

Universität Tübingen und Fachhochschule Rottenburg mit PUCRS Porto Alegre

Zwischenbericht 1998
zum DLR - BMBF - Projekt 01LT0011/7 Araukarienwald

Forschungsschwerpunkt Region 4: Mata Atlântica



Araucaria angustifolia

Zwei alte freistehende Araukarienbäume,
typisch der astlose Stamm und die Schirmkrone.
Im Hintergrund Araukarien-Mischwald.

Zusammengestellt und herausgegeben von
Wolf Engels, Rüdiger Hampp, Wolfgang Tzschupke

Tübingen 1999

Inhalt

Vorblatt.....	2
Allgemeines.....	3
Zusammenfassung.....	4
Resumo.....	5
Teilprojekt 1	6
A. Biosphärenreservat.....	6
a. Räuberische Invertebraten sowie potentielle Chagas- und Leishmania-Vektoren...6	
b. Anuren im Araukarienwald.....	9
c. Vegetationsaufnahmen.....	17
B. Erfassung klimatologischer und hydrogeologischer Faktoren: Meteorologische Daten.....	18
C. Erfassung von Insekten-Pflanzen-Beziehungen im Araukarienwald und seinen Regenerations-Stadien.....	20
a. Insekten als Bestäuber.....	20
b. Die Ameisen- und Termitenfauna und ihre Rolle im Ökosystem Araukarienwald....	27
c. Mit Araukarienbäumen assoziierte Insekten.....	35
Teilprojekt 2	39
A. Genetische Diversität von <i>Araucaria angustifolia</i>	39
B. Mykorrhizierung von <i>Araucaria angustifolia</i>	44
Teilprojekt 3	55
A. Ökologische Standortkartierung.....	55
B. Naturnahe Wiederbewaldung unter Einbeziehung agro-forstlicher Nutzungsmöglichkeiten.....	56
C. Vorbereitung einer Luftbildbefliegung.....	58
D. Vergleich des Standes des Vorhabens mit dem geltenden Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan.....	58
Ausblick.....	60
Veröffentlichungen.....	61
Präsentationen und Danksagung.....	62

VORBLATT

A. Aussicht auf Erreichen der Vorhabenziele sowie evtl. notwendige Änderungen in der Zielsetzung (z.B. auch bei Wechsel des Projektleiters)

Im Berichtszeitraum konnten alle Ziele des Vorhabens in den geplanten Etappen erreicht werden. Änderungen waren nicht erforderlich und sind auch bis auf weiteres nicht absehbar. Wir können nach dem bisherigen Verlauf der Projektarbeiten davon ausgehen, daß auch in 1999 das Vorhaben nach Plan weiter realisiert werden kann.

B. Bisherige wissenschaftlich-technische Ergebnisse und andere Ereignisse, die Einfluß auf das Vorhaben haben könnten

An Ereignissen, die eine gewisse Verzögerung in der Durchführung einige Projektabschnitte ergeben haben, sind zwei Punkte zu nennen: 1. die für 1998 vorgesehene Befliegung des Gebietes der westlichen Teile des Biosphären-Reservates konnte erst im Januar 1999 erfolgen. Daher stehen noch keine auf den Luftbildern basierende Gebietskarten zur Verfügung, die den aktuellen Zustand der Vegetation zeigen sollen. 2. Nachdem sich herausgestellt hatte, daß für die Projektarbeiten noch keine Forschungslizenz vorlag, hat die PUCRS (Frau Prof.Dr.Betina Blochtein) diese erwirkt. Zwischenzeitlich kam es zu einer Unterbrechung der Freiland-Untersuchungen. (Die Forschungsgenehmigung wurde inzwischen, im April 1999, erteilt.)

Über die bisherigen wissenschaftlich-technischen Ergebnisse wird nachstehend entsprechend der Gliederung der drei Teilprojekte (wie im Projekt-Antrag) berichtet.

Im gesamten Forschungsvorhaben wirkte seitens der PUCRS vor allem Frau Prof. Dr. Betina Blochtein als Koordinatorin und Beraterin mit. Insbesondere im Teilprojekt 1 war sie außerdem an der Planung und Durchführung der Freilanduntersuchungen beteiligt, speziell bei allen Bienen betreffenden Fragen.

Außerdem wirkten als Berater und Mitbetreuer einzelner Arbeitsvorhaben folgende brasilianische Kollegen mit: Prof. Dr. Jocelia Garcia, Zoologie-Department der UFRGS, Porto Alegre; Prof. Dr. Elke Cardoso, Bodenbiologie-Department, USP, Piracicaba; Prof. Dr. Carlos Brandão, Zoologisches Museum der USP, São Paulo; Prof. Dr. Rudi Seitz, Forstfakultät der UFP, Curitiba; Dr. Marcos Di-Bernardo, MCT, Porto Alegre.

In sämtliche biologische Untersuchungen wurden brasilianische Biologie-Studenten eingebunden. Sie wurden in Fragestellungen und Methoden eingeführt und konnten teilweise bei Messungen, Materialsammlungen u.ä. als Hilfskräfte mitwirken.

Allgemeines

Über die Projektarbeiten im Jahre 1997, im Wesentlichen handelte es sich um Vorbereitungen und Anlauf-Phasen der einzelnen Arbeitsvorhaben, wurde am 29.4.1998 berichtet.

Ab 1998 liefen alle Projektarbeiten planmäßig. Die Gliederung dieses Zwischenberichtes folgt dem Antrag.

Das parallel beantragte Projekt der PUCRS konnte im Berichtszeitraum noch nicht anlaufen, da die Genehmigung aussteht.

Sowohl der Tübinger Antrag wie auch der PUCRS-Antrag wurden jeweils auch im Namen der Partneruniversitäten gestellt. In allen Bereichen war eine enge Zusammenarbeit bei gegenseitiger Ergänzung vorgesehen. Diese Form der Projektdurchführung konnte leider bisher nur in Ansätzen realisiert werden. In allen 1998 bearbeiteten Punkten waren jedoch brasilianische Kollegen und Studierende beteiligt.

Dr. Wolfgang Wilms schied Ende 1998 auf eigenen Wunsch als wissenschaftlicher Koordinator aus. (Ab 1.4.1999 übernahm Dr. Rainer Radtke diese Funktion.)



Im Araukarienwald-Schutzgebiet stehen Unterkünfte und einfache Labors im 1996 fertig gestellten Neubau der Waldstation zur Verfügung. Die bei vielen Freiland-Untersuchungen erforderlichen Tag-und-Nacht-Experimente können von dieser Basis mitten im Naturwald optimal ausgeführt werden.

Im **Teilprojekt 1** konnten die Vorarbeiten für den 1. Naturführer abgeschlossen werden. Alle vorgesehenen Teilaspekte zur Ökosystemanalyse wurden bearbeitet. Es konnte nachgewiesen werden, daß Blattschneiderameisen bei naturnaher Wiederaufforstung keine nennenswerten Schäden an Jung-Araukarien verursachen.

Im **Teilprojekt 2** wurden die Teilaspekte genetische Diversität sowie Mykorrhizierung von Araukarien bearbeitet, außerdem wurden unter ökophysiologischen Aspekten Messungen zur Photosynthese durchgeführt.

Im **Teilprojekt 3** sind die Standortkartierungen fortgeführt worden, mit Schwerpunkt Bodenstrukturen und Wasserführung. Außerdem sind Sämlinge von Araukarien und dem Mate-Strauch ausgepflanzt worden. Die Entwicklung aller bisherigen Araukarien-Auspflanzungen wurde bonitiert.

Es folgen die einzelnen Berichte der Arbeitsvorhaben aller 3 Teilprojekte. Davor sind eine Zusammenfassung sowie ein Resumo eingefügt.

Zusammenfassung

Im Berichtszeitraum 1998 wurde erstmals in allen 3 Teilprojekten planmäßig und im vorgesehenen Umfang gearbeitet. Die Ziele des Projektes, nämlich das bislang weithin unerforschte Ökosystem Araukarienwald in wesentlichen Funktionen und in seiner interorganismischen Vernetzung kennenzulernen, erfordern qualifizierende und anschließend auch umfangreiche quantifizierende Untersuchungen. Von den exogenen Faktoren wurden Witterungsdaten registriert und die Standort-typischen Bodenverhältnissen analysiert. Die Kenntnis sowohl der biotischen wie auch der abiotischen Umweltfaktoren sind unerlässliche Voraussetzung für das Projektziel, die naturnahe Wiederaufforstung des südbrasilianischen Araukarienwaldes.

Im **Teilprojekt 1** wurden umfangreiche Freilanduntersuchungen über Prädatoren, Vektoren und Schädlinge sowie zu Insekt-Pflanze-Beziehungen durchgeführt. Daten und Ökosystemrelevante Erhebungen liegen nunmehr vor über Raubwanzen als Invertebraten-Räuber, Dipteren als potentielle Überträger von Krankheitserregern, Bienen als Bestäuber der Araukarien-Begleitflora sowie der Pioniervegetation, boden- und baumbewohnende Ameisen, letztere auch als potentielle Araukarien-Schädlinge in Form der Blattschneider-Ameisen. Unter unseren Bedingungen einer naturnahen Wiederaufforstung konnten bisher keine nennenswerten Schäden an Jungaraukarien festgestellt werden, die von Blattschneider-Ameisen verursacht sein könnten. Weiterhin wurden Araukarien-gebundene Insekten als ebenfalls potentielle Schädlinge registriert. Artenspektrum und ökologische Einnischung der im Araukarienwald und in benachbarten Habitaten vorkommende Frösche wurden ermittelt. Über diese Tiergruppe konnte außerdem der erste Naturführer fertiggestellt werden. Für weitere Bände wurde Material zusammengestellt, vor allem in Form einer umfangreiche Photothek.

Im **Teilprojekt 2** wurden die genetische Diversität sowie die Mykorrhizierung von *Araucaria angustifolia* untersucht. Genomische DNA wurde aus Embryo und Endosperm von Samen verschiedener Standorte in Brasilien sowie zum Vergleich aus Material der südamerikanischen Schwesterart *A. araucana* isoliert. Über geeignete Primer wurden Sequenzen der Mikrosatelliten-DNA mittels PCR amplifiziert und die Produkte in PAGE separiert. Es konnten Spezies- und Herkunft-spezifische Banden ermittelt werden. So können also auch Araukarien-Ökotypen unterschieden werden. Die Mykorrhiza wurde zunächst mikroskopisch analysiert. Sie entspricht dem *Arum*-Typ. Da Wurzeln von Wald- und Campo-Standorten sich in den Strukturen der assoziierten Pilze nicht völlig gleichen, sind möglicherweise verschiedene Pilzarten beteiligt. 16 Pilzspezies wurden bislang registriert. Der insgesamt hohe Mykorrhizierungsgrad läßt auf Nährstoffarmut schließen.

Im **Teilprojekt 3** wurden die Kartierungsarbeiten fortgeführt. Schwerpunktmäßig wurden Bodenqualität und Wasserhaushalt auf Flächen geprüft, die für eine Wiederaufforstung vorgesehen sind. Die projektbezogene Literatur wurde auf einer CD deutsch-englisch dokumentiert. Im April wurden weitere ca. 6.000 Araukarien-Sämlinge auf Sukzessions- und Campo-Arealen gepflanzt. Außerdem wurden in die vorjährige Forstfläche knapp 2.000 Matestrauch-Sämlinge zwischengepflanzt. Die bisherigen Pflanzversuche wurden bonitiert und die Vegetation einiger Sekundärwald- und Sukzessionsflächen kartiert. Alle Vorarbeiten für die Anfang 1999 erfolgte Luftbildbefliegung wurden durchgeführt.

Resumo

No período de 1998 conseguiu-se pela primeira vez realizar trabalhos nos 3 subprojetos dentro da expectativa inicial. A meta principal do projeto, ou seja, o conhecimento do pouco estudado ecossistema da floresta de araucária e suas interações interorgânicas, exige estudos qualitativos e quantitativos de grande porte. Dos fatores exógenos foram feitos registros a respeito das condições climáticas e análises sobre as condições de solo típicas da região. Os conhecimentos tanto dos fatores bióticos quanto dos abióticos são requisitos indispensáveis para a realização da meta do projeto: um reflorestamento de maneira natural das florestas de araucária na região sul do Brasil.

No **subprojeto 1** foram feitos extensos trabalhos de campo relativos a predadores, vetores de doenças e pragas, assim como análises das relações inseto-planta. Dados e levantamentos relevantes para o ecossistema nos seguintes temas estão agora disponíveis:

- Percevejos (Fam. Reduviidae) como predadores de invertebrados;
- Dipteras como transmissores de doenças;
- Abelhas como polinizadores da flora relacionada às araucárias e da vegetação pioneira;
- Formigas de habitat arbóreo e de solo, as primeiras inclusive como pragas potenciais para as araucárias, sob a forma de formigas cortadeiras;
- Dentro das condições para um reflorestamento natural não foram encontrados danos relevantes nas plantas jovens de araucária causados por formigas cortadeiras. Além do mais foram registrados insetos relacionados às araucárias que também poderiam funcionar como pragas potenciais das mesmas;
- espectro de espécies e o nicho ecológico das rãs encontradas na floresta de araucária e habitats vizinhos foi levantado. Sobre este grupo animal foi elaborado um guia natural de espécies. Para a elaboração de novos volumes foi coletado novo material, em forma de inúmeras fotografias.

No **subprojeto 2** foi analisada a diversidade genética assim como a formação de micorriza em *Araucaria angustifolia*. O DNA genômico foi isolado a partir de embriões e do endosperma de sementes originárias de diversas localidades no Brasil. Como material comparativo foram coletadas também amostras de outra espécie sul-americana *A. araucana*. Através de Primers adequados e com o auxílio de PCR, sequências do DNA dos microsátélites foram amplificadas e separadas através de PAGE. Puderam ser identificadas Bandas específicas para as diferentes espécies, bem como específicas para os locais de coleta. Desta forma foram diferenciados tipos ecológicos distintos de araucárias. As micorrizas foram primeiramente analisadas sob o microscópio, mostrando-se pertencentes ao tipo *Arum*. Visto que as raízes originárias de florestas e campos se diferenciam em relação às estruturas e aos fungos a elas associados, é possível que diferentes espécies dos mesmos estejam envolvidas. Até o presente momento foram registradas 16 espécies diferentes de fungos. O alto grau de formação de micorrizas indica a pobreza do solo.

No **subprojeto 3** foi dada continuidade aos trabalhos cartográficos. Foram realizadas também análises intensivas sobre a qualidade do solo e da água, necessária para a realização do reflorestamento. A literatura relativa ao projeto foi documentada através de um CD em inglês-alemão. Em abril foram plantadas cerca de 6000 plantas de araucária em áreas de sucessão e campos. Além disso foram plantados 2000 mudas de erva-mate. Uma avaliação do plantio realizado até o momento e o mapeamento de áreas de floresta secundária e de sucessão foram feitos. As preparações para a realização das fotos aéreas, feitas no início de 1999, foram concluídas.

Teilprojekt 1

Organisatorische Leitung:

Prof. Dr. Wolf Engels, Prof. Dr. Klaus Hartfelder, Dr. Wolfgang Wilms
Zoologisches Institut, Universität Tübingen, LS Entwicklungsphysiologie

Ökosystem-Analysen in natürlichen Restbeständen von Araukarienwäldern und Sekundärwäldern

A. Biosphärenreservat

a. Räuberische Invertebraten sowie potentielle Chagas- und Leishmania-Vektoren

Raubwanzen als Prädatoren im Araukarienwald

Christiane Weirauch

Die Erhebung des Artenspektrums und die Untersuchungen zur Reproduktionsbiologie und Rolle von Raubwanzen als Prädatoren wurden planmäßig fortgesetzt.

Die Triatominae sind eine Unterfamilie, die in Südamerika zahlreiche Vektoren für Tropenkrankheiten einschließt. Dies ist vor allem die seit Jahren in geographischer Ausdehnung nach Süden begriffene Trypanosomiasis oder Chagas-Krankheit.

Für das Ökosystem Araukarienwald wurden insbesondere die Aspekte Abundanz und Saisonalität der häufigeren Raubwanzen-Arten, deren Habitatpräferenz, speziell Mikrohabitate, Beutespektrum und Fangstrategien sowie allgemein die Lebenszyklen, einschließlich reproduktionsbiologischer Daten über Paarung, Eigelege und Larvenstadien erhoben. Die Untersuchungen wurden ausschließlich auf der Serra Gaúcha durchgeführt, und zwar in verschiedenen Waldhabitaten, *Baccharis*-Heiden und anderen Sekundärvegetationen sowie den Campos. Die Erfassung erfolgte mit verschiedenen Techniken: Barberfallen, Winkler-Apperaturen, Lichtfänge, Kescherfänge und Absuchen von Hand. Beutespektren wurden im Freiland ermittelt, zusätzlich wurden Raubwanzen mehrerer Arten im Labor gehalten und gezüchtet, um Beutefangverhalten, Paarungen, Eiablage und Schlupf der Larven dokumentieren zu können. Die Bestimmung erfolgte teils in Referenz-Sammlungen (Fundação Zoobotânica, Porto Alegre; Colegio Anchieta, Porto Alegre; Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro; American Museum of Natural History, New York; Humboldt Museum, Berlin), teils anhand der leider recht unvollständigen Bestimmungsliteratur sowie vielfach nach Originalbeschreibungen von Gattungen und Arten.

Nachdem bis März insgesamt 29 Arten aus den Unterfamilien Ectrichiinae (2), Emesinae (2), Harpactorinae (14), Phymatinae (4), Peiratinae (2), Reduviinae (2) und Stenopodainae (3) nachgewiesen wurden, konnten in der nächsten Saison 4 weitere Arten der Unterfamilien Harpactorinae (1), Microtominae (1), Phymatinae (1) und Saicinae (1) registriert werden (*Riccolla* spec., *Microtomus* spec., *Phymata fortificata*, *Oncerothelus* spec.). Damit sind bislang 33 Raubwanzen-Arten festgestellt worden (Tab. 1). Neben Spezies mit weiträumiger Verbreitung in Südamerika wie *Apiomerus lanipes* wurden solche mit regionalem Vorkommen wie *A. barbiellini* (Abb. 1), *Zelurus bucki* und *Phamyta praestans* nachgewiesen. Zu den häufigen Arten zählen weiterhin *Cosmoclopius intermedius* und *C. annulosus*. Ein zeitlich eng begrenztes Auftreten konnte für mehrere Arten gezeigt werden, z.B. für *Daraxa* cf. *ni-*

nigripes und *Diaditus* cf. *latulus*. Für mehrere Raubwanzen-Arten konnten klare Habitat-Präferenzen festgestellt werden, teilweise in Verbindung mit bestimmten Pflanzen, auf denen die Wanzen als Lauerräuber regelmäßig beobachtet wurden. Bestimmte Arten wurden im Flug an Waldrändern und auf Waldlichtungen gefangen, andere traten bevorzugt in Campo-Habitaten auf. Die 3 Arten der Gattung *Cosmoclopius* wurden vorwiegend an feuchten Standorten mit Sekundärvegetation wie *Eupatorium betonicaeforme* gefunden. Beutedaten wurden vor allem für *P. praestans* ab Dezember verzeichnet, es handelte sich dabei vorwiegend um blütenbesuchende Insekten. Die Fangstrategien können grob in lauerrnden (bei 5 Phymatinen-Arten) und aktiv verfolgenden Beutefang (beide *Zelurus*-Arten, teilweise auch *A. barbiellini*) unterteilt werden. Zusätzlich wurde eine Aufnahme klebriger Pflanzensekrete beobachtet, die mit den Vorderbeinen gesammelt wurden. Wahrscheinlich werden damit Klein-Insekten geleimt. Gelegetypen und Eier wurden für 15 Arten aus 4 Unterfamilien dokumentiert, ebenso wie Larvenstadien für 10 Arten aus 3 Unterfamilien. Die Eier können einzeln in die Erde (z. B. bei *Rasahus hamatus*) oder als Eipaket (*Zelus armillatus* oder *Cosmoclopius intermedius*) abgelegt werden. Beispiele für Eistrukturen werden in Form von REM-Aufnahmen für *A. lanipes*, *A. barbiellini*, *R. hamatus* (Abb. 2) und *Z. bucki* vorgestellt. Bei mehreren Arten konnten sämtliche 5 Larvenstadien dokumentiert werden, z.B. bei *C. annulosus* und *C. intermedius*. Für einige Arten wurde eine enge Bindung an bestimmte Pflanzen registriert: Eier werden nur auf diesen abgelegt, dort wird auch die gesamte Larvalentwicklung durchlaufen.

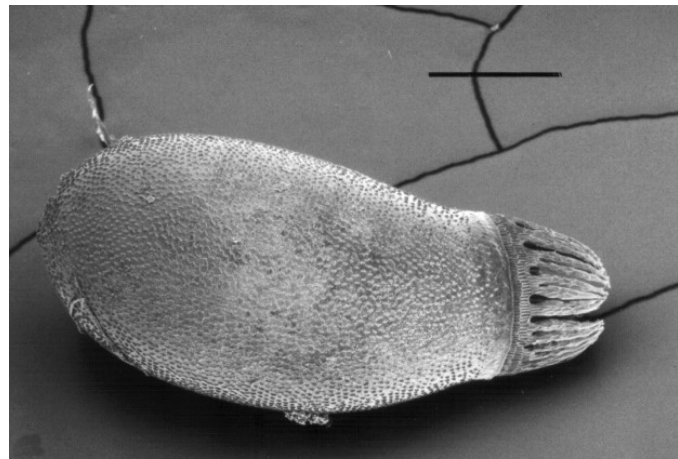


Abb. 1: *Apiomerus barbiellini* auf Blütenstand

Abb. 2: Ei von *Rasahus hamatus*, REM-Aufnahme

Unterfamilie	Art
Ectrichodiinae	<i>Daraxa</i> cf. <i>nigripes</i> STAL, 1859
	<i>Pothea aenescens</i> STAL, 1860
Emesinae	<i>Gardena</i> spec.
	cf. <i>Dohrnemesa</i> spec.
Harpactorinae	<i>Apiomerus barbiellini</i> COSTA LIMA, CAMPOS SEABRA & HATHAWAY, 1951
	<i>Apiomerus lanipes</i> (FABRICIUS, 1803)
	<i>Apiomerus mutabilis</i> COSTA LIMA, CAMPOS SEABRA & HATHAWAY, 1951
	<i>Apiomerus nigricollis</i> STAL, 1860
	<i>Apiomerus rubrocinctus</i> (HERRICH-SCHÄFFER, 1848)
	<i>Heniartes erythromerus</i> SPINOLA, 1837
	<i>Castolus</i> spec.

	<i>Cosmoclopius annulosus</i> STÅL, 1872
	<i>Cosmoclopius intermedius</i> BERG, 1884
	<i>Cosmoclopius</i> spec. nov.
	<i>Pyrrhosphodrus theresina</i> (BERG, 1870)
	<i>Repita flavicans</i> AMYOT AND SERVILLE, 1843
	<i>Ricolla</i> spec.
	<i>Rocconota</i> spec.
	<i>Zelus armillatus</i> (LEPELETIER & SERVILLE, 1825)
Microtominae	<i>Microtomus</i> spec.
Peiratinae	<i>Rasahus hamatus</i> (FABRICIUS, 1781)
	<i>Sirthenea pedestris</i> HORVATH, 1909
Phymatinae	<i>Phymata armata</i> HANDLIRSCH, 1897
	<i>Phymata debilis</i> HANDLIRSCH, 1897
	<i>Phymata fortificata</i> HANDLIRSCH, 1897
	<i>Phymata praestans</i> HANDLIRSCH, 1897
	<i>Phymata simulans</i> STÅL, 1860
Reduviinae	<i>Zelurus bucki</i> LENT & WYGODZINSKY, 1954
	<i>Zelurus opaciventris</i> (STÅL, 1859)
Saicinae	<i>Oncerothelus</i> sp.
Stenopodainae	<i>Diaditus</i> cf. <i>latulus</i> BARBER, 1930
	<i>PNirontis</i> spec. 1
	<i>PNirontis</i> spec. 2

Tab. 1: Arten-Spektrum an Reduviidae (Heteroptera)

Dipteren-Fauna im Araukarienwald: Phlebotominen und Culiciden

Onilda Santos da Silva

Im Untersuchungszeitraum wurden Vorkommen und derzeitiger Stand der Verbreitung von Phlebotominen und Culiciden analysiert. Anlaß ist ein endemisches Leishmaniose-Gebiet im nahegelegenen Landes-Naturpark Turvo. Speziell sollte diese Untersuchung zeigen, ob aufgrund des Vorkommens der als Vektoren fungierenden Dipteren die Gefahr einer Ausbreitung von Haut-Leishmaniosen im Areal des Araukarienwaldes besteht.

Da die Mücken in der Nacht ihre größte Aktivität entfalten, wurden Lichtfänge getätigt. Mit einem Exhaustor wurden an Hauswänden und in der Nähe bewohnter Häuser (in bis zu 50 m Entfernung) in der Zeit von 19 - 22 h Mücken gefangen. Die Proben wurden gesammelt und nach Tübingen verbracht, um den Anteil an Leishmanien-Trägern zu ermitteln und so die Vektorkompetenz und die Vektorrolle von Mücken in definierten Arealen zu bestimmen. Auch die Determination der Mücken-Spezies kann mit Sicherheit nur im Labor durchgeführt werden.

Während der Freiland-Fänge herrschte ungewöhnlich kaltes Wetter (5°-18°C im Dezember und Anfang Januar). Dazu fiel in dieser Zeit sehr viel Regen. Es konnten daher im Araukarienwald-Gebiet nur Larven und Adulte von *Culex nigripalpus* gesammelt werden. Im Turvo-Park war die Witterung günstiger, es herrschten Temperaturen von 25° - 30°C. Die Fänge

waren hier wesentlich erfolgreicher, es konnten Mücken von 7 Phlebotominen- Arten gefangen werden. Die Analysen im Labor sind hinsichtlich der Leishmanien-Belastung noch nicht abgeschlossen.

Arten - Spektrum an Phlebotominen (Diptera)
<i>Lutzomyia migonei</i> (Franca, 1920)
<i>Lutzomyia (Pintomyia) pessoai</i> (Coutinho & Barreto, 1940)
<i>Lutzomyia (Pintomyia) fischeri</i> (Pinto, 1926)
<i>Lutzomyia monticola</i> Costa Lima, 1932
<i>Lutzomyia (Nyssomyia) neivai</i> (Marcondes, 1997)
<i>Lutzomyia misionensis</i> (Castro, 1959)
<i>Lutzomyia (Pintomyia) sp.</i>

Tab. 2: Arten-Spektrum von Phlebotominen

b. Anuren im Araukarienwald

Axel Kwet, Mirco Solé Kienle

Über die Froschlurche des südlichen Südamerikas liegt zwar einige Literatur vor (Ceï 1980, Heyer et al. 1990, Langone 1994), jedoch fehlen genauere Angaben insbesondere für die Region der südlichen Mata Atlântica hinsichtlich Lebensweise und Vorkommen. Speziell die erdgeschichtlich alten Araukarienwälder sind noch weitgehend unerforscht. Selbst Artenlisten existieren nur in geringer Zahl und sind bereits älteren Datums, was besonders für die Amphibien Rio Grande do Sul gilt (Braun & Braun 1980). Unter ökosystemaren Aspekten spielen Froschlurche aufgrund ihrer Abundanz und Biomasse jedoch eine wesentliche Rolle im Araukarienwald, aktiv als Prädatoren von Insekten und anderen Invertebraten, passiv als Nahrung für größere carnivore Wirbeltiere. Im Untersuchungsgebiet muß den Laubfröschen (Hyliden) wahrscheinlich eine Schlüsselrolle zuerkannt werden, da sie mehr als die Hälfte der dort lebenden Arten stellen.

Artenspektrum, Reproduktion, Einnischung und ökologische Rolle

In täglichen und nächtlichen Begehungen wurden Vorkommen, Verhalten und Aktivität adulter Anuren registriert, außerdem Beobachtungen an Larven und Laichgewässern, zum Beutespektrum und zu den natürlichen Feinden dokumentiert. Für fortpflanzungsbiologische Untersuchungen wurden Paare im Amplexus gefangen und ins Labor transportiert. Nach dem Ablachen wurde die Larvenentwicklung bis zum Einsetzen der Metamorphose verfolgt, einem Entwicklungsstadium, das die Artbestimmung in der Regel erlaubt. An fixierten Larven wurden typische Strukturen wie Mundfelder zeichnerisch und elektronenmikroskopisch dokumentiert. Außerdem wurden im Freiland Paarungsrufe aufgenommen (Sony WM D6C, Sennheiser Mikrofon K6) und später im Labor sonographisch ausgewertet (Kay DSP Sonagraph 5500).

In der Araukarienwald-Region sind nunmehr insgesamt 37 Arten (Tab. 3, 4) folgender Familien dokumentiert: Hylidae (19 Arten), Leptodactylidae (13), Microhylidae (2), Bufonidae (2) und Pseudidae (1), darunter mindestens 5 bisher unbeschriebene Spezies der Gattungen *Elachistocleis*, *Physalaemus*, *Proceratophrys*, *Pseudis* und *Scinax*. Erstnachweise für Rio Grande do Sul sind *Adenomera cf. marmorata*, *Hyla microps*, *Phrynohyas imitatrix* und *Scinax perereca*.

Wie im Projektantrag vorgesehen, wurde dieses Material auch dazu verwendet, einen ersten Naturführer zusammen zu stellen. Der dreisprachige Amphibien-Band (portugiesisch-Zwischenbericht 1998

deutsch-englisch) enthält 130 Farbfotos und Bestimmungsschlüssel (Kwet, Di-Bernardo 1999). Die Ausarbeitung dieses Natur-Führers erforderte einen erheblichen Aufwand, die Erstellung der Vorlagen wurde in enger Zusammenarbeit mit der herpetologischen Abteilung des PUCRS-Museums vorgenommen. Es handelt sich um den ersten Band einer geplanten Reihe von etwa 15 Naturführern für die Region, die in den nächsten Jahren vom Verlag der PUC über Fauna und Flora der Araukarienwaldregion herausgegeben werden sollen. Sie werden für Biologiestudenten, aber auch für Ökotouristen eine wichtige Informationsquelle darstellen. Bislang liegen in Brasilien noch keine solchen regionalen Naturführer vor.

Es folgen drei Probeseiten, nämlich das Titelblatt, dann eine Doppelseite mit links Fotos und Legenden und rechts dem Text für in diesem Fall eine Laubfroschart, *Hyla semiguttata*. Diese beiden Seiten werden hier nacheinander, ungefähr in der Originalgröße, wie sie im Naturführer erscheinen, wiedergegeben.

Für sämtliche im Gebiet des Araukarienwaldes vorkommende Frösche enthält der Naturführer eine solche Doppelseite. Außerdem gibt es noch kurze Einführungen über Amphibien allgemein und die im Buch behandelten Anuren-Familien.

Dieser erste in unserem DLR-BMBF-Projekt entstandene Naturführer wird auf Grund der Dreisprachigkeit von dem PUC-Verlag in Brasilien und außerdem von englischen und amerikanischen sowie deutschen Sortimentern vertrieben werden.

Mit diesem ersten Naturführer haben wir zugleich festgelegt, wie Bebilderung und Angaben zu Vorkommen und Lebensweise jeweils auf einer Doppelseite für die einzelnen Arten arrangiert werden sollen. Die Naturführer sollen für Biologen und interessierte Laien gleichermaßen als Einstieg zur Beschäftigung mit der einheimischen Fauna und Flora Südbrasilien dienen können. Derartige Literatur gibt es in Mitteleuropa für alle Tiergruppen und in allen großen Sprachen. Unser Ansatz, die Naturführer in portugiesisch, deutsch und englisch nebeneinander stehend abzufassen, verfolgt auch das Ziel, ausländischen Ökotouristen und Teilnehmern an biologischen Exkursionen eine leicht handhabbare Information zu bieten, die - wenn überhaupt - bislang nur auf portugiesisch verfügbar war. Wir hoffen, daß außerdem die Universitäten, Schulen und alle sonst an Freiland-Biologie Interessierten der Region Südbrasilien diese neue Reihe akzeptieren und als Taschenbuch in der freien Natur auch benutzen werden.

Axel Kwet & Marcos Di-Bernardo

Anfíbios

*

Amphibien

*

Amphibians

PUCRS / Universität Tübingen

Porto Alegre, RS, Brasil

1999



Fig. 46

Hyla semiguttata

♂ com coloração viva, forma grande.
Prächtig gefärbtes ♂ der großen Form.
Bright coloured ♂ of the large form.



Fig. 47

Hyla semiguttata

♂ com coloração castanha, forma pequena, vocalizando.
Rufendes ♂ der kleinen bräunlichen Form.
Calling ♂ of the small brownish form.



Fig. 48

Hyla semiguttata

♂, forma grande.
♂ der großen Form.
♂ of the large form.

***Hyla semiguttata* Lutz, 1925**

30-53 mm; comum na região das araucárias, mas ainda não encontrada no Pró-Mata. Sob este nome provavelmente há um complexo de várias espécies similares. Tamanho e coloração dorsal consideravelmente variáveis. Espécimes pequenos (30-40 mm), com escuras manchas e coloração dorsal bege, amarelada ou verde-pálida, são encontrados em pequenos córregos. Espécimes maiores (40-53 mm), com três séries longitudinais de manchas ou faixas escuras, e coloração verde-viva, castanha ou amarela, são encontrados em riachos de tamanho médio e grande (estes antes denominados *Hyla pulchella joaquina* Lutz, 1968). Todas as formas com uma larga estria branca lateral, lábio superior branco, e ventre esbranquiçado. Ocorre em áreas abertas do Planalto das Araucárias, no sul do Brasil, e Misiones (Argentina). Atividade reprodutiva o ano todo, exceto nos meses do inverno. $\sigma\sigma$ vocalizam à noite, nas margens dos riachos. O canto é semelhante a um rangido, similar ao de *H. marginata*, mas algo mais delicado. 200-300 ovos grandes, com superfície superior preta, formam uma desova única e compacta que é aderida às partes submersas da vegetação aquática. Os girinos são acinzentados, com padrão pontuado de escuro no corpo; têm estruturas sugadoras na boca, alimentam-se sobre pedras do fundo dos riachos e são encontrados durante o ano todo.

30-53 mm, in der Araukarienwaldregion häufig, innerhalb Pró-Matas noch nicht nachgewiesen. Größe und Rückenfärbung variieren sehr stark, vermutlich liegt hier ein Komplex aus mehreren ähnlichen Arten vor. An kleinen Bächen leben kleine Exemplare (30-40 mm) mit beiger, gelblicher oder blaßgrüner Färbung und variablen dunklen Flecken. An mittelgroßen und großen Bächen kommen große Tiere (40-53 mm) mit satten grünen, braunen oder gelben Farbtönen und drei Reihen dunkler Bänder oder Flecken vor (früher auch als *Hyla pulchella joaquina* Lutz, 1968 bezeichnet). Beide Formen mit breitem, weißem Seitenstreifen, weißer Oberlippe und weißlicher Bauchseite. Verbreitet in offenen Habitaten auf dem Araukarienplateau von Südbrasilien und Misiones (Argentinien). Laichaktivität außer in den kalten Wintermonaten ganzjährig. Die $\sigma\sigma$ rufen nachts am Ufer von Bächen mit einem leisen Krächzen, ähnlich, aber feiner als der Ruf von *H. marginata*. Die 200-300 großen, oberseits schwarzen Eier werden als kompakter Laichballen an ins Wasser ragender Vegetation befestigt. Die grauen, aufwuchsfressenden Larven mit dunklem Punktemuster und Saugstrukturen am Mund sind das ganze Jahr über in den Bächen zu finden.

30-53 mm, common in the *Araucaria* forest region, but not yet found within Pró-Mata. Size and dorsal coloration considerably variable, presumably forming a complex of several similar species. Small specimens (30-40 mm) with tan, yellowish or pale green dorsal coloration and variable dark spots are found at small streams. Large specimens (40-53 mm) with bright green, brown or yellow coloration and three longitudinal rows of dark bands or blotches (formerly named *Hyla pulchella joaquina* Lutz, 1968) occur at large streams. All forms with broad, white lateral stripe, white upper lip, and whitish belly. Distributed in open habitats on the *Araucaria* plateau of southern Brazil and Misiones (Argentina). Breeding activity throughout the year, except the winter months. The $\sigma\sigma$ call by night at the stream margin with a faint, creaking sound, similar but finer than the call of *H. marginata*. 200-300 large eggs with black upper surface form one compact egg clutch which is stuck to vegetation hanging into the water. The gray tadpoles grazing on stones possess a dark spotted body pattern and sucker-like structures on the mouth, and are found in streams throughout the year.

Die Freilanddaten zur Anurenfauna ermöglichen erstmals Interpretationen hinsichtlich Habitatbindung, Nischendifferenzierung, artspezifischer Besonderheiten und Überlebensstrategien, aber auch hinsichtlich des Impakts einzelner Populationen und Arten. Erste Beispiele weisen auf räumliche Abgrenzung zwischen Wald- und Campo-bewohnenden Spezies hin. Hier spielen auch unterschiedliche Typen von Laichgewässern eine Rolle, z.B. sind Frösche der Arten *Hyla pulchella* in permanenten, stehenden Kleingewässern, *Hyla leptolineata* in Fließgewässern und *Scinax berthae* in regelmäßig austrocknenden, temporären Kleingewässern zu finden. Außer dieser räumlichen konnte interspezifisch eine zeitliche, teils bisaisonale Separierung der Reproduktionsaktivitäten festgestellt werden. Beispiele hierfür bieten insbesondere die *Hyla*- und *Scinax*-Arten.

Hylidae	Laichhabitats im offenen Grasland			Laichhabitats im geschlossenen Wald oder in dessen unmittelbarer Nähe				
	Temporäre Gewässer	Permanente Gewässer	Langsam fließende Bäche	Temporäre Gewässer	Permanente Gewässer	Großer See mit Fischen	Strömende Bergbäche	Terrestrisch
<i>Aplastodiscus perviridis</i>		(X)	X		(X)	(X)		
<i>Hyla bischoffi</i>					X	X	(X)	
<i>Hyla faber</i>		X			X	X		
<i>Hyla leptolineata</i>		(X)	X					
<i>Hyla marginata</i>							X	
<i>Hyla microps</i>		(X)		X	X			
<i>Hyla minuta</i>	(X)	X	(X)	(X)	X	(X)		
<i>Hyla pulchella pulchella</i>		X	(X)					
<i>Hyla sanborni</i>	X	X						
<i>Hyla semiguttata</i>			X					
<i>Hyla uruguayana</i>	X	(X)						
<i>Phrynohyas imitatrix</i>				?	?			
<i>Scinax cf. berthae</i>	X	X						
<i>Scinax catharinae</i>					X			
<i>Scinax cf. eringiophilus</i>	(X)	X	(X)	(X)	(X)	(X)		
<i>Scinax fuscovarius</i>					(X)			
<i>Scinax perereca</i>		(X)		X	X			
<i>Scinax squalirostris</i>	X	X						
<i>Scinax sp. nov.</i>					(X)	X		

Tab. 3: Laichhabitats der in der Araukarienwaldregion bisher nachgewiesenen Hylidenarten. X bevorzugtes Habitat (X) suboptimales, aber noch akzeptiertes Habitat

Beachtenswert erscheint, daß bei den im Wald lebenden Anuren eine größere Vielfalt an Fortpflanzungsstrategien festgestellt wurde als bei den Campo-Arten. Generell bevorzugen die meisten Anuren zur Laichzeit stehende Kleingewässer. Nur wenige Arten sind an den schnell fließenden Bächen der Berghänge anzutreffen. Bei zwei Leptodactyliden-Arten ist eine partielle Unabhängigkeit von Laichgewässern evoluiert worden, sie bauen unterirdisch angelegte Schaumnester, in denen die gesamte Entwicklung der Kaulquappen stattfindet

(*Adenomera marmorata*) bzw. es entfällt die freie Larvenphase und aus dem Ei schlüpfen bebeinte Jung-Frösche (*Eleutherodactylus guentheri*).

Art	Laichhabitate im offenen Grasland			Laichhabitate im geschlossenen Wald oder in dessen unmittelbarer Nähe				
	Temporäre Gewässer	Permanente Gewässer	Langsam fließende Bäche	Temporäre Gewässer	Permanente Gewässer	Großer See mit Fischbesatz	Strömende Bergbäche	Terrestrisch
<i>Adenomera cf. marmorata</i>								X ¹
<i>Bufo ictericus</i>		X		(X)	X	X		
<i>Elachistocleis sp. nov.</i>	X	X						
<i>Elachistocleis ovalis</i>	X	X						
<i>Eleutherodactylus cf. guentheri</i>								X ²
<i>Hylodes meridionalis</i>							X	
<i>Leptodactylus gracilis</i>	X	X						
<i>Leptodactylus ocellatus</i>		X			X	X		
<i>Leptodactylus plaumanni</i>	X	X	(X)	X	X			
<i>Melanophryniscus cambaraensis</i>	X							
<i>Odontophrynus americanus</i>	X	(X)						
<i>Physalaemus cuvieri</i>	X	X						
<i>Physalaemus lisei</i>		(X)	(X)	X	X			
<i>Physalaemus nanus</i>				X				
<i>Physalaemus sp. nov.</i>		X						
<i>Proceratophrys bigibbosa</i>							X	
<i>Proceratophrys sp. nov.</i>							X	
<i>Pseudis sp. nov.</i>		X	X		(X)			

Tab. 4: Laichhabitate der in der Araukarienwaldregion bisher nachgewiesenen Bufoniden, Leptodactyliden, Microhyliden und Pseudiden.

X bevorzugtes Laichhabitat (X) suboptimales, aber noch akzeptiertes Laichhabitat

X¹ direkte Entwicklung des Laichs an Land ohne Larvalphase

X² vollständige Larvalentwicklung innerhalb eines Schaumnestes an Land

Wie allgemein bei Anuren bekannt, ist für die interspezifische reproduktive Abgrenzung der bioakustische Aspekt bedeutsam. Tatsächlich konnten klare Unterschiede in den Rufen einerseits nahverwandter, andererseits syntopischer Spezies festgestellt werden. Diese Beobachtungen werden noch im Einzelnen ausgewertet. Interessant erscheint auch die oft unterschiedliche Rufposition der Männchen verschiedener Arten im gleichen Laich-Habitat. Hierfür bieten die Hyliden *Scinax eringiophilus* und *S. perereca* Beispiele. Die Männchen rufen vom Boden am Gewässerrand bzw. in einiger Entfernung hiervon aus dem Gebüsch in 50-300 cm Höhe.

Generell gilt, daß adulte Anuren vieler Arten ein breites Beutespektrum opportunistisch nutzen. Eine nahrungsökologische Spezialisierung wurde bisher selten nachgewiesen. Genauere Informationen hierzu werden von den noch ausstehenden Analysen der Mageninhalte erwartet. Ameisen stellen offensichtlich einen wichtigen Beuteanteil mancher Arten, mit Ausnahme der Laubfrösche (Hylidae).

Amphibien sind selbst Beuteobjekte vor allem größerer Wirbeltiere. Beobachtungen über Prädation durch Schlangen mehrerer Spezies (*Xenodon newiedi*, *Philodryas patagoniensis*, *Thamnodynastes cf. strigilis* und *Liophis jaegeri*) liegen vor. Bei Kröten lassen vor allem räuberische Kleinsäuger oft bestimmte Beutereste zurück (Schädelteile mit giftigen Kopfdrüsen). Kaulquappen und Jungfrösche werden auch von prädatorischen Insekten, insbesondere großen Wasserwanzen erbeutet (Familie Belostomatidae). Generell sind Kaulquappen von Anuren die Beute zahlreicher Prädatoren, was auch für die Lebensgemeinschaften in den Gewässern des Araukarienwaldes gilt. Beobachtungen über Libellenlarven, aber auch räuberische Egel liegen vor.

Für Lebensweise und Nahrungsspektren von Kaulquappen sind Detailstrukturen der Mundfeldregion wichtige Merkmale, sie werden derzeit in rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen dokumentiert. Geplant ist die Ausarbeitung eines felddauglichen Bestimmungsschlüssels für die Larven sämtlicher in der Araukarienwald-Region vorkommenden Amphibien-Arten.

Da die Anurenfauna des Untersuchungsgebietes zu etwa 1/3 aus Pfeiffroschen besteht, über deren Lebensweise nur sehr wenig bekannt ist, wurden die beiden häufigsten Arten eingehend unter den nachstehenden Aspekten analysiert.

Lebensweise und Reproduktion von *Leptodactylus plaumanni* und *Physalaemus lisei*, zwei im Araukarienwald häufigen Pfeiffrosch-Arten

Um paarungsbiologische Besonderheiten dieser Frösche, von denen bereits bekannt war, daß sie Schaumnester bauen, unter Freilandbedingungen beobachten zu können, wurden 4 Wasserbecken ausgehoben. In einem wurde ein Pärchen von *Physalaemus lisei* gehalten und der Bau von Schaumnestern beobachtet. In den übrigen wurden Kaulquappen beider Arten aufgezogen. Wachstum und Verhalten wurden dokumentiert. Ergänzend wurden Erhebungen an natürlichen Laichgewässern durchgeführt. Laichreife adulte Frösche wurden vermessen und vor und nach dem Ablachen gewogen. Einige wurden 24 h im Labor gehalten, um anhand der Kotproben die Nahrungszusammensetzung zu analysieren. Alle Tiere wurden anschließend am Fangort wieder freigelassen. Schließlich wurden einige Schaumnester im Freiland gesammelt, im Labor gewogen und die Anzahl der Eier ausgezählt.

Frösche der Art *Physalaemus lisei* bewohnen lichte Stellen im Araukarienwald sowie angrenzende Feuchtgebiete und Wiesen. Die Weibchen wiegen vor der Eiablage 2,41-2,81 g (Mittelwert = 2,54 g, n = 7) wobei sie eine Kopf-Rumpf-Länge von 2,79-3,08 cm (Mittelwert = 2,92 cm) aufweisen. Die Männchen sind etwas kleiner, wiegen 1,08-1,73 g (Mittelwert = 1,36 g, n = 29) und weisen eine Kopf-Rumpflänge von 2,18 -2,62 cm (Mittelwert = 2,44 cm) auf. Die Kehle der Männchen ist gelbgefärbt, die der Weibchen weiß mit kleinen dunklen Flecken. Die Fortpflanzungsperiode beginnt je nach Witterung Anfang bis Ende September. Bevorzugte Laichgewässer sind Regenpfützen, wassergefüllte Rinnen auf befahrenen Wegen, aber auch größere Tümpel. Die Männchen rufen meistens die ganze Nacht durch. An schattigen, tief im Boden liegenden oder von dichter Vegetation überwachsenen Stellen rufen die Männchen manchmal auch tagsüber. Jede Rufphase besteht aus 1-3 Rufsequenzen, es folgt ein Intervall von 20 - 120 sec. Manche Männchen rufen auf Schwimmrassen sitzend. Es wurde versucht, auf einem Areal von 3000 m² die Gesamtanzahl der Männchen zu ermitteln, wofür die Fang-Wiederfang-Methode eingesetzt wurde. Demnach waren es knapp 60 Männchen, was einer Dichte von einem Männchen pro 50 m² entspricht.

Auf der Versuchsfläche riefen die Männchen von *P. lisei* aus kleinen, wassergefüllten Löchern, bauten ihre Schaumnester aber in etwas größeren Löchern (Durchmesser ab 25 cm). Wahrscheinlich verweilen die Weibchen nur eine Nacht am Laichgewässer. Das Männchen

signalisiert einem eintreffenden Weibchen seine Paarungsbereitschaft durch kräftiges kurzes Strampeln mit den Hinterbeinen. Das Schaumnest wird möglichst an Ufervegetation befestigt und ist häufig von oben nicht sichtbar. Beim Nestbau hält sich das Weibchen meist an Pflanzenstengeln fest, während das Männchen seine Hinterbeine wie Rührbesen benutzt, um den Schaum zu schlagen. Jede Schlagphase dauert 3-8 sec. Es wurden Gelegegrößen von 397 - 621 Eiern (Mittelwert = 503, n = 16) ermittelt. Nach der Eiablage hat ein Weibchen etwa ein um 1/4 geringeres Körpergewicht (17,43 - 33,10%, Mittelwert = 25,92%, n = 7). Die Kaulquappen schlüpfen nach 4 Tagen. Sie sind anfangs weiß, färben sich aber binnen kurzer Zeit dunkelbraun. Unter Freilandbedingungen wurden die ersten Metamorphosen nach 8 Wochen beobachtet. Die jungen Frösche wogen bei einer Länge von 0,92-1,01 cm 0,08-0,09 g (n = 7). In Aufzuchtversuchen wurde geprüft, ob die Entwicklung bei Zufütterung von proteinreicher Nahrung wie Fischstücken und Regenwürmern schneller erfolgt. Die natürliche Nahrung der Kaulquappen besteht vor allem aus Nymphen von Zygopteren und Anisopteren, sowie Belostomatiden.

Frösche der Art *Leptodactylus plaumanni* sind größer als die von *Physalaemus lisei*. Da sie versteckt leben, ist ihre Beobachtung schwieriger. Der Lebensraum sind lichte Hanglaubwälder neben den Campos. Männchen und Weibchen lassen sich äußerlich nicht unterscheiden. Erwachsene Tiere wiegen 3,87 - 7,55 g (Mittelwert = 5,27 g, n = 14) bei einer Kopf-Rumpflänge von 3,30 - 3,79 cm (Mittelwert = 3,58 cm, n = 14). Die Männchen bauen an Tümpeln, aber auch an Pfützen und anderen sumpfigen Stellen kleine unterirdische Kammern, aus denen sie tagsüber, in warmen Nächten aber auch nachts, rufen. Ihr Ruf ähnelt dem Zirpen einer Grille. Die Kammern besitzen einen Durchmesser von ca. 5 cm und befinden sich ca. 5-15 cm über dem Wasserspiegel. Sie besitzen einen ca. 4 cm langen Abflußkanal. Ein Gelege besteht aus 110-209 (Mittelwert = 154, n = 5) großen, weißen Eiern. Die Larven verbleiben mehrere Tage im Schaumnest und tropfen dann langsam durch den Abflußkanal ins Wasser. Sie besitzen einen großen Dottervorrat. Die Larvenentwicklung ist kurz, im Freiland dauert sie höchstens 1,5 Monate. - Damit liegen erstmals reproduktionsbiologische Daten über diese zwei häufigen Pfeiffrösche vor.

Braun, P.C., Braun, C.A.S. (1980): Lista prévia dos anfíbios do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre **56**: 121-146.

Cei, J.M. (1980): Amphibians of Argentina. Monitore zool. ital. (N.S.), **2**: 1-609.

Heyer, W.R., Rand, A.S., Cruz, C.A.G., Peixoto, O.L., Nelson C.E. (1990): Frogs of Boracéia. Arquivos de Zoologia, São Paulo, **31**(4), 230-410.

Kwet, A., Di-Bernardo, M. (1999). Amphibien (Naturführer Araukarienwald). EDIPUCRS, Porto Alegre, 104 pp.

Langone, J.A. (1994): Ranas y sapos del Uruguay (reconocimiento y aspectos biológicos). Montevideo, 123 pp.

c. Vegetationsaufnahmen

Im Untersuchungszeitraum wurden diese Erhebungen auf 2 repräsentativen Probeflächen in Form von Diplomarbeiten der FH Rottenburg weitergeführt. Hierüber wird im Teilprojekt 3 berichtet. Umfangreiche Daten über Baum- und Buschflora sowie deren Blüten-Phänologie wurden auch in den Untersuchungen zur Bestäubungs-Biologie erhoben. Das erstellte Herbarmaterial sowie die Pollenpräparate sind in den PUCRS-Sammlungen deponiert.

B. Erfassung klimatologischer und hydrogeologischer Faktoren: Meteorologische Daten

Andreas Köhler

Im Bereich des Araukarienwaldes auf der Serra Gaúcha existiert seit einigen Jahrzehnten keine Wetterstation mehr. Im Projekt wurde daher im Rahmen der Erfassung von hydrogeologischen Bedingungen auch eine moderne Registrierung meteorologischer Daten vorgesehen. Eine kleine Wetterstation mit automatischer Registrierung wurde im Versuchsgebiet installiert und arbeitet seit September. Zusätzlich werden die Niederschläge noch an anderer Stelle gemessen. Insgesamt können an der Station folgende Wetterdaten laufend registriert werden:

- Lufttemperatur
 - Luftfeuchte
 - Evaporation
 - Luftdruck
 - Windgeschwindigkeit
 - Windrichtung
 - Sonneneinstrahlung
 - Bodentemperatur auf unbeschatteter Freifläche
 - Bodentemperatur im Wald
 - Niederschlag
- Zusätzlich Niederschlag an externer Meßeinheit, die im Bereich der Hangkante in ca. 5 km Entfernung installiert ist, um die dort besonders hohen Mengen an Steigungsregen zu erfassen.

Alle Daten werden monatlich auf Diskette kopiert und in die Datenbank der PUCRS eingespeist. Damit sind sie in Brasilien, aber auch in Deutschland jederzeit abrufbar. In der untenstehenden Tabelle wird ein Meßprotokoll (01.11.1998) exemplarisch wiedergegeben. Die Frequenz der Datenerhebung ist programmierbar, sie ist derzeit auf 48 Registrierungen pro Tag (alle 30 min) eingestellt.

Datum	Meßkanal : 1	Meßkanal : 2	Meßkanal: 4	Meßkanal: 5	Meßkanal: 6	Meßkanal: 7	Meßkanal: 9
Beginn 02.09.98	Lufttemperatur	Luftfeuchte	Luftdruck	Strahlung	T. Boden Wald	T. Boden Campo	Windrichtung
	in °C	in %	in mbar	in W/m2	In °C	in °C	in Grad
	Temp. do ar	umidade do ar	pressão do ar	radiação solar	t. da terra na mata	t. da terra no campo	direção do vento
	File : 119801	File: 119802	File: 119804	File: 119805	File: 119806	File: 119807	File: 119809
01.11.1998 00:00	8,53	107,28	914,79	0,00	8,08	14,33	346,9
01.11.1998 00:30	8,11	107,28	914,45	0,00	7,66	14,21	16,4
01.11.1998 01:00	7,72	107,28	914,12	0,00	7,58	14,06	323,4
01.11.1998 01:30	7,59	107,28	913,78	0,00	7,33	13,90	342,5
01.11.1998	7,95	107,28	913,45	0,00	7,87	13,78	312,0

02:00							
01.11.1998 8,19 02:30	107,28	913,11	0,00	7,99	13,62	353,6	
01.11.1998 7,38 03:00	107,28	913,11	0,37	7,33	13,54	339,0	
01.11.1998 7,01 03:30	107,28	912,78	0,00	6,67	13,46	336,8	
01.11.1998 6,59 04:00	107,28	913,11	0,00	5,96	13,34	43,0	
01.11.1998 5,52 04:30	107,28	912,78	0,00	5,55	13,23	191,3	
01.11.1998 4,86 05:00	107,28	913,11	0,00	5,34	13,07	277,8	
01.11.1998 4,57 05:30	107,28	913,45	3,35	5,10	12,87	105,1	
01.11.1998 4,91 06:00	107,28	913,78	18,22	5,43	12,71	256,6	
01.11.1998 6,49 06:30	107,28	914,12	70,63	6,25	12,51	72,1	
01.11.1998 8,11 07:00	107,28	914,12	62,08	7,50	12,40	313,9	
01.11.1998 8,63 07:30	107,28	914,45	155,76	8,45	12,36	351,9	
01.11.1998 9,24 08:00	107,28	914,45	98,14	8,94	12,36	325,8	
01.11.1998 9,24 08:30	107,28	914,79	117,84	8,41	12,44	1,1	
01.11.1998 9,71 09:00	102,52	914,79	68,77	8,66	12,51	302,7	
01.11.1998 9,79 09:30	99,82	914,79	104,83	8,74	12,63	2,8	
01.11.1998 11,23 10:00	91,04	914,45	173,61	10,35	12,75	294,1	
01.11.1998 12,22 10:30	87,84	914,45	694,42	11,26	12,91	245,0	
01.11.1998 13,71 11:00	81,95	915,12	727,14	12,34	13,15	260,6	
01.11.1998 13,50 11:30	81,64	914,45	832,34	11,97	13,42	302,6	
01.11.1998 12,14 12:00	87,37	914,45	254,28	11,51	13,70	268,4	
01.11.1998 13,95 12:30	79,33	914,12	424,16	13,04	13,98	315,8	
01.11.1998 13,19 13:00	83,91	913,45	362,83	13,54	14,21	313,0	
01.11.1998 12,85 13:30	84,70	913,78	263,20	12,88	14,49	300,7	
01.11.1998 13,37 14:00	82,89	913,45	775,84	12,84	14,77	316,0	
01.11.1998 11,93 14:30	88,79	913,45	364,31	11,97	15,04	345,3	
01.11.1998 13,30 15:00	84,39	913,45	684,02	12,92	15,24	286,8	
01.11.1998 11,44	90,28	912,78	177,32	11,51	15,40	273,9	

15:30							
01.11.1998 11,15 16:00	93,37	913,11	378,07	10,68	15,48	323,7	
01.11.1998 10,60 16:30	91,49	912,78	136,06	10,06	15,52	274,4	
01.11.1998 9,73 17:00	95,89	913,11	117,84	9,52	15,48	302,0	
01.11.1998 9,31 17:30	96,52	913,45	68,03	8,94	15,40	339,2	
01.11.1998 9,00 18:00	95,52	913,45	23,42	8,49	15,28	286,3	
01.11.1998 8,79 18:30	96,67	913,78	6,69	8,24	15,12	276,9	
01.11.1998 8,55 19:00	97,98	914,12	0,00	8,08	14,96	317,8	
01.11.1998 8,53 19:30	96,20	914,45	0,00	7,87	14,77	301,1	
01.11.1998 8,50 20:00	95,42	914,79	0,00	7,70	14,61	306,8	
01.11.1998 8,19 20:30	97,96	914,79	0,00	7,54	14,41	284,1	
01.11.1998 8,40 21:00	98,17	915,12	0,00	7,70	14,25	265,8	
01.11.1998 8,48 21:30	99,56	915,12	0,00	7,83	14,09	243,5	
01.11.1998 8,37 22:00	99,29	915,12	0,00	7,58	13,94	246,3	
01.11.1998 8,35 22:30	99,29	915,46	0,00	7,50	13,82	189,5	
01.11.1998 8,16 23:00	97,38	915,12	0,00	7,21	13,74	253,5	
01.11.1998 7,77 23:30	96,75	914,79	0,00	6,71	13,62	225,3	

Künftig können diese nunmehr fortlaufend registrierten Wetterdaten vor allem in Beziehung zum jährlichen Zuwachs der angepflanzten Jung-Araukarien gesetzt werden, denn über die Abhängigkeit der Entwicklung der Araukarien-Sämlinge von einzelnen Witterungsfaktoren ist noch nichts bekannt.

C. Erfassung von Insekten-Pflanzen-Beziehungen im Araukarienwald und seinen Regenerations-Stadien

a. Insekten als Bestäuber

Birgit Harter, Andreas Köhler, Christof Pietsch

Im südbrasilianischen Araukarien-Wald kommt neben der vorherrschenden *Araucaria angustifolia* eine weitere Koniferen-Spezies sowie mindestens 50 Laubbaumarten vor (Rambo 1960; Klein 1961; Lindmann & Ferri 1974; Golte 1993). Deren Bestäuber-Spektren waren ebensowenig bekannt wie diejenigen der Pioniervegetation, die sich vom Wald ausgehend langsam auf die Rodungsflächen ausbreitet. Speziell über die Apifauna dieser Ökosysteme lagen noch keinerlei Daten vor. Unter Aspekten der Reproduktionsbiologie sind diese Kennt-

nisse von zentraler Bedeutung, stellt die Blütenbestäubung doch den ersten und damit entscheidenden Schritt der Samen- bzw. Frucht-Entwicklung dar.

Massenblütige Bäume im Araukarienwald

In früher bereits weitgehend Araukarien-exploitierten Waldflächen wurden die Besucher-spektren blühender Bäume analysiert. Bis jetzt umfassen diese Untersuchungen 82 Gehölzarten, und zwar neben Bäumen auch Sträucher und Lianen. Zusätzlich konnten Bäume von weiteren 15 Arten als blühend registriert werden, eingehende Untersuchungen stehen hierfür jedoch noch aus.

Die Blütenbesucher wurden nach individueller Beobachtung von Hand abgefangen. Pollen tragende Insekten wurden separiert, um später eine Pollenanalyse durchzuführen. Reiche Pollenladungen trugen vor allem Bienen der Gattungen *Bombus* und *Melipona* sowie Vertreter der Halictidae und Anthophoridae.

Die bisherigen Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden: An den meisten Gehölzarten wurden Blütenbesucher mehrerer Taxa registriert. Dabei wurden erhebliche Unterschiede in Abhängigkeit von der aktuellen Witterung festgestellt. Auch bei Regen und an kühlen Tagen wurden Sammlerinnen von *Apis mellifera* an den Blüten fast aller Gehölze beobachtet. Wie schon in früheren Erhebungen festgestellt (Wilms et al. 1997) ist die Honigbiene als neuer Bewohner neotropischer Habitats heute auch in Regenwäldern vielerorts ein Blütenbesucher hoher Abundanz, der damit auch sicher zu einem wichtigem Bestäuber vieler Baumarten geworden ist. Insgesamt stellten die Apoidea mit 68% die Hauptgruppe der Blütenbesucher, gefolgt von den Diptera mit 22%. Vertreter der Vespoidea, Coleoptera, Heteroptera, Lepidoptera und Blattoidea spielten dagegen nur eine untergeordnete Rolle (Tab 5).

Ordnung	Individuenzahl		davon:	Individuenzahl	
	Anzahl	Prozent		Anzahl	Prozent
Hymenoptera	3162	68	Apoidea	2925	93
			Vespoidea	216	6,4
			andere	21	0,6
Diptera	1010	22	Syrphidae	669	66
			andere	401	34
Coleoptera	429	9			
Auchenorrhyncha	12	0,5			
Heteroptera	11	0,5			
Blattoidea	10				

Tab. 5: Verteilung der Blütenbesucher auf die systematischen Großgruppen.

Für die Beurteilung, ob ein Blütenbesucher auch als Bestäuber eine wichtige Funktion ausübt, kann neben der mitgeführten Pollenfracht insbesondere eine beobachtete ausgeprägte Blütenpräferenz herangezogen werden. Dies muß allerdings in Beziehung zu den Anthese-Phasen des Pollen-Angebotes und der Narben-Rezeptivität gesetzt werden. Daher wurden für eine Reihe von Baumblüten Eigenschaften wie Anordnung der Antheren, Zeitpunkt der

Blütenöffnung im Tagesgang und Zeitmuster des Dargebots von Nektar und Pollen registriert. Hierfür wurden markierte Blütenstände während der Blühphase untersucht.

Die Attraktivität einer Blüte wird im Regenwald nach Vorversuchen wesentlich durch ihren Duft bestimmt. Nur im Nahbereich wurde beobachtet, daß Bienen auch wesentlich auf Form und besonders Farbe von Blüten reagieren (Chittka & Menzel 1992, Frankie et al. 1983). Tatsächlich blühen im Untersuchungsgebiet die Bäume von ca. 70% der Arten weiß. Da es sich teilweise um häufige Baumspezies handelt, entspricht dies sogar etwa 95% der insgesamt blühenden Bäume (Tab.6). Eine Untersuchung von ggf. vorhandenen Blütenmalen steht noch aus und könnte weitere Hinweise auf die Findungsmerkmale geben.

Die früheren Probennahmen von Blütendüften mittels Aerat-Technik wurde daher intensiv fortgesetzt.

	Bäume	Lianen	Sträucher	Gesamt
Artenzahl:	27 (33)	13 (16)	42 (51)	82
Blütenfarbe:				
Weiß	24 (88)	10 (76)	25 (59)	56 (70)
Gelb	1 (4)		4 (9,5)	5 (6)
Rosa	1 (4)	1 (8)	4 (9,5)	6 (8)
Blau		1 (8)	3 (7,5)	4 (5)
Rot			4 (9,5)	4 (5)
Grau	1 (4)	1 (8)		2 (3)
Grün			2 (5)	2 (3)

Tab. 6: Verteilung der Gehölzarten in Bezug auf die Blütenfarbe. (Farbtypen-Häufigkeit in %).

Die im Gelände gesammelten Duftproben wurden an Aktivkohlefiltern adsorbiert und im Labor mit Pentan extrahiert. Eine gaschromatografische Analyse, mit dem Ziel, eventuelle gemeinsame Hauptkomponenten in den verschiedenen Blütendüften zu ermitteln, soll nach Ende der Freilandsaison in Angriff genommen werden.

Außerdem wurden im Versuchsareal einige Völker Stachelloser Bienen aufgestellt, mit denen in Biotests mit Kunstblumen die Attraktivität einzelner Duftstoffe geprüft werden soll. Hierzu sind die im Gebiet häufigen Spezies der Gattung *Plebeia*, speziell *Plebeia saiqui*, vorgesehen.

Die Dokumentation der Freilanduntersuchungen schließt von allen untersuchten Gehölzen eine Herbarisierung von blühenden Ästen und die Erstellung einer Pollenprobe für die Referenzsammlung ein.

Für die blühphänologischen Erhebungen wurden Bäume verschiedener Arten der Familie der Myrtaceae und Melastomataceae herangezogen. Bei einer Art der Gattung *Myrcaurea* (Myrtaceae) konnte festgestellt werden, daß das Blütenangebot über längere Blühphasen relativ konstant bleibt (Abb.4). Damit dürfte ein Baum wahrscheinlich ein gleichbleibendes Attraktivitätspotential für Blütenbesucher aufweisen. Auch die für anfliegende Insekten wichtige Blütenschaufäche erwies sich ebenfalls als relativ konstant.

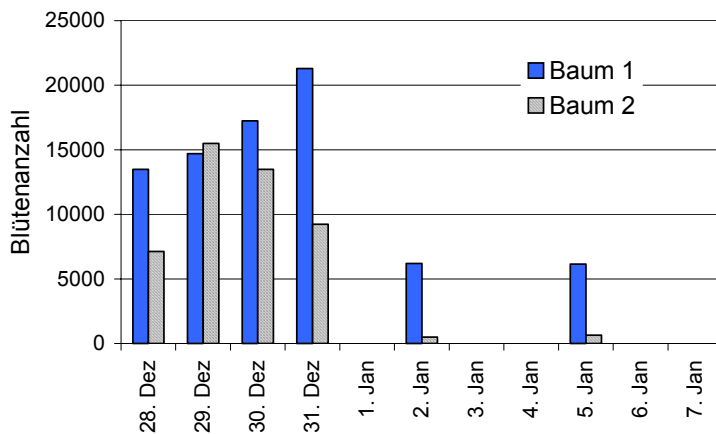


Abb. 3 Phänologische Entwicklung des Blütenangebots bei 2 Bäumen von *Miconia cenescens*, Familie Melastomataceae.

Für einige Bäume der Spezies *Miconia cenescens* (Melastomataceae) wurde über eine Blühperiode von ca. 2 Wochen die jeweils pro Tag exponierte Blütenmenge zahlenmäßig abgeschätzt. In der ersten Phase stieg auf hohem Niveau die Zahl der offenen Blüten einige Tage lang leicht an. In der zweiten Phase konnte ein relativ abrupter Rückgang in der Blütenzahl festgestellt werden (Abb. 3).

Der Verlauf der Blühphase wurde zusätzlich an Ästen unter Konstant-Bedingungen im Labor dokumentiert. Zur detaillierteren Erfassung der phänologischen Stufen des Blühablaufs wurde eine neunstufige Skala entwickelt (Tab. 7).

Phänostufe	Zustand der Knospe bzw. der Blüte
0	Knospe klein
1	Knospe geschwollen
2	Knospe gering aufgesprungen
3	Knospe deutlich aufgesprungen
4	Knospe stark geschwollen, die Petalen sind bereits einzeln erkennbar
5	Blüte halb geöffnet
6	Blüte voll geöffnet
7	Antheren braun
8	Antheren abfallend
9	Fruchtbildung

Tab. 7: Phänostufen der Blütenentwicklung

Die Rezeptivität der Narbe wurde mit Wasserstoffperoxid nach Zeissler getestet und das Pollendargebot im Gelände mittels einer Handlupe abgeschätzt. Für beide Parameter konnte für einzelne Baumarten ein spezifischer Tagesgang ermittelt werden. Dabei kann an Tagen mit gutem Flugwetter ein Großteil des Pollens bereits bis 9 h abgesammelt sein. In der Zeit des frühen Morgens mit relativ kühlen Temperaturen flogen insbesondere Hummeln und Honigbienen. Sie kommen damit in erster Linie als effektive Bestäuber in Betracht. Die Größe und Struktur einzelner Blüten wurde dokumentiert, um diese Daten zur Blütenmorphologie auch in Beziehung zur Größe von Blütenbesuchern setzen zu können. Beispielsweise variierte allein innerhalb der Sozialen Bienen das Größenspektrum von winzigen *Plebeia*-Arbeiterinnen bis hin zu großen Hummeln, die beim Blütenbesuch z.B. die Antheren stark

verbiegen können. Auch die Anordnung von Einzelblüten in Rispen oder Wirteln sowie als Besonderheit das Vorkommen porizider Antheren wurde zusammen mit den jeweiligen Blütenbesuchern registriert. Eingehende Untersuchungen wurden vor allem bei verschiedenen Arten der Gattung *Tibouchina* durchgeführt. Beachtet wird auch das Vorkommen von Selbst- bzw. Nachbarbestäubung (Auto-/Geitonogamie). Die Wirksamkeit einzelner Blütenbesucher als Bestäuber wird ebenso wie eine Prüfung auf Selbstinkompatibilität und Selbststerilität durch einschließen von Blütenständen in Gazebeuteln unterschiedlicher Maschenweite untersucht. Diese Freilandstudien sollen durch histologische Untersuchungen ergänzt werden.

Die Nutzung des Angebots bestimmter Pollenpflanzen wird an Versuchsvölkern von *Plebeia saiqui* ermittelt, die in etwa 20 m Entfernung aufgestellt werden. Im Tagesgang wird dann die Pollenladung heimkehrender Sammlerinnen geprüft, was zugleich Aussagen über die Blütenstetigkeit erlaubt.

Tatsächlich konnte für Bäume verschiedener Arten ein klarer Tagesgang im Pollendargebot registriert werden. Dies soll noch hinsichtlich der aktuellen Witterungsbedingungen überprüft werden. Zur Erfassung der lokalen Wetterdaten wurde im Untersuchungsgebiet eine Registrierung mit einem Thermo-Hygro-Baro-Graphen durchgeführt. Diese Daten können mit der allgemeinen Witterung im Versuchsareal, die ständig von der Wetterstation auf gezeichnet werden, verglichen werden.

Baccharis-Büsche und Mimosa-Bäume als Pioniervegetation

Die Flora der Sukzessionsstadien wurde erstmals von Baches & Nilson (1983) untersucht. Im Versuchsgelände hat sie inzwischen Buschwerk-Charakter und besteht weitgehend aus etwa 15 *Baccharis*-Arten, außerdem Pionierbäumen wie *Mimosa scabrella* (Mimosaceae), vielen Asteraceen und Myrtaceen. Die Blütenbesucher dieser spontan angesiedelten Vorwald-Flora wurden im Berichtszeitraum weiter analysiert, wobei der Schwerpunkt auf der Ermittlung der effektiven Bestäuber lag. In ausgewählten Probeflächen durchgeführte Erhebungen sollten grundlegende Informationen über die Voraussetzungen für eine Regeneration des Araukarienmischwaldes und somit zentrale Entscheidungskriterien für die laufenden Maßnahmen einer naturnahen Wiederaufforstung liefern.

In den verschiedenen Jahreszeiten wurden in einer Bestandsaufnahme sowohl die Blütenpflanzen als auch ihre Blütenbesucher aufgenommen. Von den Rodungsflächen (Campos) wurden über die Buschzone und den Sekundärwald mehrere Transekte bis in den Araukarienwald gelegt. Zweimal pro Monat wurden auf diesen Strecken jeweils mindestens eine Woche lang Pflanzen- und Bienenproben gesammelt.

Melittophile Blütenpflanzen

Im Berichtszeitraum konnte die Anzahl nachgewiesener melittophiler Blütenpflanzen auf 197 erhöht werden. Sie gehören 51 Familien an. Die größte Diversität entfällt dabei auf die Asteraceen mit 86 Spezies. Das Spektrum ihrer Wuchsformtypen reicht bemerkenswerterweise von Kräutern bis zu Bäumen (Abb. 5). Weiterhin sind Arten der Familien der Solanaceae, Verbenaceae, Melastomataceae und Myrtaceae vertreten (Abb. 6).

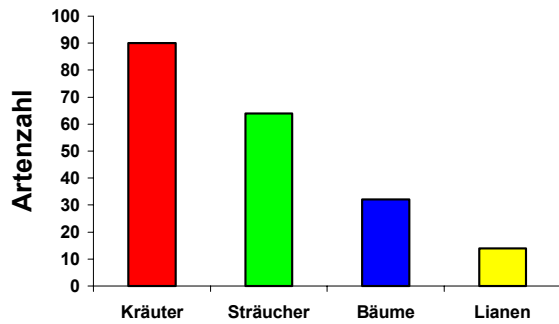


Abb. 5: Aufteilung der melittophilen Blütenpflanzen nach Wuchsformen.

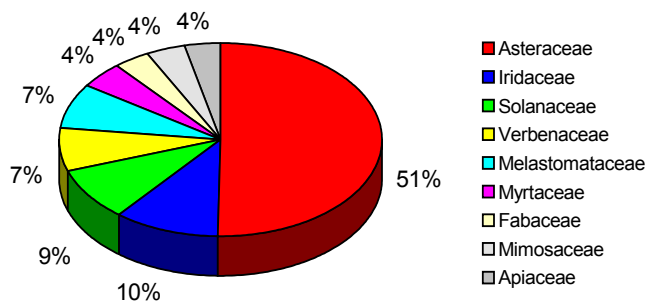


Abb. 6: Die 9 artenreichsten Familien melittophiler Blütenpflanzen stellen etwa 70% der insgesamt im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Angiospermen-Spezies.

Blütenbesuchende Bienen

Die Anzahl der an Blüten gesammelten Bienen konnte im Untersuchungszeitraum auf 4.441 Individuen erhöht werden. Es dominieren Stachellose Bienen, Unterfamilie Meliponinae; auf die Familie Apidae entfällt etwa die Hälfte aller gesammelten Bienen. Sehr häufig wurde außerdem Halictiden gefangen, während die übrigen 4 Familien nur in geringen Prozentsätzen vertreten sind (Abb. 7). Bei dem Umfang der Stichprobe kann davon ausgegangen werden, daß diese Werte die tatsächlichen Abundanzen der Blütenbesucher gut widerspiegeln.

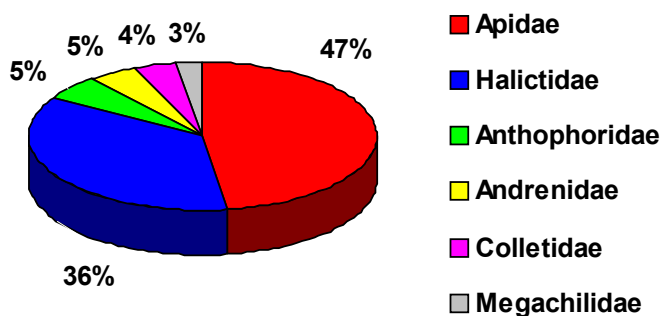


Abb. 7: Häufigkeiten der einzelnen Bienen-Familien im Spektrum der insgesamt gefangenen Blütenbesucher.

Da die Determination der Spezies wegen des Fehlens von umfassender Bestimmungsliteratur schwierig und langwierig ist, kann über die Artenzahl noch keine endgültige Aussage getroffen werden. Schätzungsweise handelt es sich um eine α -Biodiversität von 150-160 Spezies aus wohl 56 Gattungen.

Das Material enthält nach Konsultation des führenden brasilianischen Bientaxonom Prof. Dr. J. Moure, Federale Universität Curitiba, und aufgrund von Vergleichen mit einer

Reihe von Referenz-Sammlungen wahrscheinlich an bisher unbeschriebenen Taxa eine Gattung und 13 Spezies, deren Neuschreibung für 1999 geplant ist. Im Einzelnen handelt sich um 1 Genus und 2 Arten der Familie Andrenidae, 3 Arten der Familie Colletidae, 3 Arten der Familie Anthophoridae und 5 Arten der Familie Halictidae.

Im Berichtszeitraum wurde außerdem damit begonnen, eine Sammlung von Blütenknospen anzulegen. Die Pollen-Referenzsammlung wurde planmäßig ausgebaut. Alle Kollektionen befinden im LPB an der PUCRS in Porto Alegre. Damit ist die Datenbasis für die reproduktionsbiologischen Studien zur Regeneration der Angiospermen-Flora des Araukarienwaldes um wesentliche Elemente erweitert worden.

Reproduktionsbiologische Erhebungen an *Mimosa scabrella*

Die Bäume blühen von Ende September bis Ende Oktober. In dieser Zeit produziert ein Baum schätzungsweise 40.000 Blütenstände. Ein Blütenstand besitzt im Mittel 55 protandrische Einzelblüten ($n=20$, $\delta = 7,2$), somit trägt ein Baum etwa 2 Millionen Blüten. Sie sind heterogam und werden von Fliegen, Käfern und Wespen, jedoch hauptsächlich von Bienen besucht. Unter 799 Blütenbesuchern waren Bienen mit 71,5% vertreten, aus den Familien Apidae, Colletidae und Halictidae. Den Rest stellten Fliegen (20%), Käfer (4,25%) und Wespen (4,25%). Aufgrund von Besucherfrequenzen, Pollenanalysen und Verhaltensbeobachtungen sind letztere keine wesentlichen Bestäuber, sie fressen lediglich den Pollen der besuchten Blüten.

Werden die blütenbesuchenden Bienen nach Häufigkeiten geordnet, so ergeben sich für die Apidae 53%. Unter ihnen dominieren Stachellose Bienen, vor allem der Gattung *Plebeia*. Seltener wurden Bienen der Familien Halictidae sowie Colletidae gefangen (Abb. 8).

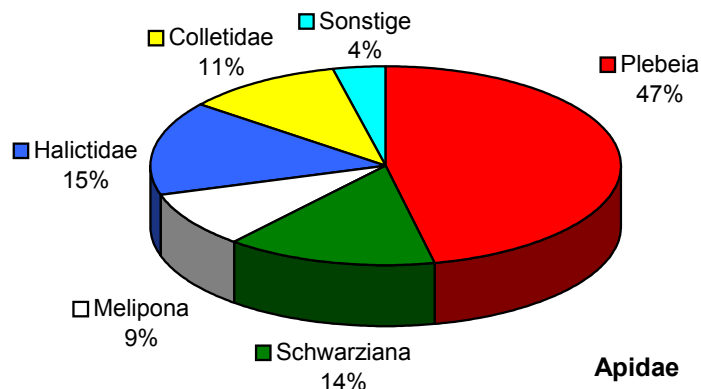


Abb. 8: Abundanz von Bientaxa an *Mimosa scabrella*-Blüten

Reproduktionsbiologische Erhebungen an *Baccharis*-Arten

Insgesamt konnten im Untersuchungsgebiet 21 *Baccharis*-Arten nachgewiesen werden, von denen 6 als Massenblüher in der Sukzessions-Vegetation häufig sind. Die restlichen 14 spielen als Pionierpflanzen eine eher untergeordnete Rolle. Die Analysen wurden nur an den häufigen Arten durchgeführt. Sämtliche *Baccharis*-Spezies sind zweihäusig. Eine effiziente Bestäubung kann nur erfolgen, wenn Blütenbesucher zuerst an Pflanzen mit männlichen Blüten Pollen sammeln und diesen anschließend auf weibliche Blüten übertragen. Bienen, Fliegen und Wespen wurden als Besucher sowohl der männlichen als auch der weiblichen Blüten ermittelt. Sporadisch wurden außerdem Käfer und Tagfalter beobachtet.

Dabei weisen die verschiedenen *Baccharis*-Arten recht unterschiedliche Bestäuberspektren auf. An *B. tridentata* var. *subopposita* waren Wespen mit 50,8% und Bienen mit 34,8% die wesentlichen Blütenbesucher. Dagegen wurden an *B. uncinella* Bienen aus der Familie Apidae sogar mit einer Frequenz von 72,7% festgestellt, vor allem waren dies Arbeiterinnen der Stachellosen Biene *Plebeia*. Ähnliches gilt für *B. trimera*. Dagegen wurden an *B. crispa* und *B. gaudichaudiana* hauptsächlich Wespen (46%) und Fliegen (38%) registriert. Wie Pollenanalysen und Ausschluß-Experimente ergaben, sind diese häufigsten Besucher auch die effektiven Bestäuber.

Diese Ergebnisse bestätigen, daß insbesondere die sozialen Bienen-Arten aufgrund ihrer Abundanz als Bestäuber von Blütenpflanzen im Araukarienwald die entscheidende Rolle spielen. Dies gilt gleichermaßen für die wichtigsten Pionierpflanzen in den Sukzessionsstadien der Waldregeneration. Hier wurden als Bestäuber vor allem solche Bienen nachgewiesen, die als Generalisten an vielen verschiedenen Pflanzen Pollen sammeln. Es handelt sich dabei insbesondere um die hochsozialen Stachellosen Bienen. Solitäre Bienen wurden ebenfalls als Blütenbesucher beobachtet, außerdem Fliegen und Wespen. Wie sich zeigte, spielen vor allem letztere bei einzelnen Spezies der Pionierpflanzen eine entscheidende Rolle als Bestäuber.

Literatur

- Baches, A., Nilson, A. D. (1983): *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. O pinheiro brasileiro. Iheringia. **30**: 85-96.
- Chittka, L. & Menzel, R. (1992): The evolutionary adaptation of flower colours and the insect pollinators' colour vision. J. Comp. Physiol. **A 171**: 171-181.
- Frankie, G.W. & Haber, W.A. (1983): Why do bees move along mass-flowering neotropical trees.- aus Jones, C.E. & Little, R.J. (1983): Handbook of the experimental pollination biology.- Van Nostrand Reinhold: 360-372.
- Golte, W. (1993): Araucaria. Franz Steiner Verlag, Stuttgart.
- Klein, R. M. (1961): Der Küstenwald in Rio Grande do Sul (Südbrasilien). Botânica, **14**.
- Lindmann, C. A. M. & Ferri, M. G. (1974): A vegetação no Rio Grande do Sul. Livraria Itatiaia Editora LTDA., São Paulo.
- Rambo, S. J. (1960): Die Südgrenze des Brasilianischen Regenwaldes. Pesquisas. **8**: 4-41.
- Wilms, W., Wendel, L., Zillikens, A., Blochtein, B., Engels, W. (1997): Bees and other insects recorded on flowering trees in a subtropical *Araucaria* forest in southern Brazil. Stud Neotrop Fauna & Environm **32**: 220-226.

b. Die Ameisen- und Termitenfauna und ihre Rolle im Ökosystem Araukarienwald

In den Tropen zählen Ameisen und Termiten auf Grund ihrer hohen Abundanzen zu den wichtigsten Insektengruppen (Hoelldobler & Wilson 1990). Dies gilt vor allem für das Ökosystem tropischer Regenwald. Für die subtropischen Wälder fehlen bislang entsprechende Untersuchungen in allen Regionen der Neotropis, insbesondere für den südbrasilianischen Araukarienwald.

Ameisen im Araukaurienwald

Jochen Ketterl, Martin Klopfer, Jochen Bihn, Manfred Verhaagh

Im vorigen Berichtszeitraum wurde schon über eine beachtlich hohe α -Diversität der Ameisenfauna im Araukarienwald mit 131 Morpho-Spezies referiert. Da die Daten erkennen ließen, daß mit weiteren Arten im Gebiet zu rechnen ist, wurden die Bestandsaufnahmen fortgesetzt, dabei jedoch außer den boden- und streulebenden Arten vor allem die Baumbewohner erstmals erfaßt. Hierfür wurden erneut die Winklermethode, Barberfallen, Koederfaenge, Totholzuntersuchungen und Handfaenge eingesetzt. Der Stamm- und Kronenbereich von Bäumen wurde mittels Klettertechnik (Steigklemmen) erschlossen, zusätzlich wurden Baumecklektoren angebracht. Ebenfalls weitergeführt wurden die Untersuchungen an Blattschneiderameisen der Gattung *Acromyrmex*, speziell deren Interaktion mit Araukarien einschließlich der gepflanzten Jungbäume.

Durch den Vergleich unserer Proben mit Sammlungsmaterial im Museu de Zoologia, USP, konnten inzwischen folgende Ameisen-Arten bestimmt werden:

- Unterfamilie Dolichoderinae: *Linepithema humile* und *Linepithema leucomelas*
- Unterfamilie Formicinae: *Camponotus diversipalpus*
- Unterfamilie Myrmicinae: *Megalomyrmex pusillus* und *Megalomyrmex drifti*
- Unterfamilie Ponerinae: *Discothyrea neotropica*

Der Status von folgenden Arten konnte bestätigt werden:

- Unterfamilie Myrmicinae: *Octostruma stenognatha*, *Octostruma rugifera*, *Oxyepoecus vezenyii*, *Solenopsis saevissima*
- Unterfamilie Ponerinae: *Amblyopone elongata*, *Gnamptogenys striatula*, *Gnamptogenys reichenspergeri*

Als unbeschriebene Arten können weiterhin *Megalomyrmex* sp.2, *Oxyepoecus* sp.1 und *Rogeria* sp.1 (alle Unterfamilie Myrmicinae) eingestuft werden. Das gleiche gilt für *Typhlomyrmex* sp.1, die bisher als neue Gattung im Tribus Typhlomyrmecini, Unterfamilie Ponerinae, betrachtet wurde. Der Satus des Gen. nov. im Tribus Amblyoponini, Unterfamilie Ponerinae, konnte bestätigt werden. Die Neubeschreibungen stehen noch aus.

Unterfamilie	Art	Bemerkungen
Dolichoderinae	<i>Dolichoderus</i> sp.	Barberfalle in der <i>Baccharis</i> -Heide
Ecitoninae	<i>Neivamyrmex legionis</i>	Beobachtung eines Raubzuges bzw. Umzuges. Nachweis von Myrmekophilen
Ecitoninae	<i>Eciton burchellii</i>	Beobachtung eines Raubzuges im Hangwald auf ca. 650m. Bisher nur durch den Fang eines Männchen nachgewiesen
Myrmicinae	<i>Apterostigma</i> sp.	eine Handaufsammlung im Hangwald
Myrmicinae	<i>Strumigenys</i> sp.	Winklerprobe
Myrmicinae	<i>Solenopsis</i> sp.	Handaufsammlung auf dem Campo
Ponerinae	<i>Ectatomma</i> sp.	zahlreiche Handaufsammlungen im Sekundärwald und auf dem Campo

Tab. 8: Neu-Nachweise von Ameisen im Untersuchungsgebiet

Damit erhöht sich die Anzahl der bislang im Untersuchungsareal nachgewiesenen Ameisenarten auf 138. Da das gesammelte Material zum überwiegenden Teil erst nach der Sommersaison ausgewertet werden kann, ist mit weiteren Neunachweisen zu rechnen.



Abb. 9: Soldat von *Eciton quadriglume*

Bei Umzügen von Treiberameisen der Art *Eciton quadriglume* konnten im übrigen zahlreiche Myrmekophile abgesammelt werden, deren Determination ebenfalls noch aussteht (Abb. 9). Von den übrigen Arten der Unterfamilie Ecitoninae konnten bisher nur wenige Exemplare gesammelt werden.

Bei den im Untersuchungszeitraum erstmals durchgeführten Erhebungen über arboricole Ameisen auf Laubbäumen konnten im Araukarien-Mischwald bislang folgende Spezies nachgewiesen werden (Tab.9).

Laubbaum	Habitat	Arten	Fundort
1	Primärwald	<i>Camponotus</i> sp. <i>Hypoponera</i> sp.	Nest in Bromelie in Moos
2	Primärwald	<i>Camponotus</i> sp.	auf Rinde
3	Sekundärwald	<i>Camponotus</i> sp. <i>Hypoponera</i> sp. <i>Solenopsis</i> sp.	in Moos " Nest in Moos
4	Sekundärwald	<i>Camponotus rufipes</i> <i>Camponotus</i> sp. <i>Pheidole</i> sp.19	auf Rinde Nest in Totholz auf Bromelie
5	Sekundärwald	<i>Camponotus rufipes</i> <i>Camponotus</i> sp.	auf Rinde "
6	Primärwald	<i>Hypoponera</i> p.1 <i>Paratrechina</i> sp.1 <i>Pheidole</i> sp.19	in Bromelie Nest in Bromelie auf Rinde
7	Sekundärwald	<i>Camponotus</i> sp. <i>Hypoponera</i> sp.1 <i>Pachycondyla crenata</i>	Nest in Moos in Moos in Totholz
8	Araukarienwald (sek.)	<i>Pheidole</i> sp.19 <i>Paratrechina</i> sp.1	Nest in Bromelie auf Rinde
9	Araukarienwald (sek.)	<i>Hypoponera</i> sp. <i>Pheidole</i> sp.19	in Moos auf Rinde
10	Sekundärwald	<i>Camponotus rufipes</i> <i>Camponotus</i> sp. <i>Heteroponera dentinodis</i>	Nest in Totholz Nest unter Rinde auf Bromelie
11	Sekundärwald	<i>Camponotus rufipes</i> <i>Crematogaster</i> sp. <i>Oxyepoecus</i> sp. <i>Pheidole</i> sp. <i>Solenopsis</i> sp.	auf Rinde " in Streu " "

Tab. 9: Liste der bereits erfaßten Ameisen-Spezies auf Laubbäumen

Am häufigsten wurden bisher Ameisen der Gattung *Camponotus* auf den Bäumen beobachtet. Im Sekundärwald scheint *Camponotus rufipes* zu dominieren, diese Art konnte dagegen

im Primärwald nicht gefunden werden. In den Moos- und Streuproben wurden bisher Individuen von mindestens 2 *Hypoponera*-Arten nachgewiesen, außerdem *Heteroponera dentinodis*, *Paratrechina* sp.1 und *Pachycondyla crenata*. Als ausgesprochene baumlebende Art kann bisher nur *Pheidole* sp.19 bezeichnet werden. Die Untersuchungen wurden vorwiegend im Stammbereich durchgeführt, da die ausladenden Äste schwer erreichbar sind. In welchem Ausmaß extraflorale Nektarien die Ameisen veranlassen, Bäume zu belaufen, muß ebenfalls noch geklärt werden. Die Aufsammlungen an Bäumen umfassen noch folgende nicht determinierte Arten:

- *Myrmelachista* sp.5
- *Camponotus* sp. (mindestens 3 neue Arten für Pro-Mata)
- *Pseudomyrmex* sp.5
- *Pheidole* sp.19
- *Solenopsis* sp.7
- *Zacryptocerus pinelii*
- *Zacryptocerus* sp.2

Außerdem wurde damit begonnen, Ameisen zu registrieren, die Araukarien-Bäume (*Araucaria angustifolia*) belaufen oder auch ständig auf diesen leben. Dabei sollte die Myrmecofauna auf Araukarien aller Altersklassen und in verschiedenen Habitaten analysiert werden. Zusätzlich zum Artenspektrum sollten Untersuchungen über Lebensweise und besondere Aktivitäten durchgeführt werden, z. B. Sammeln von Honigtau von Homopteren und Membraciden, sowie Prädation von Insekten, speziell Herbivoren.

Bisher liegen Daten von 34 Araukarienbäumen vor. Ab 6 m Höhe wurden sie mit Seilhilfe beklettert, vor allem, um auch Ameisen im Kronenbereich erfassen zu können. Kleinere Bäume wurden vom Boden aus bearbeitet. Die Ameisen wurden vor allem durch Handfänge gesammelt, daneben wurden Köder, Klopfschirm und Stammekklektoren eingesetzt. Mit diesen Methoden wurden bereits 20 Arten aus 5 Unterfamilien nachgewiesen (Tab 10).

Unterfamilie	Art	Nester auf Araukarien
Dolichoderinae	<i>Linepithema leucomelas</i>	X
	<i>Linepithema</i> sp.	X
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp.	X
	<i>Camponotus rufipes</i>	
	<i>Camponotus</i> sp. 1	X
	<i>Camponotus</i> sp. 2	X
	<i>Myrmelachista</i> sp.	X
	<i>Paratrechina</i> sp.	X
Myrmicinae	<i>Crematogaster</i> sp.	X
	<i>Leptothorax</i> sp.	
	<i>Oxyopoeus</i> sp.	X
	<i>Pheidole</i> sp.	X
	<i>Solenopsis saevissima</i>	
	<i>Solenopsis</i> sp.	X
	<i>Zacryptocerus</i> sp.	X

Ponerinae	<i>Anochetus altisquamis</i>	
	<i>Ectatomma</i> sp.	
	<i>Hypoponera</i> sp.	
	<i>Procryptocerus</i> sp.	
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i> sp.	

Tab. 10: Liste der bereits erfaßten Ameisen-Spezies auf Araukarien

Diese vorläufige Determination bezieht sich auf unterscheidbare Morpho-Spezies, die eventuell mehrere Arten repräsentieren können. Damit wären bislang ca. 140 Spezies bzw. Morpho-Spezies nachgewiesen.

Interaktionen mit Homopteren wurden an Araukarien bei *Crematogaster* sp. und *Myrmelachista* sp. erfaßt. Ameisen beider Arten wurden beim Betrillern von Schildläusen, welche sich unter Borkeschuppen am Stamm und an den Aesten befanden, festgestellt. *Crematogaster*-Arbeiterinnen wurden auch beim Sammeln von Harz beobachtet, das später als Nestbaumaterial verwendet wurde.

In Fortführung der letztjährigen Untersuchungen wurden Interaktionen von Blattschneiderameisen mit Araukarien und speziell mit den Sämlingen auf den Wiederaufforstungsflächen untersucht. Neu aufgenommen wurden Dauerbeobachtungen über die Sammelaktivitäten von Nestern der *Acromyrmex*-Arten *A. crassispinus*, *A. hispidus* und *A. ambiguus* in unterschiedlichen Habitaten (Abb. 10). In Relation zur Nestgröße und Länge der hiervon ausgehenden Straßen wurden aus- und zurücklaufende Arbeiterinnen registriert, außerdem ob und welches Blattmaterial sie trugen. Die Daten wurden in Beziehung zu Temperatur und Luftfeuchte gesetzt. An 8 Nestern von *Acromyrmex* wurden 34 Registrierungen der Sammelaktivitäten vorgenommen. Einmal pro Stunde wurde für 3 min die Anzahl der Arbeiterinnen erfaßt, die einen bestimmten Kontrollpunkt der Straße passierten. Die Untersuchungen wurden an den Standorten Araukarienwald, Baccharis-Heide und bewirtschaftetenr Campo durchgeführt. Für die Erfassung von Nestdichten wurden Auszählungen auf je 1500m² pro Habitat durchgeführt.



Abb. 10: Arbeiterinnen vom *A. crassispinus*-Nest beim Schneiden eines Laubblattes.

Bei sämtlichen Ameisen-Nestern wurden Aktivitätsmaxima um die Tagesmitte registriert, in der Regel wurde zwischen 9 und 16 h gesammelt (siehe Abb.11). Im Araukarienwald kamen erheblich mehr Arbeiterinnen mit Blattstücken zu den Nestern zurück als auf der *Baccharis*-Heide. Die Anzahl an zurückkommenden Arbeiterinnen lag im Araukarienwald mehr als doppelt so hoch. Zwischen den untersuchten Ameisen-Arten sind Unterschiede in dem Anteil Material eintragender Arbeiterinnen zu erkennen (Abb.12). Dabei variierte der Anteil bei A.

crassispinus zwischen verschiedenen Kolonien zwischen 3,5 und 40,2%, bei *A. ambiguus* zwischen 27,0 und 48,0% und bei *A. hispidus* lag er bei 48,1%.

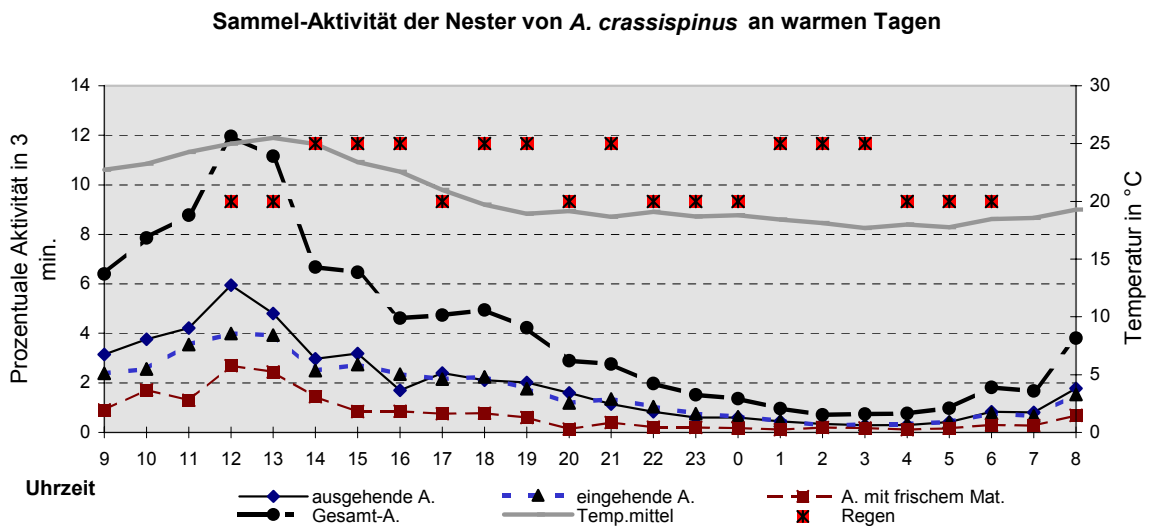


Abb.11 : Prozentuale Verteilung der Tagesaktivitäten bei den Kolonien von *A. crassispinus*.

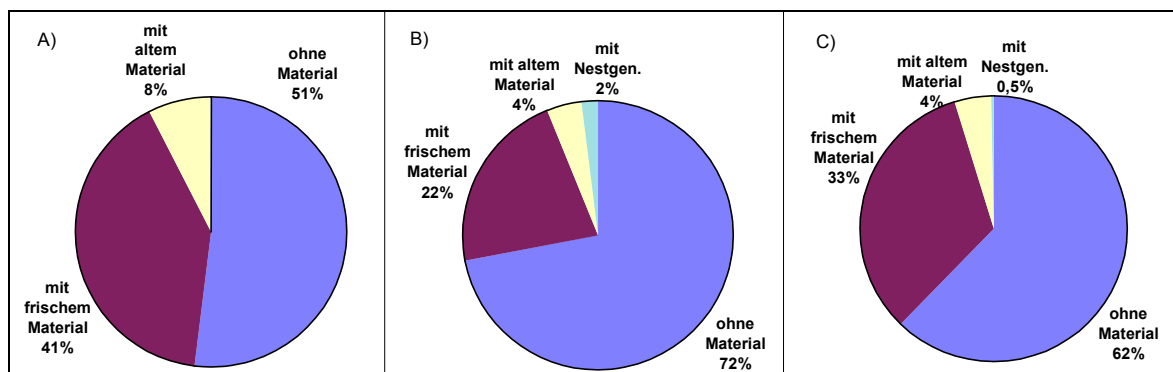


Abb. 12: Spezifische Funktion der zum Nest zurück laufenden Ameisen bei den 3 *Acromyrmex*-Arten. A) *A. hispidus*, B) *A. crassispinus*, C) *A. ambiguus*. (Angaben sind Mittelwerte)

Im Untersuchungszeitraum lagen die Lufttemperaturen zwischen 14 und 28°C und die relative Luftfeuchte zwischen 65 und 99%. Hohe Temperatur stimulierte die Sammelaktivität, hohe Luftfeuchte hemmte sie dagegen. Bei *A. ambiguus* waren im Temperaturbereich von 14-23°C und einer relativen Luftfeuchte von 67,6-99% die Beziehung zur Sammelaktivität signifikant korreliert. Bei *A. crassispinus* lag dieser Bereich bei 14-28°C und 65-99% r.LF bei *A. hispidus* zwischen 14 und 30°C sowie 70-99% r.LF. Die Sammelaktivitäten wurden bei mittelstarkem Regen innerhalb weniger Minuten abgebrochen, bei Nieselregen hingegen wurden sie fortgesetzt.

Nester der Art *A. crassispinus* kommen im Araukarienwald in Dichten von 7,1 Nestern/ha und in der *Baccharis*-Heide von 6,7 Nestern/ha vor. Nester von *A. hispidus* konnten nur im Araukarienwald mit 7,1 Nestern/ha angetroffen werden. Die Dichte der Nester von *A. ambiguus* betrug an Wegrändern und im Campo 21,4 Nestern/ha. Zur Quantifizierung von Schäden durch Blattschneiderameisen an Setzlingen bei naturnaher Wiederaufforstungen mit Araukarien wurden großflächige Bonitierungen durchgeführt. Dabei wurden Araukariensetzlinge in Flächen mit unterschiedlichen Pflanzabständen (Tab.11:) und in den Alters-

klassen 1-3 Jahre miteinander verglichen. Die Bonitierung erfolgte anhand von 5 Schadensklassen (Tab.12).

Fläche	
A	Reihenabstand 4m; Abstand innerhalb der Reihen 1,5 m
B	Reihenabstand 4 m; Abstand innerhalb der Reihen 2,5 m
C	Reihenabstand 4 m; Abstand innerhalb der Reihen 1,6 m

Tab.11: Pflanzabstände in verschiedenen Araukarien-Beständen

Schädigungsstufen	
0	Schädigung einzelner Blätter bis max. 10 % der gesamten Pflanze
1	10-50 % der Blätter geschädigt
2	Mehr als 50 % der Blätter geschädigt
3	Mehr als 70 % der Blätter geschädigt und geschädigte Sproßachse
4	Kahlfraß (†)

Tab. 12: Schädigungsstufen bei Araukarien-Setzlingen

Beim Vergleich der Altersklassen konnten deutliche Unterschiede ermittelt werden. In den ersten Monaten nach dem Setzen lag der Anteil ungeschädigter Setzlinge bei 15%. Innerhalb eines Jahres stieg dieser Wert auf 97,5% an. Die mittleren und hohen Schädigungsstufen wiesen Werte bis 40% auf, wobei geringe Schäden überwogen (Abb. 13).

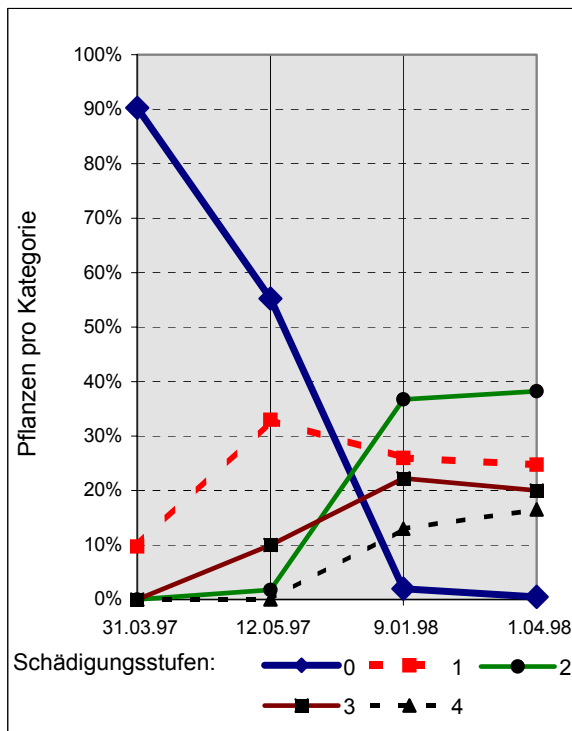


Abb 13: Entwicklung der Schädigungsstufen über den Zeitraum eines Jahres (Schädigungsstufen siehe Tab. 12)

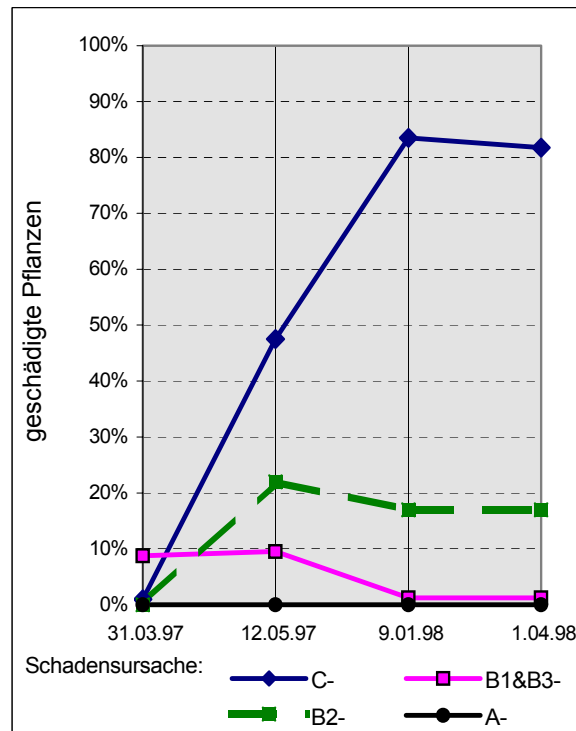


Abb 14: Entwicklung der Schadensursache innerhalb des ersten Jahres nach der Pflanzung
Legende: C= mechanische und sonstige Schäden, B2=wulstartiges Dickenwachstum, B1 u. B3= Hasen- und Raupenschäden, A= Ameisenschäden

Als Schadensursache traten vor allem mechanische Schädigungen auf, die bereits einen Monat nach Abschluß der Pflanzung die häufigste Schadensursache darstellten und nach einem Jahr auf 80% anstiegen (Abb. 14). Hasen- und Raupenschäden waren zu Beginn der Untersuchungen relativ häufig, während sie nach einem Jahr kaum noch eine Rolle spielten. Schäden durch wulstartiges Dickenwachstum traten vor allem auf einer Fläche auf. Dabei stieg der Anteil während des Jahres auf 22% an und sank im Folgejahr lediglich auf 17% ab.

Beeinträchtigungen durch Blattschneiderameisen traten nur geringfügig auf und betrug wenige Wochen nach dem Pflanzen ca. 2% und waren im weiteren Verlauf der Untersuchung unbedeutend. Obwohl zwei der untersuchten Kolonien in unmittelbarer Umgebung der Pflanzung lagen, wurden die Jungbäume von den Blattschneiderameisen nicht geschnitten. Ein Grund hierfür ist möglicherweise eine reichhaltige Begleitflora innerhalb der Pflanzung, die im Gegensatz zu klassischen Wiederaufforstungsprojekten nicht vernichtet wurde und damit den Arbeiterinnen für die Auswahl ihres Substrates zur Verfügung stand. Ein massenhaftes Auftreten von Blattschneiderameisen, wie von vielen forstwirtschaftlich genutzten Wäldern berichtet wird (Amante 1967, 1968; Borges 1990; Fowler 1986; Schönherr 1977; Vilela 1986) scheint somit weniger begünstigt zu sein.

Literatur

- Amante, E. (1967): Prejuízos pela formiga saúva em plantações de Eucalyptus e Pinus no estado de São Paulo. Rev. Técnica de Serviço Florestal do estado de São Paulo. Vol. **6**:355-363.
- Amante, E. (1968): Combate à formiga saúva *Atta capiguara* Gonçalves, 1944- praga das pastagens, com formicida: concentrado emulsionável, gases liquefeitos, pós secos e iscas granuladas. O Biológico **34**:149-158.
- Borges, J.D. (1990): Entomofauna do Pinheiro-do-Paraná. Pesquisa agropec. bras., Brasília, **25**: 201-206.
- Fowler, H.G. (1986): Population dynamics of leaf-cutting ants: A brief review. Lofgren, C.S., Vander Meer, R.K. Fire ants and leaf-cutting ants. Biology and Management. pp 123-145.
- Hölldobler, B., Wilson, E.O. (1990): The Ants. Cambridge, Massachusetts.
- Schönherr, J. (1977): Forstentomologie und Forstschutz in Brasilien. Z. angew. Entomologie **82**: 284-288.
- Vilela, E.F. (1986): Status of leaf-cutting ant control in forest plantations in Brazil. In: Lofgren, C.S. & Vander Meer, R.K. (eds.) Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management, Boulder, Westview Press, p.399-408.

Termiten im Araukarienwald

Thomas Schlemmermeyer, Klaus Hartfelder

Die Bearbeitung der Termitenfauna wurde im Berichtszeitraum fortgesetzt durch Auswertungen der zuvor gesammelten Proben. Diese können inzwischen nach Morpho-Spezies unterschieden werden, wahrscheinlich repräsentieren sie 5-6 Arten. Da bislang noch keine Untersuchung der in Süd-Brasilien vorkommenden Termiten existiert, wird derzeit von Spezialisten am Zoologischen Museum der Universität São Paulo geprüft, ob Spezies-Identität mit Arten aus dem Bereich der mittleren Mata Atlântica gegeben ist. Eventuell liegen nicht nur Unterschiede im Sinne von Biotypen vor, sondern bereits kryptische Arten. Die Entscheidung hierüber kann voraussichtlich anhand des bisher verfügbaren Materials, ausschließlich Arbeiter, gar nicht getroffen werden. Hierzu dürften auch Geschlechtstiere erforderlich sein.

c. Mit Araukarienbäumen assoziierte Insekten

Roland Mecke

Die Erfassung aller auf Araukarien (*Araucaria angustifolia*) lebenden Insekten mit Ausnahme von Ameisen wurde im Waldschutzgebiet an Bäumen unterschiedlicher Altersstadien untersucht. Langfristiges Ziel ist dabei die Ermittlung potentieller Schädlinge und die eventuelle Ausarbeitung von Kontroll-Strategien, insbesondere auf biologischer Basis. Eingeschlossen sind dabei Aspekte der chemischen Kommunikation sowohl intraspezifisch bei den Insekten (Pheromone) als auch interspezifisch zwischen Wirtsbaum und potentiellm Schädling, wobei vor allem Mechanismen der Fern-Anlockung von Interesse sind. Bei den Freilanduntersuchungen wurde eine breite Palette von Fangverfahren und Erhebungsmethoden eingesetzt (diverse Fallen und Eklektoren, Handaufsammlungen, Klopfschirm). Immer wurden Beobachtungen zur Lebensweise und zur Wirtsschädigung durchgeführt. Vorab wurde mittels Literatur-Recherche geprüft, über welche Insekten bereits Angaben zum Leben auf Araukarien-Bäumen vorliegen. Bislang wurden dort Insekten von 81 Arten aus 7 Ordnungen nachgewiesen. Darunter dominieren Käfer (Ordnung Coleoptera) mit 47 Arten (Abb. 15). Unter den Käfern sind es vor allem Scolytidae (Borkenkäfer) mit 19 Arten, Curculionidae (Rüsselkäfer) mit 8 und Cerambycidae (Bockkäfer) mit 6 Arten, unter den Schmetterlingen die Familie Tortricidae (Wickler) mit 7 Arten. Bei den 5 am häufigsten genannten Hymenopterenarten handelt es sich in 4 Fällen um Blattschneiderameisen (Tab. 14).

Anhand der Literaturrecherche können die genannten Insekten hinsichtlich möglicher Schadwirkung in 3 Gruppen eingeteilt werden (Tab. 13).

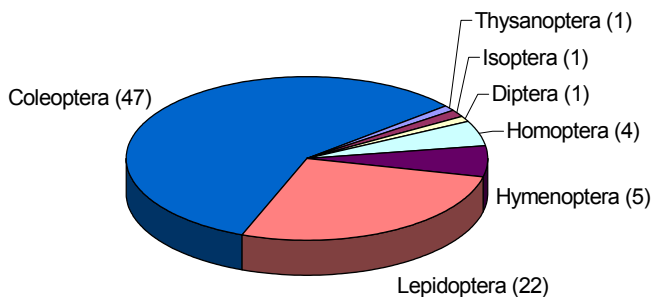


Abb.15: Auf Bäumen von *Araucaria angustifolia* bisher registrierte Insekten nach Ordnungen (= Artenzahlen), nach Literaturangaben.

Schädigungspotential	Insekten - Gruppen
Groß	Coleoptera (Käfer): Scolytidae (Borkenkäfer), Curculionidae (Rüsselkäfer) Hymenoptera (Hautflügler): Formicidae (Ameisen, speziell Blattschneiderameisen) Lepidoptera (Schmetterlinge): Tortricidae (Wickler), Saturniidae (Augenspinner)
Mittel	Isoptera (Termiten) Homoptera (Pflanzensauger): Coccina (Schildläuse) Coleoptera (Käfer): Cerambycidae (Bockkäfer), Buprestidae (Prachtkäfer) Lepidoptera (Schmetterlinge): Noctuidae (Eulenfaller)
gering oder keines	Thysanoptera (Thripse, Blasenfüße) Diptera (Fliegen)

Tab. 13 Araukarien-bewohnende Insekten als potentielle Schädlinge (nach Literatur).

Über Tortricidae und Saturniidae liegen bereits ausführliche Veröffentlichungen vor (Achten, 1995, Borges 1990, Hoffmann, 1978, Pedrosa-Macedo 1978). Auch über Borken- und Rüsselkäfer existieren bereits Untersuchungen (Barreto et al. 1996, Borges 1990, Kuschel 1966, Pedrosa-Macedo & Schönherr 1985, Schedl 1966, Schönherr und Pedrosa-Macedo 1981),

da diese jedoch in anderen Regionen häufig Schäden verursacht haben, wurden sie für unsere Untersuchung ausgewählt, zusammen mit den Pracht- und Bockkäfern.

Die Erfassung wurde mit Klettertechnik bis in die Kronen alter Araukarienbäume ausgedehnt. Dort wurden in 8 – 14 m Höhe Ast-Ekklektoren angebracht. An abgesägten Ästen und toten Stämmen, die am Boden in kleinere Stücke geteilt werden konnten, wurden Photo-Ekklektoren eingesetzt. Auf diese Weise konnte eine ausreichend große Anzahl Borken-, Rüssel-, Bock- und Prachtkäfer gefangen werden. Zusätzlich wurden Handaufsammlungen durchgeführt, insbesondere an entrindetem und aufgehacktem Holz. So konnten die artspezifischen Fraßbilder erfaßt werden (Abb. Zeichnung). Lebende Insekten wurden vom Boden aus von den unteren Ästen mittels Klopfschirm abgesammelt. Für die so erhaltenen großen Mengen verschiedener Insekten muß jeweils geklärt werden, ob sie tatsächlich als Araukarien-Bewohner einzustufen sind.

Im Untersuchungsgebiet konnten bislang 30 Käferarten nachgewiesen werden, die sich im Holz von *Araucaria angustifolia* entwickeln bzw. sich von bestimmten Pflanzenteilen ernähren. Diese Befunde ergänzen die Literatur-Daten, viele andernorts gefundene Arten wurden hier noch nicht nachgewiesen, eine Reihe kann als Neunachweis an *A. angustifolia* angesehen werden (Tab. 14).

Familie	Eigene Untersuchung	Literatur	Gemeinsame Arten	Neunachweise für Araukarie
Alleculidae	1	-	-	1
Biphyllidae	-	1	-	-
Buprestidae	1	2	1	-
Cerambycidae	5	6	4	1
Chrysomelidae	1	1	1	-
Cucujidae	-	1	-	-
Curculionidae	7	8	3	4
Nemonychidae	2	2	1	1
Nitidulidae	1	1	-	1
Oedemeridae	1	-	-	1
Platypodidae	1	4	1	-
Scolytidae	9	21	5	4
Temnochilidae	1	-	-	1
Summe	30	47	16	14

Tab. 14 Gegenüberstellung von im Untersuchungsgebiet gefundenen und der Literatur bekannten Käfer-Arten mit Araukarien-Bindung.

Aus der Literatur ist bekannt, daß die Raupen des Kleinschmetterlings *Cydia araucariae* sich in Araukarien-Samen entwickeln. Bei Nutzung als Saatgut und Nahrungsmittel entstehen so erhebliche Ausfälle. Im Untersuchungsgebiet wurde dieser Schmetterling nur selten angetroffen. Ferner wurden in den Samen vereinzelt Larven des Bockkäfers *Taurorcus chabrilacii* vorgefunden, die sich normalerweise im Holz entwickeln (Abb. Larve). In den männlichen Blütenständen wurden verschiedene pollenfressende Käfer entdeckt (z.B. Nemonychidae: *Brarus mystes*; Curculionidae: *Araucarius cf. ruehmi*). An ca. 4-5 jährigen Araukarien-Bäumchen konnten von Raupen des Augenspinners *Dirphia araucariae* verursachte Fraßschäden festgestellt werden (Abb. 16). Dabei werden die Apikalknospen verschont, so daß die Jungbäume später weiterwachsen können (Pedrosa-Macedo 1978).



Abb. 16: Fraßschäden von *Dirphia araucariae* an junger *Araucaria angustifolia*

Derzeit gibt es in Rio Grande do Sul nur kleine Restflächen mit Araukarienwald. Auf diesen wurden in den letzten Jahren keine durch Insekten verursachten Kalamitäten festgestellt. An einzelnen Bäumen können jedoch durchaus Schädigungen wie Fraßgänge des Borkenkäfers *Corthylus praealtus* (Abb. 17) beobachtet werden. Da diese Art wie die übrigen Borkenkäfer ausschließlich ältere Äste im unteren Stammbereich befallen, die ohnehin spontan abgeworfen werden, scheint dies keine schwerwiegenden Folgen zu haben.



Abb. 17: Fraßbild von *Corthylus praealtus* in einem Ast von *Araucaria angustifolia*

Die Besiedlung eines Astes beginnt meist mit Borkenkäfern der Gattung *Xylechinosomus* (*Pteleobius*). Bei bereits stärker geschwächten Ästen, deren Harzfluß schon praktisch zum Erliegen gekommen ist, kommen dann Borkenkäfer der Gattung *Corthylus* sowie Rüsselkäfer der Gattung *Araucarius* hinzu. Im Stammholz wurden an abgestorbenen oder zumindest stark geschädigten Araukarien Borken-, Rüssel-, Pracht- oder Bockkäfer im Holz gefunden, z.B. der Bockkäfer *Taurorcus chabrilacii* (Abb. 18). In Stämmen mit unverletzter Borke konnten bisher keine Käfer entdeckt werden.



Abb. 18: Larve von *Taurorcus chabrilacii* im Holz von *Araucaria angustifolia*

Für die geplanten gaschromatografischen Analysen wurden Proben mit flüchtigen Inhaltsstoffen von bestimmten Pflanzenteilen (Holz, Borke, Nadeln, Blüten) gesammelt, außerdem Pheromon-Proben von einigen Borkenkäferarten. Sie werden später für weiterführende Analysen zur Wirtsbaumfindung und Reproduktionsbiologie der häufigsten Käferarten benötigt. Falls im Zuge der Wiederaufforstungsmaßnahmen eine Entwicklung größerer Populationen der untersuchten Spezies beobachtet werden sollte, könnten die entsprechenden Daten u.U. zur Entwicklung von Pheromon-Fallen verwendet werden.

Literatur

- Achten, W. (1995): Untersuchungen zur Ökologie und Schadwirkung der Kleinschmetterlinge an der Araukarie (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) in Südbrasilien. Diss. Univ. Freiburg, 136 S.
- Barreto, M.R., Dos Anjos, N. & De Souza, M.P. (1996): Ocorrência de *Spermologus rufus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) em sementes de *Araucaria angustifolia*. An. Soc. Entomol. Bras. **25**: 567-568.
- Borges, J.D. (1990): Entomofauna do Pinheiro-do-Paraná. Pesq. Agropec. Bras. **25**: 201-206.
- Hoffmann, D. (1978): *Cydia (Laspeyresia) araucariae*: ein Forstschädling der Araukarie in Brasilien. Diss. Univ. Freiburg, 124 S.
- Kuschel, G. (1966): A cossonine genus with bark-beetle habits, with remarks on relationships and biogeography (Coleoptera, Curculionidae). N.Z. J. Sci. **9**: 3-29.
- Pedrosa-Macedo, J.H. (1978): Biologia e ecologia da Lagarta da Araucaria *Dirphia (Phidira) araucariae* Jones, 1908 (Lep.: Saturnidae, Hemileucinae). Habil. Univ. Curitiba, Paraná, Brasil, 82 S.
- Pedrosa-Macedo, J.H. & Schönherr, J. (1985): Manual dos Scolytidae nos reflorestamentos Brasileiros. Universidade Federal, Curitiba, 71 S.
- Schedl, K.E. (1966): Etwas über die Borkenkäfer der Araucarien - 239. Beitrag zur Morphologie und Systematik der Scolytoidea. Anz. Schädlingk. **39**: 42-45.
- Schönherr, J. & Pedrosa-Macedo, J.H. (1981): Scolytoidea in den Aufforstungen Brasiliens - Ein Beitrag zur Kenntnis der Borkenkäfer Südamerikas. Z. angew. Entomol. **92**, 48-61.

Teilprojekt 2

Organisatorische Leitung: *Prof. Dr. Rüdiger Hampp*

Botanisches Institut, Universität Tübingen, LS Physiologische Ökologie der Pflanzen

Genetische Diversität und Mykorrhizierung natürlicher *Araucaria* -Bestände

A. Genetische Diversität von *Araucaria angustifolia*

Andrea Mertz, Ralf Schaible, Dr. Uwe Nehls

Einleitung

Microsatelliten sind tandemartige Wiederholungen im Genom mit sehr kurzen Nucleotid-Motiven. Aufgrund ihrer charakteristischen Eigenschaften - Codominanz, Neutralität, hohe Anzahl an variablen Loci (5-20) und zahlreiche Allele pro Locus (1-50) – werden sie in der Literatur als „...the most powerful mendelian markers ever found...“ (Jarne und Lagoda 1996;) beschrieben. So werden sie gegenüber anderen DNA-Markern (RAPDs; Alloenzyme; RFLPs) vermehrt zu Evolutionsstudien, Verwandtschaftsanalysen oder populationsgenetischen Studien verwendet (Queller et.al. 1993; Charlesworth et.al. 1994; Jarne und Lagoda 1996).

Im Berichtszeitraum wurden zwei Di- und drei Trinucleotid-Microsatelliten-Primer auf ihre Anwendbarkeit bei Araucarien getestet. Ziel der Untersuchungen ist es, sowohl nach Unterschieden zwischen den zwei Arten *A. angustifolia* (Brasilien) und *A. araucana* (Chile), als auch nach Unterschieden innerhalb der Art *A. angustifolia* zu suchen, letzteres, um mögliche Ökotypen zu identifizieren.

Die Entwicklung einer Methode zur Isolierung genomischer DNA war die Voraussetzung für die anschließende Suche nach geeigneten Amplifikationsbedingungen für DNA-Fragmente mit Hilfe von geeigneten Primern und unter Verwendung der PCR (polymerase chain reaction).

Material und Methoden

Probematerial

Die Samen von *Araucaria angustifolia* wurden in Südbrasilien an verschiedenen Standorten gesammelt. Zusätzlich waren noch Samen der Art *Araucaria araucana* aus Chile für vergleichende Analysen vorhanden. Die Samen wurden je nach Herkunft getrennt und bei -80°C bis zur Weiterverarbeitung gelagert.

Isolierung genomischer DNA aus Araucariensamen

Grundlage für die Isolierung genomischer DNA war eine modifizierte 2% CTAB-Methode nach Doyle und Doyle (1987). Sie wurde folgendermaßen verändert:

Embryo und Endosperm der Samen wurden sorgfältig getrennt. Danach wurde das Frischgewicht bestimmt und je 0.1-0.2g des Materials zur DNA-Isolation verwendet. Embryo und Endosperm wurden dann in getrennten Glasschalen unter sterilen Bedingungen mit einer Rasierklinge zerkleinert. Das zerkleinerte Material, nach Embryo und Endosperm getrennt, wurde unter flüssigem N_2 zu einem feinen Pulver gemörsert. Zu dem aufgetauten Pulver wurden je g Trockengewicht 6 ml 2% CTAB-Puffer (Cetyltrimethylammoniumbromid) [2%(w/v) CTAB, 50mM Tris (pH 8.0), 10mM EDTA (pH 8.0), 0.7M NaCl, 1%PVP, 1%(v/v) 2-Mercaptoethanol (BME)] gegeben. Extraktionspuffer und Probe wurden gut mit einem Pistill

homogenisiert. Die DNA wurde mit 70% (V/V) Isopropanol gefällt, das Pellet mit 70 % Ethanol gewaschen und an der Luft getrocknet. Das trockene Pellet wurde in 500µl TE-Puffer gelöst. Proteine wurden durch Zugabe von Proteinase-K denaturiert und anschließend mit Tris-gesättigtem Phenol und Chloroform-Isoamylalkohol (25:1) extrahiert. Durch Zugabe von RNase wurde die RNA verdaut. Danach wurde die DNA mit 99%igem Ethanol gefällt. Das Pellet wurde an der Luft getrocknet, in 100 µl TE-Puffer (pH 8.0) gelöst und im Kühlschrank bei 4°C bis zur weiteren Analyse gelagert. 2µl der DNA wurden auf einem 0.8 %igem Agarosegel aufgetragen und mit Ethidiumbromid gefärbt.

Microsatelliten-PCR

Die Primer (AGC)₆, (AAC)₇, (GTG)₅, (CT)₈ und (CACA)₄ wurden von MWG-BIOTECH (Ebersberg) synthetisiert. Zur Amplifizierung mit einem PERKIN ELMER „thermal cycler“ wurde das Taq PCR Core Kit von QIAGEN verwendet. Das Reaktionsgemisch bestand aus 4 µl verdünnter DNA (1:5, 1:10) und 46 µl Master-Mix. Für (AGC)₆ wurden folgende PCR-Bedingungen gewählt: Initialdenaturierung bei 90°C für 3 min, gefolgt von 35 Zyklen Denaturierung bei 90°C für 30 s, Annealing bei 38°C für 45 s und Elongation bei 72°C für 1.3 min, mit einer abschließenden Elongation bei 72°C für 2 min. Der Master-Mix bestand aus 5µl 10x Puffer, 1,5 µl (AGC)₆ -Primer, 1µl 10mM dNTPs, 10 µl 5x Puffer, 28,25 µl Wasser und 0,25µl Taq-Polymerase. Die Amplifikationsbedingungen für (AAC)₇ unterschieden sich von denen für (AGC)₆ in der Annealingphase (44°C für 45 s), in der Primer- (1µl) und der Taq- Polymerase- Menge (0.3 µl). Für den Primer (GTG)₅ entsprachen die Master-Mix- Konzentrationen denen von (AAC)₇. Die Reaktion im Cycler lief bei einer Annealingtemperatur von 44°C für 50 s und einer Elongation bei 72°C für 1,4 min ab.

Die Amplifikationsprodukte wurden per Elektrophorese in 1.0-1.5% Agarosegelen analysiert, die in 1x TBE- Puffer bei 90V liefen und anschließend mit Ethidiumbromid gefärbt wurden. Zusätzlich wurden 10%ige Polyacrylamidgele, die mit Silber gefärbt wurden, zur Analyse der Amplifikationsprodukte herangezogen.

Ergebnisse

DNA-Isolation

Zur Entwicklung einer Methode für die Isolierung von genomischer DNA wurde eine modifizierte 2% CTAB-Methode nach Doyle und Doyle (1987) und eine Methode nach Nehls et al. (1992) ausgetestet.

In zahlreichen Versuchen, mit diesen Methoden DNA aus Embryo bzw. Endosperm zu isolieren, hat sich die Methode nach Doyle und Doyle (1987) bewährt. Im Verlauf weiterer Isolationen wurden einzelne Punkte des Protokolls von Doyle und Doyle modifiziert; zusätzlich wurde die Phenol/Chloroform-Behandlung zur Protein-Extraktion nach Nehls et al.(1992) hinzugefügt. Letztendlich ergab die DNA Isolation aus Embryo und Endosperm der Samen Fragmente von ca. 23kb Länge (Abb. 19).

Amplifikationsexperimente

Zunächst wurden alle 5 Primer mit je einer DNA-Probe von *A. angustifolia* und *A. araucana* getestet. In mehreren Versuchsreihen wurden pro Versuch jeweils einzelne Parameter verändert, während die anderen konstant gehalten wurden. Die Parameter waren: DNA-Konzentration; Konzentration der Komponenten des Master-Mix, wie Primer, Nucleotide, Taq-Polymerase, Q-Lösung; Temperatur- und Zeiteinstellungen des Cyclers für die Denaturierungs-, Annealings und Elongationsphase, sowie die Anzahl der Zyklen. Es wurde solange getestet, bis die unter „Methoden“ beschriebenen, reduplizierbaren Bedingungen erhalten worden waren. Danach wurde die Methode auf Embryo- bzw. Endosperm-DNA aus Samen

von *A. angustifolia* und *A. araucana* übertragen und angewendet. Da die Auflösung der Agrosegele keine genauen Analysen erlaubte, wurden Polyacrylamidgele zum Vergleich hergestellt. Dadurch wurde eine wesentliche höhere Anzahl von Banden im Vergleich zum Agarsegel erhalten.

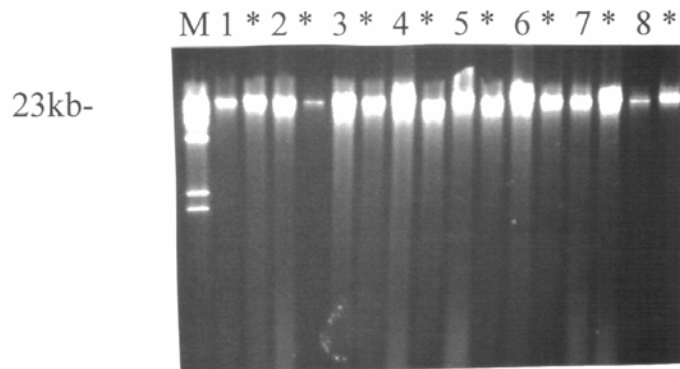


Abb. 19 Isolation von DNA aus 8 verschiedenen Araukariensamen, aufgeteilt in Embryo und Endosperm. Die Zahl (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) entspricht dem Embryo und der Stern (*) dem dazugehörigen Endosperm eines Samens. M: Längenmarker; Lambda DNA, geschnitten mit *EcoRI*- *Hind III*.

Beim Primer $(AAC)_7$ sind die Unterschiede zwischen verschiedenen Samen von *A. angustifolia* (Abb. 20) mit schwarzen Pfeilen gekennzeichnet. Eine Doppelbande (kleine Pfeile) war für den 3. und 11. Embryo des jeweiligen Samens zu sehen. Weiter war in den Samen 1,2 und 6 eine Bande vorhanden, die in den Samen 4 und 5 nicht auftrat (großer Pfeil). Für den Primer $(AGC)_6$ gab es Banden, die nur bei *A. araucana* auftraten (Abb. 21 große schwarze Pfeile). Für mögliche Unterschiede innerhalb der Art *A. angustifolia* war nur eine Bande im 2. Embryo auffallend, neben zwei Doppelbänden bei Samen 5, die sowohl im Embryo als auch im Endosperm, sonst aber nicht auftraten (Abb. 21 kleine schwarze Pfeile).

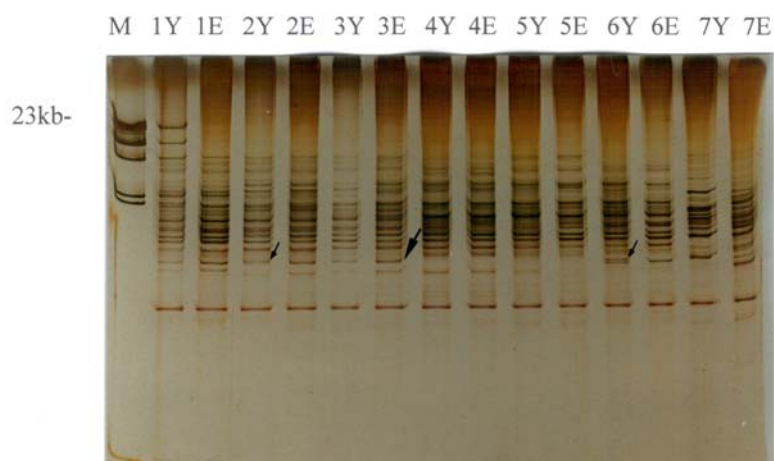


Abb. 20 Primer $(AAC)_7$. 1-6: Samen von *A. angustifolia*, 7: Samen von *A. araucana*; „Y“ kennzeichnet den jeweiligen Embryo und „E“ das jeweilige Endosperm des Samens; . M: Längenmarker; Lambda DNA, geschnitten mit *EcoRI*- *Hind III*.

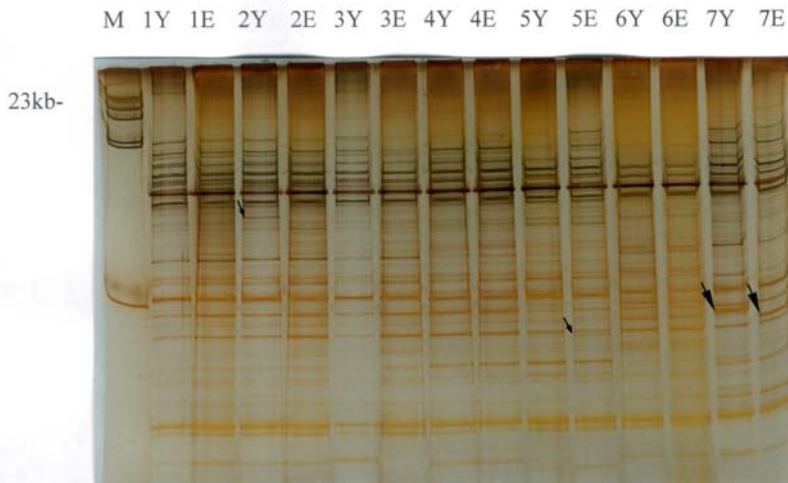


Abb. 21 Amplifikationsergebnisse mit dem Microsatelliten Primer $(AGC)_7$. 1-6: Samen von *A. angustifolia*, 7: Samen von *A. araucana*; „Y“ ist der jeweilige Embryo und „E“ das jeweilige Endosperm des Samens; . M: Längensmarker; Lambda DNA, geschnitten mit *EcoRI*- *Hind III*.

Abb. 22 zeigt die Amplifikationsergebnisse des Primers $(GTG)_5$. Allerdings waren hier keine Unterschiede sowohl zwischen den beiden Arten als auch innerhalb der Art *A. angustifolia* zu sehen. Die Experimente ergaben für die Primer $(CT)_8$ und $(CAC A)_4$ keine Amplifikationsprodukte.

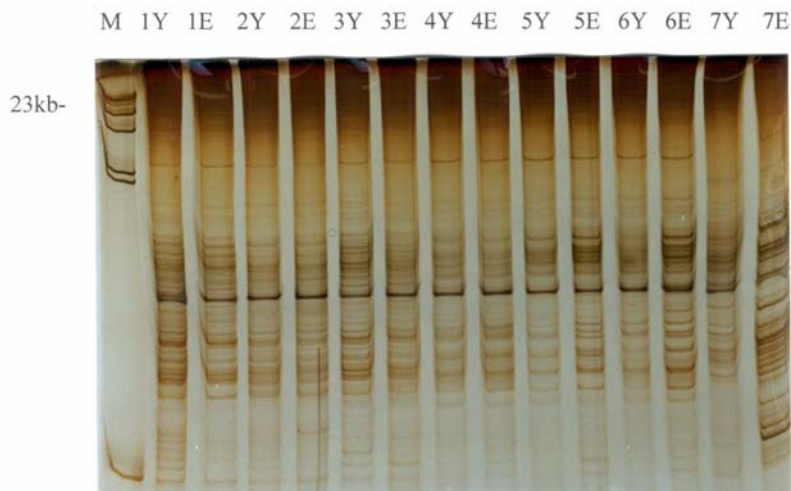


Abb. 22. Primer $(GTG)_5$. 1-6: Samen von *A. angustifolia*, 7: Samen von *A. araucana*; „Y“ ist der jeweilige Embryo und „E“ das jeweilige Endosperm des Samens; Linie M: Lambda DNA geschnitten mit *EcoR I*- *Hind III*.

Diskussion

Aufgabe bei der DNA-Isolation war es, die Degenerierung der DNA zu vermeiden und Proteine aus der DNA-Lösung zu extrahieren. Obwohl sich auch mit degenerierter DNA, die genügend intakte Kopien von Microsatellitensequenzen enthält, Amplifikationsergebnisse erzielen lassen (Queller et. al. 1993), sollte der Zustand der isolierten DNA möglichst in allen Proben ähnlich sein, um standardisierte Bedingungen zu schaffen. (Proteine können die PCR-Reaktion beeinflussen). Dies wurde im ersten Teil der Arbeit erreicht, mit dem Ergebnis sehr reiner genomischer DNA.

Die unterschiedlichen Ergebnisse der Amplifikationsexperimente zeigen die Schwierigkeiten, die mit der Suche nach Microsatellitensequenzen verbunden sind. Zunächst gibt es Primer ((CT)₈; (ACA)₄), für die sich keine Bedingungen zur DNA-Amplifikation mittels PCR finden ließen. Dies kann einerseits daran liegen, daß diese Sequenzen nicht so häufig im pflanzlichen Genom vorkommen (Jarne und Lagoda 1996), andererseits könnten die in den Primern enthaltenen Dinucleotid-Wiederholungen nur sehr schwer zu amplifizieren sein.

Die Amplifizierung des Primers (GTG)₅ ergab zwar ein Bandenmuster, der direkte Vergleich der einzelnen Banden war aber nicht möglich, da diese zu schlecht aufgetrennt waren. Hier müssen PCR- und Trennbedingungen noch verbessert werden.

Die hohe Anzahl von Banden beim (AGC)₆ Primer deutet auf eine sehr gute Amplifikation hin. Diese Sequenzfolge scheint sehr häufig im Genom vorhanden zu sein. Allerdings ist der Primer für Untersuchungen innerhalb einer Art nicht spezifisch genug, da kaum Unterschiede im Bandenmuster innerhalb der Art *A. angustifolia* existieren. Dagegen ermöglichen die unterschiedlichen Bandenmuster beider Araucarien-Arten mit diesem Primer eine Unterscheidung auf Artebene.

Mit dem Primer (AAC)₇ wurden die besten Ergebnisse erzielt. Die verschiedenen Banden, die zwischen verschiedenen Samen von *A. angustifolia* aufgetreten sind, zeigen sehr deutlich die Spezifität dieses Primers und damit die Möglichkeit für Unterscheidung von Ökotypen, dem eigentlichen Ziel dieses Projekts. Auffallend ist die Präsenz der Doppelbande im Embryo des 2. und 6. Samens und die einfache Bande im 2. Embryo, die im jeweiligen Endosperm nicht zu sehen sind. Diese Banden könnten Neubildungen aufgrund der Befruchtung sein. (Das Endosperm existiert schon vor der Befruchtung und ist damit rein mütterlicher Herkunft).

Ausblick

Ziel der weiterführenden Arbeiten ist es nun, die unterschiedlichen Banden aus dem Gel zu eluieren, zu amplifizieren und zu klonieren. Die klonierten DNA-Fragmente sollen dann sequenziert werden. Weiter soll der Primer (AAC)₇ an möglichst vielen Individuen aus unterschiedlichen Populationen von *A. angustifolia* getestet werden. Parallel dazu wollen wir weitere Primer auf ihre Verwendbarkeit zur Unterscheidungen von Ökotypen prüfen, um so das Spektrum an Unterscheidungskriterien zu erweitern.

Literatur

- Charlesworth, B, Sniegowski P, Stephan W (1996) The evolutionary dynamics of repetitive DNA in eukaryotes. *Nature* **371**: 215-220.
- Doyle, JJ, Doyle, JL (1987) A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem. Bull.* **19**: 11-15.
- Jarne, P, Lagoda, P.J.L (1996) Microsatellites, from molecules to population and back. *Trends Ecol. Evol.* **11**: 424-429.
- Nehls, U, Friedrich, T, Schmiede, A, Ohnishi, T, Weiss, H (1992) Characterization of assembly intermediates of NADH: ubiquinone oxidoreductase (complex I) accumulated in *Neurospora mitochondria* by gene disruption. *J. Mol. Biol.* **227**: 1032-1042.
- Queller, DC; Strassmann, JE & Hughes, C.R. (1993): Microsatellites and kinship. *Trends. Ecol. Evol.* **8**: 285-288.

B. Mykorrhizierung von *Araucaria angustifolia*

Magdalena Breuninger

Einleitung

Über 90 % der heutigen Landpflanzen bilden eine Pilz/Wurzel-Symbiose, Mykorrhiza genannt, welche für beide Partner essentielle Vorteile bringt. So erhält der Pilz von der Pflanze Kohlenhydratgerüste und liefert im Gegenzug Nährstoffe, wie z.B. Stickstoff oder Phosphate, sowie Aminosäurenderivate und möglicherweise Wasser (Hampp and Schaeffer 1995; Smith and Read 1997). Darüberhinaus erhöht sich für die Pflanze häufig die Resistenz gegen Pathogenbefall (Schwantes 1996).

Bei *Araucaria angustifolia* ist die am weitesten verbreitete Form der Mykorrhiza, nach ihrem Erscheinungsbild arbuskuläre Mykorrhiza (AM) genannt, ausgebildet. Sie liegt bei über 80 % aller Pflanzen vor und ist v.a. typisch für krautige Pflanzen, sowie Nutzpflanzen, aber auch für die Mehrzahl tropischer Bäume (Schwantes 1996).

Die weltweit 19 Arten der Gattung *Araucaria* waren einst wichtige Bestandteile tropischer und subtropischer Wälder der Südhemisphäre (Golte 1993). Unter diesen zählt *Araucaria angustifolia* zu den ökonomisch und ökologisch wichtigsten (Fähser 1981, 1995).

Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich auf die höheren Lagen S-Brasiliens und N-Argentinens und beherrscht dort eine Waldvegetation von über 200 verschiedenen Baumarten. Intensive Abholzung und Brandrodung bis in die 80er Jahre führten zu einer grundlegenden Veränderung der Vegetation, so daß heute weite Teile Südbrasilien von Grasland (Campo) beherrscht werden. Mit dieser offensichtlichen Zerstörung geht eine starke Veränderung in der Zusammensetzung der Bodenmikroorganismen, wie auch im Vorkommen und der Verteilung mykorrhizabildender Pilze, einher, was zu einer beträchtlichen Veränderung in der Verfügbarkeit und des Umsatzes von Nährstoffen geführt hat (Amaranthus 1992; Johnson and Wedin 1997).

Trotz zahlreicher Wiederaufforstungsbemühungen stößt die Erholung der Araukarienbestände auf eine Reihe großer Probleme, wie z. B. die Beliebtheit der nährstoffreichen Samen bei Tieren und Menschen, die zudem sehr schnell an Keimungsfähigkeit verlieren, sowie die Nutzung der besten Stämme durch die Holzindustrie. Der Erfolg von Wiederaufforstungen wird oft durch mangelnde Erfahrung bei der Pflanzung gefährdet. Zudem wurde häufig eine Wiederaufforstung mit schnell wachsenden Exoten vorgezogen, da diese kurzfristig einen höheren Ertrag liefern.

Das Hauptproblem jedoch ist die fehlende Kenntnis der Standortansprüche und ökologischen Zusammenhänge. Um also Wiederaufforstungsmaßnahmen mit *Araucaria angustifolia* möglich und förderungswürdig zu machen, müssen dringend die Standortansprüche sowie die ökologischen Zusammenhänge geklärt werden (Seitz 1983).

Ein hierbei bisher nahezu vollständig vernachlässigter Punkt sind Untersuchungen zur Mykorrhiza. Wie bereits erwähnt, spielt aber gerade diese oft eine ganz wesentliche Rolle hinsichtlich des Nährstoff- und Wasserhaushaltes und erhöht darüberhinaus häufig die Resistenz gegen Pathogenbefall. Untersuchungen zur Mykorrhiza sind also ein ganz wesentlicher Bestandteil in der Erfassung der ökologischen Zusammenhänge als Grundlage einer sinnvollen Wiederaufforstung von *Araucaria angustifolia*.

Bisher wurden fast keine Untersuchungen zur Mykorrhiza bei *Araucaria angustifolia* durchgeführt. Zwar wurde schon früh erwähnt, daß bei *Araucaria angustifolia* eine arbuskuläre Mykorrhiza (AM) ausgebildet ist (Milanez and Monteiro 1950) und auf eine möglicherweise

wichtige Rolle der seitlichen Kurzwurzeln hingewiesen (Oliveira and Ventura 1952), jedoch liegen keinerlei Beschreibungen der beim Infektionsvorgang gebildeten Mykorrhizastrukturen vor. Ebenso wurden ökologische Fragestellungen bisher nahezu vollständig vernachlässigt.

Ziele und Fragestellungen der Arbeit

a) Fotomikroskopische Untersuchung der Mykorrhizastrukturen von *Araucaria angustifolia*.

Da seit Milanez und Monteiro (1950) nur bekannt war, daß bei *Araucaria angustifolia* eine arbuskuläre Mykorrhiza (AM) gebildet wird, aber keinerlei nähere Beschreibungen der morphologischen Strukturen vorlagen, war das erste Ziel - als Grundlage für weitere Untersuchungen - fotomikroskopisch zu überprüfen, welche Strukturen in welcher Form bei der Mykorrhiza von *Araucaria angustifolia* ausgebildet werden. Zudem wurde überprüft, ob Unterschiede hinsichtlich dieser Strukturen an verschiedenen Wald- und Campostandorten bestehen.

b) Untersuchung der wichtigsten Faktoren, die einen Einfluß auf die Mykorrhizierung haben

Als nächstes sollen die wichtigsten Faktoren, die einen Einfluß auf die Art und den Umfang der Mykorrhizierung haben, erfaßt werden. Dazu werden verschiedene Wald- und Campostandorte, sowie frühere und zukünftige von der FH Rottenburg bearbeitete Pflanz- und Saatflächen vergleichend untersucht.

Faktoren, die die Mykorrhizierung ganz wesentlich beeinflussen und in wechselseitigem Zusammenhang stehen (Abb. 23), sind die Zusammensetzung der Böden (v.a. hinsichtlich der Nährstoffverfügbarkeit, sowie des pilzlichen Sporenpotentials), der Grad der Mykorrhizierung, sowie die an der Mykorrhizierung beteiligten Pilz-Arten.

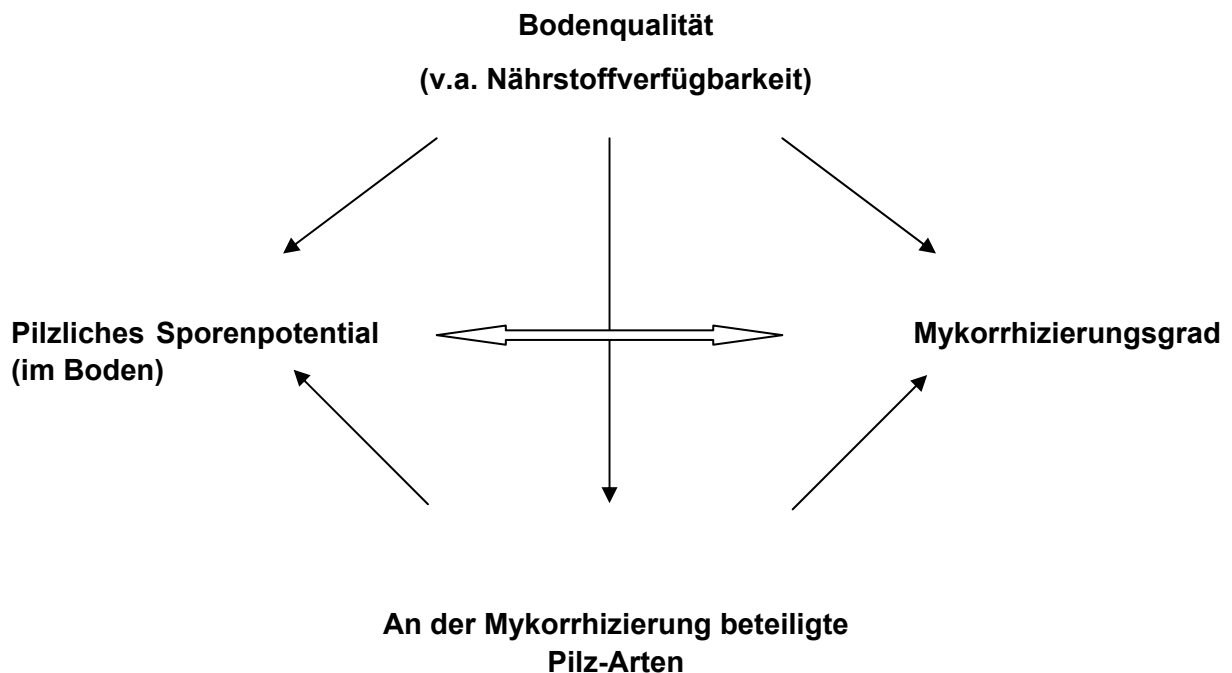


Abb.23: Die wichtigsten, sich gegenseitig bedingenden Faktoren, die einen Einfluß auf die Mykorrhizierung haben.

Dies wurde in Rahmen der folgenden Teilaspekte untersucht bzw. ist als Teil zukünftiger Untersuchungen geplant:

- (1) Analysen von Bodenproben verschiedener Standorte wurden in Zusammenarbeit mit dem Departamento de Ciência do Solo an der Escola Superior de Agricultura „Luiz de Queiroz“ (ESALQ) in Piracicaba, S.P., (Brasilien) unter der Leitung von Profa. Dra. Elke Cardoso durchgeführt.
- (2) Verschiedene Campo- und Waldstandorte sollen noch weiter hinsichtlich des Sporenpotentials ihrer Böden, sowie des Mykorrhizierungsgrades der Feinwurzeln der dortigen Araukarien untersucht werden.
- (3) Ein zentraler Punkt bei ökologischen Untersuchungen zur Mykorrhiza ist zudem die Bestimmung der an der Mykorrhizierung beteiligten Pilz-Arten. Die Pilze, die mit *Araucaria angustifolia* eine symbiontische Beziehung eingehen, gehören zur Klasse der Zygomyceten, Ordnung Glomales. Nach klassischen Methoden werden sie mit Hilfe der Morphologie ihrer Sporen bestimmt. Dies erfordert viel Erfahrung. Die Bestimmung der im Waldschutzgebiet vorkommenden und mit der Araukarie eine Symbiose bildenden Pilze wurde daher in Zusammenarbeit mit Profa. Dra. Sandra Trufem am Botanischen Institut in São Paulo (Brasilien) durchgeführt.

Da die Zusammensetzung der Sporenpopulation im Boden jedoch nicht notwendigerweise die mit *Araucaria angustifolia* vergesellschafteten Pilzarten widerspiegelt, soll deren Bestimmung zudem molekular mit Hilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) erfolgen – eine Methode, die eine Identifizierung von pilzlicher DNA auch innerhalb von Pflanzenwurzeln ermöglicht.

- (4) Da verschiedene, stark wurzelbildende Pflanzen, wie z.B. Mais, dafür bekannt sind, eine starke Anreicherung von Pilzsporen im Boden zu bewirken, sollen Freilandversuche mit Mais durchgeführt werden, und die Auswirkung einer derartigen Begleitbepflanzung auf das Sporenpotential im Boden und auf den Mykorrhizierungsgrad von *Araucaria angustifolia* untersucht werden. Als Testgebiete sind je ein Wald- und Campostandort, sowie die zukünftige Saat- und Pflanzfläche vorgesehen.

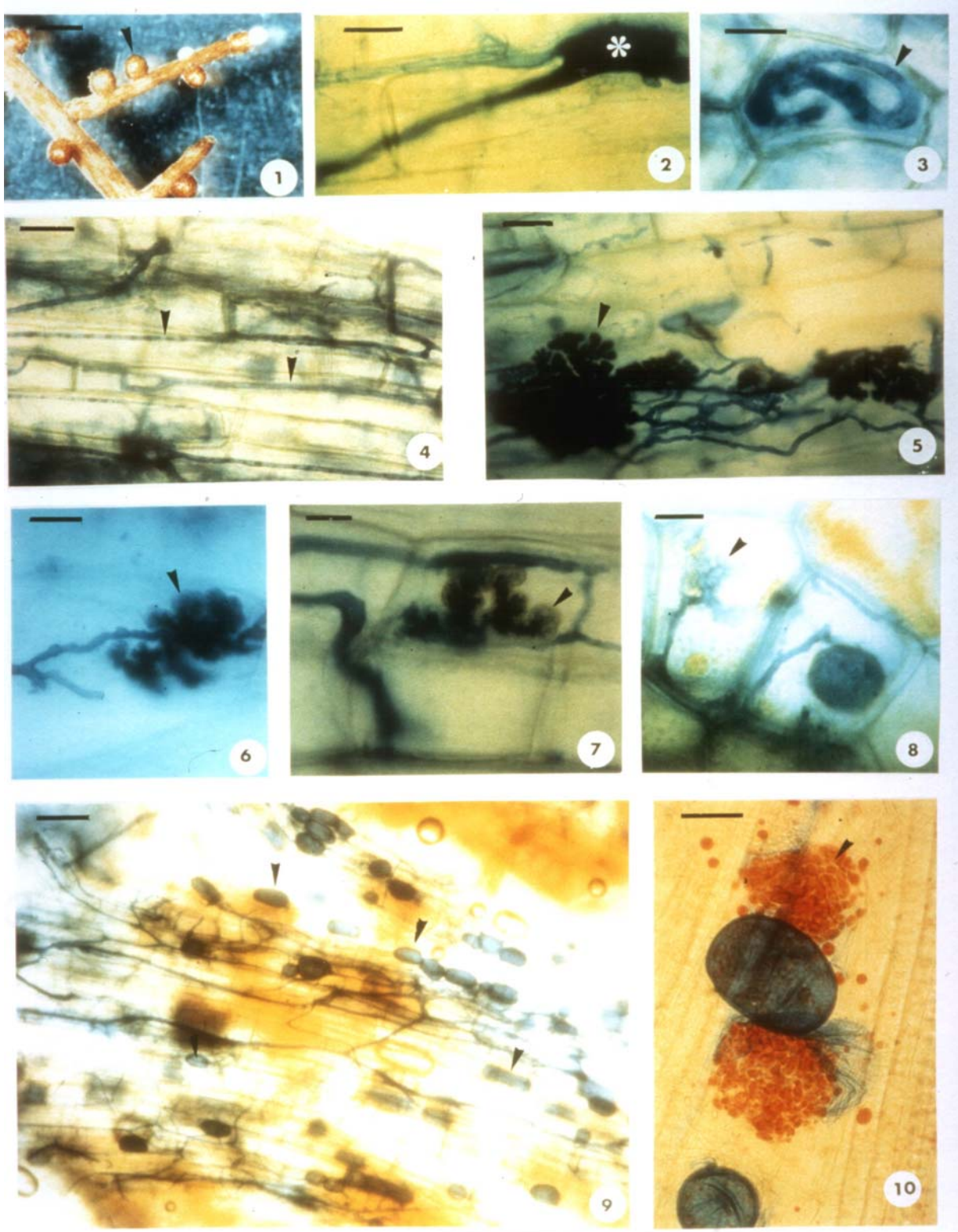
Ergebnisse

a) Fotomikroskopische Untersuchungen der Mykorrhizastrukturen bei *Araucaria angustifolia*

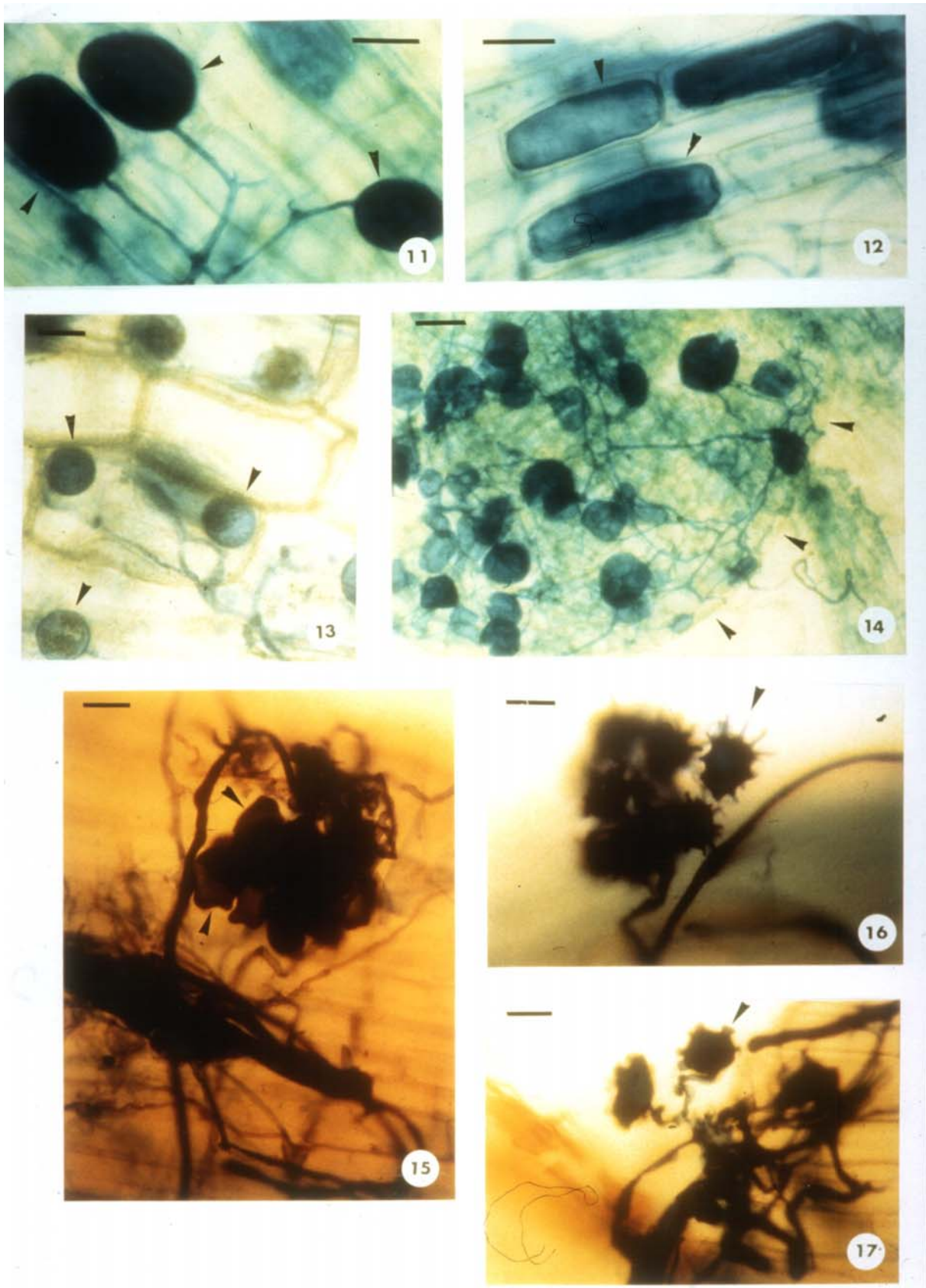
Die fotomikroskopischen Untersuchungen ergaben, daß bei der Mykorrhizierung von *Araucaria angustifolia* alle typischen Strukturen der arbuskulären Mykorrhiza (AM) ausgebildet sind.

Dabei beginnt die pilzliche Besiedelung der Feinwurzeln (Tafel I, Bild 1) mit der Bildung eines Appressoriums auf der Feinwurzeloberfläche (Tafel I, Bild 2), worauf dann der Pilz in die Feinwurzel eindringt und sich v.a inter- aber auch intrazellulär ausbreitet (Tafel I, Bild 3, 4).

Tafel I, Bild 5-8 zeigt sog. Arbuskeln, welche eine zentrale Rolle im Nährstoffaustausch (v.a. von Phosphaten zum Wirt) spielen (Bonfante-Fasolo 1984) und aufgrund ihrer kurzen Lebensdauer von 4-15 Tagen (Harley and Smith 1983) häufig Degenerationserscheinungen aufweisen. Unklar ist, welche Rolle den Arbuskeln im Austausch von Kohlenhydraten zukommt. Hierbei wird eine Beteiligung der intrazellulären Hyphen (Tafel I, Bild 4) diskutiert (Smith und Read 1997).



Tafel I: Mikroskopische Aufnahmen von Araukarien-Wurzeln und Mykorrhiza-Strukturen



Tafel II: Mikroskopische Aufnahmen von Arakarien-Mykorrhiza

Vesikel (Tafel I u. II, Bild 9-12), welche nur von Pilzen der Unterordnung der Glomaceae gebildet werden, dienen vorwiegend der Nährstoffspeicherung, v.a. von Lipiden, welche durch Anfärben mit Sudan III rot hervorgehoben wurden (Tafel I, Bild 10).

Interessant war, daß die in Tafel II, Bild 15-17 dargestellten „auxiliary cells“, welche ausschließlich von Pilzen der Unterordnung Gigasporineae gebildet werden, nur an den Waldstandorten vorzufinden waren (in über 50 % aller untersuchten Wurzelstücke), jedoch an keinem der untersuchten Campostandorte. Dies deutet auf eine unterschiedliche Verteilung der Pilzarten an den verschiedenen Untersuchungsstandorten hin. So scheinen an der Mykorrhizierung der Campo-Araukarien keine Pilzarten der Gigasporineae beteiligt zu sein.

Untersuchungen von Gallaud (1905) zeigten, daß alle Pflanzen, die eine arbuskuläre Mykorrhiza bilden, in zwei unterschiedliche morphologische Grundtypen unterteilt werden können: Zum einen in den sog. Arum-Typ, der sich durch ein schnelles interzelluläres Wachstum der Hyphen auszeichnet und bei dem Arbuskeln an kurzen intrazellulären Seitenverzweigungen der Hyphen gebildet werden. Zum anderen in den sog. Paris-Typ, der durch langsames, intrazelluläres Wachstum der Hyphen und häufige Bildung sog. „coiled hyphae“ gekennzeichnet ist. Arbuskeln werden weniger zahlreich als beim Arum-Typ und als kurze Seitenverzweigungen an intrazellulären „coiled hyphae“ gebildet.

Da bei *Araucaria angustifolia* interzelluläres Wachstum der Hyphen eindeutig dominiert (Tafel I, Bild 4-9), selten die sog. „coiled hyphae“ (Tafel I, Bild 3) gebildet werden und Arbuskeln an seitlichen Verzweigungen der interzellulären Hyphen in die Pflanzenzellen gebildet werden, ergaben die fotomikroskopischen Untersuchungen eindeutig, daß *Araucaria angustifolia* dem Arum-Typ zuzuordnen ist.

b) Untersuchung der wichtigsten Faktoren, die einen Einfluß auf die Mykorrhizierung haben

Bodenanalysen

Die Bodenanalyse der verschiedenen Standorte des Untersuchungsgebietes wurde am Departamento de Ciência do Solo an der Escola Superior de Agricultura „Luiz de Queiroz“ (ESALQ) in Piracicaba, São Paulo nach der Methode von Raij et al. (1987) durchgeführt (Tab. 15).

Nr.	pH	O.M.	P*	K*	Ca*	Mg*	Al*	B**	Cu**	Fe**	Mn*	Zn**
1	3,4	80	6	3,1	2	2	64	2,08	0,4	361	0,2	0,1
2	3,4	84	15	2,8	1	2	64	2,23	0,1	450	0,2	0,1
3	3,4	82	13	3,7	13	5	62	2,31	0,1	385	8,8	0,1
4	3,8	93	13	3,9	13	2	34	2,61	0,1	455	7,6	1,9
5	3,9	98	14	2,2	2	13	45	2,33	1,5	100	0,4	1,8
6	3,6	100	25	1,9	21	7	23	2,38	1,5	202	2,2	0,6
7	4,2	126	25	3,0	12	14	40	2,08	0,8	59	0,6	1,1
8	3,9	56	9	5,1	20	7	30	0,11	0,3	164	0,6	0,8
9	4,0	63	9	1,7	16	5	37	0,04	0,3	217	0,2	1,1
10	3,8	49	5	1,2	13	3	34	2,05	0,2	201	0,4	0,5
11	3,9	76	10	1,7	6	3	35	0,06	0,3	231	1,0	0,7

Tab. 15: Die Nummern entsprechen folgenden Standorten: 1: Wald I; 2: Wald II; 3: Wald II, 4: Campo I; 5: Campo I; 6: Campo II, 7/8: neue Pflanzfläche; 9-11: alte Pflanzfläche; O.M.: organisches Material (in g dm⁻³); pH: Boden pH-Wert (Analyse in CaCl₂); P*: Phosphate (mg dm⁻³); K*: Kalium; Ca*: Calcium; Mg*: Magnesium; Al*: Aluminium; B**: Bor; Cu**: Kupfer; Fe**: Eisen; Mn**: Mangan; Zn**: Zink [* in mmol dm⁻³, ** in mg dm⁻³]

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß es sich bei den Böden des Untersuchungsgebietes um extrem saure (Werte zwischen pH 3,4 und pH 4,2), nährstoffarme Böden handelt. Die hohen Aluminium (Al) und niedrigen Calcium (Ca)- Gehalte stehen im Zusammenhang mit den niedrigen pH-Werten von 3,4 - 4,8 . Auch der für die Mykorrhizierung wichtige Anteil an Phosphaten ist sehr niedrig (Werte zwischen 5 und 25 mg dm⁻³).

Sehr häufig wird eine schlechte Nährstoffverfügbarkeit mit Hilfe eines erhöhten Mykorrhizierungsgrades kompensiert (Smith und Read 1997). In diesem Zusammenhang sollten die folgenden Ergebnisse der Bestimmung des Mykorrhizierungsgrades verschiedener Wald- und Campostandorte gesehen werden.

Bestimmung von Sporenpotentialen und Mykorrhizierungsgraden von Araukarien verschiedener Wald- und Campostandorte

Zur Bestimmung des Sporenpotentials im Boden wurden an je zwei Wald- und Campostandorten insgesamt dreimal die (absolute) Anzahl der Sporen in 50 g Boden bestimmt.

Die Bestimmung der Mykorrhizierungsgrade (Tab. 16) erfolgt durch Abschätzung der prozentualen pilzlichen Besiedelung innerhalb eines Wurzelstücks (je 1 cm), nachdem die pilzlichen Strukturen in Anlehnung an die Methode von Phillips und Hayman (1970) blau eingefärbt wurden.

	Wald 1	Wald 2	Campo 1	Campo 2
Ø Anzahl der Sporen in 50 g Boden	119	148	73	96
Länge der untersuchten Feinwurzeln (cm)	79	84	69	88
Mykorrhizierungsgrad (%)	47	56	32	38

Tab. 16: Durchschnittliche Sporenzahlen der versch. Standorte und Mykorrhizierungsgrade der untersuchten Wurzelstücke (je 1 cm)

Identifizierung der an der Mykorrhizierung von *Araucaria angustifolia* beteiligten Pilzarten

(a) Mit Hilfe klassischer Methoden:

Die Pilzpartner der arbuskulären Mykorrhiza werden in die Ordnung der Glomales, Klasse Zygomycetes eingeordnet. Diese besteht aus zwei Unterordnungen, den Glomineae mit den Familien Glomaceae (Gattung *Glomus*) und Acaulosporaceae (Gattung *Acaulospora* und *Entrophospora*), sowie den Gigasporineae mit einer einzigen Familie, den Gigasporaceae (Gattung *Gigaspora* und *Scutellospora*).

Alle Vertreter der Glomales bilden Arbuskeln, sowie reproduktive Sporen. Dagegen bilden nur die Arten der Glomineae intraradikale Vesikel, während die Gigasporineae stattdessen sog. „auxiliary cells“ bilden (Morton und Benny, 1990).

Die Bestimmung bis auf die Gattungsebene ist z.T. noch anhand der Mykorrhizastrukturen innerhalb- oder auch außerhalb der Wurzel möglich. Auf Artebene kann jedoch nur mit Hilfe der Morphologie der Sporen bestimmt werden.

Als Kriterien gelten hierbei v.a.: Sporengröße, Anzahl und Struktur der Sporenwände, Farbe, Färbeverhalten in Melzer's Reagenz u.a.. Da alle Merkmale eine gewisse Variabilität aufweisen ist es notwendig, von einer Sporenart mind. 10–15 Exemplare zu untersuchen.

Viele Merkmale sind sehr schwer zu erkennen – daher erfordert eine sichere Bestimmung viel Erfahrung, die weltweit nur wenige Spezialisten haben.

Mit Hilfe von Prof. Dr. Sandra Trufem, Botanisches Institut, São Paulo (Brasilien), wurden insgesamt 16 verschiedene Arten bestimmt, die in Vergesellschaftung mit *Araucaria angustifolia* vorkommen. Drei dieser Arten wurden bisher in der Literatur nicht beschrieben.

Die klassische Bestimmung der Pilz-Arten ist noch nicht ganz abgeschlossen. In Tab. 17 sind nur die Arten aufgeführt, die an den jeweiligen Standorten eindeutig häufiger vertreten waren. Als nächster Schritt ist nun geplant, zu bestimmen, welche Pilze auf bestimmte Standorte beschränkt sind, bzw. welche ein breiteres Standortsspektrum aufweisen – d.h. es soll die standörtliche Amplitude bestimmt werden.

Wald I	Wald II	Campo I	Campo II	Campo III
<i>A. scrobiculata</i>	<i>E. kentinensis</i>	<i>A. bireticulata</i>	<i>Gl. Macroaggr.</i>	<i>A. foveata</i>
<i>A. mellea</i>	<i>Gl. microaggr.</i>	<i>A. I aevia</i>		<i>Gl. microaggr.</i>
<i>Ba. rehmi</i>	<i>Sc. nov. spec.</i>			<i>A. longula</i>
<i>E. columbiana</i>	<i>A. nov. spec.</i>			<i>Gl. etunicatum</i>
<i>Gl. invermaium</i>				
<i>Gl. nov. spec.</i>				

Tab. 17: Häufig vorkommenden Arten an den versch. Standorten.

(b) Identifizierung mit Hilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR):

Wie bereits erwähnt, spiegelt die Zusammensetzung der Sporenpopulation im Boden nicht notwendigerweise die mit *Araucaria angustifolia* vergesellschafteten Pilzarten wider. Zudem stößt die Identifizierung der Pilz-Arten mit Hilfe klassischer Methoden in vielen Punkten an Grenzen. So schreibt z.B. Claassen et al. (1996): "...Nach der Identifizierung mit Hilfe der Sporenmorphologie und verschiedenen Färbetechniken (Morton 1988, 1993), sollten also mit Hilfe der Polymerase - Kettenreaktion (PCR) DNA-Sequenzen, charakteristisch für alle Endomykorrhizapilze (Simon et al. 1992) oder für bestimmte Arten und Subspecies (Millner und Meyer 1990) analysiert werden, um zu einer routinemäßigeren und exakteren Identifizierung zu kommen...". Der große Vorteil dieser Methode gegenüber der klassischen Bestimmung ist zudem, daß sie eine Identifizierung pilzlicher DNA auch innerhalb der Pflanzenwurzeln ermöglicht.

Im Sommer 1998 wurde in Zusammenarbeit mit Arnaldo Colozzi Filho (Piracicaba, S.P., Brasilien) eine Methode etabliert, die es ermöglicht, mit Hilfe einer Spore eine PCR durchführen zu können. Anhand dieser Methode sollen nun die vorkommenden Arten analysiert werden. Parallel dazu soll die Identifizierung pilzlicher DNA innerhalb der Araukarienfeinwurzeln erfolgen.

Ausblick

Die Bodenanalysen sind abgeschlossen.

Um einen zeitlichen Vergleich herzustellen, sollen in der nächsten Vegetationsperiode an den gleichen Wald- und Campostandorten noch einmal Sporenpotentiale und Mykorrhizierungsgrade bestimmt werden.

Bis Mitte April 1999 soll die klassische Bestimmung der in Vergesellschaftung mit *Araucaria angustifolia* vorkommenden Pilzarten abgeschlossen sein.

Danach ist die Identifizierung mit Hilfe molekularer Methoden (PCR) zum einen der Sporen (im Boden) zum anderen aber auch der Pilze innerhalb der Araukarienwurzeln geplant.

Diese Arbeiten sollen zu Beginn der folgenden Vegetationsperiode abgeschlossen sein, anschließend soll mit Teilaspekt 4 begonnen werden.

In der folgenden Vegetationsperiode (ca. Ende Nov.1999 bis Ende März 2000) sind Anreicherungsversuche von Pilzsporen im Boden mit Hilfe von Maispflanzungen geplant. Ziel der Versuche ist, die Auswirkung einer derartigen Begleitbepflanzung auf das Sporenpotential, auf die Artenzusammensetzung (pilzlich), sowie auf den Mykorrhizierungsgrad innerhalb der Araukarienfeinwurzeln zu untersuchen. Dabei soll ein Vergleich zu den bereits untersuchten Campo- und Waldaraukarien hergestellt werden. Zudem sollen auf der zukünftigen Saat- und Pflanzfläche (parallel) Versuchsfelder mit- und ohne Mais ausgewertet werden.

Zusammenfassung

Ziel dieser Untersuchungen zur „Mykorrhizierung von *Araucaria angustifolia*“ ist es, die wichtigsten Faktoren, die einen Einfluß auf Art und Umfang der Mykorrhizierung haben, zu erfassen und in Beziehung zu setzen, sowie einen Standortvergleich bzgl. dieser Faktoren durchzuführen.

Da zu Beginn nahezu nichts über die Mykorrhizierung von *Araucaria angustifolia* bekannt war, wurde als grundlegende Arbeit eine fotomikroskopische Untersuchung der bei *Araucaria angustifolia* vorkommenden Mykorrhizastrukturen durchgeführt, sowie ein Standortvergleich gemacht.

Als bisherige Ergebnisse lassen sich festhalten:

- Die fotomikroskopischen Untersuchungen ergaben, daß bei der Mykorrhizainfektion von *Araucaria angustifolia* alle in der Literatur beschriebenen Strukturen ausgebildet werden. Nach der Einteilung von Gallaud (1905), ist *Araucaria angustifolia* eindeutig dem Arum-Typ zuzuordnen.
- Da an keinem der untersuchten Campostandorte die für die Unterordnung der Gigasporineae typischen „auxiliary cells“ vorgefunden wurden, an den Waldstandorten jedoch häufig, könnte eine unterschiedliche Verteilung der Pilzarten an den verschiedenen Standorten vorliegen.
- Die Analyse der Bodenproben ergab, daß es sich bei den Böden des Untersuchungsgebietes um extrem saure, nährstoffarme Böden handelt, die kleinräumig starke Unterschiede in ihrem Nährstoffgehalt aufweisen. Dieser Aspekt sollte bei den Pflanzversuchen dringend berücksichtigt werden.
- Da die Mykorrhizierungsgrade, v.a. der Wald-Araukarien, aber auch der Campo-Araukarien für Freilandverhältnisse relativ hoch sind, könnte es sein, daß (wie in der Literatur häufig beschrieben) eine extreme Nährstoffarmut der Böden durch einen erhöhten Mykorrhizierungsgrad kompensiert wird.
- Mit Hilfe klassischer Methoden konnten bereits 16 verschiedene, mit *Araucaria angustifolia* vergesellschaftete, Pilzarten identifiziert werden.

Literatur

- Amaranthus, M.P. (1992). Mycorrhizas, forest disturbance and regeneration in the Pacific Northwestern United States. In: Mycorrhizas in ecosystems. Read, D.J., Lewis, D.H., Fitter, A.H., Alexander, I.J. (eds.), pp.202-207. CAB International, Cambridge, UK.
- Bonfante-Fasolo, P. (1984). Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. In: VA Mycorrhizae (eds. C.L. Powell and D.J. Bagyaraj). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA pp 5-33.
- Claassen, V.P., Zasoski, R.J. and B.M. Tyler (1996). A method for direct soil extraction and PCR amplification of endomycorrhizal fungal DNA. *Mycorrhiza* **6**: 447-450.
- Fähser, L. (1981). Die Bewirtschaftung der letzten Brasilkiefer-Naturwälder, eine entwicklungspolitische Aufgabe. – *Forstarchiv* **52**: 22-26.
- Fähser, L. (1995). *Araucaria angustifolia* III-1, Enzyklopädie der Holzgewächse 3/95.
- Gallaud, I. (1905). Études sur les mycorrhizes endotrophes. *Revue Générale de Botanique* **17**: 5-48, 66-83, 123-239, 313-325, 425-433, 479-500.
- Golte, W. (1993) *Araucaria* – Verbreitung und Standortansprüche einer Coniferengattung in vergleichender Sicht. – Franz Steiner Verlag Stuttgart.
- Hampp, R. and C. Schaeffer. (1995) Mycorrhiza – carbohydrate and energy metabolism. In: Mycorrhiza – Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology (eds. A.Varma and B. Hock). Springer-Verlag Berlin, Germany, pp.267-296.
- Harley, J.L. and S.E. Smith. (1983) *Mycorrhizal Symbiosis*. – Academic Press, London, UK.
- Janzen, D.H. (1988) The future of tropical ecology. *Annu. Rev. Ecol. Systematics***17**: 303-324.
- Johnson, N.C., and D.A. Wedin. (1997) Soil carbon, nutrients, and mycorrhizae during conversion of dry tropical forest to grassland. *Ecol. Appl.* **7**: 171-182.
- Milanez, F.R., and H. Monteiro. (1950). Nota prévia sobre a micorriza do pinheiro do paraná. *Arq. Serv. Flor.* **4**: 87-100.
- Millner P.D and R.J. Meyer. (1990). Analysis of amplified ribosomal DNA fragments from VAM fungi. Abstracts from the Eighth North American Conference on Mycorrhizae, 5-8 September, Jackson, Wyo, p210.
- Morton, J.B. (1988) Taxonomy of VAM fungi: classification, nomenclature, and identification. *Mycotaxon* **17**: 267-324.
- Morton, J.B. and G.L. Benny. (1990) Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* **37**: 471-491.
- Morton, J.B. (1993) Effects of mountants and fixatives on wall structure and Melzer's reaction in spores of two *Acaulospora* species (Endogonaceae). *Mycologia* **78**: 787-794.
- Oliveira, M. and A. Ventura. (1952) Ocorrencia de micorriza em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. E *Podocarpus lambertii*. *Edicols e Propaganda Serv. Flor.Est. S.P.#25,5 pp.*
- Phillips, J.M. and Hayman; D.S. (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. In: *Trans. Br. Mycol. Soc.* **55**, 158-161
- Raij, B., Quaggio, J.A., Cantarella, H., Ferreira, M.E. and Bataglia, O.C. (1987) Análise química do solo para fins de fertilidade; Instituto Agronômico, CPA, SA-SP, Fundação Cargrill, Campinas, SP, Brasil.
- Schwantes, H.O. (1996) *Biologie der Pilze*. UTB Verlag Eugen Ulmer.

- Seitz, R. (1983) Hat die Araukarie in Brasilien noch eine Zukunft? Allgemeine Forstzeitschrift Bd. **38**, Nr.6/7, 177-181.
- Simon, L., Lalonde, M., Bruns, T.D., (1992) Specific amplication of 18S fungal ribosomal genes from vesicular-arbuscular endomycorrhizal fungi colonizing roots. Appl. Environ. Microbiol. **58**: 291-295.
- Smith, S.E. and D.J. Read. (1997) *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. Academic Press, London, UK.

Teilprojekt 3

Organisatorische Leitung: **Prof. Dr. Wolfgang Tzschupke**
Fachhochschule Rottenburg - Hochschule für Forstwirtschaft

Entwicklung von Konzepten zur langfristigen und naturnahen agro-forstlichen Bewirtschaftung von Araukarienwäldern und Erschließung kurzfristiger Nutzungsmöglichkeiten in Wiederaufforstungszonen

In Übereinstimmung mit dem FE-Vertrag mit der Universität Tübingen vom 05.12.1997 wurden schwerpunktmäßig folgende 3 Themenbereiche bearbeitet:

- Ökologische Standortskartierung
- Naturnahe Wiederbewaldung unter Einbeziehung agro-forstlicher Nutzungsmöglichkeiten
- Vorbereitung einer Luftbildbefliegung

A. Ökologische Standortskartierung

Verantwortlich: Prof. Roland Irslinger

a. Untersuchung des Boden-Wasserhaushaltes repräsentativer Standorte

Aufgrund der Literatur kann davon ausgegangen werden, daß das Wachstum von Araukarien (*Araucaria angustifolia*) wesentlich von der Menge pflanzenverfügbaren Wassers im Boden abhängt. Dies bestätigen erste Beobachtungen auch im Versuchsareal.

Zur Entwicklung einer Strategie der Wiederbewaldung ist es erforderlich, Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Biomasseproduktion und Wasserhaushalt der Standorte zu erlangen. Erst dies wird es ermöglichen, entsprechend günstige Standorte auszuwählen und damit auch die vorhandenen Mittel mit dem geringstmöglichen Risiko einzusetzen.

Untersuchungen zum Wasserhaushalt einzelner Standorte sind damit die Grundlage für eine naturnahe, ökologisch sinnvolle und ökonomische Planung einer Wiederbewaldung mit Araukarien-Mischwald in standorttypischer Zusammensetzung.

1998 wurden hierüber zwei Diplomarbeiten angefertigt:

- Witterungsabhängige Dynamik der Bodenwasserspannung (Sabine Remmele);
- Standortabhängige Dynamik der (Andreas Pecho).

Die Ergebnisse zeigen, dass episodische Trockenperioden die Araukarie unter erheblichen Stress setzen können, der die Biomasseproduktion deutlich beeinflusst. Die dabei auftretenden Stresssituationen sind in starkem Umfang standortsabhängig. Im Rahmen einer Standortkartierung als Planungsgrundlage für eine Wiederbewaldung muss daher die Berücksichtigung des Wasserhaushaltes vorrangig erfolgen.

Untersucht wurden folgende Fragestellungen:

- Auf welchen Standorten ist die Wasserversorgung für *Araucaria angustifolia* nicht ausreichend/ bei welcher Witterung?
- Wurden die Standortseinheiten in Hinblick auf die Wasserversorgung richtig ausgewiesen? Welche Parameter müssen verstärkt beachtet werden (z.B. Exposition)?
- Beziehung Wassergehalt-Wasserspannung (pF-Kurve)

Methodik:

- Messen der Wasserspannung mit Hilfe von Tensiometern
- Messen verschiedener Klimaparameter

b. Entwicklung einer projektbezogenen Literatur-Dokumentation

Forschung erfordert gerade bei interdisziplinären Fragestellungen eine gute Informationsbasis. Die modernen Informationstechnologien ermöglichen es, die im Rahmen eines Forschungsprojektes gewonnene Literatur-Information rationell aufzubereiten, zu verwalten, zu dokumentieren und sie einer größeren Forschergruppe sowie der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen.

Die in 1998 fertiggestellte CD führt alle Literatur über Araukarien und für das DLR-BMBF-Projekt Araukarienwald zusammen, um jederzeit einen schnellen Zugriff auf alle verfügbaren Informationsressourcen zu haben. Daneben soll die in Verbindung mit dem Projekt stehende Literatur dokumentiert werden.

Die vorliegende 1. Auflage ist zweisprachig (deutsch-englisch) und wird 1999 um ein portugiesisches Sprach-Modul erweitert, um auch den brasilianischen Wissenschaftlern einen leichten Zugang zu ermöglichen. Diese CD wird zum Selbstkostenpreis von 10 DM an Interessenten abgegeben.

B. Naturnahe Wiederbewaldung unter Einbeziehung agro-forstlicher Nutzungsmöglichkeiten

Verantwortlich: Prof. Stefan Ruge

Am 9.3.1998 fand im Projektgebiet mit Vertretern der PUCRS, der Universidade Federal de Santa Maria, der Universidade Federal do Paraná (Curitiba), der Universität Tübingen und der Fachhochschule Rottenburg eine gemeinsame Besprechung mit Vortrag und Geländebegehung statt.

(Dokumentiert in einem Bericht über den Aufenthalt von Prof. R. Irslinger und Prof. S. Ruge in Südbrasilien in der Zeit vom 02.03. - 21.03.1998)

Hierbei wurden für 1998 die Versuche zur Wiederbewaldung mit verschiedenen Pflanzverbänden auf Grundlage der vorher erfolgten ökologischen Standortkartierung festgelegt.

Erstmals sollten Pflanzversuche mit Araukarien-Sämlingen (*Araucaria angustifolia*) auch auf Freiflächen (Campos) durchgeführt und Erva mate (*Ilex paraguariensis*) als kurzfristig landwirtschaftlich nutzbare Pflanze (agro-forstlicher Ansatz) in die Araukarien-Pflanzungen aus 1997 zwischengepflanzt werden.

Die Vorbereitung, Durchführung und Ergebnisse dieser Pflanzaktionen sind in einem Bericht ausführlich dokumentiert.

Die wichtigsten Ergebnisse:

Es wurden in der Zeit vom 14. - 24.04.1998 insgesamt 6.043 Araukarien und 1.832 Erva mate-Sämlinge auf 4,1 Hektar durch einen örtlichen Unternehmer gepflanzt. Die Pflanzenzahl war gegenüber der 1997 bestellten Menge erheblich geringer, weil es in der Baumschule viele Ausfälle gegeben hatte. Da großer Wert auf die Verwendung autochthonen Pflanzmaterials gelegt wird, wurde auf den Zukauf weiterer Pflanzen unbekannter Herkunft verzichtet.

Sowohl die Pflanzungen aus 1997 und als auch die neuen aus 1998 wurden genau dokumentiert unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Krankheitssymptome und Ausfallerscheinungen.

Darüberhinaus wurde ein Versuch zur Aussaat von Araukarien-Samen als Grundlage für weitere Aussaaten im Jahr 1999 angelegt.

Für zwei Diplomarbeiten wurden die Aussenaufnahmen durchgeführt:

Baaske, Ralf: "Artenzusammensetzung und Struktur eines Sekundärwaldbestandes der südbrasilianischen Araukarienregion am südöstlichen Planaltorand in Rio Grande do Sul"

Ziel der Diplomarbeit war die Erfassung der Artenzusammensetzung und der Struktur eines stark exploitierten Waldbestandes im Bereich der Waldformation "Floresta ombrófila mista". Ein 0,32 ha großer Bestand wurde in 32 Quadrate eingeteilt, und jeder Baum über eine Gluppschwelle von 4 cm BHD lagegenau eingemessen. Die Vegetation wurde zusätzlich mit der Methode von Braun-Blanquet tabellarisch ausgewertet. Aus den aufgenommenen Daten konnten Standortkarten erstellt werden, die eine Interpretation der Waldstruktur zuließen.

Ergebnisse: Der Bestand kann in zwei Teilbereiche, die reich strukturierten Altbestände und die wesentlich einfacher aufgebauten Jungwuchsbestände untergliedert werden. Als Kennarten für die Jungwuchsbestände erwies sich die Baumart *Sapium glandulatum* (Euphorbiaceae). *Araucaria angustifolia* stellte sich in dieser Formation als Differentialart einer Untergruppe mit *Pteridium aquilinum* heraus. Die Altbestände bestehen neben zahlreichen Myrtaeen aus Lauraceen einzelnen Araukarien und baumartigen Asteraceen.

Insgesamt wurden 42 Gehölzarten im Untersuchungsbestand festgestellt. Darunter auch die Wertholzart *Ocotea catarinensis*, die bisher aus dem Gebiet noch nicht bekannt war.

Noack, Wolf: „Vegetationskundlich-standörtliche Untersuchung ehemaliger Weideflächen in Rio Grande do Sul, Brasilien“

Auf einer ehemaligen Weidefläche im Gelände wurden zwei Transekte eingelegt und in den Teilflächen pflanzensoziologische Aufnahmen nach Braun-Blanquet durchgeführt. Es wurden ca. 60 Gehölzarten erfaßt und bestimmt. Ergänzend dazu wurden auf jeder Teilfläche Bohrproben genommen und die wichtigsten standörtlichen Parameter erhoben.

Die Diplomarbeit beschäftigt sich mit den Beziehungen zwischen Standort und Vegetation, wobei mögliche Zeigerfunktionen einzelner Pflanzenarten herausgearbeitet werden sollen.

Mit der Fertigstellung dieser beiden Arbeiten ist im Spätsommer 1999 zu rechnen.

Ferner wurden im Zusammenhang mit der Wiederbewaldung folgende Berichte verfaßt:

Noack, Wolf: - Bericht über die Anfertigung einer Arbeitskarte
- Herbarisieren

Baaske, Ralf: - Vegetationskundliche Auswertung der Standortkartierung
- Anlegen eines botanischen Lehrpfades

Außerdem legte ein Praktikant, Markus Klußmeier, ein Versuchsbeet zur Stecklingsvermehrung von *Bragatinga (Mimosa scabrella)* an.

Als fachliche Berater standen uns Prof. Dr. Rudi Arno Seitz von der Forstlichen Fakultät der Universidade Federal do Paraná (Curitiba) und verschiedene Kollegen der Universidade Federal de Santa Maria, Engenharia Florestal, zur Verfügung.

C. Vorbereitung einer Luftbildbefliegung

Verantwortlich: Prof. Dr. Wolfgang Tzschupke

Aufgrund der fehlenden Erschließung des Projektgebietes gibt es keine detaillierten und sicheren Kenntnisse über die aktuell vorkommenden Vegetationsformen; ein wesentliches Ziel des Untersuchungsprogrammes ist daher die Durchführung einer entsprechenden luftbildgestützten Inventur.

Nach Klärung der formalen Voraussetzungen und Eingrenzung des phänologisch und meteorologisch günstigsten Befliegungszeitpunktes (Dezember bis Februar) konnte daher vor wenigen Wochen (Dezember 1998) im Auftrag des Projektverantwortlichen von der PUCRS der Befliegungsauftrag an die brasilianische Firma AEROSUL in Curitiba vergeben werden. (AEROSUL hatte im Rahmen einer Submission das eindeutig günstigste Angebot abgegeben.)

Die Befliegung für Luftbildaufnahmen auf dem bei Vegetationskartierungen bewährten Infrarotfarbfilm von KODAK hat am 18. Januar 1999 bei guten Wetterverhältnissen stattgefunden. Die Überprüfung der Bildqualität und die danach mögliche Abnahme des Bildmaterials ist für Anfang März 1999 vor Ort vorgesehen. Anschließend können dann die weiteren Auswertungs- und Kartierarbeiten begonnen werden.

Voraussetzung für eine genaue kartografische Auswertung der Luftbilder ist eine entsprechende Entzerrung der Bilder und ihre Einpassung in das brasilianische Koordinatennetz. Aufgrund des Fehlens ausreichend genauer topografischer Karten und natürlicher oder künstlicher Passpunkte musste vor Beginn der Luftbildbefliegung eine ausreichend dichte Netz neu ausgelegt und mittels GPS georeferenziert werden. Diese Arbeit wurde im November 1998 von Markus Klein, Markus Maier und Rainer Wagelaar mit Unterstützung von Mitarbeitern der PUCRS ausgeführt.

Es ist beabsichtigt, die Entzerrung des Luftbildmaterials in den kommenden Wochen bzw. Monaten in Zusammenarbeit mit dem Institut für Photogrammetrie der Fachhochschule Karlsruhe durchzuführen. Parallel hierzu soll vor Ort die eigentliche Bildinterpretation erfolgen.

D. Vergleich des Standes des Vorhabens mit dem geltenden Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan

Alle oben aufgeführten Arbeiten entsprechen dem Arbeitsplan.

Der Zeitplan wurde ebenfalls weitestgehend eingehalten mit Ausnahme der Befliegung. Hierfür mußten zunächst umfangreiche Passpunkt-Markierungsarbeiten im Gelände durch unseren forstlichen Projektkoordinator, Markus Maier, durchgeführt werden. Diese Markierungen wurden im November/Dezember von unseren Kollegen R. Wagelaar und M. Klein per GPS eingemessen.

Die Befliegung fand am 18.01.1999 statt.

Abschließende Feststellungen

- a. Gründe, aus denen sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraumes gegenüber dem geltenden Antrag geändert haben, liegen nicht vor.**
- b. Die Zielsetzung wurde nicht geändert.**
- c. Hinweise auf Ergebnisse, die inzwischen von dritter Stelle bekannt wurden und die für die Durchführung des Vorhabens von Bedeutung sind, gibt es keine.**

Anmerkungen

Zurzeit promoviert Herr Max Steinbrenner an der Forstlichen Fakultät der Universität Freiburg über Araukarien-Sekundärwälder in Südbrasilien: Probleme und Möglichkeiten ihrer Bewirtschaftung.

Herr Steinbrenner wird von Prof. Dr. Rudi A. Seitz, Forstfakultät der Federalen Universität Curitiba, betreut. Wir besuchten die dortigen Versuchsflächen im März 1998. Mit Abgabe dieser Dissertation ist im April 1999 zu rechnen. Diese Arbeit wird von großem Interesse für unser Projekt sein, da die Aufnahmen unter ähnlichen Standort-Bedingungen gemacht wurden.

- d. Angaben über inzwischen vom Zuwendungsempfänger oder eingeschalteten Dritten in Anspruch genommenen Erfindungen, vorgenommenen Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte sowie sonstiger Neuerungen und Verbesserungen liegen nicht vor.**

Ausblick

Wesentliche Teilbereiche der ursprünglichen Planung für DLR-BMBF-Projekte in der südlichen Araukarienwald-Region der Mata Atlântica können erst realisiert werden, wenn der entsprechende Antrag der PUCRS in Verbindung mit den Federalen Universitäten in Porto Alegre und Santa Maria anläuft. Wir gehen davon aus, daß dies in der 2. Jahreshälfte 1999 der Fall sein wird.

Die Bereiche Anthropogeographie und sozioökonomische Diagnostik liegen in Antragsform als Teilprojekt 4 für ENV 56 bereits vor, ausgearbeitet von Herrn Prof. Kohlhepp. In Verbindung mit dem entsprechenden Teilprojekt der brasilianischen Partner sollte dieser Sektor aufgrund seiner großen Bedeutung für die regionale Entwicklung unbedingt und baldmöglichst gefördert werden. Speziell eine gezielte Planung und Unterstützung des Ökotourismus wird vom Munizip São Francisco de Paula dringend erwartet. In Verbindung mit den erforderlichen Schutzmaßnahmen innerhalb des Biosphären-Reservats „Mata Atlântica in Rio Grande do Sul“ und einer nachhaltigen Entwicklung dieser Gemeinde wurde im Berichtszeitraum ein vorläufiger Aktionsplan verabschiedet (Richter 1998). Er geht wesentlich auf einen Workshop im Juni 1997 zurück, an dem die PUCRS und auch Vertreter der Universität Tübingen teilnahmen.

Das bei verschiedenen Gelegenheiten bekundete Interesse von Grundbesitzern, vor allem heute weitgehend „waldlosen“ Waldbauern, an den Zielen dieses DLR-BMBF-Projektes, nämlich einer naturnahen Wiederbewaldung der Serra Gaúcha-Höhenlagen, ist erfreulich groß. Auch die bislang für das Ökosystem Araukarienwald bisher noch nie erprobten Möglichkeiten anderer, vor allem kurzfristig profitabler Nutzungen, stoßen auf größtes Interesse. Wir haben 2 der geplanten Projektansätze in dieser Richtung bislang aufgegriffen: Anreicherung und künftig schonende Blatternte von Mate-Sträuchern sowie Waldimkerei. Beide befinden sich in der Anlauf- bzw. Vorbereitungsphase, so daß darüber noch keine konkreten Ergebnisse berichtet werden können. Als drittes kommt die Förderung des Ökotourismus dazu. Hier wird in Kürze der erste, die Amphibien behandelnde Naturführer vorliegen und eingesetzt werden. Weiter ist die Anlage eines Waldlehrpfades für das Jahr 1999 geplant. Es bleibt abzuwarten, wie rasch dies zu einer Verbesserung der Einkommenslage in der Region führen kann.

Veröffentlichungen

- Blochtein, B., Engels, W., Hartfelder, K., Wilms, W. (1998) The Araucaria Forest, Southern Mata Atlântica, Rio Grande do Sul: Ecosystem Function, Natural Reforestation and Sustainable Development. Abstracts III. Workshop SHIFT, 15.-19.3.1998, Manaus, Brasilien
- Blochtein, B., Engels, W., Hartfelder, K., Wilms, W. (1999) The Araucaria Forest, Southern Mata Atlântica, Rio Grande do Sul: Ecosystem Function, Natural Reforestation and Sustainable Use. Proceedings III. Workshop SHIFT, Manaus, Brasilien, im Druck
- Blochtein, B., Wendel, L., Wilms, W., Zillikens, A., Engels, W. (1999) Bestäuber-Gilden sozialer Bienen im neotropischen Regenwald. *Apidologie* **30**: im Druck
- Einig, W., Mertz, A., Hampp, R. (1999) Growth rate, photosynthetic activity, and leaf development of Brazil pine seedlings (*Araucaria angustifolia*). *Plant Ecology*, im Druck
- Engels, W., Wilms, W. (1998) Bienen und ihre Bäume: Diffuse Coevolution im neotropischen Regenwald (Hymenoptera, Apidae). Beitr. Hymenopteren-Tagung Stuttgart, S. 5
- Irslinger, R. (1998) Pró Mata Literatur-Datenbank - Rio Grande do Sul, Brasilien. CD-ROM. In: Fachhochschule Rottenburg - HOCHSCHULE FÜR FORSTWIRTSCHAFT, Schriftenreihe Bd.11, ISBN 0940-3698
- Kwet, A., Di-Bernardo, M. (1998) *Elachistocleis erythrogaster*, a new microhylid species from Rio Grande do Sul, Brazil. *Stud Neotrop Fauna & Environm* **33**: 7-18
- Kwet, A., Di-Bernardo, M. (1999) Amphibien. Naturführer, EDIPUC, Porto Alegre, 136 S.
- Leistikow, C., Wilms, W. (1997) Hummeln als Besucher von Blüten mit poriziden Antheren im Pró-Mata-Areal des südbrazilianischen Araukarienwaldes. Kurzpub. IUSI-Tagung, Graz, S. 64
- Richter, M. (1998) Conservação da biodiversidade & desenvolvimento sustentável de São Francisco de Paula. EDIPUCRS, Porto Alegre, 106 S.
- Wendel, L., Wilms, W. (1997) Sammelstrategie sozialer Bienen - diffuse Coevolution mit massenblütigen Bäumen: Fallstudie Araukarienwald, Südbrazilien. Kurzpub. IUSI-Tagung, Graz, S. 94
- Wilms, W., Wendel, L., Zillikens, A., Blochtein, B., Engels, W. (1997) Bees and other insects recorded on flowering trees in a subtropical *Araucaria* forest in southern Brazil. *Stud Neotrop Fauna & Environm* **32**: 220-226
- Wilms, W., Ramalho, M., Wendel, L. (1997) Die Stachellosen Bienen und die Afrikanisierten Bienen in dem Mata Atlântica-Tropenwald von Brasilien. Kurzfass. XXXV. Intern. APIMONDIA-Kongress, Antwerpen, S. 78
- Wilms, W., Wendel, L. (1997) Afrikanisierte Honigbienen heute in der Apifauna des brasilianischen Küstenregenwaldes etabliert. *Apidologie* **28**: 200-202

Präsentationen

Jährlich im Mai veranstaltet die Gemeinde São Francisco de Paula ihr Araukarien-Fest, es dient u. a. der Tourismus-Werbung. Neuerdings ist die Zielrichtung dabei der Öko-Tourismus, bewußt abgesetzt von den Angeboten des Luxustourismus der Nachbargemeinden Gramado und Canela. Die PUCRS wird immer eingeladen, bei dieser Gelegenheit ihre in der Region der Serra Gaúcha laufenden Forschungsprojekte vorzustellen. Wir haben uns hieran 1997 und 1998 beteiligt, gleiches ist für die Veranstaltung vom 7. - 9. Mai 1999 geplant. Auf dem gemeinsamen Stand liegen immer Unterschriftenlisten aus, in denen Bürger und Besucher sich eintragen und ihr Interesse an bestimmten Präsentationen und Projekten bekunden können. Erfreulicherweise haben jeweils weit über 1000 Namen auf der Tübingen-Liste gestanden.

Danksagung

Unser Projekt Araukarienwald ENV 56 wird z. Zt. noch einseitig aus Mitteln des BMBF finanziert. Unsere Partneruniversität PUCRS ist jedoch bemüht, in Kürze ebenfalls für das parallele Projekt aus CNPq-Mitteln eine Förderung zu erhalten. Für wirksame Unterstützung bei der Planung und Durchführung des Projektes innerhalb der Forschungsschwerpunktregion 4 „Mata Atlântica“ danken wir Herrn Prof. Dr. Lieberei, Universität Hamburg, Herrn MR Dr. Keil, BMBF Bonn, Herrn Dr. Stüttgen, BEO Jülich und Herrn Dipl.-Ing. Bianchi, GKSS Geesthacht. Unsere Zusammenarbeit mit der Partneruniversität wird dankenswerterweise seit Jahren vom Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Baden-Württemberg gefördert, wir danken Herrn Minister von Trotha und Herrn MR Dr. Wenner. Für die Realisierung unseres Projektes war auch die Unterstützung seitens des Rektorats und der Zentralen Verwaltung der Universität Tübingen entscheidend, stellvertretend für die vielen daran Beteiligten seien hier nur der Rektor, Herr Prof. Dr. Ludwig, und der Prorektor für Forschung, Herr Prof. Dr. Mecke, genannt. Ab Juni 1998 hat Frau Dr. Anne Zillikens als Leiterin der Tübinger Biologischen Forschungsstation an der PUCRS in Porto Alegre alle Projektarbeiten und insbesondere unsere Studierenden in umfassender Weise unterstützt. Die perfekte Zusammenstellung dieses Berichtes besorgte Dipl.-Biol. Sabine Heinle.

In Porto Alegre erfuhr unser Projekt dankenswerterweise ebenfalls wirksame Unterstützung sowie vielfache technische und administrative Hilfen. Namentlich genannt seien hier der PUC-Rektor, Herr Prof. Dr. Rauch, der Prorektor für Forschung, Herr Prof. Dr. Zilles, die Direktoren bzw. Dekane der Biowissenschaften, Herr Prof. Dr. Thomé und Frau Prof. Clarice Prade Carvalho, Herr Museumsdirektor Prof. Dr. Jeter Bertolotti und sein Vertreter, Herr Eng. Agr. Mario Teixeira und vor allem Frau Prof. Dr. Betina Blochtein in ihrer Funktion als wissenschaftliche Direktorin des Waldschutzgebietes. Bei der Lösung vieler Einzelprobleme war es sehr hilfreich, daß wir auch über Kooperations-Abkommen mit den Universitäten UFRGS und UFSM sowie der Zoologisch-Botanischen Stiftung (FZB) verfügen. In der Zusammenarbeit mit den zuständigen Ministerien und Behörden in Porto Alegre, insbesondere mit der IBAMA, erfuhren wir stets Hilfsbereitschaft, besonderen Dank schulden wir Herrn Arturo Sologo von der unserem Versuchsgelände benachbarten IBAMA-Flona für die Anzucht des Pflanzmaterials. Von großer logistischer Bedeutung war die fortlaufende und wirksame Unterstützung durch Bürgermeister und Verwaltung des Munizips São Francisco de Paula.

F.d.R.d. Zusammenstellung:

Tübingen, den 30.4.1999

(Prof. Dr. Wolf Engels)