich zu anderen, "zufälligen" Umweltvariablen eine untergeordnete Rolle spielen. Dem entsprechend liegen die Zentroide der Parzellen mit den Versuchsvarianten "Düngung 100%" (= F) und "Nutzpflanzen inokuliert" (= +M) nahe dem Koordinatenursprung. Dagegen sind die Parzellen der einzelnen Versuchsblöcke A, B, C, D und E schwerpunktmäßig in jeweils bestimmten Quadranten der Ordinationsebene angeordnet, wie aus den Zentroiden der Blöcke A-E zu erkennen ist. Das Ordinationsmodell bildet also den räumlichen ökologischen Gradienten von Block A nach Block E ab (s. gestrichelter Pfeil in Abb. 15, links), der bereits in anderem Zusammenhang beschrieben wurde (Preisinger et al. 1994). Der Entwicklungsstand aller beteiligten Nutzpflanzen von System 3 (Paricá, Cupuaçu, Zitrus, Kautschuk, Kokosnuß, Maniok und Mais) steigt im Ordinationsmodell von links nach rechts an. Die Ordinationsebene teilt sich also in einen "produktiven" Bereich (Quadranten I und II) und einen

"unproduktiven" Bereich auf (Quadranten III und IV). Der "produktive" Bereich umfaßt die Mehrzahl der Parzellen der Blöcke A, B und C, der "unproduktive" vorwiegend die Parzellen der Blöcke D und E. Es ist bemerkenswert, daß sich das Zentroid der Versuchsvariante "+M" zwar nahe dem Koordinatenursprung, aber auf der "produktiven" Seite des Modells befindet. Das läßt vermuten, daß auch noch zwei Jahre nach Inokulation ein schwacher wachstumsfördernder Effekt der eingebrachten arbuskulären Mykorrhizapilze vorhanden war.

2. Verteilung der Wuchsformentypen der spontanen Vegetation (Abb. 16, linker Teil, S. 67)

Die Konstellation der Vektoren der 7 ausgewiesenen Wuchsformentypen bestätigt deren ungleichmäßige räumliche Verteilung, die bei Preisinger et al. (1994) dargestellt wurde: Die Regeneration der "Bäume" (T) hat ihre Schwerpunkte in den Blöcken A und B, "Horstgräser" (GT), "Kräuter mit Rhizomen" (HR, hier nur *Pteridium aquilinum*) und "Sträucher" (SH) in den Blöcken D und E sowie die "Lianen" (L, hier vorwiegend *Pueraria phaseoloides*) in Block C. Der Vergleich der Vektoren der Nutzpflanzenarten und der der Wuchsformentypen der spontanen Vegetation ergibt die folgenden Ergebnisse: Die Wuchsformentypen "Sträucher", "Horstgräser" und der Adlerfarn *Pteridium aquilinum* treten bevorzugt an den Standorten auf, an denen die Nutzpflanzen sich schlecht entwickeln (überwiegend negative Korrelationen zwischen der Nutzpflanzenentwicklung und dem Auftreten dieser ökologischen Gruppen). Dieser Befund ist ein Hinweis dafür, daß die spontane Vegetation einen Indikator für die Fertilität der Standorte darstellt. Derzeit ist nicht genau bekannt, welche Faktoren diese Unterschiede bzw. den ökologischen Gradienten auf der Versuchsfläche ausmachen. Sie hängen mit einiger Wahrscheinlichkeit von Unterschieden in der Intensität und Dauer der Vornutzung der Standorte zusammen.

Aus den bis hierher dargestellten Ergebnissen können für das Ordinationsmodell die folgenden Hypothesen aufgestellt werden: Die 1. Achse der PCA kann als Produktivitäts-Achse interpretiert werden, wobei die Produktivität von links nach rechts zunimmt. Von rechts nach links nimmt die Nutzungsdauer (bzw. Störungsdauer der spontanen Vegetation) der Standorte zu. Aufgrund der Konstellation der Wuchsformentypen im Ordinationsmodell kann angenommen werden, daß die Störungsintensität und/oder -frequenz entlang der 2. Achse von unten nach oben zunimmt.

3. Topografische und Bodenparameter (Abb. 16, rechts, S. 67)

Die Bodenfaktoren "pH" und "Aluminiumgehalte" zeigen untereinander erwartungsgenäß eine negative Korrelation. Der Anstieg der pH-Werte im Boden in Richtung der Parzellen der Blöcke D und E erklärt sich aus der längeren Nutzungsdauer dieser Teile der Versuchsfläche und der damit im Zusammenhang stehenden Boden-Meliorationsmaßnahmen (s. Kap. 3.2). Legt man die weiter oben erläuterte Interpretation des Ordinationsmodells zugrunde, so steigen die pH-Werte mit abnehmender Fertilität der Standorte an. Das legt den Schluß nahe, daß die seinerzeitige Nutzung der Standorte zu einer (irreversiblen?) Abnahme ihrer Fertilität geführt hat, trotz der erfolgten Düngungsmaßnahmen. - Die Phosphor- und Kalium-Gehalte nehmen mit zunehmender Fertilität der Standorte zu, d.h. die Vektoren zeigen in die Richtung der "produktiven" Seite der Ordinationsebene. Der Anstieg der "maximalen Hangneigung der Parzellen" in Richtung der Parzellen des Blocks E ergibt sich aus der bekannten Topografie der Untersuchungsfläche (vgl. Jb. 1993: Tavares et al., Abb. 1). Gesondert durchgeführte univariate Korrelationsanalysen ergaben keine direkten Zusammenhänge zwischen den Hangneigungen der Parzellen und



anderen, derzeit verfügbaren Standortvariablen.

Die schwierig und nur unvollständig interpretierbaren Zusammenhänge zwischen den Bodenparametern und den anderen Variablen im Ordinationsmodell lassen vermuten, daß ein wichtiger Schlüsselfaktor zur Erklärung des in Abb. 15 postulierten Standortgradienten in der Gradientenanalyse fehlt. Es gibt z.B. keine Informationen über den "Wasserfaktor", bezogen auf die gesamte Untersuchungsfläche.

Abschließend kann festgestellt werden, daß mit Hilfe der multivariaten Analyse des Systems 3 die Beschreibung des bereits früher erkannten Standortgradienten präzisiert und daß Hypothesen zu kausalen Zusammenhängen zwischen Vornutzung, strukturellen Merkmale der spontanen Vegetation und Nutzpflanzenentwicklung aufgestellt werden konnten. Allerdings ist damit eine Benennung der ökologischen Faktoren selbst, die hinter dem Standortgradienten stehen, noch nicht erreicht.

3.5.3 Dynamik der spontanen Vegetation und Plantagen-Management¹³

Bisher liegen zwei Kartierungen der spontanen Vegetation der Versuchsfläche vor (Flora und Wuchsformentypen-Zusammensetzungen der 90 Parzellen des Feldversuchs). Die erste wurde kurz nach Anlage der Plantage (1993), die zweite zwei Jahre danach durchgeführt (1995). Eine dritte Erhebung ist für 1997 geplant.

Die Zusammensetzung der Vegetation aus 7 Wuchsformentypen in den 90 Parzellen zu den beiden Kartierungszeitpunkten wurden in einem Ordinationsmodell (PCA) analysiert und die Zentroide für die Parzellen der Versuchsblöcke und die der Pflanzsysteme errechnet und im biplot graphisch dargestellt. Dabei ergaben sich die folgenden Trends:

- 1. Die spontane Vegetation veränderte sich seit Anlage der Plantage grundlegend. Dabei nahmen die Arten- und Wuchsformentypen-Vielfalt in allen Pflanzsystemen, einschließlich in den Bracheparzellen, stark ab. In allen Parzellen, ausgenommen in den Bracheparzellen, nahmen die Anteile der Ausläufer bildenden Gräser (GS) und der der Lianen (insbes. krautige Lianen, WH) zu. Die beiden dominierenden und konkurrierenden Arten, die jeweils einer dieser Gruppen angehören, sind das Gras Homolepis aturensis und die Liane Pueraria phaseoloides. Gegenwärtig werden die ökologischen Faktoren, die zu den unterschiedlichen beobachteten Mengenverhältnissen zwischen den beiden Arten führen, sowie deren Auswirkungen auf die Nutzpflanzenentwicklung näher untersucht.
- 2. Wie weiter oben beschrieben, variierten die strukturellen Merkmale der spontanen Vegetation zu Beginn des Versuchs hauptsächlich entlang eines räumlichen Gradienten, bzw. entlang der Versuchsblöcke A, B, C, D, E. Unter dem Einfluß des Plantagen-

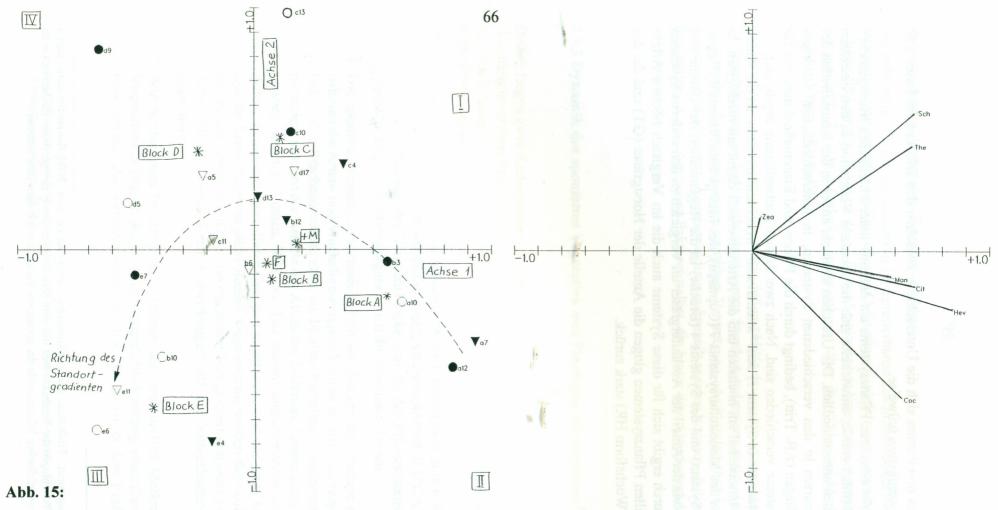
Darstellung in Kurzform und ohne Graphiken, da diese Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind (Ordinationsverfahren: PCA).



Managements nivellierten sich die Unterschiede zwischen den Blöcken im Laufe von zwei Jahren wenigstens teilweise.

3. Obwohl für die einzelnen Pflanzsysteme ein definitiv unterschiedliches Management¹⁴ nicht durchgeführt wurde, entwickelte sich die spontane Vegetation in den einzelnen Pflanzsystemen unterschiedlich. Die Ursachen könnten, außer in der Konstellation der Nutzpflanzenarten in den verschiedenen Systemen, in unterschiedlichen Störungsintensitäten liegen (z.B. Tritt), bedingt durch die Pflege- und Erntemaßnahmen, die für die Pflanzsysteme verschieden sind. Nach zwei Jahren Kulturführung ergibt sich die folgende Sistuation: In System 1, dem "intensivsten" Mischkultursystem, ist der Anteil an *Pueraria* tendenziell am höchsten und die Artendiversität damit am niedrigsten. In den Parzellen des Monokultursystems 7 (Cupuaçu), des Mischkultursystems 4 ("agroforstliches" System) und des Systems 4 (Brache) ist die Regeneration der Bäume und Sträucher sowie der Anteil der Ausläufergräser im Vergleich zu den anderen Systemen erhöht. Dadurch ergibt sich für diese Systeme auch die im Vergleich höchste Artenvielfalt. In allen Pflanzsystemen gingen die Anteile der Horstgräser (GT) und die des Adlerfarns (Wuchsform HR) stark zurück.

Plantagen-Management: Freihalten der ausdauernden Nutzpflanzen von Wildpflanzenbewuchs durch regelmäßiges Freischlagen der Baumscheiben mit dem Buschmesser sowie gelegentliche flächendeckende Entfernung der oberirdischen Pflanzenteile der spontanen Vegetation mit dem Buschmesser.

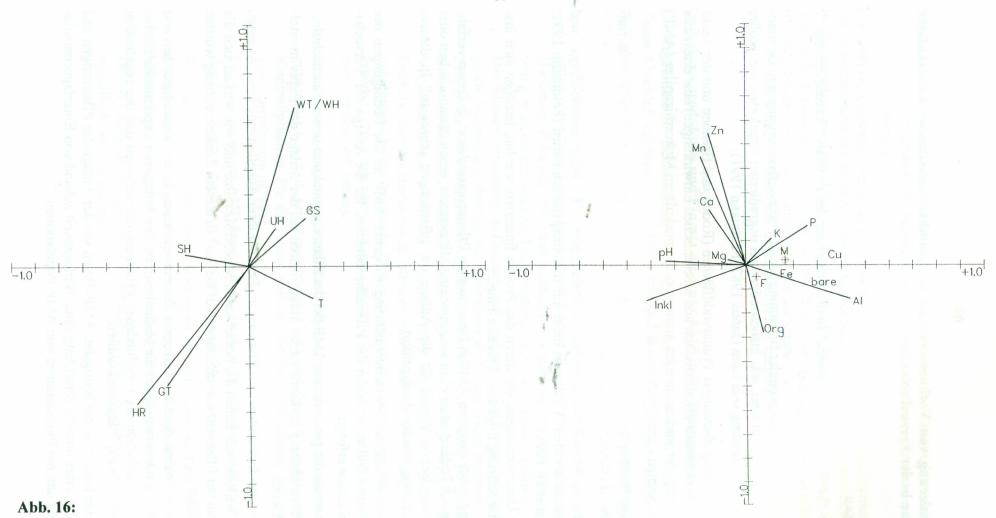


Ordination von Wachstums-Parametern der Nutzpflanzen und von Standortvariablen der Parzellen von System 3: Standorte bzw. Parzellen (links) und Nutzpflanzenarten (rechts); Ordinationsverfahren: Principal Component Analysis = PCA (centred by species, standardisation by species norm);

Parzellen / Versuchsvarianten: $\bigcirc = 30\%$ /-M, $\bigcirc = 30\%$ /+M, $\nabla = 100\%$ /-M, $\nabla = 100\%$ /-M

Zentroide = : +M = Parzellen mit mykorrhizierten Pflanzen, F = Düngung 100%

Nutzpflanzenarten (Abkürzung) [verwendeter Wachstumsparameter]: Paricá, Schizolobium amazonicum (Sch) [Pflanzenhöhe]; Cupuaçu, Theobroma grandiflorum(The) [Pflanzenhöhe]; Zitrus, Citrus sinensis (Cit) [Pflanzenhöhe]; Kautschuk, Hevea brasiliensis (Hev) [Pflanzenhöhe]; Kokos, Cocos nucifera (Coc) [Länge des 4. Blattwedels]; Maniok, Manihot esculenta (Man) [Produktion pro Pflanze]; Mais, Zea mais (Zea) [Produktion]



Ordination von Wachstums-Parametern der Nutzpflanzen und von Standortvariablen der Parzellen von System 3: Wuchsformen der spontanen Vegetation (links) und Bodenparameter (rechts); Ordinationsverfahren: Principal Component Analysis = PCA (centred by species, standardisation by species norm);

<u>Wuchsformentypen (vgl. Tab. ...)</u>: WT/WH = Lianen, UH = kurzlebige Kräuter, GS = Stolonengräser, T = Bäume, GT = Horstgräser, HR = Kräuter mit Rhizomen (nur Adlerfarn), SH = Sträucher

<u>Kationen im Boden und andere Parameter</u>: Org = organische Substanz [%], Inkl = maximale Hangneigung der Parzellen, bare = Anteil [%] der nicht mit Vegetation bedeckten Bodenoberfläche

3.5 Charakterisierung von Vorkommen und Wirksamkeit autochtoner arbuskulärer Mykorrhizapilze in der Versuchsplantage

Vorbemerkungen

Der Einsatz der "Mykorrhiza-Technologie" in der Startphase des Projekts "Rekultivierung..." erfolgte aus der Erkenntnis heraus, daß

- derartige Symbiosen von zentraler Bedeutung für die Nährstoffversorgung und Gesundheit der Wirtspflanzen sind, was insbesondere auf degradierten Standorten von großer ökologischer Bedeutung sein kann (Janos 1987, Feldmann 1991),
- durch Vornutzung ehemaliger Primärwaldflächen (Roden und Brennen und der damit verbundenen chemisch-physikalischen und mechanischen Einwirkungen) eine drastische Verminderung der vorkommenden autochtonen arbuskulären Mykorrhizapilze (AMP) zustandekommen kann (Feldmann & Lieberei 1994),
- kurzfristige Brachephasen, z.B. von 3-5 Jahren, nicht ausreichen, um diese Veränderungen wieder rückgängig zu machen,
- AMP, die in Monokultur-Nutzflächen vorkommen, u.U. keine entwicklungs- und wachstumsfördernden Wirkungen mehr auf die Nutzpflanzen haben (Feldmann 1991; Feldmann et al. 1995).

Gegenstand der Untersuchungen, die durch das Projekt finanziert wurden, bezogen sich insbesondere auf die Klärung folgender Fragestellungen:

- a. Kann der Einsatz exogener AMP in Bereichen der Pflanzenproduktion, in denen verfahrenstechnisch bedingt Mangel an autochtonen AMP herrscht, einen ökonomischen oder ökophysiologischen Vorteil für die Anlage der Pflanzungen erbringen? In diesem Zusammenhang wurden durchgeführt
 - Anpassung der Massenvermehrung exogener AMP an die Bedingungen der Baumschulen, in denen die Pflanzenproduktion für die Anlage der Versuchsplantage erfolgte,
 - Einsatz der produzierten AMP bei der Pflanzenproduktion in der Baumschule,
 - Auspflanzung mykorrhizierter Jungpflanzen bei der Anlage der Experimentalflächen.
 - in situ- Inokulation von Pflanzen im Feld bei ihrer Auspflanzung bzw. Aussaat.
- b. Welche Wirksamkeit haben die autochtonen Mykorrhizapilze und wie wirken sich die angewendeten Pflanzenbaumaßnahmen auf sie aus? In diesem Zusammenhang wurden durchgeführt
 - eine Analyse der Mykorrhizapilz-Zusammensetzung in den Versuchsflächen und ihre Veränderung durch die Maßnahmen bei der Anlage der Experimentalfläche, der Installation der verschiedenen Pflanzenkombinationen und der regelmäßig erfolgenden Pflegemaßnahmen,
 - eine Isolierung der häufigsten AMP-Typen vor der Anlage der Pflanzungen und drei Jahre danach. Ermittlung ihrer Wirksamkeit anhand von Einzelsporenisolaten und der Inokulationen von AMP-Populationen,

 Feldinokulationen mit exogenen AMP im Sinne eines Additionsexperiments zur Ermittlung der Stabilität der autochtonen Pilzgesellschaften nach biotischer Störung.

Die unter (a) genannten Versuche sind anwendungsorientiert, während die unter (b) aufgeführten Grundlagenarbeiten darstellen, die populationsökologische Zielsetzungen auf dem Gebiet der Bodenbiologie verfolgen. Über die in diesem Abschlußbericht aufgeführten Arbeiten hinaus wurden in Hamburg weitere, nicht in das Projekt integrierte, aber in Zusammenhang damit stehende Studien zu Spezifitätsphänomenen zwischen AMP und ihren Wirten angefertigt, die 1997 in einer Habilitationsschrift zusammengefaßt dargestellt werden werden (Feldmann, in Vorbereitung).

Inokulumsproduktion und Einsatz exogener AMP in der Pflanzenproduktion

Die Ergebnisse zur Beantwortung des Fragenkomplexes (a) wurden bereits in anderen Teilen dieses Abschlußberichtes aufgeführt und in diversen Publikationen veröffentlicht (z.B. Feldmann & Idczak 1992; Müller 1995; Feldmann et al. 1995). Sie werden hier nicht erneut behandelt, sondern wie folgt zusammengefaßt:

- Für die Inokulumsbereitstellung konnte die Methode von Dehne & Backhaus (1986) unter Verwendung von Blähton als Carrier für die AMP-Sporen angepaßt werden (Feldmann & Idczak 1992) und zusätzlich eine preiswertere Methode unter Verwendung von gewaschenem Sand als Trägermaterial entwickelt werden (Müller 1995).
- Die Massenvermehrung in Deutschland selektierter AMP erbrachte in Manaus eine so große Sporenzahl, daß bei den Inokulationen in den Anzuchtgärten das 25fache der Menge an Infektionseinheiten inokuliert werden konnte, wie sie natürlicherweise im Boden an autochtonen Pilzen vorlag. Dadurch war eine bevorzugte Besiedelung der Versuchspflanzen durch die exogenen Pilze sichergestellt. Für die Inokulation im Gelände standen ausreichende Mengen Inokulums zur Verfügung, um der Menge an autochtonen Pilzen die gleiche Menge exogenen Pilzmaterial gegenüberzustellen. Dieses erlaubte, einen erheblichen Konkurrenzdruck für die autochtonen Pilze experimentell herzustellen (vgl. unten).
- Mit Sporen exogener arbuskulärer Mykorrhizapilze inokulierte Versuchspflanzen entwickelten sich in den Anzuchtgärten während ihrer Anzuchtphase besser als die Kontrollpflanzen. Für die Praxis bedeutet dies eine Verkürzung der Anzuchtzeiten bis zum Auspflanzen ins Feld.
- Die Inokulation mit AMP-Sporen führte zu einer signifikanten Senkung der Sterberaten der Jungpflanzen nach dem Auspflanzen ins Feld.
- Eine in situ-Inokulation von kurzlebigen Nutzpflanzen im Feld führte zu erhöhten Produktionszahlen. Langlebige Pflanzen zeigten nach Inokulation mit exogenen Pilzen höhere Besiedelungsraten als von autochtonen Pilzen besiedelte Vergleichspflanzen.
- Die Wirkung der exogenen Mykorrhizapilze im Feld erwies sich als Nutzpflanzenspezifisch unterschiedlich.

Analyse der Zusammensetzung der autochtonen Mykorrhizapilzgesellschaften in den Versuchsflächen und ihre Veränderung durch die pflanzenbaulichen Maßnahmen im Zuge der Installation der Versuchsplantage

Bereits in den Jahren 1987-1989 wurden Aufnahmen der Mykorrhizapilz-Gesellschaften auf dem Versuchsgelände der EMBRAPA durchgeführt (Feldmann 1991). Dadurch ergab sich die Möglichkeit, die Befunde aus den Jahren 1992-95 mit den damaligen Ergebnissen zu vergleichen, um versuchsbedingte Veränderungen besser bewerten zu können. Weiterhin wurden stets die Ergebnisse der Analysen vom Versuchsfeld mit denen vom benachbarten Sekundärund Naturwald verglichen.

Vorstudien

Neben der Mehrzahl der eingebrachten Nutzpflanzen gehörten zahlreiche Kräuter und Bäume als wichtige Komponenten der Sekundärwaldvegetation zu den Wirtspflanzen der autochtonen AMP, während Ausläufer- und Horstgräser sowie Farne nur selten und schwach mykorrhiziert angetroffen wurden (Idczak & Feldmann, 1993).

Insgesamt 42 Sporentypen konnten zwischen 1987 und 1995 voneinander abgegrenzt werden (Tab. 21). Wegen der Schwierigkeit der taxonomischen Einteilung und Zuordnung kann bisher nur vermutet werden, daß die Mehrzahl der jeweiligen Sporentypen eine Art repräsentiert. Welche Variabilität innerhalb eines Typs bei der Entstehung von Ökotypen auftreten kann, ist nicht bekannt. Von einer Neubeschreibung völlig unbekannter Typen wird solange abgesehen, bis die Variabilität von Nachkommen von Einzelsporenisolaten ermittelt wurde (noch laufende Studien des CPAA). Der Großteil der Sporentypen, insbesondere die mengenmäßig am häufigsten vorkommenden Sporentypen erwiesen sich mikroskopisch als gut und leicht voneinander unterscheidbar. Sporen wurden nur dann einem bestimmten Sporentyp zugeteil, wenn dies eindeutig möglich war. Sonst blieben sie unberücksichtigt.

Der quantitative Fehler bei der Extraktion von Sporen lag zwischen 1-7% der eingesetzten Sporenzahl (bei Einsatz hoher Sporenzahlen niedriger als bei niedrigen Sporenzahlen). Vergleiche zwischen zwei AMP-Gesellschaften müssen diesen Umstand berücksichtigen.

Im Laufe des Jahres kommt es zu Schwankungen in der Sporenzusammensetzung der autochtonen Mykorrhizapilzgesellschaften, wie hier für einen Naturwaldstandort gezeigt wird (Tab. 21). Die AMP verhalten sich im Hinblick auf ihre Sporulationsaktivität nicht gleichsinnig, d.h. es kommt nicht zu einer eindeutig ausgeprägten "Winter-" oder "Sommersituation" wie in den temperaten Gebieten. Manche AMP erscheinen im Hinblick auf ihr Sporulationsverhalten kaum durch die Jahreszeit beeinflußt (Typ 14, 21, 11, 3 und 20). Vier von diesen fünf Sporentypen kommen das ganze Jahr über am häufigsten in den analysierten Mykorrhizapilzgesellschaften vor. Bei allen AMP ist eine deutliche Zunahme der Sporenzahl zum Ende des Jahres und am Jahresanfang feststellbar, nur bei zwei Typen (14 und 20) findet man auch zur Jahresmitte eine deutliche Erhöhung der Sporenzahl.

Auf der Grundlage dieser Daten muß geschlossen werden, daß der qualitative Nachweis der in den Mykorrhizapilzgesellschaften vorkommenden AMP-Typen nur in den Monaten August bis März die meisten Sporentypen erfassen kann. Jahreszeitliche Einflüße bewirken eine wichtige Veränderung der Zusammensetzung der AMP-Gesellschaft.

Die Entfernung zwischen Probenahmestellen kann wesentlich für die unterschiedliche Zusammensetzung der AMP-Gesellschaft sein (s. FN1-6, Nov 87). Enger benachbarte Flächen haben eine ähnlichere Zusammensetzung als weiter voneinander entfernte. Deshalb wurde ein

Naturstandort als Referenzstandort unmittelbar in der Nähe des Versuchsfeldes, beim Block A, definiert. Die Vergleichsbrachefläche lag ebenfalls in unmittelbarer Nähe des Blockes A. Während die Analysen 1993 und 1994 über alle Blöcke A-E durchgeführt wurden, beschränkten sie sich 1995 auf den Block A.

Zusammensetzung der AMP-Gesellschaft und Veränderungen in der Installationsphase der Pflanzung

Um das Versuchsfeld herum, auf dem Gelände des CPAA, wurden in einer detaillierten Studie 1987 an Naturwaldstandorten 22 Sporentypen identifiziert. Die Zusammensetzung der AMP-Gesellschaften (AMPG) war an den verschiedenen Standorten heterogen und umfaßte ein Inventar von 9 bis 14 Sporentypen. In der Nähe des heutigen Versuchsfeldes wurden damals 14 Sporentypen beschrieben.

Von diesen 14 Sporentypen (ST) konnten zwischen 1992 und 1995 10 wiedergefunden werden. Während 3 ST in dem Gelände nicht mehr auftraten, gehörten nunmehr 8 andere, dort bislang nicht nachgewiesene ST, zur autochtonen AMPG dieses Naturwaldstandortes in der Nähe des Versuchsfeldes. Zwei von ihnen waren bereits aus anderen Bereichen des CPAA-Geländes bekannt, sechs wurden dort als neu beschrieben. Diese Daten zeigen, daß trotz der allgemein als stabil geltenden Bedingungen an Naturwaldstandorten Fluktuationen der untersuchten Mikroorganismen vorliegen.

Ab August 1992 wurde die Versuchsplantage des Projektes "Rekultivierung..." nach Umwandlung von Bracheflächen durch Abbrennen angelegt. Die Bracheflächen waren unterschiedlich alt (vgl. Kap. 3.2). Ein Teil der Bracheflächen im Bereich der heutigen Blöcke A/B wurde 1987 bereits auf seine Mykorrhizapilzzusammensetzung hin untersucht. Damals wurden nur vier Sporentypen identifiziert; fünf Jahre später wurden dagegen neun ST gezählt. Während der Laufzeit des Projektes "Rekultivierung..." wurde eine weitere Diversifizierung der AMPG festgestellt: 1994 kam der ST 4 hinzu, der vom CPAA-Gelände aus 1987 bekannt war, und hier sogar ein Jahr vor dem Nachweis am Naturwaldstandort auftrat. Die ST 25 und 39 gehörten bereits am Naturwaldstandort (s.o.) zu den "neuen" ST des Jahres 1992, fanden sich hier in der Brachefläche allerdings erst 1995 wieder. Neben diesen ST sind ST 22 und 31 am Naturwaldstandort nicht nachweisbar, sondern treten ab 1995 nur in den Brachflächen auf.

In den Versuchsflächen kam es durch das Brennen vor Anlage der Pflanzungen zu einer drastischen Reduktion der Sporentypen von 9 auf nur noch 4 im Jahre 1993. Es überleben die drei auf dem gesamten Gelände am häufigsten vorkommenden ST 16, 20 und 23. In den nachfolgenden zwei Jahren kommt es hier zu einer starken Diversifizierung der AMPG bis hin zu 16 ST. Die nach der Anlage der Pflanzungen auftretenden ST regenerieren sich entweder aus dem Fundus von vor dem Brand (ST 21,33, 36, 37), werden gleichzeitig in Brache- oder Naturwaldstandort gefunden (ST 1, 4, 14, 22, 25, 27, 31, 39), sind aus 1987 vom Naturwaldstandort bekannt (ST 3) oder treten völlig neu auf, sind also nirgendwo anders nachweisbar gewesen (ST 28, 41). Im Falle des ST 27 ist das Auftreten zunächst in der Versuchsfläche und dann erst am Naturwaldstandort nachweisbar.

Neben der qualitativen Zusammensetzung kommt es auf der Versuchsfläche im Gegensatz zu Naturwald- und Bracheflächen zu starken Schwankungen der Sporenzahlen im Boden, die nicht jahreszeitlich bedingt sein können. Hohe Sporenzahlen im März 1994 gehen auf die Häufigkeit des ST 20 zurück, der im Zuge der Diversifizierung später zurückgedrängt wird. Am Ende des

Untersuchungszeitraumes liegen wesentlich geringere Sporenzahlen im Boden vor als in der Vergleichsbrachefläche, aus der die Versuchsfläche hervorgegangen war. Den Hauptanteil an der AMPG nimmt ein Standort-"neuer" Pilz ein (ST14), der aber bereits aus anderen Bereichen der Brachefläche aus August 1992 bekannt war.

Eine weitere Beobachtung ist besonders wichtig für die Beurteilung des Einsatzes exogener Mykorrhizapilze. 1987 kam der ST 12 (Glomus etunicatum) am Naturwaldstandort in der Nähe des Versuchsfeldes, nicht aber auf dem Versuchsfeld selbst vor (Tab. 22, Spalte 2 und 11). Auf dieser Feststellung beruhte die Auswahl des exogenen Versuchspilzes. Genau dieser ST verschwand aber im Laufe der Jahre zwischen 1987 und 1992 völlig aus dem Versuchsfeldbereich. Gleichzeitig war der hochvermehrte, exogene Pilz nicht in der Lage, sich längerfristig über Sporulation im Versuchsfeld zu etablieren (Tab. 22, Spalten 21-24). Es bleibt offen, ob diese beiden Beobachtungen zusammenhängen und die ökologischen Rahmenbedingungen die Sporulation von Glomus etunicatum generell beeinträchtigen. Wirksam war der exogenen Pilz über längere Phasen auch im Gelände (s.u.), und im Gewächshaus sporulierte er 1992 und 1993 bei der Inokulumsvermehrung wie auch 1987 im damaligen Versuchsfeld (Feldmann 1991).

Zusammenfassend kann drei Jahre nach Versuchsbeginn festgestellt werden, daß die Störung der autochtonen AMP-Gesellschaften durch Anlage der Fläche zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung führt.

Der Dynamik, die sich auf den umgebenden Vergleichsstandorten zeigt, sind in gleicher Weise auch die Experimentalflächen unterworfen.

Eine Regeneration der AMPG auf dem Versuchsfeld nach dem Abbrennen könnte ebenso aus den Bracheflächen wie aus dem Naturwald und aus nicht zerstörten Quellen der experimentalflächen heraus erfolgen; im Einzelfall ist auch eine vom Versuchsfeld in den Naturwald hineinreichende Ausbreitung von AMP nicht auszuschließen.

Innerhalb der Wiederholungen und zwischen den Varianten des Experimentes wurde eine große Heterogenität der Messungen mit der Folge nicht-signifiknanter Unterschiede festgestellt.

Isolierung der häufigsten AMP-Typen und Ermittlung ihrer Wirksamkeit

Für die Ermittlung der Wirksamkeit der wichtigsten AMP während der Rekultivierungsmaßnahme wurden die ST 16, 20 und 23 isoliert, über Einzelsporen vermehrt und Populationen so entstandener Linien auf ihre Biomasse beeinflußende Wirksamkeit getestet. Als Testpflanzen wurden zwei der angebauten Nutzpflanzen (Zea mays und Manihot esculenta) und ein Gras eingesetzt, welches sehr gut auf Mykorrhizierung anspricht (Paspalum notatum). Als Kontrollen wurden nicht mykorrhizierte Pflanzen und solche, die mit Glomus etunicatum beimpft waren, eingesetzt. Weiterhin wurden Versuchsreihen angelegt, in denen mit gemischten Populationen aus den drei autochtonen AMP, sowie mit einer Bodenmenge, die die Pilze im natürlichen Mischungsverhältnis enthielt, inokuliert wurde (Tab. 23).

Alle getesteten AMP-Isolate erwiesen sich als sehr wirksam und förderten die Biomassebildung aller drei Testpflanzenarten. In einzelnen Fällen wurde sogar die Leistungsfähigkeit des selektionierten Isolates HH13 erreicht oder übertroffen. Die Mischung der Populationen rief keine gesteigerten, sondern eher eine intermediäre Wirksamkeit hervor. Wurde mit natürlichem Boden beimpft, so lag die Wirksamkeit genauso hoch oder sogar über der Wirksamkeit des am besten wirkenden Isolates.

Zwischen den Isolaten bestanden z.T. erhebliche Unterschiede in der Wirksamkeit. Die drei autochtonen AMP förderten spezifisch einzelne Wirtspflanzenarten auf besondere Weise. Zudem war ihr Besiedelungsverhalten unterschiedlich, die Wirksamkeit jedoch nicht mit der Höhe der Besiedelung korreliert.

Additionsexperimente mit exogenen AMP

- Die autochtonen Mykorrhizapilz-Gesellschaften erwiesen sich gegenüber den eingebrachten Mykorrhizapilzen zwar als wirksam, nicht aber als konstanter Faktor, denn sie waren ein Jahr nach Beginn der Versuche nicht mehr im Boden als Sporentyp nachweisbar.
- Inokulationen in Unterkornablage bei Mais im Feld führten zu bis zu 50% mehr Ertrag bei inokulierten Pflanzen.
- Die Wurzelbesiedelung von Citrus mit AMP stieg nach Inokulation im Gelände über den Wert von solchen Pflanzen an, die nur mit authochtonen AMP besiedelt waren.
- Starke spezifische Präferenzen von *Bixa orellana* für autochtone Pilze konnten zwar offenbar eine Besiedelung durch den exogenen Pilz weitgehend behindern, führten jedoch zum Verlust des förderlichen Mykorrhizaeffektes.

Schlußfolgerungen

- Gewächshausversuche und Feldinokulationen zeigen, daß die autochtonen AMPG aus wirksamen Pilzpopulationen bestehen, die in der Lage sind, Symbiosen auszubilden.
- Die Gesamtheit der angewendeten Pflanzenbaumaßnahmen, wie sie an anderer Stelle beschrieben werden, sind geeignet, eine Regeneration der Fläche durch die autochtonen AMP zu gewährleisten.
- Die Einbringung der Nutzpflanzen und mit ihnen der exogenen AMP in die Versuchsfläche hat keine offensichtlichen Einflüße auf die Sporentypenzusammensetzung. Das weist auf die große Bedeutung der spontanen Vegetation im Versuchsfeld für die Zusammensetzung der AMPG hin.
- Die Mechanismen f
 ür die Fluktuationen von Sporentypen in die AMPG und aus ihnen heraus bleiben in diesem Ansatz unklar. Veränderungen in der Zusammensetzung der Sekundärvegetation können hier - zumindest im Versuchsfeld - wegen der nachgewiesenen Spezifitätsphänomene aber eine wichtige Rolle spielen.

Tab. 21: Sporencharakteristika der arbuskulären Mykorrhizapilze von Naturwald- und Plantagenstandorten in Zentralamazonien

ST	Form	Farbe	Sporengröße [µm]	Wg	Wd [µm]	Wandaufbau (Mu- ronym)	Genus	Charakteristika ähnlich wie bei
1	rd	y-br	125-145	2	9-16	A(U) B(L)	Acaulospora	A. denticulata
4	rd	br	120-180	2	12	A(U) B(U)	Acaulospora	?
2	rd	r	85-155	3	12-16	A(U) B(M) C(M)	Acaulospora	?
3	rd	y	80-120	3	10-15	A(L) B(U) C(M)	Acaulospora	A.dilatata
34	rd	w	110-240	3	6-12	A(EL)B(U)C(M)	Acaulospora	?
36	rd	y-r	70-120	3	3-7	A(UU)B(U)C(M)	Acaulospora	A.morrowae
37	rd	у	50-150	3	5-9	A(LU)B(M)C(M)	Acaulospora	A.mellea
5	rd	w	90-145	3	5-9	A(EL)B(U)C(M)	Entrophospora	E. colombiana
6	rd	r	115-142	3	20-28	A(EL)B(M)C(M)	Entrophospora	?
41	rd	br	90-180	(1)	18-20	A(U)	Entrophospora	?
7	rd	у	350-400	1	25-35	A(L)	Gigaspora	G. decipiens
8	rd	у	350-450	1	11-18	A(UL)	Gigaspora	G. gigantea
19	ov	h	25-55x 35-85	1	2-7	A(EL)	Glomus	G. occultum
20	ov	y-br	50-82x 74-120	1	3,5-8	A(UL)	Glomus	G. fasciculatum
17	ov-rd	у	95-150x 105-165	1	8-10	A(L)	Glomus	G. mosseae
9	rd	dk br	45-95	1	4-9	A(EL)	Glomus	G. ambisporum
10	rd	h	44-142	1	2-4	A(LM)	Glomus	G. diaphanum
1	rd	у	145-225	1	20-35	A(L)	Glomus	G. clarum
32	rd	d r-y	80-150	1	6-10	A(U)	Glomus	?
21	ov	r-br	40-120x 80-150	2	6-8	A(L) B(L)	Glomus	?
22	ov	y-br	82-135x 65-145	2	6-10	A(EU) B(M)	Glomus	G. hoi
2	rd	у	70-130	2	10-18	A(EL) B(L)	Glomus	G. etunicatum
13	rd	у	112-186	2	3-9	A(E) B(L)	Glomus	G. intraradices
14	rd	h	30-90	2	2-4	A(EL) B(M)	Glomus	?
35	rd	h	30-110	2	2-5	A(L) B(U)	Glomus	?
38	rd	h-y	130-270	2	10-20	A(EL) B(UU)	Glomus	G. manihotis
15	rd-ov	у-г	50-90x 90-110	2	8	A(EM) B(U)	Glomus	?
23	ov	h-y	30-70x 90-120	3	5-8	A(L) B(U) C(M)	Glomus	?
16	rd-ov	у	92-113	3	5-9	A(U) B(U) C(M)	Glomus	?
18	ov	r-br	45-80x 65-95	1	8-12	A(UL)	Sclerocystis	S. rubiformis
25	rd	у	230-295	2	8-21	A(EU) B(M)	Scutellospora	?
24	rd	dk br	450-575	2	54-78	A(L) B(L)	Scutellospora	S. nigra
26	rd	br-r	250-375	2	8-21	A(L) B(M)	Scutellospora	S. gregaria
30	rd	w	270-395	2	9-16	A(L) B(M)	Scutellospora	dentify se
28	rd-ov	w	110-165x180-240	2	10-12	A(L) B(M)	Scutellospora	S. calospora
29	ov	w	200-300	3	12-18	A(L) B(M) C(M)	Scutellospora	?
27	rd	w	270-400	3	15-18	A(U)B(U)C(U)	Scutellospora	?
12	ov	dk br	50-80x 90-110	(1)	5-7	A(L)	?	
31	rd	dk br	150-315	1	25-30	A(U)	?	
33	rd	r-y	140-190	2	5-10	A(L) B(M)	?	
40	ov	dk r	150-250	3	8-18	A(U) B(M) C(M)	?	
39	rd	w	90-225	3	6-7	A(M)B(M) C(M)	?	
13			andere			andere	?	

Legende: ST: Sporentyp, Linie Nr.; Form: rd rund, ov oval; Farbe: y gelb, r rot, h hyalin, w weiß, br braun, dk dunkel; Wg Wandgruppenanzahl; Wd Wanddurchmesser; Muronym nach Morton, 1990); ? keiner beschriebenen Art ähnlich

Tab. 22: Prozentualer Anteil der Sporentypen (ST) an den autochtonen Mykorrhizapilzgesellschaften der Versuchsfläche und von Vergleichsstandorten zwischen 1987 und 1995

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Flächen				aldstando							В	rachefläch	en							Versuchst	lächen (V)		-	
	FN1-6		Vergle	ichsfläche	zu Versuc	chsfeld		Block A-E			Block A				Block A-E				Block A					
Zeitpunkt	Nov 87	Nov 87	Aug 92	Mrz 93	Mrz 94	Jan 95	Nov 95	Aug 92	Mrz 93	Mrz 94	Nov 87	Aug 92	Mrz93	Mrz94	Jan 95	Nov 95	Aug 92	Mrz93	Mrz94	Aug92	Mrz93	Mrz94	Jan95	Nov95
ST 20	0 bis 22	12	23	19	23	61	11	25 bis 45	8 bis 28	12 bis 27	47	25	25	27	29	12	25 bis 45	23 bis 98	37 bis 96	25	73	70	43	15
ST 16	0 bis 37	18	2	4	6	1	3	23 bis 31	9 bis 22	10 bis 25		23	24	24	3	4	23 bis 31	0 bis 34	0 bis 60	23	8	4	2	7
ST 23	0 bis 30	17	12	5	8	1 10	22	4 bis 5	2 bis 8	1 bis 3	33	4	7	6		13	4 bis 5	0 bis 21	0 bis 17	4	10	4		14
ST 36	0 bis 8	8	13	12	8	14	5	2 bis 12	2 bis 12	1 bis 7		12	12	7	11	21	2 bis 12	Detail.		12			15	10
ST 21	0 bis 34	10	21	8	9	12		4 bis 5	3 bis 27	0 bis 6		5	25	5	32	6	4 bis 5			5			14	8
ST 33	0 bis 4	4	2	12	10	4		1 bis 2	0 bis 1	0 bis 5		2	1	1	4	2	1 bis 2			2			7	3
ST 14	0 bis 23		8	10	12	1	39	0 bis 11		2 bis 8			1	1	2	32	0 bis 11						2	35
ST 37	0 bis 14	14	1000	7	5	0	4	3 bis 9		0 bis 8		9		8	1		3 bis 9	31810		9	1		1	1
ST 35	0 bis 9	9						6 bis 18	0 bis 5	6 bis 15		18	5	15			6 bis 18			18		10		
ST 4	0 bis 3		16 7			1						19 0		6	8	1	1 PG	13.5	0 bis 28			3	4	1
ST 26	0 bis 9	4						1 bis 3			6	3	4				1 bis 3	0 bis 1		3				
ST 25	018		3	5	6					255	V		1		1	14							1	
ST 39						1	12								1	1							1	1
ST 27	0 bis 1					1				1 7	7	1 1/2		at The second				22.5	0 bis 14			4	1	1
ST 32	0 bis 9												19										3	
ST 29						1							1										1	
ST 22												-			7	6							1	2
ST 31															1	1							3	1
ST 3	0 bis 6	1	6	1	2																			
\$16	0 bis 3	3	5	11	1																			
ST 7	0 bis 4	2	1	2	1			7.11.2				777											110	
ST 12	0 bis 6	6																						
ST 24	2719		2	13	7	SUITE -									***************************************		1			reme	0200	Civia		
ST 2						1																		
ST 42						2																		
ST 28																								1
ST 41				e Ta																			2	
ST 11	0 bis 31																							
\$ T 13	0 bis 36	1111111				1 1					* I DITE			1113	1 - 1 - 1 1	100	Man	108 /	LUNGER	gérgei	(1776	601 11		0.70
ST 17	0 bis 15																							
ST 18	0 bis 5											100								7				
ST 34	0 bis 19																							
andere	2 bis 6	6	2	1	2		4	1 bis 2			7	1					1 bis 2	0 bis 12	3 bis 18	1	8	5		
n Typen	9 bis 14	14	13	13	13	12	7	9	7	9	4	9	8	10	3	7	9	4	4	9	4	6	16	14
n Sporen	3 bis 22	15	9	8	8	5	7	11 bis 15	8 bis 13	9 bis 12	5	15	12	10	12	11	11 bis 15	4 bis 16	3 bis 41	15	8	14	4	8

Tab. 23: Bestimmung der Wirksamkeit der häufigsten autochtonen, arbuskulären Mykorrhizapilztypen (AMP) des Versuchsfeldes (BR 16, 20, 23) anhand der Biomasse-Entwicklung der Wirtspflanzen

						Wirtsp	flanzen						
AMP-		Zea	mays			Paspalum	notatum		Manihot esculenta				
Variante	FG	TG	R/S	Besgrd	FG	TG	R/S	Besgrd	FG	TG	R/S	Besgro	
Kon M-	128,7	19,6	0,88	0	17,5	1,54	1,15	0	251,8	54,8	0,75	0	
StAb	19,5	4,2	0,06		2,2	0,07	0,05		21,4	6,6	0,08		
HH13	256,4	27,2	0,66	54	38,2	3,62	0,87	78	468,3	108,6	0,36	92	
StAb	16,3	3,9	0,11		4,6	0,07	0,06	M.TEBI	27,6	11,6	0,04	7	
BR16	167,5	15,6	0,94	24	22,4	1,86	1,05	45	322,9	78,2	0,48	88	
StAb	12,8	2,8	0,07		1,7	0,04	0,1	BEEH	18,5	14,6	0,03		
BR20	208,8	22,9	0,84	44	26,1	2,15	0,9	72	378,6	91,8	0,62	94	
StAb	9,6	7,7	0,09		2,3	0,06	0,04	\$ 1.1.1.25 Lan	17,9	17,9	0,06		
BR23	178,6	18,5	0,75	32	32,6	2,64	0,74	55	345,9	87,4	0,65	94	
StAb	10,5	5,5	0,1		3,8	0,08	0,02		16,5	4,3	0,07		
BR16-23	175,4	19,6	0,8	45	42,3	4	0,82	74	444,6	82,9	0,51	92	
StAb	18,6	4,2	0,05		1,6	0,04	0,01		13,6	10,1	0,03		
Boden	194,6	21,2	0,76	46	44,9	4,4	0,8	76	472,8	95,2	0,41	94	
StAb	4,3	3,6	0,04		1,4	0,02	0,01		12,1	9,4	0,06		

Legende: Die Inokulation der Wirtspflanzen erfolgte in folgenden Varianten: Kon M- ohne Inokulation; HH13 mit Glomus etunicatum, Linie HH13; BR 16, 20, 23 mit den autochtonen AMP der Typen 16, 20, 23; BR16-23 mit einem Gemisch aus gleichen Mengen der drei Sporentypen; "Boden" mit Boden mit AMP im natürlichen Mischungsverhältnis; Parameter: FG Frischgewicht, TG Trockengewicht, R/S Wurzel-Sproß-Verhältnis, Angaben sind Mittelwerte aus 25 Messungen mit der Standardabweichung StAb. Besgrd Besiedelungsgrad der Wurzelsysteme [%].

3.6 Biomasseproduktion und Mineralelementversorgung

Dissertation von Frau Petra Schmidt im Fachbereich Biologie der Universität Hamburg (1996); Zusammenfassung:

Biomasseproduktion und Mineralelementversorgung ausgewählter tropischer Nutzpflanzen im Amazonasgebiet Brasiliens

Extremer Bevölkerungsdruck im Raum Manaus/Brasilien und das erklärte Ziel, die dort vorhandenen Ökosysteme vor der Vernichtung zu schützen, erfordern dringende Maßnahmen, geeignete Kultursysteme mit nativen Pflanzen zu entwickeln, die eine langfristige Nutzung degradierter Standorte gewährleisten. Die Kenntnisse über einen Großteil der im Amazonasgebiet heimischen Arten, die für diese Zwecke genutzt werden könnten, sind relativ gering. Deshalb erscheint es unter anderem zunächst notwendig, Daten zu erfassen, die eine Aussage darüber ermöglichen, inwieweit ein nachhaltiges Wachstum dieser Kulturpflanzen unter den gegebenen Standortbedingungen überhaupt möglich ist.

Unter diesem Aspekt wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Biomassen sowie der Gehalt von mineralischen Nährelementen in einzelnen Pflanzengeweben verschiedener Nutzpflanzen untersucht. Eine detaillierte Fraktionierung der verschiedenen Pflanzen sollte dabei einen Einblick in die *sinks* für verschiedene Elemente innerhalb der jeweiligen Pflanze ermöglichen.

Als Untersuchungsmaterial dienten mehrere Monate alte, z. T. mit Mykorrhiza versehene Anzuchtpflanzen von Bactris gasipaës H.B.K., Bertholletia excelsa H.B.K., Bixa orellana L., Cedrela odorata L., Cocos nucifera L., Dipteryx odorata (Aubl.) Willd., Elaeis guineensis Jacq., Hevea spec., Schizolobium amazonicum Ducke, Sclerobium paniculatum Vogel, Swietenia macrophylla King und Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum sowie ca. 2½ Jahre alte, verschieden inokulierte und gedüngte Pflanzen von S. macrophylla King, T. grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum, B. orellana L., S. amazonicum Ducke und B. gasipääs H.B.K.. Um den Einfluß von Bodendeckern und Pflanzen der Sekundärvegetation auf die Kulturpflanzen zu untersuchen, wurden außerdem die Leguminose Pueraria phaseoloides Benth als Bodendecker und Vismia guianensis (Aubl.) Choisy, einer Pflanze der dort heimischen Sekundärflora, exemplarisch in die Untersuchungen mit aufgenommen.

Zusätzlich durchgeführte lichtmikroskopische Untersuchungen an Sprossen der 2½ Jahre alten Versuchspflanzen sowie von *Pueraria phaseoloides* Benth und *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy dienten dazu, Kenntnisse über den strukturellen Aufbau dieser für den Nährstofftransport und die Biomasseproduktion wichtigen Pflanzenorgane zu gewinnen.

Um daneben einen Einblick in das für die Nährstoffaufnahme wichtigste Pflanzenorgan, die Wurzel, zu bekommen, wurden an primären und sekundären Wurzelstadien von Swietenia macrophylla King und, mit Einschränkung, von Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum lichtmikroskopische und subzelluläre elementanalytische Untersuchungen durchgeführt.

Für eine Charakterisierung des Bodens auf dem Standort und die Einschätzung seiner Nährstoffsituation wurden außerdem sowohl vor der Brandrodung als auch nach der Brandrodung der Projektfläche sowie bei der Entnahme einzelner Pflanzen nach 1½jährigem Wachstum auf dem Feld Bodenproben entnommen und untersucht.

Bereits die lichtmikroskopischen Untersuchungen der verschiedenen Sprosse etwa 2½ Jahre alter Pflanzen von Swietenia macrophylla King, Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum, Bixa orellana L., Schizolobium amazonicum Ducke, Bactris gasipaës H.B.K., Pueraria phaseoloides Benth und Vismia guianensis (Aubl.) Choisy zeigten deutlich sehr unterschiedliche Strategien dieser verschiedenen Pflanzenarten bezüglich ihrer Biomasseproduktion und Nährstoffversorgung. So wiesen die beiden schnellwüchsigen Leguminosen

gegenüber den anderen Pflanzenarten einen sehr hohen Markanteil auf, der einen enormen Wasserumsatz und somit auch einen starken Durchfluß an wasserlöslichen Nährelementen innerhalb der Pflanzen gewährleistet. Der dabei sehr geringe Anteil an Xylem führte vor allem bei S. amazonicum zu einer starken Windbrüchigkeit. Die geringe Anzahl an Gefäßen in den Sprossen der Dikotyledonen deutet darauf hin, daß es sich hier um sehr effektive Zellkompartimente handelt, die im Vergleich zu Pflanzenarten unserer Breiten ebenfalls einen erhöhten Wasserumsatz ermöglichen. Starke Stärkeanreicherungen u. a. in den Längsparenchymzellen oder Holzstrahlen fast aller Pflanzen sowie ungleichmäßige Zonierungen im Holz einiger Dikotyledonen lassen u. a. vermuten, daß die Ausdifferenzierung verschiedener Gewebeeinheiten und deren Zellinhalte in diesen tropischen Pflanzenarten stark durch klimatische Faktoren determiniert werden.

Diese Beobachtung konnte auch anhand der verschiedenen Wurzeltypen von S. macrophylla King und T. grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum gemacht werden. So zeigten nach der Trockenzeit genommene Wurzelproben primärer und sekundärer Stadien deutliche Trockenstreßreaktionen, die sich z. B. in der Anreicherung phenolischer Inhaltsstoffe im Endodermisbereich zeigten. Auch frühzeitig eingezogene und relativ breite Korkschichten deuteten auf klimatisch bedingte Abschottungserscheinungen hin. Die unterschiedlichen Aktivitätszustände der primären Wurzelstadien sowie die verschiedenen morphologischen Ausprägungen der Wurzelsysteme beider Pflanzenarten ließen auch hier unterschiedliche Strategien bezüglich einer Nährstoffaufnahme vermuten. Während S. macrophylla King verhältnismäßig wenige Feinwurzeln produzierte, die sich jedoch auch nach der Trockenzeit noch im aktiven Stadium befanden, wurden bei T. grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum auch die primären Stadien bei Trockenstreß offensichtlich relativ schnell inaktiviert, was offenbar dazu führte, daß diese Pflanzenart eine weitaus größere Biomasse an Feinwurzeln produzierte, als dies bei S. macrophylla King der Fall war.

Die sehr unterschiedlichen Biomassedaten der verschiedenen Pflanzengewebe von den 3 bis 6 Monate alten Anzuchtpflanzen ließen erkennen, daß die Holzarten Swietenia macrophylla King, Dipteryx odorata (Aubl.) Willd. und Cedrela odorata L. zu Beginn gegenüber den anderen Pflanzenarten relativ langsamwüchsig sind und zudem bereits frühzeitig in die Holzproduktion investieren. Besonders schnellwüchsig waren hingegen Schizolobium amazonicum Ducke, Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum und Bertholletia exselsa H.B.K.. Die Biomassen der etwa 2½ Jahre alten Pflanzen zeigten dagegen u. a. bei Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum eine deutliche Stagnation z. B. gegenüber der Holzart Swietenia macrophylla King, die zu diesem Zeitpunkt bereits deutlich größere Biomassen, Höhen und Stammdurchmesser aufwies. Die Leguminosen Schizolobium amazonicum Ducke und Pueraria phaseoloides Benth hatten demgegenüber aufgrund ihres divergierenden strukturellen Sproßaufbaus im gleichen Zeitraum enorme Biomassezuwächse zu verzeichnen. Behandlungsspezifische Unterschiede konnten nur bei den Anzuchtpflanzen von Bixa orellana L. und Dipteryx odorata (Aubl.) Willd. beobachtet werden, bei denen die inokulierten Pflanzen größere Biomassen ausbildeten als die nicht inokulierten. Die Biomassedaten der 2½ Jahre alten Pflanzen von Bixa orellana zeigten jedoch, daß es sich hierbei offensichtlich nur um eine kurzfristige Beeinflussung handelte, die keine Auswirkungen auf die Ernteerträge bewirkte.

Auch die Elementanalysen der verschiedenen Pflanzenarten zeigten keinerlei behandlungsbedingte Unterschiede. Dagegen konnten durch die detaillierten Fraktionierungen deutliche physiologische sinks innerhalb der Pflanzen nachgewiesen werden. So hatte in den meisten Pflanzenarten eine intensive Kaliumverlagerung in die jüngsten Blattorgane stattgefunden (interner Kreislauf), wohingegen Calcium bei vielen Pflanzenarten wie Swietenia macrophylla King, Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum oder Bertholletia excelsa H.B.K. vorwiegend in den ältesten Blattorganen akkumuliert wurde. Dies führt dazu, daß dieses Element durch den Blattabwurf wieder freigesetzt und der Pflanze erneut über eine Aufnahme in den Wurzeln zur Verfügung gestellt werden kann (externer Kreislauf). Bei fast allen Pflanzenarten wurde zudem festgestellt, daß Aluminium und Eisen vorwiegend in den Wurzeln abgeblockt werden. Die Untersuchungen verschiedener Pflanzengewebe älterer Pflanzen von Swietenia macrophylla King und Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum wiesen außerdem darauf hin, daß diese Blockade in den Wurzeln offensichtlich mit zunehmendem Alter stärker ausgeprägt wird. Zusätzlich an verschiedenen Wurzelstadien von Swietenia macrophylla King durchgeführte EDX-Analysen zeigten, daß vor allem Aluminium bereits in der äußersten Exodermisschicht sowohl der primären als auch der sekundären Wurzeln sehr effektiv abgeblockt wird. Die Aluminiumanteile, die dennoch in die oberirdischen Pflanzenorgane gelangten, wurden bei fast allen Pflanzenarten vor allem in den ältesten Blattorganen abgelagert, wodurch es beim Blattabwurf zu einer starken Reduktion dieses pflanzentoxischen Elementes innerhalb der Pflanzengewebe kommt.

Die am Bodendecker *Pueraria phaseoloides* Benth und an *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy, einer Pflanze aus der Sekundärflora, durchgeführten Untersuchungen zeigten, daß beide Pflanzen einerseits bei den meisten Elementen als Nährstoffkonkurrenten der Kulturpflanzen einzuordnen sind, daß aber andererseits vor allem *P. phaseoloides* Benth aufgrund der Symbiose mit Rhizobien zu einer deutlichen Erhöhung des Stickstoffgehaltes beiträgt.

Die hohen Kalium-, Calcium- und Phosphorgehalte machen deutlich, daß langfristig nur bei entsprechendem Düngeraufwand ein akzeptabler Ernteertrag über längere Zeit möglich ist. Darauf deuteten auch die sehr niedrige Basensättigung und die vergleichsweise niedrigen Nährelementgehalte der untersuchten Bodenproben hin, die durch die Brandrodung nur kurzfristig angehoben werden konnten. Gezielte kleinere Düngergaben in kurzfristigen Abständen oder die Gabe langsam aufschließbarer Düngerstoffe sind zudem notwendig, um den pH-Wert auf einem möglichst hohen Niveau zu halten, so daß unter anderem die Freisetzung größerer Mengen an organischem Aluminium verhindert wird.

Es zeigt sich, daß auf den extrem nährstoffarmen und sauren Böden des Untersuchungsgebietes langfristige Landwirtschaft nur dann erfolgreich betrieben werden kann, wenn die gegebenen Standortfaktoren bei der Konzeption produktiver Systeme mit einbezogen werden. Das heißt, daß zum einen gezielte, auf die jeweilige Kulturart abgestimmte Düngergaben selbst bei holzproduzierenden Arten unabdingbar sind, da ohne Düngerzufuhr eine langfristige Nutzung auf diesen nährstoffarmen Böden in keinem Falle möglich ist. Zum anderen sollte eine Stabilisierung im Nährstoffgefüge solcher Systeme unbedingt über den Einsatz unterschiedlicher, an den Standort adaptierter, mit eigenen Recycling- und Schutzsystemen ausgestatteter Kulturarten erfolgen. Neben der Akkumulation und dem dosierten Recycling pflanzenverfügbarer Nährstoffe gewährleistet eine Mischung verschiedener annueller und perennierender Arten einen besseren Schutz gegen Pflanzenpathogene, vermindert Erosionserscheinungen und erhöht die Vitalität der einzelnen Pflanzenarten u. a. durch Verbesserung im Kleinklimabereich. Für den Kleinbauern bieten sie zudem eine abwechslungsreiche, beständige Nahrungsquelle und ermöglichen ihm außerdem ein zusätzliches Einkommen z. B. durch den Einsatz holzproduzierender Arten.

3.7 Anhang

3.7.1 Plantagen-Management

Leitlinien für das Management der Versuchsfläche

Definition:

Die Versuchsfläche besteht aus der Anbaufläche (90 Parzellen in 5 Blöcken), einer 1 ha großen Sekundärwald-Referenzfläche, randlichen Bracheflächen sowie aus dem angrenzenden Sekundär- und Primärwald. Die nachfolgenden Leitlinien ergeben sich aus dem wichtigsten erklärten Versuchsziel, der Erprobung einer nachhaltigen und erfolgreichen Wiedernutzung einer aufgegebenen Plantage.

Versuchsfläche:

<u>a. 1-ha-Sekundärwald und System 5</u>: Die Bracheparzellen und der als Referenzfläche dienende Sekundärwald bleiben ohne jegliches Management und ohne Eingriffe.

<u>b.Systeme 6, 7, 8 und 9</u>: Die Monokulturparzellen erhalten ein konventionelles Management, welches in das Ermessen der mitarbeitenden Agrartechniker gestellt ist.

c.Systeme 1, 2 und 3: Die Baumscheiben der ausdauernden Pflanzenarten in den Parzellen werden von Wildpflanzenwuchs mit Hacke und Buschmesser freigehalten. Dabei darf die Bodenoberfläche nicht aufgerissen werden, um die hier befindlichen Wurzeln der Nutzpflanzen nicht zu beschädigen. Alle Nutzpflanzen werden von den rankenden Trieben des Bodendeckers Pueraria phaseoloides und von anderen rankenden Wildpflanzen laufend freigeschnitten. Soweit notwendig werden auch die kurzlebigen Kulturen von Wildpflanzen freigehalten.

System 4: In dem Agroforst-System wird in den Reihen von Zeit zu Zeit der oberirdische Wildpflanzenwuchs entfernt. Zwischen den Reihen wird (insbesondere baumförmiger) Wildpflanzenwuchs zugelassen. Erst wenn die Sekundärvegetation die Nutzpflanzen beginnt zu überwachsen, wird sie um 1m zurückgeschnitten (nicht jedoch entfernt). Das Pflanzenmaterial wird, wenn notwendig, zerschnitten und verbleibt in den Reihen.

Flächenränder und Wegesystem:

<u>Brachestreifen</u>: Eingriffe in die aufwachsende Vegetation der Brachestreifen zwischen Parzellen und zwischen Parzellen und Wegen unterbleiben bis auf weiteres.

Angrenzender Primär- und Sekundärwald: Die an die Versuchsfläche angrenzenden Primär- und Sekundärwald-Streifen sind ein wichtiger Teil des Versuchs. Sie dürfen deshalb nicht gestört oder zerstört werden. Das Freischlagen von Wegen und das Roden und der Abtransport von Bäumen müssen unterbunden werden. Im Randbereich des Sekundärwaldes darf in begrenztem Ausmaß Pflanzenmaterial geschnitten und entnommen werden, welches für die Plantage oder die Arbeiten dort benötigt wird (z.B. Schneiden von Markierungsstöcken und von Blättern für den Bau von Unterständen).

Wegesystem: Die Wege sind mit der nötigen Umsicht zu befahren, um Schäden (wie Schlaglöcher) und ihre Folgewirkungen (Bodenerosion) soweit wie möglich zu vermeiden. Außerhalb der Wege dürfen Motorfahrzeuge nicht benutzt werden. Das Umfahren von Schlaglöchern durch Ausweichen in die randliche Vegetation ist zu vermeiden, weil dadurch die vegetationsfreien Flächen und damit die Gefahr der Bodenerosion vergrößert werden. Große Schlaglöcher sind deshalb nach ihrer Entstehung umgehend zu reparieren. Es sind weitere Maßnahmen zu erarbeiten, um die Bodenerosion verhindern. Diese geht vor allem von dem bestehenden und derzeit stark befahrenen Wegesystem aus.

Düngeplan der kurzlebigen Nutzpflanzen (1993)

			Dosagem (kg/ha)								
Espécies	Trat.	Adubação	Calcário	Uréia	SFT	KCI					
Mandioca	30	Cobertura			27	22,5					
	100	Cobertura	And the second s	Die Mar	89	75					
Milho	30	Plantio	1050	afiri wa i	15	30					
		Cobertura		20							
	100	Plantio	3500	TALBET BELL	50	100					
	CE TO LEVE	Cobertura	Libe Salarit and	66,6	elekçiri) A	May gathe					
Feijão Caupi	30	Plantio	1050	epszirosju	15	30					
	100	Plantio	3500	taxlaV el	50	100					

SFT = Superfosfato triplo e KCl = Cloreto de potássio.

Düngeplan der ausdauernden Nutzpflanzen (1993)

			Dosagem (g/planta)							
Espécies	Trat.	Adubação	Urćia	SFT	KCl²	Calcário	Bórax	MgSO ₄	Esterco	
		Cova		30	9	150	1,5			
Cupuaçu	30	**1	14		18					
(Theobroma		**2	8	8	6			4,5	-	
grandiflorum)		Cova		100	30	500	5			
	100	1	44		60			Tal lab	51 1	
		2	27	27	20			16	pe y	
		Cova	11	33	17	60				
	30	1	22		34					
Pupunha		2	15,6	6,3	5,1		0,3			
(Bactris gasipaes)		Cova	37	111	56	200				
	100	1	74	11 14	112					
		2	52	21	17		1			
		Cova		47	30	150				
Saringuaina Ma	30	1	20						7	
Seringueira, Mogno,		2	15	30	15			15		
Castanha do Brasil, Andiroba e Paricá		Cova		155	100	500				
	100	1	65							
*		2	50	100	50			50		
		Cova		47	30	300			1,5	
	30	1	20		\$ magazine				TEI	
Laranja		2	48	51-	24					
(Citrus sinensis)		Cova		155	100	1000			5	
400.00	100	1	67							
	.	2	161	172	80				777	
		Cova	33	47	15	300			0,9	
	30	1	40	to legate	15				0,9	
Mamão		2	99,9	53,4	30			7	3	
Carica papaya)		Cova	111	155	50	1000			3	
	100	1	130		50				3	
		2	333	178	100				10	
		Cova			5	60				
	30	1	7	20	5					
Jrucum		2	9	27	24					
Bixa orellana)		Cova			16	200				
	100	1.9	22	67	16					
		2	30	90	80					
		Cova	58	70	58	300				
	30	1								
Côco		2	163	36	122					
Cocos nucifera)		Cova	173	230	173	1000				
	100	1	Latin-							
		2	542	118	407					

^{*} Seringueira (Ilevea spp), Mogno (Swietenia macrophylla), Andiroba (Carapa guianensis), Paricá (Schizolobium amazonicum) e Castanha-do-Brasil (Bertolletia excelsa).



^{** 1 =} adubação de cobertura - 19.03 a 15.06.93 e 2 = adubação de cobertura - 31.11 a 14.12.93

⁻ Na 2º adubação de cobertura em seringueira, castanha-do-Brasil e paricá aplicaram-se 20 g e 6 g de FTE BR e em pupunha aplicaram-se 1 g e 0,3 g de Zincop 101 para os níveis de 100 e 30% de adubação, respectivamente. STF = Superfosfato triplo e ² KCl = Cloreto de potássio

Düngeplan der ausdauernden Nutzpflanzen (1994)

							Dosagem (g/p	planta)				Esterco
Espécie	Trat.	*Época	Calcário	Uréia	SFT	KCl	FTE BR	Bőrax	MgSO ₄	ZnSO ₄	CuSO ₄	(l/pl)
Cupuaçu	30	1		16		12		0,06f	4,8	0,075f	0,075f	
(Theobroma		2		5,4	5,4	4.5	1	0,6				
grandiflorum)	100	1		54		40		0,20f	16	0,25f	0,25f	
5,		2		18	18	15	3	2		,		
Pupunha	30	1		31		10		9	1			
(Bactris		2		9	6.3	5,1		0,9		0,36	0,24	
gasipaes)	100	1		104		34		30	1778			
5 7 7		2		30	21	17		3		1,20	0,80	
	30						6	77777	15			
Castanha-do-Brasil		2		15	30	22,5	9		22,5			
(Bertollecia excelsa)	100						20		50	7.181.1		
N= 2-1-2/1-15-7		2		50	100	75	30		75	1 1 1		
	30	1									 	
Urucum		2		18	54	24	3,6					
(Bixa orellana)	100	1								1		1
(Dixa or emana)	100	2		60	180	80	12		1			
	30	1		108	-	81			1		-	-1-1
Côco	30	2	150	30	45	45	6	6			+	
(Cocos nucifera)	100	1		361	1	271	-		1			
	100	2	500	100	150	150	20	20			+	
	30	A 1		32	1.0	16	+		-	0,075f	0,075f	
Laranja	30	2	150	30	103	9	6	1,5		3	1,5	
(Citrus sinensis)	100	1	150	107	103	53	1-0	1,5		0,25f	0,25f	-
(Clirus sinensis)	100	2	500	100	343	30	20	5		10	5	
D = -1 = 4	30	1	300	100	1 343	15	1 20	-		10	-	-
Paricá				15	30	22,5	9		22,5		-	
(Schizolobium	100	2		13	30		9		22,3			-
amazonicum)	100	1			100	50	1 20		75			
	20	2	[10]	50	100	75	30		75			
Mogno	30	1		15	1 20	15	6		15 22,5			
(Swietenia macrophylla)	100	2		15	30	22,5	9	T				
Andiroba	100	1						Tratamento	não realizado			
(Carapa guianensis)	- 50	2				1 22		T				
	30	1		67		20		1.6				
Mamão		2	150	21,6	13,4	5	6	1,5		122		3
(Carica papaya)	100	1		222	1	67	1					
		2	500	72	44,5	16,7	20	5				10
No. 10	30	1		15		15	7		7 (MgO)			
Seringueira		2		15	50	15	7	1 10	7 (MgO)			
(Hevea spp)	100	1		50		50	20		20(MgO)			
		2		50	150	50	20	11-41-16	20 (MgO)			

^{*1 =} adubação de cobertura efetuada em 21-25/03 e 17/04/94; seringueira = maio/94

^{2 =} adubação de cobertura efetuada em Dezembro/94; seringueira = novembro/94 SFT = Superfosfato triplo, Kcl = Cloreto de potássio e f = adubação foliar

Düngeplan der ausdauernden Nutzpflanzen (1995)

						Dosagem	g/plai	nta)	To the		Esterco
Espécie	Tra	**Épo	Uré	SF	KC	FTE	Bóra	MgS	ZnS	CuS	(l/pl)
	t.	ca	ia	T	1	BR	x	O ₄	O ₄	O ₄	
	1	1	5,4	5,4	4,5	1	0,6				Tanilli Ivia
Cupuaçu	30	2	27		22,	6					
					5						
(Theobroma		3	30		15					-	
grandiflorum)		1	18	18	15	6	2				
	100	2	90	1.18	75	20					was in
		3	100	- Haw	50						200
		1	9	6,3	5,1	1	0,9			0,24	ne A T
Pupunha	30	2	45		30	12	1	1001		1 1 1	
(Bactris		3	30	6	30		1,5				17.6
gasipaes)		1	30	21	17		3			0,80	
	100	2	150		100	40					
		3	100	20	100		5				
		1	15	30	22,	9		22,5			
					5						
	30	2	15		22,	9					
				1 9	5	is the same of the	- selfon.		1,1271		
Castanha-do-		3	15		30				*		
Brasil		· >		-							
(Bertolletia		1	50	100	75	30		75			
excelsa)											
	100	2	50	-	75	30		1275			
		3	50		100					67(20m)	
		1	18	54	24	3.6					Sec.
	30	2	26		24						
Urucum		3	15		30		1				
(Bixa orellana)		1	60	180	80	12					
	100	2	8,7		80						
		3	50	1 1 1 1 2 2 2	100						
		1	30	45	45	6	6				
	30	2	105		75	12					
Côco		3	120		90						
(Cocos nucifera)		1	100	150	150	20	20				
	100	2	350	- diver	250	40					
		3	400		300	1.5					
		1 -	30	103	9	6	1,5		3	1,5	
	30	2	45		60	12					
Citros	-	3	45	30	30			180f *		150f	
(Citrus sinensis)	100	1	100	343	30	20	5		10	5	
	100	2	150	100	200	40		6000		5000	
		3	150	100	100			600f *		500f	
		1	15	30	22,	9		22,5			
Paricá	30	2	15		22,	9					
	50	-	13		5	,					

Düngeplan der ausdauernden Nutzpflanzen (1995, Fortsetzung)

(Schizolobium	- 15	3	LUÇA	aQ.	15					
amazonicum)	2516	-1-	50	100	75	30	10 3 M	75		
.0 1 .0	100	2	50		75	30	1			
		3		1 1	50	Harl				
+++		1	15	30	22,	9		22,5		
Mogno	30	2	15	-	22,	9			ano son	of Til
(Swietenia macrophylla)		3	50	18	50					
Andiroba		1								
(Carapa guianensis)	100	2						[[el]]		
		3		TE						
		1	21,	13,	5	6	1,5	por		3
	30	2	33,	16	15	9				
Mamão		3	7	4-1		-				
(Carica papaya)		1	72	44,	16,	20	50			10
	100	2	111		50	30				REGIE
		3								757
		1	20							Pal
	30	2								
Seringueira		3	20	45				30		
(Hevea spp)		1	65	150		There				
	100	2		TIME		I see I				
, k		3	65	150				100		

^{*} Quantidade em gramas aplicado via foliar, em todas as plantas

^{** 1 =} adubação efetuada em março/95, seringueira = maio/95; 2 = junho-julho/95, 3 = dezembro/95, seringueira = novembro/95.

SFT = Superfosfato triplo e KCl = Cloreto de potássio.

87

Insektenschäden und Bekämpfungsmaßnahmen (1994)

Cultura	Praga	Parte afetada	Inseticida	Nº de Aplicações	Mês
Laranja	Pulgão preto	Brotos	Tamaron BR 1 ml/l (Metamidophós)	3	Jan, Mar e Jun.
	Saúva	Folhas	Isca Mirex-20g/ carreiro (Dodecacloro)	4	Mar, Abr, Ago e Set.
	Lagarta	Folhas	Catação manual	1	Jun.
1773	Cochonilha	Folhas	Aschersonia aleyrodis	2	Mai e Ago.
Castanha- do-Brasil	Besouro raspador	Folhas	Tamaron BR 1 ml/l (Metamidophós)	4	Jun, Jul, Ago e Set.
Mandioca	Saúva	Folhas	Isca Mirex-20g/ carreiro Dodecachoro)	1	Abr.
Mogno	Hipspilla grandella	Brotos	Dipterex 500 - 1ml/l (Trichlorfon)	1	Abr.
politicas	Broca da raiz	Raiz	Dipterex 500 - 1ml/l (Trichlorfon)	od idnacoj	Nov.
Cupuaçu	Lagartas	Folhas	Catação manual	1	Jun.
	Broca das ponteiras	Brotos	Dipterex 500 - 1ml/l (Trichlorfon)	i i i i i i i i i i i i i i i i i i i	Nov.
Pupunha	Sauva	Folhas	Isca Mirex-20g/ carreiro (Dodecacloro)	1	Set.
	Cochonilha	Folhas	A. aleyrodis	1	Ago.
Coqueiro	Mosca branca	Folhas	Tamanon BR-1ml/l (Metamidophós)	1	Jun.

Insektenschäden und Bekämpfungsmaßnahmen (1995)

Cultura	Praga	Parte	Inseticida	Nº de	Mês
		afetada		Aplicações	
Laranja	Pulgão preto	Brotos	Tamaron BR - 1 ml/l	8	Jan, Fev, Mar, Mai,
		1	(Metamidophós)		Jul, Ago, Set e Dez
Cupuaçu	Broca do	Brotos	Dipterex 500 - 1 ml/l	6	jan, Mar, Jul, Ago,
	ponteiro		(Trichlorfon)		Set e Dez.
Castanha-	Besouro	Folhas	Tamaron BR - 1 ml/l	2	Jul e Set.
do-Brasil	raspador		(Metamidophós)		
Seringueira	Cecídia	Folhas	Tamaron BR - 1 ml/l	1	Set.
			(Metamidophós)		
Pupunha	Cochonilhas	Folhas	Malatol - 1 ml/l (Malathion	1	Ago

3.7.2 Bodenchemische Kennwerte

Stichproben-Analyse der Makro- und Mikronährelemente des Bodens in den 90 Parzellen des Blockversuchs sowie deren statistische und graphische Aufarbeitung (Bodenprobennahme-Zeitpunkt: April 1993)

Methoden

Bodenprobennahmen:

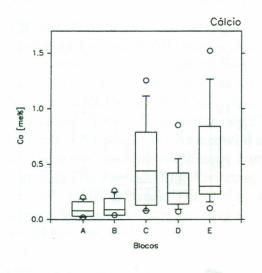
- 1. Entnahme von ca. 3 dm³ Boden mit der Pflanzschaufel aus den oberen 15cm: Probennahme einschließlich Ah und organischer Auflage, soweit vorhanden, dabei Entnahme von jeweils einer Bodenprobe aus der Mitte der Parzellen (=90 Proben zur Ermittlung von Verteilungsmustern im 100m-Maßstab; s.S. 89 und 90);
- 2. Rasterförmige Entnahme von je 25 Bodenproben aus den Parzellen a16, c5 und e9 (zur Ermittlung von kleinräumigen Verteilungsmustern im m- bis 10m-Maßstab; s Jb. 1994).
- 3. Probennahmen mit dem Edelmann-Bohrer aus Bodentiefen von 0-100 cm jeweils aus der Mitte der Parzellen a5, b10, c11, d6 und e11. Die Proben wurden in Tiefenstufen von 10 cm getrennt analysiert (s. Jb. 1994).

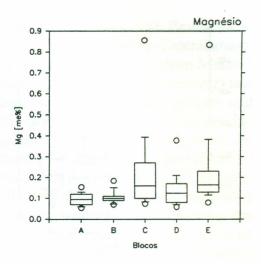
Analysen:

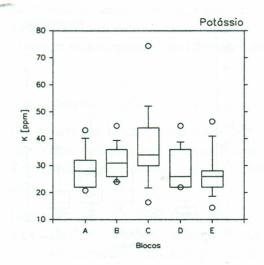
Die Bodenproben wurden auf die Elemente Ca, Mg, K, Al, P, Fe, Zn, Cu und Mn analysiert. Außerdem wurden pH-Werte und die Anteile der organischen Substanz gemessen. Alle Analysen wurden nach den Brasilien-weit geltenden Standard-Methoden der EMBRAPA durchgeführt (vgl. Jb. 1994).

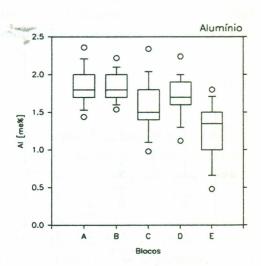
Zu: Kap. 3.7.2: Ergebnisse der Bodenanalysen 4/93:

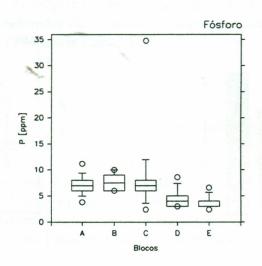
Median- bzw. Mittelwerte aus je 18 Einzelproben der Blöcke A-E





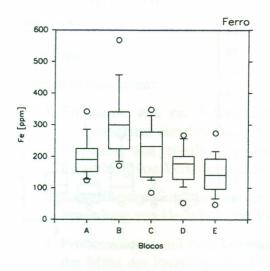


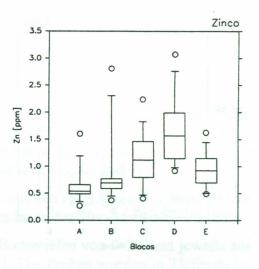


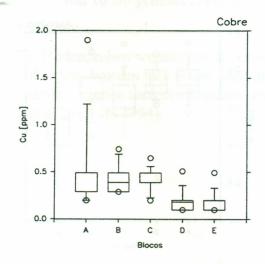


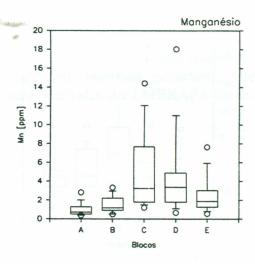
Zu: Kap. 3.7.2: Ergebnisse der Bodenanalysen 4/93:

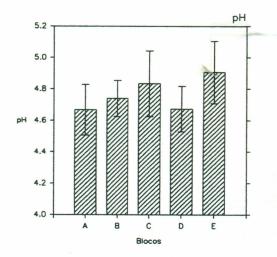
Median- bzw. Mittelwerte aus je 18 Einzelproben der Blöcke A-E

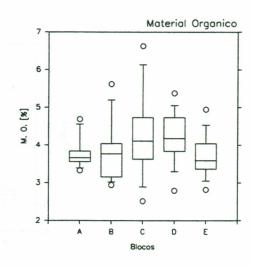












4 Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse des Feldversuchs

Entwicklung von Konzepten zur nachhaltigen Nutzung

Mit dem Projekt "Rekultivierung ..." wurde der Versuch unternommen, eine Brachefläche (ehemalige Kautschuk-Monokultur-Plantage) auf einem Terra-Firme-Standort in Zentralamazonien dauerhaft landwirtschaftlich wiederzunutzen, und zwar in einem praxisgerechten Maßstab (19 ha). Die dabei eingesetzten Hilfsmittel sind biotechnologische (= Mykorrhizaeinsatz) und landwirtschaftstechnische Maßnahmen (= Mischkulturen aus geeigneten kurzlebigen und ausdauernden Nutzpflanzenarten unter Mineraldünger-Einsatz), die in ihrer Kombination eine Innovation darstellen. Der Ansatz wird als Möglichkeit gesehen, einer Lösung des Problems der nachhaltigen landwirtschaftlichen Nutzung von Standorten der feuchten Tropen näher zu kommen. Das Projekt "Rekultivierung ..." kann damit als ein Gegenstück zu dem "Capoeira-Projekt" (SHIFT-Projekt Universität Göttingen - EMBRAPA/CPATU, Belém) angesehen werden, bei dem nicht die dauerhafte Nutzung eines Standortes, sondern die Verbesserung des Verfahrens der Shifting Cultivation im Vordergrund steht. Der Förderzeitraum von 4 Jahren ist zwar naturgemäß zu kurz, um den Erfolg der Rekultivierung abschließend beurteilen zu können, jedoch kann bereits heute festgestellt werden, daß die eingesetzten Maßnahmen zusammen zu einer außerordentlich erfolgreichen Entwicklung vor allem der ausdauernden Kulturen geführt haben. Dadurch werden erste Aussagen über das Zusammenwirken von perennierenden Kulturpflanzen unterschiedlichen Domestikationsgrades möglich.

Schutz tropischer Ökosysteme

Die dauerhafte landwirtschaftliche Nutzung von bereits vorgenutzten Flächen ist eine wesentliche Voraussetzung zur Verminderung des Drucks der Landbevölkerung auf den tropischen Regenwald Amazoniens, und ihre zukünftige praktische Umsetzung wäre ein direkter Beitrag dazu.

Eine wichtige Grundlage für den Schutz tropischer Ökosysteme und ihrer Komponenten sind die im Laufe des Vorhabens durchgeführten Untersuchungen zur Artenanzahl, Artenzusammensetzung und Struktur von Ökotopen unterschiedlicher Nutzungsintensität. Die Ergebnisse liefern anhand eines Beispiels (= SHIFT-Experimentalfläche bei Manaus) konkrete Zahlen über die genetischen Resourcen an Gefäßpflanzenarten der unterschiedlichen landwirtschaftlichen Nutzflächen, verschiedener Sekundärwälder sowie eines extensiv genutzten Primärwaldes (vgl. Jahresberichte 1992, 1993, 1994 sowie Kap. 3.5.1).

Ergebnisse des Feldversuchs

Innerhalb von dreieinhalb Jahren konnte eine Versuchsplantage aufgebaut werden, die bisher bei keiner der eingesetzten ausdauernden Nutzpflanzenarten Ausfallerscheinungen großen Ausmaßes zeigt. Die Nutzpflanzen entwickelten sich vielfach wesentlich besser als dieselben Arten bei Kleinbauern der Region. Eine Reihe von Nutzpflanzenarten konnten bzw. können schon beerntet werden (s. Tab. 2). Dieser Erfolg ist zweifellos ein technischer, der in dem - im Vergleich zum amazonischen Kleinbauern hohen - finanziellen Einsatz in Form von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie von Feldarbeit liegt. Er ist noch kein Indiz dafür, daß die in dem

Feldversuch getesteten Anbaumethoden (Mischkultursysteme und Einsatz von VA-Mykorrhiza in der Anzuchtphase) tatsächlich zu einer grundsätzlich lang andauernden Nutzbarkeit der Standorte führen und daß damit die prinzipiellen Probleme bei der landwirtschaftlichen Nutzung von Terra-Firme-Standorten überwunden wären. Wir sehen in den folgenden Punkten Fortschritte auf dem Weg zu einer sinnvollen Nutzung von bereits in Nutzung befindlichen Terra-Firme-Standorten Zentralamazoniens:

- 1. Neue Erkenntnisse über arbuskuläre Mykorrhizapilze (AMP) und ihr Einsatz in der Landwirtschaft: Die mit AMP-Sporen inokulierten Nutzpflanzen entwickelten sich in der Pflanzenanzucht besser als die Kontrollpflanzen. Dieses bedeutet, daß effektive AMP-Populationen zu Beginn des Versuchs eingesetzt wurden. Die praktische Bedeutung des Entwicklungsvorsprungs zeigte sich dadurch, daß die inokulierten Pflanzen nach dem Auspflanzen ins Feld deutlich geringere Ausfälle aufwiesen als die nicht inokulierten. Der Entwicklungsvorsprung der inokulierten Pflanzen hatte sich zum Projektende im Feld teilweise nivelliert. Wissenschaftliche Erfolge auf dem Gebiet der Mykorrhizaforschung sind Isolierung der häufigsten (nativen) AMP-Typen in der Experimentalfläche und Ermittlung ihrer Wirksamkeit auf das Nutzpflanzenwachstum sowie die Installation einer einfachen Produktionsanlage für AM-Pilze.
- 2. Neue Ergebnisse über das Verhalten von Nutzpflanzen in Mono- und Mischkultursystemen: Einige positive Wirkungen der Anpflanzung der Nutzpflanzen in Mischkultursystemen konnten nachgewiesen werden. So zeigt z.B. Cupuaçu in Mischkultur ein deutlich besseres Wachstum und einen schnelleren Ertrag als bei Pflanzung in Monokultur. Dagegen ist die Pfirsichpalme ein Beispiel dafür, daß es auch Pflanzen gibt, die sich in Monokultur erfolgreich anbauen lassen, zumindest für die derzeit geprüfte Zeitspanne. Darüber hinaus ist die Bedeutung der räumlichen Anordnung der Nutzpflanzenarten in der Versuchsplantage für die Pflanzenentwicklung (z.B. Mosaik aus unterschiedlichen Misch- und Monokultursystemen, Wald- und Brachflächen) derzeit noch unzureichend untersucht.

Die Analyse der Nutzpflanzenentwicklung im Feldversuch ergab ein nicht-uniformes Verhalten der Arten gegenüber den Versuchsvarianten "Inokulation mit Mykorrhiza" und "Düngung" sowie gegenüber den nicht kontrollierten Standortvariablen in der Versuchsfläche:

Ein anfangs nicht erwartetes Ergebnis waren die nach drei Jahren großenteils geringen oder nicht vorhandenen Unterschiede im Entwicklungszustand der (ausdauernden) Nutzpflanzen zwischen den beiden Düngungsvarianten. Das geht sowohl aus den für jede Art einzeln durchgeführten Analysen der Pflanzenentwicklung hervor (Zusammenfassung in Tab. 15) als auch aus der multivariaten Analyse des Systems 3 (Abb. 15). Das Ergebnis läßt darauf schließen, daß das Düngungsregime wenig effizient war und daß in Folge dessen die empfohlenen Düngergaben für die einzelnen Nutzpflanzen mit Hilfe von kontrollierten Versuchen überprüft werden müßten. Es ist davon auszugehen, daß eine Ursache des Ergebnisses im Standortfaktor "Wasserversorgung der Pflanzen" in Kombination mit der Nährstoffversorgung zu suchen ist und daß vor allem die Trockenzeit in den Monaten Juni bis September dabei eine Schlüsselrolle spielt (s. hierzu z.B. Cunningham 1963). Eine ins einzelne gehende Diskussion über mögliche Ursachen erscheint zum jetzigen Zeitpunkt verfrüht, da die Wechselwirkungen zwischen Einzelpflanzen und wichtigen Standortparametern im Rahmen des Projekts "Nährstoff- und Wasserflüsse..." (Prof. Zech, Univ. Bayreuth) derzeit detailliert untersucht werden.

Symbiontische Mykorrhizapilze werden seit einigen Jahren im tropischen Pflanzenbau erprobt und z.T. erfolgreich genutzt (z.B. Maniok: Sieverding 1987; Passionsfrucht, Papaya, Maniok: Müller 1995). Ihr Einsatz erfolgte allerdings überwiegend mit kurzlebigen Nutzpflanzenarten und in Versuchen von kurzer Beobachtungsdauer. Die hier vorgelegten Ergebnisse beruhen auf einer dreijährigen Beobachtung der Pflanzenentwicklung und zeigen, daß die Wirkung der exogenen AMP ("+M") auf die kurzlebigen und ausdauernden Nutzpflanzen im Feld artenspezifisch sehr unterschiedlich ist (Tab. 15). Zumindest für die Art Cupuaçu erbrachte +M in beiden Düngungsvarianten gegenüber den Kontrollen einen deutlichen Mehrertrag an Früchten (Tab. 8). Insgesamt ließ sich nach zwei Jahren Kulturzeit in den +M -Varianten bei der Mehrzahl der Arten ein leichter Entwicklungs- bzw. Ertragsvorsprung feststellen. Im Ordinationsmodell des Pflanzsystems 3 (Kap. 3.5.2, Abb. 15) kommt dieser Trend durch die Lage des Zentroids der Variante +M zum Ausdruck, die sich auf der "produktiven Seite" der Ordinationsebene befindet. Über die Wirkungsmechanismen, die hinter diesen Befunden stehen, kann derzeit nichts ausgesagt werden. Es ist denkbar, daß entweder

- eine durch die exogene AMP hervorgerufene Entwicklung in den Pflanzen auch noch nach drei Jahren im Feld wirksam ist oder
- daß die exogene AMP ihre Wirksamkeit eingebüßt hat und lediglich der leichte Entwicklungsvorsprung, den die +M -Pflanzen bei der Auspflanzung ins Feld hatten, sich über die Kulturzeit von drei Jahren erhalten konnte.

Bereits die ersten Vegetationsanalysen der sich regenerierenden Sekundärvegetation in den Parzellen des Feldversuchs, durchgeführt vier Monate nach dem Roden und Brennen, ergaben floristische und strukturelle Unterschiede entlang der Versuchsfläche, welche auf einen Gradienten hinsichtlich wichtiger Standortqualitäten schließen ließen. Später wurde der Standortgradient durch Unterschiede in den Wuchs- und Produktionsleistungen der Nutzpflanzen bestätigt, welche tendenziell von Block A nach Block E abnehmen und die mit Vegetationsmerkmalen in einen ökologischen Zusammenhang gebracht werden können (Preisinger, in Vorber.). Bisher konnten die Standortfaktorenkomplexe, die hinter dem beobachteten räumlichen Gradienten stehen, nicht zweifelsfrei identifiziert werden, jedoch lassen die Ergebnisse die folgende Interpretation zu:

- 1. Bei dem Standortgradienten handelt es sich um einen *Nutzungsgradienten*, d.h. um eine Sequenz von Standorten mit unterschiedlicher Dauer und Intensität der Vornutzung. Diese Hypothese wird durch die dokumentierte Flächengeschichte gestützt (Kap. 3.2).
- 2. "Nutzung", mit der Zerstörung der primären Vegetationsdecke einhergehend, läßt Standorte mit zunehmender Nutzungsdauer und -intensität "trockener" werden. Damit wäre der Nutzungsgradient mit einem Feuchte- bzw. Degradations-Gradienten gleichzusetzen (vgl. Cunningham 1963).

Der Standortgradient stellt zum einen eine erhebliche Komplikation für die Interpretation von Beobachtungen und Ergebnissen, vor allem aber für die statistische Auswertung des Feldversuchs dar. Die Wirkung besteht in hohen Streuungen der analysierten Parameter entlang der Versuchsblöcke, so daß die Unterschiede zwischen den Blöcken eventuelle Unterschiede in den Versuchsvarianten überlagern ("nicht signifikante" Differenzen bei statistischen Tests). Zum anderen stellen Muster mit unterschiedlicher Vornutzung den Regelfall für die landwirtschaftliche Brachflächennutzung dar. Damit gewinnen Ergebnisse wie die der Cupuaçu-Pflanzen an Bedeutung, die in einer Versuchsvariante (hier: +M) - bezogen auf alle Parzellen des Versuchs

in dieser Variante - eine erhöhte Produktion zeigen. Aus wissenschaftlicher Sicht wäre es von Interesse, am Beispiel des Standortgradienten der SHIFT-Versuchsfläche die Wirkungen von Nutzungsunterschieden auf Standortqualitäten zu studieren. Allerdings deutet das Ergebnis des Kap. 3.5.3 darauf hin, daß die aktuellen Management-Maßnahmen in der Versuchsplantage (Abschlagen und Hacken der spontanen Vegetation, Düngung) zu einer Nivellierung des Standortgradienten führen. Für die spontane Vegetation konnte diese Nivellierung schon dokumentiert werden (Kartierungsergebnisse vom Sommer 1995). Danach nahmen u.a. die Anteile des Bodendeckers *Pueraria phaseoloides* in den "schlechtesten" Blöcken D und E zu. Für die Nutzpflanzen gibt es derzeit noch keine Hinweise dafür, daß sich die Leistungen in den genannten Blöcken verbessern. Wäre das der Fall, könnte das als ein Indiz für die Reversibilität der Standort-Degradation angesehen werden.

Die in der Versuchsplantage notwendigen Management-Maßnahmen waren in der Arbeitsgruppe von Anfang an Gegenstand zahlreicher Diskussionen. Die Entscheidung darüber, ob überhaupt und wenn ja ob *Pueraria phaseoloides* oder eine andere Art als Bodendecker in der Plantage eingesetzt werden sollte, erübrigte sich durch die spontane Ausbreitung der bereits vorhandenen *Pueraria*-Population (Kap. 3.2). Die anfängliche Vorstellung der deutschen Mitarbeiter des Vorhabens, in den Mischkultursystemen der 19-ha-Versuchsplantage prinzipiell unterschiedliche Behandlungen der spontanen Vegetation durchzuführen, mußte aus praktischen und finanziellen Gründen stark beschränkt werden¹⁵. So wurde zwar die spontane Vegetation zwischen den Pflanzreihen des Systems 4 tolereriert. In den anderen drei Mischkultursystemen wurden aber jeweils ähnliche Krautbekämpfungs-Maßnahmen durchgeführt. Trotzdem kam es zum Ende der Projektlaufzeit zu deutlichen Differenzierungen der spontanen Vegetation in den neun Pflanzsystemen (Kap. 3.5.3).

Praktische Verwertbarkeit bisheriger Ergebnisse

Das Vorhaben diente und dient in erster Linie der Erforschung von Funktionszusammenhängen zwischen Nutzpflanzenentwicklung und deren Umweltfaktoren. Viele der in diesem Abschlußbericht dargestellten Ergebnisse sind daher notwendigerweise Bausteine zum Verständnis dieser Zusammenhänge, die derzeit noch nicht praktisch verwertet werden können. Die nachfolgend aufgeführten Beispiele zeigen aber, daß es bereits jetzt, abgesehen von den zahlreichen praktischen Erfahrungen mit dem Plantagen-Management und den Beobachtungen zur Autökologie der eingesetzten Nutzpflanzenarten Erkenntnisse gibt, die direkt in die Praxis umgesetzt oder zur Praxisreife weiterentwickelt werden könnten:

- Die Anzucht von Jungpflanzen unter Einsatz von arbuskulären Mykorrhizapilzsporen wäre prinzipiell schon jetzt möglich, jedoch ist noch viel experimentelle Arbeit zur Selektion von Pilzpopulationen zu leisten, die wachstumsfördernd auf die jeweiligen Nutzpflanzenarten wirken.
- Die entomologischen Arbeitsergebnisse, z.B. die Entdeckung bisher nicht beobachteter Pflanzenschädlinge, sind ein direkter Beitrag zum praktischen Pflanzenschutz.

Nach Anlage der Plantage wurden während der überwiegenden Zeit 3 Arbeiter beschäftigt, deren Haupt-Tätigkeit in der Kontrolle des Pflanzen-Wildwuchses mit dem Buschmesser bestand. Nach einem Durchgang durch alle Parzellen der Versuchsplantage war während der Haupt-Wachstumszeit (zum Ende der Regenzeit = März-Juni) der erneute Beginn der Arbeiten in den zuerst bearbeiteten Parzellen notwendig.

rumstratio one diward restant hodges in restance to the contract of the contra

reference of the Same Same of the Market of the Same o

treating To Abrai 1933), there Rigg Fig Freithelmstank Windowski hanning of the

Congent to 1950. O use de nome na Amazônim Oriental. La Praquista sobre utilização s Servicios de Pasicos de Administra Secondil Redens PAS Estatis de Alche et undres (Relations

 Die Erfahrungen, die mit der Artenzusammensetzung und der Anordnung der Pflanzen in den drei Mischkultursystemen des Experiments gemacht wurden, lassen sich für die Weiterentwicklung von Mischkultursystemen gewinnbringend einsetzten. Dasselbe gilt für das Mosaik von unterschiedlichen Misch- und Monokulturparzellen unter Einschluß der randlichen Primär- und Sekundärwaldflächen.

5 Zitierte Literatur

Alkämper, J. 1976. Einfluß der Verunkrautung auf den Ertrag tropischer Pflanzen. Giessener Beitr. zur Entwicklungsforschung, Reihe 1, Bd. 2, 59-68.

Alkämper, J. 1980. Überlegungen zur Entwicklung der Unkrautbekämpfung in tropischen Ländern. Giessener Beitr. zur Entwicklungsforschung, Reihe 1, Bd. 6, 59-68.

Barkman, J. J. 1988. New systems of plant growth forms and phenological plant types. In: Werger, M. J. A. et al. (Hg.): Plant form and vegetation structure. Adaptation, plasticity and relation to herbivory, Den Haag: SPB Acad. Publ. bv.

Bazzaz, F. A. & Pickett, S. T. A. 1980. Physiological ecology of tropical succession: A comparative review. Ann. Rev. Ecol. Syst. 11, 287-310.

Beard, J. S. 1955. The classification of tropical American vegetation types. Ecology 36 (1), 89-100.

Billings, W. D. 1952. The environmental complex in relation to plant growth and distribution. Quart. Rev. Biol. 27, 251-265.

Boggan, J., Funk, F., Kellof, C., Hoff, M., Cremers, G. & Feuillet, C. 1992. Checklist of the plants of the Guianas. Washington DC: Smithonian Institution.

Box, E. O. 1981. Macroclimate and Plant Forms: an introduction to predictive modelling in phytogeography. Den Haag: Junk (258 S.).

Broughton, W. J. 1977. Effect of various covers on soil fertility under *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. and on growth of the tree. Agro-Ecosystems 3, 147-170.

Broughton, W.J., John, C.K. & Rajarão, J.C. (Hrsg.) 1979. Soil microbiology and plant nutrition. Proc. Symp. Somiplan 1976, Kuala Lumpur, Penarbit Univ., Malaya (642 S.).

Brown, B. J., Hanson, M. E., Liverman, D. M. & Merideth Jr., R. W. 1987. Global sustainability: towards definition. Environm. Management 11, 713-719.

Burger, D. 1986. O uso da terra na Amazônia Oriental. In: Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental, Belém-PA: EMBRAPA/CPATU/GTZ (Relatório final).

Corsten, L. C. A. & Gabriel, K. R. 1976. Graphical exploration im comparing variance matrices. Biometrics 32, 851-863.

Cunningham, R. K. 1963. The effect of clearing a tropical forest soil. J. Soil Science 14, 334-345.

Dansereau, P. 1951. Description and recording of vegetation upon a structural basis. Ecology 32, 172-229.

Dansereau, P. 1957. Biogeography An ecological perspective. New York: Ronald (394 S.).

Dehne, H.W., Backhaus, G.F. 1986. The use of VAM fungi in plant production. Z. Pflanzen-krankh. u. Pflanzenschutz, 415-424.

Dubois, J. C. L. 1990. Secondary forests as a land-use resource in frontier zones of Amazonia. In: Anderson, A.B. (Hg.): Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon rain forest (International Conference Belém, Brazil, Jan. 27-30, 1988). New York: Columbia Univ. Press.

Feldmann, F. 1991. Die Mykorrhiza des Kautschukbaumes Hevea spec. Müell. Arg.: Vorkommen am Naturstandort und in Plantagen, Wirkung auf das Resistenzverhalten, Nutzung im Plantagenbau. Braunschweig: Diss. Naturwiss. Fakultät TU (148 S. +Anhang).

Feldmann, F., Gasparotto, L., Lieberei, R. & Preisinger, H. 1995. Utilização de áreas abandonadas na Amazônia com policultivo de plantas perenes úteis. In: Kanashiro, M. & Parotta, J. A. (Hg.): Manejo e reabilitação de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia (Workshop Santarém-PA, Brasil 18-22 Abril 1993), Puerto Rico Río Piedras: Intern. Institute of Tropical Forestry, USDA - Forest Service.

Feldmann, F. & Idczak, E. 1992. Inoculum production of VA-mycorrhizal fungi. In: Norris, J.R.; Read, D.J., Varma, A.K.. (eds.). Techniques for mycorrhizal research, Academic Press, San Diego, 799-817.

Feldmann, F., Idczak, E., Martins, G., Nunes J., Gasparotto, L., Preisinger, H., Moraes V.H.F. & Lieberei, R. 1995. Recultivation of degraded, fallow lying areas in Central Amazonia with equilibrated polycultures: response of useful plants to inoculation with VA-mycorrhizal fungi. Angewandte Botanik 69, 111-118.

Feldmann, F., Idczak, E. & Nunes, C.D. M. 1995. A importância dos fungos micorrízicos no manejo de sistemas agrícolas na Amazônia. In: Kanashiro, M. & Parotta, J. A. (Hg.): Manejo e reabilitação de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia (Workshop Santarém-PA, Brasil 18-22 Abril 1993), Puerto Rico Río Piedras: Intern. Institute of Tropical Forestry, USDA - Forest Service.

Feldmann, F. & Lieberei, R. 1994. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in rubber tree monocultures. Mycorrhiza News (New Delhi) 5 (4), 1-6.

Feldmann, F., Müller, I., Weritz, J., Macêdo, J.L. V. & Idczak, E. 1995. Isolamento, seleção e produção de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares (FMVAs) e sua aplicação em sistemas policultivo. In: Kanashiro, M. & Parotta, J. A. (Hg.): Manejo e reabilitação de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia (Workshop Santarém-PA, Brasil 18-22 Abril 1993), Puerto Rico Río Piedras: Intern. Institute of Tropical Forestry, USDA - Forest Service.

Gabriel, K. R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika 58, 453-467.

Grime, J. P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. Chichester: Wiley & Sons (222 S.).

Grime, J. P. 1985. Towards a functional description of vegetation. In: White, J. & Beeftink, J. (Hg.): Handbook of vegetation science 3: The population structure of vegetation, Dordrecht: Dr. W. Junk Publ.

Idczak, E. & Feldmann, F. 1993. Mycorrhizal status of an abandoned rubber tree plantation after slashing and burning (Poster). Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts 88.

IPEAAOc 1972. Levantamento detalhado dos solos do IPEAAOc. Manaus-AM (63 S. +Append.).

Janos, D.P. 1987. VA mycorrhizas in humid tropical ecosystems. In: Safir, G.R. (Hrsg.): Ecophysiology of VA-Mycorrhizal Plants, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 107-133. Morton, J.B., Benny, G.L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes). Mycotaxon 37, 471-491.

Jongman, R.H. G., Ter Braak, C. J. F. & Van Tongeren, O.F.R. 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Wageningen: Pudoc (299 S.).

Klinge, H. 1973. Struktur und Artenreichtum des zentralamazonischen Regenwaldes. Amazoniana 4, 283-292.

Müller, I. 1995. Untersuchungen über die Wirkung verschiedener VA-Mykorrhizapilzpulationen auf Wachstum und Ertrag tropischer Nutzpflanzen (Diss. FB Agrarwissensch. Univ. Gießen). Gießen: Wissenschaftlicher Fachverl. (140 S.).

Pamplona, A. M. S. R., Andreazze, R., Azevedo, C. P. de & Lima, R. M. B. de 1995. Registro de danos nas raízes do mogno (*Swietenia macrophylla* King). Pesquisa em Andamento 19 (EMBRAPA/CPAA), 1-3.

Pires, J. M. & Prance, G. T. 1985. The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: Prance, G. T. & Lovejoy, E. T. (Hg.): Amazonia, Oxford: Pergamon Press.

Prance, G. T., Rodriguez, W. A. & Silva, M. F. d. 1976. Inventario florestal de um hectare de mata de terra firme km 30 da estrada Manaus-Itacoatiara. Acta Amazonica 6, 9-35.

Preisinger, H., Coelho, L. F., Siqueira, M. d. S. G. & Lieberei, R. 1994. Analysis of growth form types and floristic composition of the spontaneous vegetation in an agricultural test area near Manaus, Amazonas, Brazil. Angew. Botanik 68, 40-46.

Rankin-de-Mérona, J.M., Prance, G.T., Hutchings, R.W., Silva, M.F. da, Rodriguez, W.A. & Uehling, M.E. 1992. Preliminary results of a large scale tree inventory of upland rain forest in the Central Amazon. Acta Amazonica 22, 493-534.

Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography; beeing the collected papers of C. Raunkiaer, translated into English by H.G. Carter, A.G. Tansley and Miss Fausboll. Oxford: Clarendon (632 S.).

Rehm, S. (Hrsg.) 1989a. Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern (Grundlagen des Pflanzenbaues in den Tropen und Subtropen), Bd. 3, Stuttgart: Ulmer. (478 S.).

Rehm, S. (Hrsg.) 1989b. Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern (Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen). 4, Stuttgart: Ulmer (653 S.).

Rübel, E. 1930. Pflanzengesellschaften der Erde. Bern: H. Huber (464 S. + Kartenbeil.).

Schönbeck, F. 1980. Endomykorrhiza. Ökologie, Funktion und phytopathologische Aspekte. Forum Mikrobiologie 2/80, 90-96.

Schubart, H. O. 1977. Critérios ecológicos para o desenvolvimento agrícola das terras firmes da Amazônia. INPA (Manaus-AM).

Sioli, H. 1980. Forseeable consequences of actual development schemes and alternative ideas (In: Barbira-Scazzochio, F., ed.: Land, people and planning in contemporary Amazonia). Cambridge Univ. Centre of Latin American Studies Occasional 3, 257-268.

Sieverding, E. 1987. On farm production of VAM inoculum. Abstr. 7th NACOM, Gainsville, FL, USA: 68.

Ter Braak, C. J. F. 1991. CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 3.1.2). Wageningen: Agricultural Mathematics Group, Ministerie van Landbouw en Visserij, Groep Landbouwwiskunde (95 S.).

Uhl, Ch. 1988. Restoration of degraded lands in the Amazon basin. In: Wilson, E. O. & Peter, F. M. (Hg.): Biodiversity, Washington D.C.: National Academic Press.

Wegmann, E. & Zehrer, W. 1980. Herbizideinsatz kontra Unkrauthacke in kleinbäuerlichen Betrieben am Beispiel Togo. Giessener Beitr. zur Entwicklungsforschung 6 (Reihe 1), 69-75.

Whittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation. Biological Reviews 49, 207-264.

6 Veröffentlichungen und Kongreßbeiträge von Mitgliedern der Arbeitsgruppe

Baar, R., Denich, M. & Preisinger, H. 1995. Wirkung unterschiedlicher Vornutzungen auf die Wuchsformenstruktur spontaner Vegetation von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Zentralund Ostamazonien, Brasilien (Poster). GTÖ-Tagung Hamburg 1995.

Feldmann, F., Idczak, E., Martins, G., Nunes J., Gasparotto, L., Preisinger, H., Moraes V.H.F. & Lieberei, R. 1995. Recultivation of degraded, fallow lying areas in Central Amazonia with equilibrated polycultures: response of useful plants to inoculation with VA-mycorrhizal fungi. Angewandte Botanik 69, 111-118.

Feldmann, F., Idczak, E. & Nunes, C. D. M. 1995. A importância dos fungos micorrízicos no manejo de sistemas agrícolas na Amazônia. In: Kanashiro, M. & Parotta, J. A. (Hg.): Manejo e reabilitação de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia (Workshop Santarém-PA, Brasil 18-22 Abril 1993), Puerto Rico Río Piedras: Intern. Institute of Tropical Forestry, USDA - Forest Service.

Feldmann, F., Müller, I., Weritz, J., Macêdo, J. L. V. & Idczak, E. 1995. Isolamento, seleção e produção de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares (FMVAs) e sua aplicação em sistemas policultivo. In: Kanashiro, M. & Parotta, J. A. (Hg.): Manejo e reabilitação de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia (Workshop Santarém-PA, Brasil 18-22 Abril 1993), Puerto Rico Río Piedras: Intern. Institute of Tropical Forestry, USDA - Forest Service.

Feldmann, F., Preisinger H., Gasparotto, L. & Lieberei, R. 1993. Economic potential of useful plants for the use in sustainable tropical polycultures in Amazonia (Poster). Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts, 83.

Feldmann, F., Gasparotto, L., Lieberei, R. & Preisinger, H. 1995. Utilização de áreas abandonadas na Amazônia com policultivo de plantas perenes úteis. In: Kanashiro, M. & Parotta, J. A. (Hg.): Manejo e reabilitação de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia (Workshop Santarém-PA, Brasil 18-22 Abril 1993), Puerto Rico Río Piedras: Intern. Institute of Tropical Forestry, USDA - Forest Service.

Feldmann, F., L. Gasparotto, R. Lieberei & Preisinger, H. 1993: Utilization of abandonded areas in Amazonia by polycultures of perennial useful plants (Poster). Symposium "Manejo e reabilitação de áreas degradadas ...", 18-22/4, 1993 in Santarém-PA.

Feldmann, F., Müller, I., Weritz, Macêdo, J.L.V. & E. Idczak 1993: Isolamento, seleção e produção de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares (FMVAs) e sua aplicação em sistemas de polycultivo (Poster). Symposium "Manejo e reabilitação de áreas degradadas ...", 18-22/4, 1993 in Santarém-PA.

Feldmann, F., Müller, I., Idczak, E., Nunes C.D.M. & Lima, M.I.P.M.1993: Sistemas de cultivos na Amazônia dependem do manejo dos fungos endomicorrízicos (Poster). Symposium "Manejo e reabilitação de áreas degradadas ...", 18-22/4, 1993 in Santarém-PA.

Feldmann, F., Preisinger, H., Gasparotto, L. & Lieberei, R. 1993. The environmental changes during field preparation in Amazonia require an ecologically adapted agricultural production system to reach economical stability (Poster). Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts, 84.

Feldmann, F., I. Müller, I., Macêdo, J.L.V. & Idczak, E.1993: Preparo e aplicação de fungos micorrizicos em sistemas de polycultura na Amazônia (Poster). Symposium "Manejo e reabilitação de áreas degradadas ...", 18-22/4, 1993 in Santarém-PA.

Garcia, M.V.B., Ronchi-Teles, B., Pamplona, A.M.S.R. & Andreazze, R. 1994. Ocorrência de *Ligyrus similis* (Coleoptera, Scarabaeidae) como praga da bananeira no estado do Amazonas. XIII. Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador, Bahia, 27.11 a 2.12, 1994.

Gasparotto, L., Idczak, E., Nunes, C.D.M., Macedo, J.L.V. & Lima, M.I.P.M. 1994. Fruteiras em sistemas agroflorestais no Amazonas. XIII. Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador, Bahia, 27.11 a 2.12, 1994.

Gasparotto, L., Preisinger, H., Lieberei, R. & Feldmann, F. 1995. Aproveitamento de áreas abandonadas na Amazônia, através de sistemas de policultivo (Vortrag). Mérida, Venezuela: III Congreso Latinoamericano de Ecología, 22-28 de Octubre de 1995.

Idczak, E. & Feldmann, F. 1993. Mycorrhizal status of an abandoned rubber tree plantation after slashing and burning (Poster). Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts 88.

Lieberei, R., Feldmann, F., Preisinger, H., Gasparotto, L. 1993. Recultivation of degraded, fallow lying monocultural areas with equilibrated polyculture under special respect to soil microbiological factors (Poster). Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts 81.

Lieberei, R., Gasparotto, L., Preisinger, H., Feldmann, F. & Idczak, E. 1993. Recultivation of abandonded monoculture areas in Amazonia. In: Junk, W. J. & Bianchi, H. K. (eds.): Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics (1. SHIFT-workshop Belém, March 8-13, 1993), Geesthacht, Germany.

Moraes, V.H. de F. 1993. Native fruit species of economic potential in Amazonia (Brazil). Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts 22.

Müller, I. 1995. Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Mykorrhizapilzpopulationen auf Wachstum und Ertrag tropischer Nutzpflanzen. Diss. FB. Agrarwissensch. Univ. Gießen (Wissensch. Fachverl. Gießen), 140 S.

Müller, I., Höfner, W. & Gasparotto, L. 1993. Use of VAMF in tropical fruit production on abandoned areas in the Amazon (Poster). Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts 87.

Neves, E.J.M. & Canto, A. do C. 1993. Selection of forestry species for the recovery of altered landscape in the Brazilian Amazon. Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts 85.

Normando, M.C. de, Idczak, E., Martins, G.C. & Macêdo, J.L.V. 1994. Produção de urucu (*Bixa orellana* L.) inoculado com fungos micorrhízicos em sistema de plolicultivo. II. Congresso Brasileiro de Corantes Naturais / II. Simpósio Brasileiro de Urucu. Belém-PA, Setembro 19-22, 1994.

Pamplona, A.M.S.R., Garcia, M.V.B., Fonseca, C.R.V. da, Ronchi-Teles, B. & Andreazze, R. 1994. Nova praga da bananeira no Amazonas: *Ligyrus similis* Endrodi. Instruções Técnicas 2/94, EMBRAPA/CPAA.

Preisinger, H., Coelho, L.F., Siqueira, M. do S.G. & Lieberei, R. 1994. Analysis of growth form types and floristic composition of the spontaneous vegetation in an agricultural test area near Manaus, Amazonas, Brazil. Angew. Bot. 68, 40-46.

Preisinger, H., Siqueira, S.G. do M. & Coelho, L.F. 1994. Functional traits of the spontaneous vegetation on an agricultural test area near Manaus, Amazonas, Brazil. Symp. Community Ecology and Conservation Biology, CH-Bern, August 15-18, 1994.

Preisinger, H., Baar, R. & Denich, M. im Druck. Wirkung unterschiedlicher Vornutzungen auf die Wuchsformenstruktur spontaner Vegetation von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Zentral- und Ostamazonien, Brasilien. Mitt. Bundesforschungsanst. f. Forst- u. Holzwirtsch. Hamburg.

Preisinger H. & Coelho, L. 1993. Recultivation of abandonded monoculture areas in Amazonia: Functional traits of the spontaneous vegetation in an experimental polyculture plantation (Poster). Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts 82.

Preisinger H. & Feldmann, F. 1993. Erprobung von Mischkultursystemen auf einem Terra-Firme-Standort Amazoniens. Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts 55.

Preisinger, H. & Coelho, L.F.1993: Análise da vegetação espontânea em uma área experimental agrícola (Poster). Symposium "Manejo e reabilitação de áreas degradadas ...", 18-22/4, 1993 in Santarém-PA.

Preisinger, H. 1995. Aproveitamento de áreas abandonadas na Amazônia, através de sistemas de policultivo: Resultados de uma análise multivariada do ensaio de campo dois anos após a instalação (Vortrag). Mérida, Venezuela: III Congreso Latinoamericano de Ecología, 22-28 de Octubre de 1995.

Ronchi-Teles, B., Garcia, M.V.B., Pamplona, A.M.S.R. & Andreazze, R. 1994. Os besouros "enroladores-de-folhas" (Coleoptera, Attelabidae) da castanheira (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae). XIII. Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador, Bahia, 27.11 a 2.12, 1994.

Schmidt, P. 1996. Biomasseproduktion und Mineralelementversorgung ausgewählter tropischer Nutzpflanzen im Amazonasgebiet Brasiliens. Diss. FB. Biologie Univ. Hamburg, 304 S.

Schmidt, P., Lieberei, R., Preisinger, H., Bauch, J. & Gasparotto, L. 1995. Biomass production and mineral element supply of selected useful tropical plants. IUFRO XX World Congress 6-12 August 1995, Tampere, Finnland (Poster).

Schmidt, P., Lieberei, R., Bauch, J. & Gasparotto, L. 1995. Balances of bioelements in useful tropical plants. In: Kanashiro, M. & Parotta, J. A. (Hg.): Manejo e reabilitação de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia (Workshop Santarém-PA, Brasil 18-22 Abril 1993), Puerto Rico Río Piedras: Intern. Institute of Tropical Forestry, USDA - Forest Service.

Schmidt, P., Lieberei, R., Bauch J., & Gasparotto, L. 1993. Bilanzierung von Bioelementen in tropischen Kulturpflanzen (Poster). Symposium "Tropische Nutzpflanzen", 22.-24.9.1993, Hamburg: Abstracts 89.

Schmidt, P., Lieberei, R., Bauch, J. & Gasparotto, L.1993: Balanço de bioelementos em plantas tropicais cultivadas (Poster). Symposium "Manejo e reabilitação de áreas degradadas ...", 18-22/4, 1993 in Santarém-PA.

In Vorbereitung befindliche Veröffentlichungen:

Feldmann, F. (in Vorber.). Zur Effizienz ausgewählter Sporenisolate von AM-Pilzen und deren ökologisches Verhalten im Freiland (Arbeitstitel). Habilitationsschrift Universität Hamburg.

Preisinger, H. & Skatulla, M. (in Vorber.). Comparative analysis of species composition and vegetation structure of three differently used *terra firme* sites in the Central Amazon. Angewandte Botanik. Berlin: Blackwell.

Preisinger, H., Gasparotto, L., Feldmann, F. & Lieberei, R. (in Vorber.). Mixed cropping systems on a terra firme site in the Central Amazon: results of a 19 ha field trial. Angewandte Botanik. Berlin: Blackwell.

Preisinger, H., Siqueira, S.G. do M. & Coelho, L.F. (in Vorber.). Functional traits of the spontaneous vegetation on an agricultural test area near Manaus, Amazonas, Brazil. J. Vegetation Science, S-Uppsala.

Schmidt, P., Lieberei, R. & Bauch J. (in Vorber.). Biomasseproduktion und Mineralelementakkumulation in *Swietenia macrophylla* King. Ecotropica.

Schmidt, P., Bauch, J. & Lieberei, R. (in Vorber.). Wachstum und Entwicklung von Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.) in Mischkulturen (Arbeitstitel). Angewandte Botanik. Berlin: Blackwell.

6 Fotografische Dokumentation

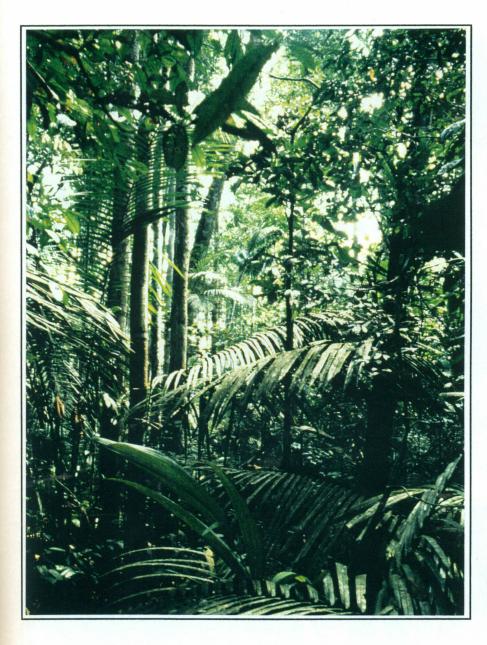
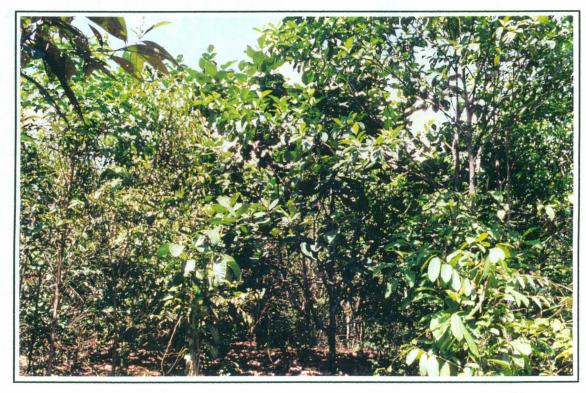


Bild 1 (links): Primärwald auf der *Terra Firme* in der Nachbarschaft der Versuchsfläche

Bild 2 (unten): 8jähriger Sekundärwald auf der Versuchsfläche vor Beginn des Experiments





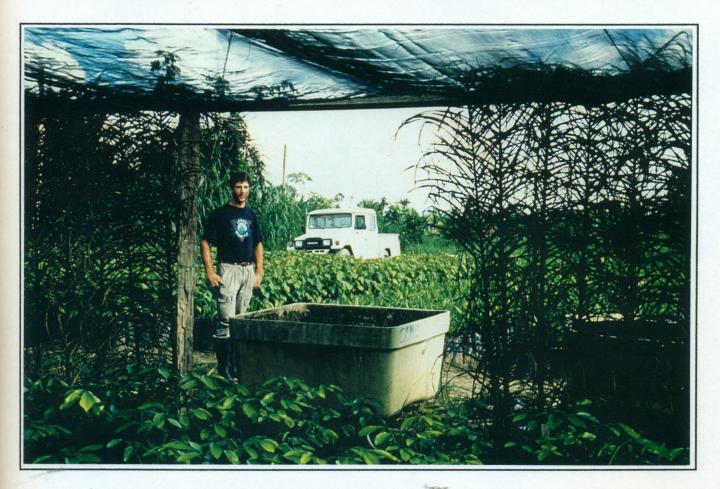




Bild 3 (oben): Die Pflanzenanzucht

Bild 4 (unten): Die Kautschukpflanzen im Anzuchtstadium





Bild 5 (oben): Die Versuchsfläche einen Tag nach dem Abbrennen des Sekundärwaldes (Oktober 1992) Bild 6 (unten): Die Versuchsfläche 4 Monate nach dem Abbrennen (vor dem Pflanzen, im Februar 1993)



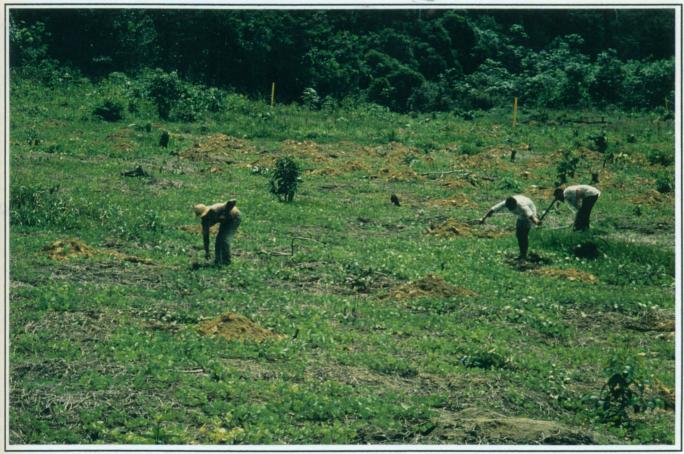


Bild 7 (oben): Das Auspflanzen von Paricá ins Feld (Februar 1993)
Bild 8 (unten): Krautbekämpfung mit dem Buschmesser (terçado) im Juli 1993



Bild 9: Eine der allgegenwärtigen Heuschrecken bei ihrer liebsten Tätigkeit





Bild 10 (oben): System 1 (November 1996; im Bild: Pfirsichpalme, Cupuaçu und Kautschuk) Bild 11 (unten): System 2 (November 1996; im Bild: Paranuß, Cupuaçu, Pfirsichpalme)





Bild 12: System 3 im November 1996; das Bild zeigt System 3 nach dem Pflanzen von Papaya zwischen die Reihen der ausdauernden Pflanzen; im Bild: Kokospalme, Cupuaçu, Papaya und *Pueraria phaseoloides* als Bodendecker

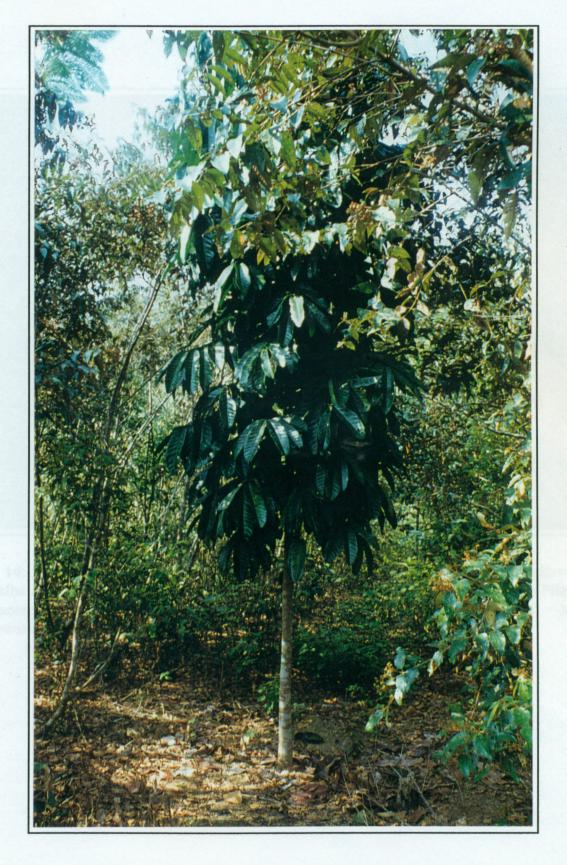


Bild 13: System 4 im November 1996 (in Bildmitte: Andiroba = Carapa guianensis, an den Seiten Sekundärvegetation, vorwiegend Vismia japurensis)



Bild 14: System 5 (Kontrollbrache) im November 1996. Die Regeneration der Sekundärvegetation hat dasselbe Alter wie die Nutzpflanzen der Versuchsplantage. Im Bild sind die folgenden Pflanzenarten zu erkennen: *Doliocarpus sp.* (Dilleniaceae) = vorne, *Cecropia concolor* (Cecropiaceae) = Mitte, *Vismia japurensis* (Clusaceae) = links





Bild 15 (oben): <u>System 6</u> (Kautschuk-Monokulturparzellen) im November 1996 **Bild 16 (unten):** <u>System 7</u> (Cupuaçu-Monokulturparzellen) im November 1996



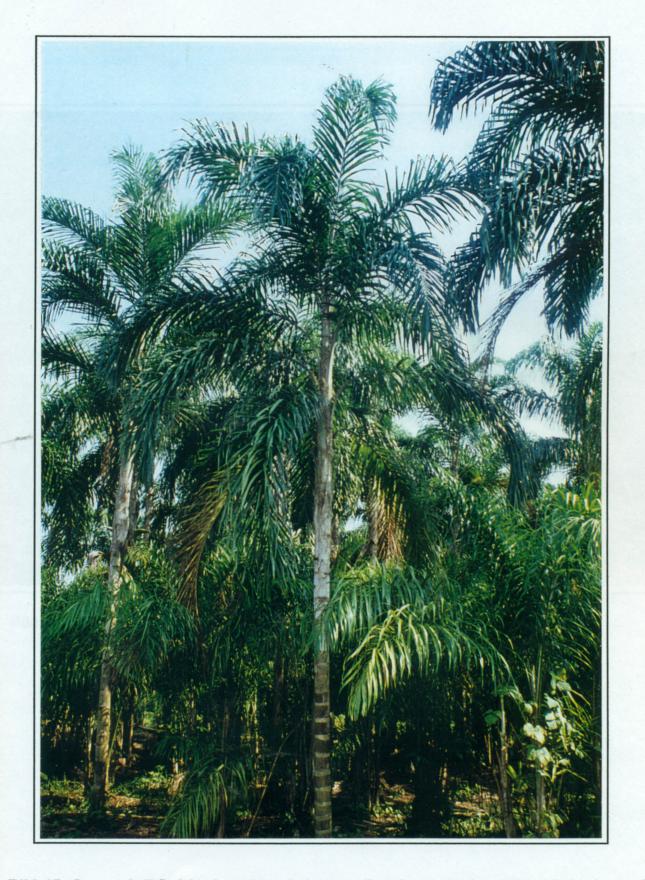


Bild 17: System 8 (Pfirsichpalmen-Monokulturparzellen) im November 1996. Die hochgewachsenen Palmen sollen der Frucht- und Holzproduktion dienen, die Reihen dazwischen werden zur Palmenherzen-Gewinnung verwendet.



Bild 18: System 9 (Zitrus-Monokulturparzellen) im November 1996





Bilder 19 und 20: Palmenherzen-Ernte der Pfirsichpalme (Anfang des Jahres 1995)



Bild 21: Fruchtproduktion im November 1996: Pfirsichpalme. Die Höhen der Pflanzen betragen $3\frac{1}{2}$ Jahre nach Pflanzung mehr als 10m.



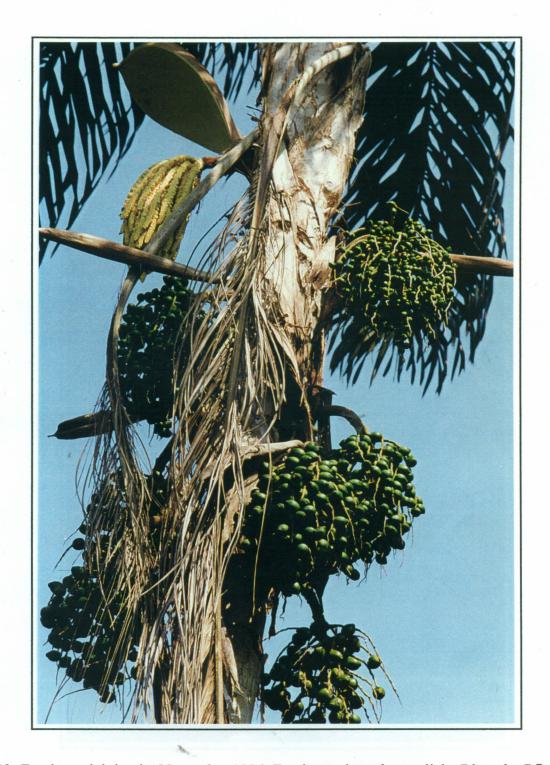


Bild 22: Fruchtproduktion im November 1996: Fruchtstände und männliche Blüte der Pfirsichpalme

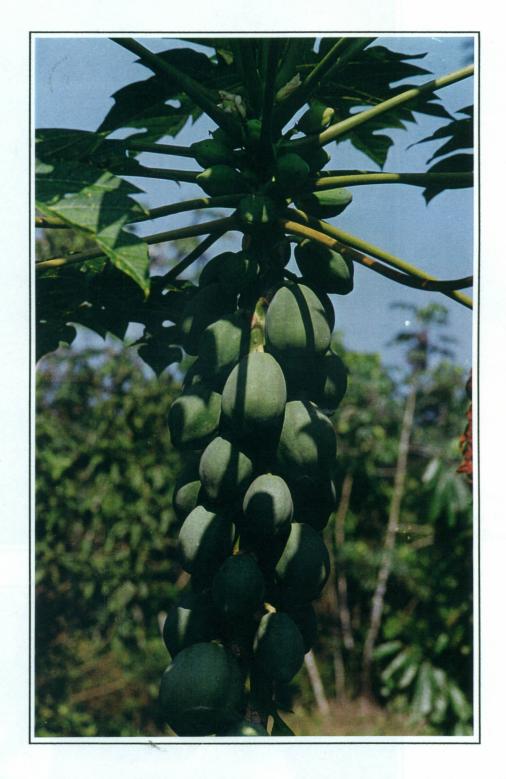


Bild 23: Fruchtproduktion im November 1996: Papaya-Früchte (Pflanzung im System 3)

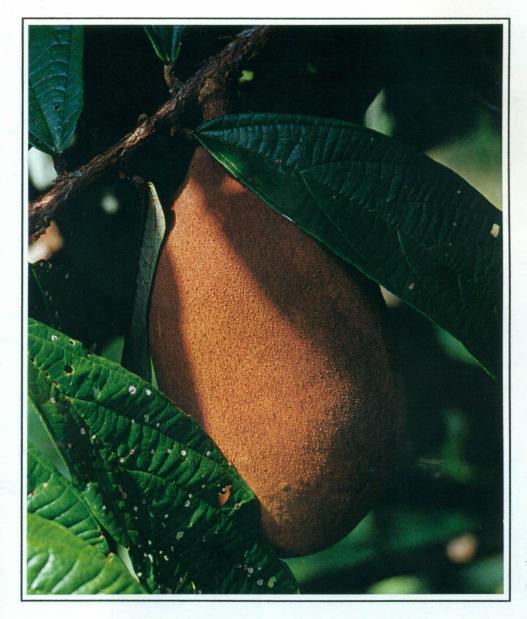


Bild 24: Fruchtproduktion im November 1996: nahezu reife Cupuaçu-Frucht



Bild 25: Fruchtproduktion im November 1996: Zitrus-Frucht

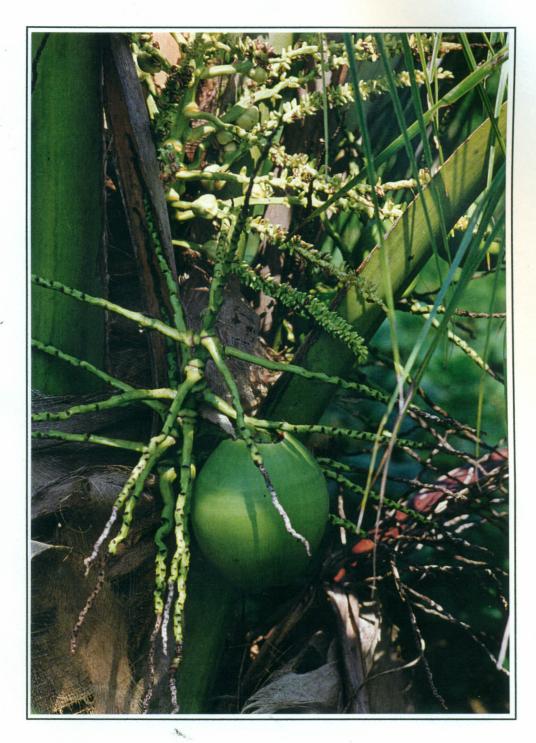


Bild 26: Fruchtproduktion im November 1996: Kokosnuß