

**Institut  
für Angewandte Botanik  
der Universität Hamburg**

# **Jahresbericht**

**111. - 112. Jahrgang  
Jahre 1993 - 1994**

**Hamburg 1995**

wurde mit der morphoökologischen Untersuchung häufiger Sekundärwaldarten begonnen. Es wurden Vergleiche der Floren und Wuchsformenstruktur zwischen den genannten Standorten bei Manaus (Nutzungsdauer ca. 12 Jahre) und solchen bei Belem (östliches Amazonasgebiet) durchgeführt, die seit 100 Jahren in Nutzung sind (Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Dr. M. Denich, Belem-PA).

Die Untersuchungen finden im Rahmen des SHIFT-Projekts "Rekultivierung degradiertes brachliegender Monokulturflächen ...", finanziert vom Bundesministerium für Forschung und Technologie und dem CNPq/IBAMA (Brasilien), statt.

R. Lieberei

### **Rekultivierung degradiertes, brachliegender Monokulturflächen in ausgewogene Mischkulturflächen unter besonderer Berücksichtigung bodenbiologischer Faktoren**

Das Ziel des Projektes ist die Entwicklung angepasster Rekultivierungsmaßnahmen für degradierte, brachliegende Kulturflächen durch die Ermittlung der Möglichkeiten für eine *dauerhafte* landwirtschaftliche Nutzung von Terra-Firme-Standorten bei Manaus. Die Kombinationen der Nutzpflanzenarten in den Mischkultursystemen der Versuchsplantage wurden u.a. deshalb so gewählt, daß zu möglichst unterschiedlichen Zeitpunkten Ernten anfallen, um die Existenz des Bauern über einen *langen* Zeitraum zu sichern, ohne daß neuer Primärwald gerodet werden muß.

Nach der erfolgreichen Installation der Versuchsplantage im Mai 1993 konnten in der zweiten Jahreshälfte 1993 Mais (8/93) und Maniok (9/93) geerntet werden. 1994 begannen die Ernten von Urucum (ab 3/94), Papaya (ab 3/94) und Palmenherzen der Pfirsichpalme (ab 12/94). Bis zum Projektende im März 1995 werden außerdem die Cupuaçu-Pflanzen in der Ertragsphase sein. Die Zwischenbilanz zeigt, daß die Versuchsplantage bisher von Schädigungen größeren Ausmaßes verschont blieb bzw. daß diese durch geeignete Pflanzenschutzmaßnahmen abgewendet werden konnten. Das gilt auch für die bekanntermaßen problematischen Kautschukpflanzen, sowohl in den Misch- als auch in den Monokulturen. Dieser vor allem landwirtschaftstechnische Erfolg trug maßgeblich zu dem lebhaften Interesse der lokalen Medien an dem Projekt "Rekultivierung ..." im Jahr 1994 bei. Die Versuchsplantage wurde außerdem zahlreichen fachkundigen Besuchern vorgeführt.

### **Zusammenfassung der Ergebnisse der Feldversuche**

Die biometrischen Daten (z.B. Pflanzenhöhe, Stammdurchmesser, Länge von Blattfiedern bei der Kokospalme) und Ernteergebnisse der Nutzpflanzen (z.B. Frischgewichte oder Anzahlen von Früchten pro Pflanze, pro Ver-

suchsparzelle oder pro Hektar) wurden bisher nach Versuchsvarianten und Blöcken (= Wiederholungen) getrennt analysiert, indem die Datenkontingente einer Varianzanalyse unterzogen wurden. Die Analysen, für die einzelnen Nutzpflanzen separat durchgeführt, ergeben die folgenden Trends:

1. Die Düngungsvariante "100% der empfohlenen Düngermenge" zeigt - mit Ausnahme der Holz liefernden Pflanzen - gegenüber der 30%-Variante signifikant erhöhte Wachstumsraten und Ernteergebnisse.
2. Im Feld unterscheiden sich die biometrischen Daten und die Ernteergebnisse für die mit VA-Mykorrhiza inokulierten Pflanzen in der Regel nicht signifikant von den Kontrollpflanzen. In vielen Fällen sind die der inokulierten Pflanzen jedoch leicht erhöht, im Fall von Urucum dagegen erniedrigt.
3. Wachstum und Ernteerträge sind in den fünf Blöcken A, B, C, D und E signifikant unterschiedlich. Die (langgestreckte) Versuchsfläche zeigt also Unterschiede in der Produktivität des Bodens. Letztere nimmt tendenziell von Block A nach Block E ab.

Die Ergebnisse (1) und (3) zeigen, daß die bisher erfolgten Düngungen der langlebigen Nutzpflanzen (Grunddüngung ins Pflanzloch, danach Düngungen der Wurzelscheiben, tw. Blattdüngungen) die vorhandenen Vornutzungsbedingten Unterschiede des Bodens nicht nivellieren konnten (zur Analyse des ökologischen Gradienten auf der Experimentalfläche s. Tavares et al. und Preisinger et al., Projekt-Jahresbericht 1993). Vielmehr wird das Nutzpflanzen-Wachstum durch den Faktorenkomplex "Vornutzung" (= verminderte Bodenfruchtbarkeit mit zunehmender Nutzungsdauer und -intensität) stark beeinflusst. Ergebnis (2) dagegen läßt vermuten, daß die ökologische Bedeutung der Versuchsvariablen "Inokulation mit VA-Mykorrhiza" gegenüber den vorgenannten Faktorenkomplexen gering ist, unter der gegebenen Faktoren-Konstellation des Feldversuchs. Das heißt jedoch *nicht*, daß die Bedeutung der VA-Mykorrhiza für das Gedeihen der Nutzpflanzen und der der spontanen Vegetation ebenfalls gering wäre.

Die Interpretationsfähigkeit der dargelegten Ergebnisse der Varianzanalysen ist aufgrund des Nutzungsgradienten entlang der Versuchsfläche stark eingeschränkt. Deshalb ist eine abschließende Diskussion und Bewertung derzeit nicht möglich. Vielmehr müssen zusätzlich multivariate Analyseverfahren, wie sie bei synökologischen Freiland-Untersuchungen üblich sind, angewendet werden, um den Versuch *unabhängig von Blöcken* (= *Wiederholungen*) zu analysieren (vgl. Tavares et al., Projekt-Jahresbericht 1993, S. 20f). Das ermöglicht die Berücksichtigung von nicht kontrollierten Umweltvariablen, zusätzlich zu den Versuchsvariablen. Das Ziel dabei ist die Ermittlung der ökologischen Bedeutung der verschiedenen Standort- sowie Schlüsselfaktoren für das Nutzpflanzenwachstum. Diese müssen vor allem in den folgenden Bereichen gesucht werden:

- Wasser- und Nährstoffversorgung der Nutzpflanzen aus den Bodenvorräten und Niederschlägen bzw. aus der abfallenden organischen Substanz der Pflanzen,
- Nährstoff- und Raum-Konkurrenz durch Pflanzenarten der spontanen Vegetation (einschließlich des Bodendeckers *Pueraria phaseoloides*), und
- mechanische Störung des Nutzpflanzenwachstums durch das Management der spontanen Vegetation (z.B. Beschädigung der oberflächennahen Wurzeln durch Verletzung der Bodenoberfläche bei der Wildwuchsbekämpfung).

Das Konzept für eine multivariate Versuchsauswertung liegt mittlerweile vor und wird derzeit erprobt. Es sieht den Einsatz der Hauptkomponenten-Analyse und anderer, verwandter Ordinationsverfahren<sup>1</sup> für probabilistische Modellbildungs-Versuche vor. In Tab. 1 sind die Datensätze aufgeführt, die in die Analyse eingehen werden. Die biometrischen und Ertragsdaten der Nutzpflanzen (Datensatz 1) werden dabei mit den anderen Datensätzen, die "externe Variable" für das Nutzpflanzen-Konsortium darstellen, multivariat korreliert. Da die Analyse vor allem Aufschluß über den Stellenwert der Versuchsvariablen gegenüber nicht kontrollierten, anderen Umweltvariablen der Versuchsfläche geben soll, kann sie nur für die Mischkultursysteme angewendet werden, die in allen Versuchsvarianten vorliegen (= Systeme 1, 2 und 3). In der Analyse werden die kurzlebigen Pflanzen Mais und Bohnen nicht berücksichtigt. Die drei Systeme werden einzeln analysiert:

- Matrix für System 1: 4 Arten (Reihen) x 20 Parzellen (Spalten) = 80 Felder
- Matrix für System 2: 5 Arten x 20 Parzellen = 100 Felder
- Matrix für System 3: 6 Arten x 20 Parzellen = 120 Felder

Die Wuchsformen-Zusammensetzung der spontanen Vegetation vier Monate nach dem Roden und Brennen der 8jährigen Sekundärvegetation (Datensatz 3) stellt Anfangsbedingungen für das Nutzpflanzenwachstum im Feld dar und bestimmt daher entscheidend die weitere Entwicklung derselben. Es ist deshalb gerechtfertigt und notwendig, diesen Datensatz als "externe Variablen" und als Indikator für Vornutzungs-Unterschiede zu verwenden. Die Wuchsformen-Zusammensetzung der spontanen Vegetation zwei Jahre nach Anlage der Plantage (Datensatz 4) wird im April 1995 im Feld erhoben. Sie ist das Ergebnis des für die einzelnen Misch- und Mono-

---

1 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.

kultursysteme unterschiedlichen Managements<sup>2</sup> und der Wechselwirkungen (Nährstoffkonkurrenz, Schattenwirkung) mit den Nutzpflanzen. Die Analyse dieser Veränderungen der spontanen Vegetation ermöglicht u.a. Prognosen zur Entwicklung von Standortqualitäten (u.a. Bodenfruchtbarkeit) nach längerfristiger landwirtschaftlicher Nutzung. Die Verteilung der VAM-Sporen im Boden der Versuchsfläche kann in diesem Zusammenhang nicht mit untersucht werden, da lediglich 30 der 90 Parzellen des Versuchs beprobt werden konnten (s. Idczak, Projekt-Jahresbericht 1993).

**Tab. 1:** Datensätze für eine Auswertung des Feldversuchs mit multivariaten Analyseverfahren

N	Bezeichnung des Datensatzes (betr. Systeme 1, 2 und 3)	Skalierung [Dimension] {Klassen}	Daten stan- dardisiert?	Datensatz derzeit vorhanden ?
1	Biometrische und Ertragsdaten der Nutzpflanzen	kardinal [m, kg]	ja	ja
2	Versuchsvarianten des Feldversuchs	nominal {100%, 30%, M+, M-}	nein	ja
3	Wuchsformen-Zusammensetzung der spontanen Vegetation 4 Monate nach dem Roden und Brennen und vor Anlage des Feldversuchs	kardinal Flächendeckungen [%]	nein	ja
4	Wuchsformen-Zusammensetzung der spontanen Vegetation zweieinhalb Jahre nach Anlage der Plantage	kardinal Flächendeckungen [%]	nein	nein
5	Makro- und Mikro-Nährelemente im Boden der 90 Parzellen des Versuchs	kardinal [ppm, me%]	ja	ja
6	maximale Hangneigung der einzelnen Versuchs-Parzellen	kardinal [Winkel-°]	nein	ja
7	geografische Lage der Parzellen in Bezug zum angrenzenden Wald und der Himmelsrichtungen	nominal {Randlage N, S, O oder W; Zentrallage}	nein	ja

2 d.h. Störung des Wachstums der spontanen Vegetation durch unterschiedliche Pflegemaßnahmen der Nutzpflanzen und beim Ernten (z.B. Tritt beim Ernten von Früchten, Beschädigung der Bodenoberfläche und von Wurzeln der Wildpflanzen bei der Maniok-Ernte)

Der vorhandene Nutzungsgradient erschwert zwar die Auswertung des Feldversuchs und schränkt die Aussagekraft der Wiederholungen ein, er eröffnet jedoch Forschungs-Möglichkeiten auf der Versuchsfläche, die zum Zeitpunkt der Projektplanung nicht ins Auge gefaßt werden konnten: *Untersuchung der Wirkung unterschiedlicher Nutzungsdauer und -intensität auf ein Nutzpflanzen-Konsortium von 12 Arten, der spontanen Vegetation und ihrer gegenseitigen Wechselwirkungen*. Vorbedingung dazu ist eine möglichst gute Kenntnis der Nutzungsgeschichte der Flächen, die derzeit nur unzureichend erfüllt werden kann. Die Dokumentation der früheren Kautschuk-Versuche ist - bezüglich der hier interessierenden Daten - mangelhaft dokumentiert. Die Befragung von Bediensteten der EMBRAPA, die die damaligen Versuche mit angelegt haben und die Teil-Kenntnisse zur Flächen-Vorgeschichte haben, ist aber noch nicht abgeschlossen.

Es wird erwartet, daß im Rahmen des auf der Versuchsfläche neu beginnenden SHIFT-Projekts ENV-45 (zwischen dem CPAA und der Universität Bayreuth) die bodenphysikalischen Ursachen der nutzungsbedingten Standortunterschiede erkannt werden können, indem Vergleiche zwischen der Bodenstruktur sowie dem Wasser- und Nährstoffionen-Haushalt der genutzten Flächen mit Primär- und Sekundärwald-Standorten durchgeführt werden.

Voraussetzung für aussagekräftige Ergebnisse zum Problem der dauerhaften Nutzung von Terra-Firme-Standorten ist zweifellos, daß die Versuchsplantage über einen möglichst langen Zeitraum landwirtschaftlich und wissenschaftlich bearbeitet wird, letzteres aus der Sicht unterschiedlicher, ökologisch arbeitender Fachrichtungen. Der erste Schritt zum Ausbau der Experimentalfläche des Projekts "Rekultivierung ..." zu einer agro-ökologischen Referenzfläche ist der Start der beiden neuen Projekte ENV-42 (Biomassenproduktion und Mineralelementbedarf von Baumarten, Ordinariat für Holzbiologie Hamburg) und ENV-45 (Wasser- und Nährstoff-Flüsse im Boden, Universität Bayreuth) in der ersten Hälfte des Jahres 1995.

### **Schwerpunkt: Pflanze-Mikroorganismus-Wechselwirkung**

Im Zentrum des Forschungsschwerpunktes Pflanze-Mikroorganismen stehen in der Abteilung Nutzpflanzenbiologie seit 1990 Untersuchungen zu Spezifitätsphänomenen zwischen Nutzpflanzen und symbiontischen Bodenpilzen, vesikulär-arbuskulären Mykorrhizapilzen (VAMP). Vor dem Hintergrund der Entwicklung von VAMP-Auswahl- und Einsatzverfahren werden Studien zur Populationsbiologie der Symbionten bei gleichzeitiger Beobachtung der Veränderung der Wirksamkeit der Pilzpopulationen angestellt.

Das Ziel der bodenmikrobiologischen Untersuchungen besteht in der Aufklärung der ökologischen und ökophysiologischen Rolle von sowohl an natürlichen Standorten als auch in Agroökosystemen und anderen Nutzungs- bzw. Pflanzenproduktionssystemen.

Aus der Kenntnis der Bedeutung der vesikulär-arbuskulären Mykorrhizapilze für die Pflanzen sollen zum einen Nutzungskonzepte abgeleitet und in die Praxis übertragen werden. Dabei wird ein Hauptaugenmerk auf Feldstudien in den feuchten Tropen (Brasilien) und auf den Unterglasanbau von Nutzpflanzen in gemäßigten Breiten gelegt.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt in der Erarbeitung grundsätzlicher Mechanismen der Wirkungsweise von VAMP auf physiologischer Ebene. Dies betrifft sowohl die Wechselwirkungen der Wirtspflanzen mit den pilzlichen Symbionten selbst als auch die Veränderungen der Pflanzenreaktion auf abiotische und biotische Umweltfaktoren unter dem Einfluß der VAMP.

Ergänzt werden diese Studien durch Untersuchungen zur biochemischen Identifizierung und daran anschließend zur Populationsdynamik eingesetzter VAMP.

Die Untersuchungen sind in einen an der Praxis und einen an Grundlagenforschung orientierten Teil aufgeteilt. Die angewandten Aspekte werden vor allem in Verbindung mit einem tropenökologischen Projekt (s. Schwerpunkt „Tropenökologie“) bearbeitet, die Grundlagen betreffenden Untersuchungen finden am Institut für Angewandte Botanik statt.

Im tropenökologisch ausgerichteten Projekt „Rekultivierung...“ wurden in bodenmikrobiologischer Hinsicht insbesondere folgende Ergebnisse erzielt:

#### Angewandte Forschung

- Inokulumsproduktion und Mykorrhizaeinsatz wurden in die Maßnahmen der Pflanzenproduktion brasilianischer Baumschulen erfolgreich integriert
- eine On-farm-Inokulumsproduktion wurde zur in-situ-Beimpfung von Bäumen durchgeführt
- 52 Isolate vesikulär-arbuskulärer Mykorrhizapilze (VAMP) wurden unter Standardbedingungen einem Effektivitätstest unterworfen. Die zehn wirksamsten Isolate wurden über Einzelsporen vermehrt und stehen für die Massenvermehrung bereit
- Inokulierte Pflanzen wuchsen im viveiro besser als nicht-inokulierte. Dadurch wurde u.a. die Verweildauer im viveiro gesenkt
- Die Auspflanzverluste langlebiger Pflanzen konnten durch VAMP-Applikation bis zu 25% gesenkt werden (Seringueira)
- die Düngeraufwandmenge bei der Installation der Plantage konnte in manchen Fällen bis zu 70% gesenkt werden
- kurzlebige Nutzpflanzen (z.B. Mais) produzierten mit VAMP-Inokulation signifikant mehr als die nicht-inokulierten Varianten

- bei einigen Nutzpflanzen zeigten sich mittelfristige VAM-Effekte auch nach der Ausspflanzung (Wachstum: Seringueira; Produktion: Maracuja), in der Regel jedoch sind inokulierte und nicht-inokulierte Varianten in Hinblick auf die biometrischen Daten nicht signifikant unterschiedlich
- mit dem Beginn des Fruchtens können Bäume die VAMP aus den Wurzeln verlieren (Papaya)

Ergebnisse im Rahmen der Grundlagenforschung im Zusammenhang mit dem Projekt „Rekultivierung...“

- Mykorrhizapilzgesellschaften im Naturwald, Sekundärwald und in Plantagen sind unterschiedlich in Zusammensetzung und Komplexität (Naturwald > Sekundärwald > Plantagen)
- die autochtone VAMP-Gesellschaft in Plantagen bleibt trotz der Störung durch Abbrennen, Management und massiver Inokulation mit Fremdpilzen in ihrer Zusammensetzung stabil
- wesentliche Elemente der nach Abbrennen spontanen Sekundärvegetation (z.B. Gräser) haben keinen

Anteil an der Dynamik von Mykorrhizapilzpopulationen

- selektierte, nicht vom Standort stammende VAMP können trotz Anwesenheit autochtoner VAMP wirkungsvoll eingesetzt werden; sie konnten sich hier aber nicht auf Dauer etablieren
- es treten z.T. starke spezifische Wechselwirkungen zwischen den eingesetzten VAMP und den Nutzpflanzen auf

Schlußfolgerung:

Ein gezielter Einsatz von VAMP in der Pflanzenproduktion und der Ausspflanzphase einer Rekultivierungsmaßnahme ist ökonomisch sinnvoll. Die wirkungsvolle Verwendung standortfremder VAMP ist möglich. Die Suche nach effektiven autochtonen VAMP könnte Vorteile im Sinne der Nachhaltigkeit der Maßnahme erbringen.

Feldmann, F. , Gasparotto, L. , Preisinger , H., Lieberei, R.