

Ber. Naturhist. Ges. Hannover	145	27–73	Hannover 2003
-------------------------------	-----	-------	---------------

Das Regenwaldhaus im Berggarten zu Hannover und die Mata Atlântica in Brasilien

von
JOACHIM KNOLL
mit 10 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung.

Im folgenden Beitrag wird ein Überblick über die Geschichte und Biogeographie der Mata Atlântica, des Atlantischen Bergregenwaldes in Brasilien, gegeben. Die Mata Atlântica ist das Vorbild für die Gestaltung des Regenwaldhauses in Hannover-Herrenhausen, das seit dem Jahr 2000 den Besuchern einen Eindruck von der ökosystemaren Struktur und Artenfülle eines tropischen Regenwaldes vermittelt.

Summary.

In this article a review about history and biogeography of the Mata Atlântica is given, the mountaneous tropical rain forest along the Atlantic coast of Brazil. The Mata Atlântica is the model for the designing of the "Regenwaldhaus" in Hannover-Herrenhausen. Since 2000, an impression and an overview of a tropical rain forest ecosystem and its biodiversity is given there to the public.

1. Einführung

Tropische Regenwälder. Weite Bereiche der Großlebensräume zu beiden Seiten des Äquators zwischen dem Wendekreis des Krebses im Norden ($23^{\circ} 27'N$) und dem Wendekreis des Steinbocks im Süden ($23^{\circ} 27'S$) sind sowohl in Afrika wie in Südostasien und Südamerika von tropischen Regenwäldern bedeckt. Potentiell nehmen sie eine Fläche von 17 Millionen Quadratkilometern ein, was ungefähr 11,5% der Erdoberfläche entspricht. Diese Wälder bilden das äquatoriale Zonobiom (WALTER & BRECKLE 1984), wo es immer feucht ist und hohe Temperaturen herrschen ohne Jahreszeiten wie in den gemäßigten Zonen. Zur horizontalen Gliederung tritt in den Gebirgen eine vertikale Abfolge von Lebensräumen mit Nebel- und Wolkenwäldern in den hohen Lagen, so daß weltweit zahlreiche Typen von Regenwäldern unterschieden werden können. Und weil wesentliche geographische Verhältnisse auf den genannten Kontinenten vergleichbar sind, sind die Ökosysteme, die Lebensformen und Vegetationstypen in den jeweiligen Regenwäldern einander recht ähnlich, entsprechen sich aber nicht in jeder Hinsicht in ihrem Artenspektrum. Denn die tropischen Regionen haben eine jeweils unterschiedliche erdgeschichtliche Vergangenheit, wodurch ein Austausch von Pflanzen- und Tierarten über lange Zeiträume verhindert oder erschwert wurde, so daß sich Pflanzen- und Tiergesellschaften unabhängig voneinander in unterschiedliche Richtungen entwickeln konnten. Aus diesem Grunde gibt es auf Sumatra keine Kolibris und

in Brasilien keine Orang Utans. Welchen Regenwald man immer auch betrachtet, er wird sich als ein vielfältiges Mosaik von Lebensräumen darstellen, die außer durch das Klima durch die speziellen Bodenverhältnisse und nicht zuletzt auch durch den Menschen geprägt sind.

Artenvielfalt. In Brasilien verläuft der Äquator nördlich des Amazonas im Einzugsgebiet des Stromes mitten durch die Tieflandregenwälder Amazoniens, aber darüber hinaus gibt es deutlich von dieser Region getrennt Bergregenwälder an der Atlantikküste, die Mata Atlântica im Volksmund der Brasilianer, im Südosten des Landes gelegen. Beiden gemeinsam ist ein scheinbar unerschöpflicher Reichtum an Arten, mit dem sie sogar den der Korallenriffe übertreffen. Nach heutiger Auffassung stellen die Regenwälder die komplexesten Landökosysteme dar, welche die Erde je hervorgebracht hat, und sie sind damit ein kostbares Naturerbe für die ganze Menschheit, "die stolzen Regenwälder sind wahrhaft die Krone der Schöpfung" (WHITMORE 1993).

Wenn man davon ausgeht, daß immer noch 7% der Erdoberfläche von tropischen Regenwäldern bedeckt sind, in denen an die 50-70% aller die Erde bewohnenden Arten vorkommen, dann darf sich Brasilien mit einem Anteil von etwa 30% an diesen Wäldern sicherlich einer besonderen Artenvielfalt rühmen. 85.000 Arten von Blütenpflanzen gibt es schätzungsweise allein in den amerikanischen Tropen (GENTRY 1982, zitiert nach KRICHER 1999). Der deutsche Forschungsreisende Johann Baptist Ritter von Spix war überwältigt von der vielfältigen Vegetation der Küstenberge bei Rio de Janeiro, und allein die von ihm aufgezählten Namen und Natureindrücke lassen den Leser auch heute noch eine Landschaft vielfarbiger Exotik erwarten:

"Das Andenken an Europa verlor sich indessen immer mehr, je weiter wir die regelmäßigen Straßen der Stadt hinter uns ließen, und in der freyen, majestätisch schönen Natur standen. Die wogenden Palmen und Bananen, die Hügel mit Melastomen, Mikanen, Malven, Crotonen, die Abhänge mit Aloe und Cactus, die Ebenen mit Gesträuchen von Mimosen, Cassien, Lantanen, Bougainvillen, Asklepiaden, Zwergbäumen von Cuyaba und Caju, Grumiramen und anderen lieblichen Myrthen, durch die summenden, vielfarbigen Kolibris belebt und von den an Gestalt und Prachtfarben mannigfaltigsten Schmetterlingen umschwärmt, der sich gegen das Gebirg hinaufziehende, wildschöne, ewiggrüne und kühle Urwald von ungeheuer hochstämmigen, an der Krone in Äste und Blätter sich ausbreitenden, zur Zeit der Liebe mit Blüten überschütteten Bäumen – der Cäsalpinen, Lecythen, Geoffräen, Cedrelen, Lorbern, Feigen usw., die hoch von den Ästen herab sich schlängelnden Lianen, die mit weißen, gelben, rothen, blauen Blüthen prangenden Passifloren, Bignonien, Paulinien und Clusien, welche nebst den Arum-Arten, und der wohlriechenden Vanille, in den herrlichsten Girlanden die Stämme der Bäume verzieren; die Helkonien, die baumartigen Farrenkräuter und majestätischen Palmen, welche gleich Gräsern den Boden bedecken; das Heer der verschiedensten Arten von Vögeln, Schmetterlinge usw., in der Pracht der Farben und des Glanzes mit der Sonne wetteifernd,

und durch ihre sonderbaren Töne das menschliche Ohr bezaubernd; alles fesselte unsere Blicke und ließ uns bey der gänzlichen Verschiedenheit der Pflanzen und Thiere fühlen, daß wir uns in einem neuen, üppigeren und durch seine Natur schöneren Welttheile als Europa befanden" (zitiert nach FITTKAU 1995).

Von vielen Reisenden, die Südamerika gründlich kennenlernen konnten, wie Alexander von Humboldt oder Alfred Russel Wallace, wurde die tropische Artenfülle, das "Luxurieren" der Tropenflora und Tropenfauna, als Ausdruck eines Überflusses angesehen, aber heute vertreten namhafte Wissenschaftler eher die Auffassung, daß Waldökosysteme der feuchten Tropen wohl zutreffender die Antwort der Evolution auf einen eklatanten Mangel sind, auf den Mangel an Mineralsalzen nämlich (REICHHOLF 1995, WILSON 1995). Was sich in diesen Wäldern als unerschöpfliche Mannigfaltigkeit darstellt und doch in ihrer Geschichte – im Bild gesprochen – eher einer "Flucht nach vorn" entsprach, befindet sich in der Gefahr, unwiederbringlich verloren zu gehen.

Weltweite Vernichtung der tropischen Regenwälder. Die ursprüngliche Vielfalt der Regenwälder existiert heute nicht mehr, und die Menschheit ist tatsächlich im Begriff, einen unersetzlichen Schatz zu verlieren. 1975 gab es weltweit von den einstigen 17 Millionen Quadratkilometern Regenwald nur noch ca. 12 Millionen und im Jahr 2000 noch knapp 10 Millionen (WHITMORE 1993). Allein in Amazonien gehen alljährlich 25.000 bis 30.000 Quadratkilometer durch Holzeinschlag und zur Gewinnung von Siedlungsland verloren, was der Größe Belgiens entspricht. Und bei optimistischer Schätzung sind von der Mata Atlântica, dem Atlantischen Bergregenwald, noch 12% übrig, in möglicherweise realistischeren Schätzungen werden Zahlen zwischen 1 und 5% genannt (KRICHER 1999). Ausgesprochen pessimistische und hoffentlich nicht zutreffende Prognosen gehen sogar davon aus, daß die Lebensgemeinschaften der Regenwälder in den nächsten zwei oder drei Jahrzehnten endgültig verschwunden, sicherlich aber nachhaltig zerstört sein werden. Es gab im Verlauf der Erdgeschichte mehrfach natürliche Katastrophen, die zur Vernichtung großer Tier- und Pflanzengruppen führten und die normale Aussterberate erheblich übertrafen. Heute ist der Gedanke nicht so abwegig, daß der Einfluß des Menschen auf die Tropenwälder einer Katastrophe zumindest sehr nahe kommt. Vor allem wird befürchtet, daß die Brandrodungen in Amazonien zur Vermehrung des CO₂-Gehaltes in der Erdatmosphäre und damit zur Verstärkung des globalen Treibhauseffektes beitragen.

Das Regenwaldhaus in Hannover (Abb. 1). Mit der Planung und dem Bau des Regenwaldhauses in Hannover verband sich auch die Absicht, ein Zeichen zu setzen und mit dieser Einrichtung darauf hinzuweisen, daß dem unaufhaltsamen Raubbau an den Regenwäldern der Erde ein Ende gesetzt werden muß oder daß er zumindest erheblich verlangsamt wird, denn mit den Wäldern verschwinden unzählige Arten von Pflanzen. Dadurch wird unsere Erde ärmer, nicht zuletzt auch an genetischer Information.

Als das Regenwaldhaus geplant und eingerichtet wurde, orientierte man sich an den Küstenregenwäldern unweit der Megacities Rio de Janeiro und São Paulo. Dieser Mata Atlântica genannte Küstenwald lieferte gewissermaßen das Modell für das Tropenhaus in Hannover. Es wurden repräsentative Arten der dort immer noch vorhandenen vielfältigen Pflanzenwelt ausgewählt, gesammelt und schließlich gepflanzt. Viele Arten waren nur mit großen Schwierigkeiten beschaffbar, und manche mußten aus Samen herangezogen werden, andere stammen aus den Pflanzenschätzen des Berggartens in Hannover oder wurden von Zuchtbetrieben erworben.



Abb. 1. Das Regenwaldhaus im Berggarten Hannover.

Dachte man an die Wälder der Mata Atlântica, weil in Rio de Janeiro im Jahr 1992 Vereinbarungen über den nachhaltigen Umgang mit der Biosphäre beschlossen wurden? Oder dachte man an diese Wälder, weil es bei ihnen längst fünf vor zwölf ist, weil es sie in ihrer ursprünglichen Form kaum noch gibt und selbst die vorhandenen Nationalparke größtenteils keine Primärwälder sind? Auf der Konferenz in Rio de Janeiro 1992 wurde in die Konvention über die Biologische Vielfalt (CBD) auch die Forderung nach fairen Regeln für die Nutzung der genetischen Ressourcen aufgenommen. Die Ziele dieses Übereinkommens sind die Erhaltung der Biologischen Vielfalt, die nachhaltige Nutzung ihrer Elemente und die ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen ergebenden Vorteile.

Aber vielleicht standen in Hannover auch pragmatische Überlegungen im Vordergrund. Es mußte ein Typus des Regenwalds sein, den man mit einer ausgewählten Artenvielfalt auch unter künstlichen Bedingungen vorstellen konnte. Und nicht zuletzt sollte auch das Klima in diesem Haus für die Besucher

erträglich sein, und dazu hätte sich eine Orientierung an den Tieflandregenwäldern Amazoniens weniger geeignet. Oder sollte es doch derjenige Regenwald sein, in dessen Nähe das Volkswagenwerk, der großzügigste Sponsor des Regenwaldhauses, in Brasilien eine Autofabrik betreibt? Ein Ziel scheint erreicht worden zu sein, denn mancher Besucher sagt schon mal: "Hier ist es wie im Urwald".

Eine Absicht der Planer und Betreiber des Regenwaldhauses über eine emotional-sinnliche Anmutung durch die Atmosphäre des Hauses hinausgehend ist die Aufklärung der Besucher über die natürlichen Prozesse und die wechselseitigen Beziehungen der Organismen in einem tropischen Regenwald-Ökosystem. Der Besucher muß dazu nicht in allen Einzelheiten wissen, was im Regenwaldhaus anders ist als im brasilianischen Bergregenwald. Aufgeklärt über die Schönheit, die Bedeutung und die Unwiederbringlichkeit dieser Wälder sollte er zumindest darüber nachdenken, wo die Möglichkeiten und die Grenzen zu suchen sind, wenigstens Teile dieser Landschaften zu erhalten.

Vielen Menschen gelten Regenwälder als Ausdruck ursprünglicher Wildnis, auch wenn sie diese niemals aus eigener Anschauung kennengelernt haben. Und so ist das Interesse für "Wald-Wildnis" häufig geprägt durch romantisch-pittoreske Naturbilder von Landschaften, die durch die Eingriffe des Menschen längst tiefgreifend verändert worden sind. Die Begegnung mit dem wirklichen Regenwald kann faszinierend, aber auch beklemmend sein:

"Die phantastischen Pflanzenformen, die Fülle und der Reichtum der Gestalten verwirren unseren Sinn, sobald wir ins dunkle Waldhaus eingetreten sind. Dieser tropische Wald hat für den Neuling etwas Feindseliges, Drohendes. Es lebt viel Unheimliches, das Gemüt Bedrückendes in seinem unbekannten Wesen. In dunklen schweigenden Wölbungen irrt der Fuß nur langsam vorwärts. Armdicke, holzige Schlingpflanzen versperren ihm heimtückisch den Weg, steile Wurzeln treten ihm hinterlistig entgegen. Die dicke schwüle Luft beengt den Sinn, die unheimliche Stille preßt das Herz zusammen, das dumpfe Licht erregt Furcht und Angst. Krampfhaft suchst du mit den Augen nach einem Ausblick" (WAIBEL 1928, zitiert nach BREMER 1999).

In der vorliegenden Darstellung werden in knapper Form ergänzende Informationen zur Geologie und zum Klima der Region zusammengefaßt, über die Pflanzen und Tiere der Mata Atlântica, ihre Beziehungen untereinander und wie die natürlichen Ökosysteme einerseits die Existenz der Menschen dort sicherten und gleichzeitig durch sie gefährdet und vernichtet wurden. Einige Bemerkungen zu den Formen heutiger Nutzung waren daher notwendig. Um die Darstellung farbiger zu gestalten, wurden zeitgenössische und historische Autoren zitiert, die ihren Blick in sehr unterschiedlicher Weise auf diese Regenwälder richteten. Die Zitate zeigen, daß die Anfänge der aktuellen Probleme mit den Regenwäldern bereits in der Vergangenheit vorhanden waren.

2. Die Erforschung der Regenwälder Brasiliens

An der Erforschung Brasiliens waren in den vergangenen Jahrhunderten zahlreiche Europäer beteiligt. Vom 26. Dezember 1541 bis zum 26. August 1542 dauerte die unfreiwillige Reise des Francisco de Orellana auf dem Flußsystem des Amazonas vom Lager des Pizarro nach Osten bis zur Mündung des Stromes in den Atlantischen Ozean. Und in die Gegend des heutigen Rio de Janeiro verschlug es in den fünfziger Jahren des 16. Jahrhunderts Hans Staden, einen hessischen Landsknecht, der in die Hände menschenfressender Tupinamba-Indianer geriet und nur mit viel Glück gerettet werden konnte. Er lieferte in seinem Reisebericht von 1556 eine frühe Beschreibung des Gebietes, auch wenn der besondere Wert seiner Schrift eher in seinen völkerkundlichen Beobachtungen liegt.

"Amerika ist ein grosses Land. Hat viel Geschlecht wilder Leut, dieselbigen haben viel Veränderung der Sprache, und sind viel seltsamer Tier, ist lustig anzusehen. Die Bäume sein allezeit grün, hat kein Gehölze, das dieser Art Gehölze gleich sei. Die Leute gehen nackt. (...) Es hat ein Gebirge, reichet auf drei Meilen nahebei das Meer, auf Oertern weiter, auch wohl näher (...)"
(STADEN 1556, zitiert nach LEHMANN-NITSCHKE 1921).

Bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts mußte man, was die Fauna und Flora betrifft, auf den Bericht des Kartographen und Astronomen Markgraf zurückgreifen.

Im 19. Jahrhundert waren zahlreiche Forscher in Südamerika unterwegs und schufen die Grundlagen für unser heutiges Wissen über die Ökosysteme in diesem Subkontinent. Die Reisen Alexander von Humboldts in den Jahren 1799 bis 1804 führten vor allem in das nördliche und nordwestliche Südamerika, es war ihm nicht erlaubt worden, seinen Fuß auf brasilianischen Boden zu setzen. Dennoch wurde Brasilien beinahe zu einer Domäne deutscher Botaniker und Zoologen.

Am Anfang der Reihe deutscher Naturforscher, die im 19. Jahrhundert zur besseren Kenntnis Brasiliens beitrugen, steht Maximilian Prinz zu Wied-Neuwied, dessen Interesse an den Naturwissenschaften und dem Leben von Naturvölkern bereits zu Beginn seiner Studienzeit in Göttingen geweckt wurde. Er reiste in den Jahren 1815-1817 in Begleitung des Ornithologen Georg Wilhelm Freyreiss und des Botanikers Friedrich Paul Sellow durch Brasilien, hielt seine Beobachtungen in Worten und Skizzen fest und trug eine umfangreiche Sammlung zusammen. Den Prinzen zog es besonders in das Hinterland zwischen Rio de Janeiro und Bahia, und er traf dort noch auf eine indianische Bevölkerung, die heute längst ausgerottet ist. Es entstand sein zweibändiges Reisebuch "Reise nach Brasilien 1815 – 1817". Von 1825 bis 1833 erschien dann noch ein vierbändiges Werk "Beiträge zur Naturgeschichte Brasiliens". Die Liane *Neowedia speciosa* trägt seinen Namen und erinnert an seine Reisen, die ihn später auch nach Nordamerika führten.

Von 1815 bis 1818 befand sich der Dichter und Botaniker Adelbert von Chamisso auf einer Forschungsreise rund um die Erde mit dem russischen Schiff

„Rurik“. Die kurze Zeit vom 12. bis zum 28. Dezember verbrachte er in Brasilien auf der Insel Santa Catarina. Ebenfalls in russischen Diensten stand Georg Friedrich von Langsdorff (1774-1852), der sich besonders der Erkundung der Provinzen Rio de Janeiro und Minas Gerais widmete, wobei ihn eine Zeit lang der deutsche Maler und Zeichner Johann Moritz Rugendas begleitete, dem sehr authentische Darstellungen der Verhältnisse in Brasilien vor 200 Jahren zu verdanken sind.

Zwei weitere Forscher, der Botaniker Carl Friedrich Philipp von Martius (1794-1868) und der Zoologe Johann Baptist von Spix (1781-1836), bereisten 1817 – 1820 Brasilien. Ihre in dem dreibändigen Werk "Reise in Brasilien" auf fast 1.500 Seiten beschriebenen Beobachtungen sind bis heute eine wichtige Informationsquelle über Brasilien geblieben. Dabei ist zu bedenken, daß Brasilien zu ihrer Zeit für die meisten Europäer ein noch weitgehend unbekanntes und überaus geheimnisvolles Land war. Beide gehören zu den bedeutendsten Erforschern des tropischen Brasilien und haben für dieses Land eine ähnliche Bedeutung wie Alexander von Humboldt für das übrige Lateinamerika. Sie gaben in ihrem Reisebuch auch einen Eindruck von den Schwierigkeiten, welche mit Expeditionen zu Beginn des 19. Jahrhunderts verbunden waren, als sie von Rio ausgehend ins Innere vordrangen, in die Provinz São Paulo und später in das Tiefland des Amazonas kamen, bis an die Grenze Perus. Viele Indianerstämme, die Martius und Spix besuchten, sind heute ausgerottet, große Wälder, die sie sahen, sind längst dem Feuer oder dem Beil zum Opfer gefallen. Spix beschrieb bis zu seinem frühen Tod allein 550 Tierarten und Unterarten für die Wissenschaft neu. Und Martius brachte 20.000 gepreßte Pflanzen von etwa 6.500 Arten zurück nach Deutschland, und er arbeitete sein ganzes Leben an der Aufarbeitung seiner Forschungsreise. Sein Palmenbuch "Historia naturalis Palmarum" und besonders seine "Flora Brasiliensis", die in 15 Bänden zwischen 1840 und 1916 erschien, ist bis heute die einzige große Flora eines südamerikanischen Landes geblieben.

Unruhige politische Verhältnisse machten die Forschung in Brasilien oft zu einem schwierigen Unternehmen, sieht man von den Belästigungen durch die Natur selbst einmal ab, denn mit allerlei Krankheiten muß der Forscher oft, mit lästigen Insekten und Egel n aber immer rechnen. Langfristige Forschungsprojekte werden in den amerikanischen Tropen an den Forschungseinrichtungen in Costa Rica ("La Selva Biological Station") und Panama (Barro Colorado Island) durchgeführt. Gegenwärtig gewinnen kooperative Vorhaben deutscher und brasilianischer Forschergruppen zunehmend an Bedeutung.

3. Die Mata Atlântica im Überblick

Lage

Die Regenwälder auf den Bergen an der brasilianischen Atlantikküste reichten ursprünglich über die Grenzen von 10 Staaten hinweg von Câbo de São Roque 5°S (nö. Recife) im Staat Rio Grande do Norte südwärts über Rio de Janeiro bis Porto Alegre (30°S) im Staat Rio Grande do Sul (Abb. 2). Und obwohl sie zum

größten Teil längst verschwunden sind, sind doch die Reste dieser Bergregenwälder immer noch eindrucksvoll. Die Küstenberge der Serra do Mar erheben sich im Süden an mehreren Stellen bis in Höhen weit über 1.000 m und fallen von Schluchten durchzogen zur Küste steil ab, an einigen Stellen enden die schroff abstürzenden Bergflanken aus Granit und Gneis unmittelbar im Atlantischen Ozean.

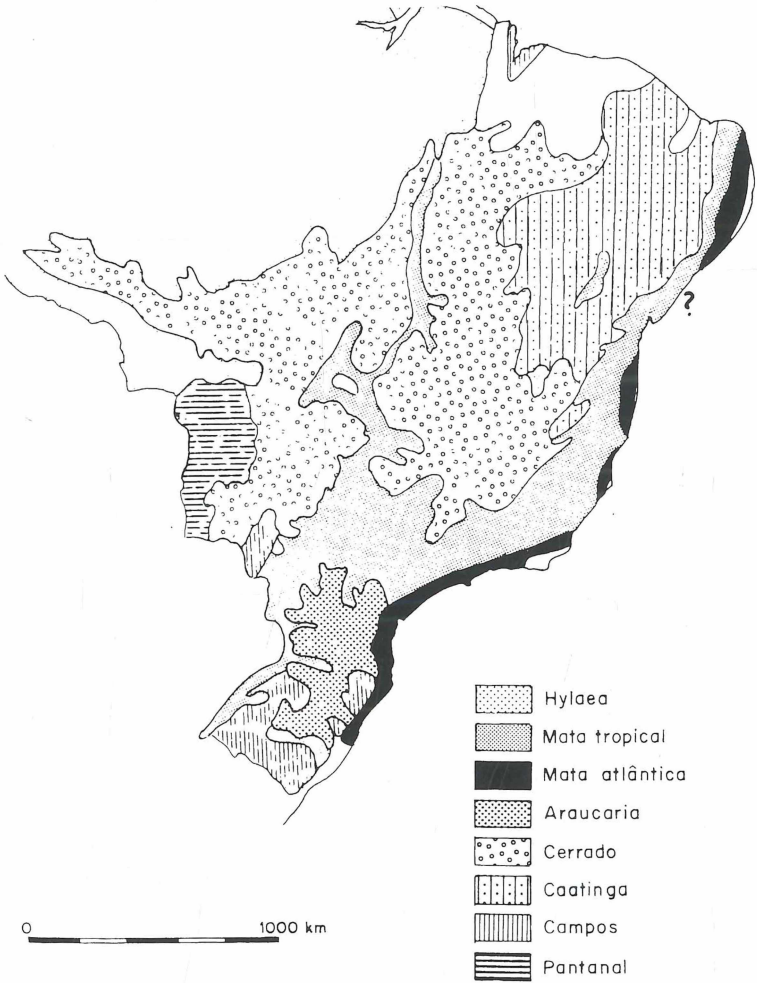


Abb. 2: Karte der an den Atlantischen Ozean grenzenden Hälfte Brasiliens. Das natürliche Verbreitungsgebiet des Atlantischen Regenwaldes ist der von Recife im Nordosten bis Porto Alegre im Südwesten sich erstreckende Küstenstreifen (POR 1992).

"Die zahlreichen kurzen Fließchen, die vom Gebirge herunter ins Meer fließen, haben steilwandige Schluchten entstehen lassen, denen meist jede Andeutung einer Talsohle fehlt. In einigen von ihnen gibt es recht ansehnliche Wasserfälle" (HUECK 1966).

Der noch vorhandene Regenwald ist auf die nach Osten gerichteten Berghänge sowie auf einige vorgelagerte Inseln beschränkt. Über die landschaftliche Situation in der Millionenstadt Rio de Janeiro heißt es:

"Wenig nördlich des Wendekreises ist dem Steilabfall der Serra do Mar eine bis 50 km breite Küstenebene vorgelagert, aus der sich, eingebettet in das junge Schwemmland, rundliche Hügel, Felsbuckel und einzelne kleine isolierte Gebirgsmassive erheben. Es sind abgesunkene Reste der von Bruchlinien begleiteten Steilküste, deren Kerne – Gneis und Granit – unter einer tiefgründigen Decke roten Lehms verborgen sind. Nur die größten und steilsten dieser Morros sind frei von einer derartigen Verwitterungsschicht und ragen nackt und kahl aus dem dunklen Regenwald empor. Sie haben infolge der schaligen Abblätterung der verwitterten Urgesteinskerne jene glockigen Formen angenommen, wie sie im Wahrzeichen Rios, dem Zuckerhut (395 m), am ausgeprägtesten in Erscheinung treten" (WILHELMY & BORSODORF 1985).

Weiter im Innern liegt mit etwa 2.000 m Höhe und darüber (Pica das Agulhas Negras 2.787 m) ein zweiter zur Küste parallel verlaufender und noch höherer Gebirgszug, die Serra da Mantiqueira, der nur wenig im Regenschatten der Küstenberge liegt und daher immer noch reichlich Regen erhält. Ein anderes Regenwaldgebiet ist zum Beispiel im Nordwesten von Rio de Janeiro das Orgelgebirge (Serra dos Orgãos), wo steile Felstürme aus dem Wald aufragen, von denen der wegen seiner Form so genannte "Finger Gottes" (2.262m) der bekannteste ist. Natürliche waldfreie Bereiche gibt es nur auf den höchstgelegenen Plateaus. Auf diesen "Campos" wachsen Gräser sowie zahlreiche Zwergsträucher, darunter auch Erikagewächse.

Klima

Die Jahresmitteltemperaturen liegen im Norden bei 24°C und die Niederschläge bei 1.800-2.000 mm pro Jahr. In Salvador da Bahia regnet es im Jahr an 231 Tagen, aber der Süden ist noch erheblich regenreicher (Abb. 3). Dort liegen die mittleren Temperaturen bei 17,7°C, aber die Niederschläge erreichen 1.700-4.500 mm (HUECK & SEIBERT 1972, SEIBERT 1975). Bei solchen Temperaturen und Niederschlägen liegt die Luftfeuchtigkeit zwischen 60 und 80%. Es ist das ganze Jahr über warm und feucht, es gibt keine ausgeprägte Regenzeit oder eine längere Trockenzeit, so daß die Pflanzen eine zwölfmonatige und mehr oder weniger immer gleichbleibende Vegetationszeit zur Verfügung haben und sehr hohe Raten bei der Produktion von Biomasse erreichen. Im Tagesverlauf können die Klimawerte allerdings erheblich um 6 bis 12°C schwanken, so daß man die feuchten Tropen nicht nur durch ein Jahreszeitenklima charakterisieren kann, sondern man muß auch das Tageszeitenklima berücksichtigen (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Temperaturen und Niederschläge in der Südostregion (MÜLLER 1984).

	Temperatur (°C) Januar	Temperatur (°C) Juli	Niederschläge (mm)
São Paulo	21	14	1.360
Rio de Janeiro	27	20	1.140
Belo Horizonte	23	19	1.350

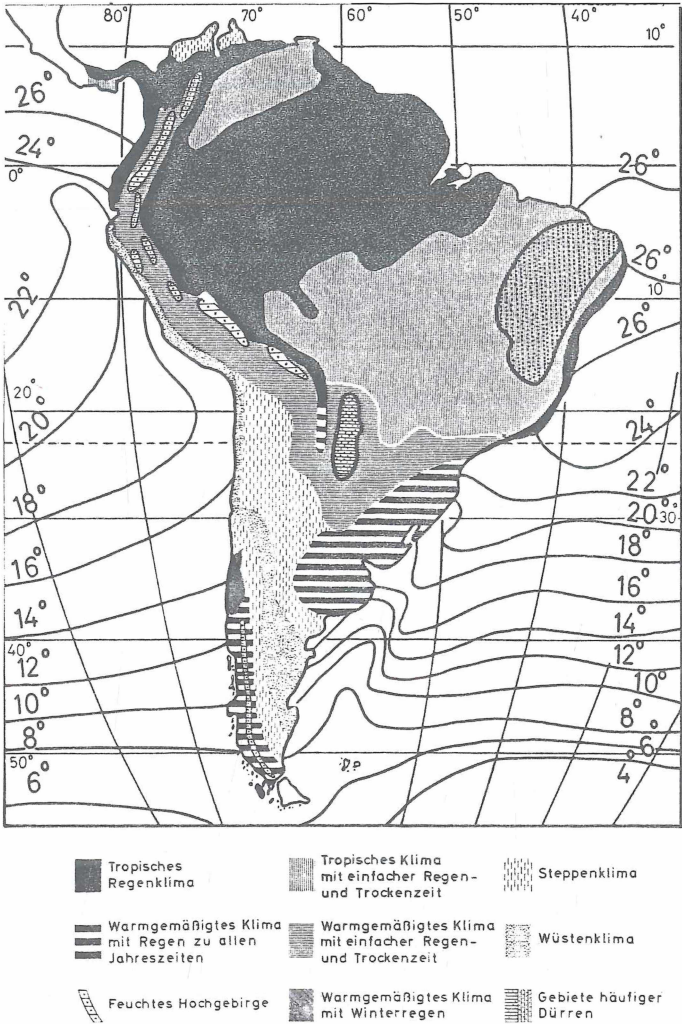


Abb. 3: Klimakarte von Südamerika (WEBER 1969, nach SCHMIEDER 1962).

Seine Existenz verdankt der Atlantische Regenwald in erster Linie den ergiebigen Regenfällen an der Küste, denn die Passatwinde treiben von Südosten mächtige Wolkengebirge, die über warmen atlantischen Meeresströmungen entstanden sind, den Bergen zu, wo sie aufsteigen und ihre nasse Fracht als Steigungsregen abladen. Der warme Brasilstrom trägt außerdem dazu bei, daß die 20°-Jahresisotherme weit nach Süden bis unterhalb des südlichen Wendekreises verlegt wird. Im Tagesgang kann es jedoch wie bei der Temperatur auch bei der Luftfeuchtigkeit erhebliche Unterschiede geben.

Geologie

Die Oberflächengestalt Brasiliens ist im Südosten geprägt durch den Atlantischen Schild, im Norden durch den Zentralbrasilianischen Schild und den Schild von Guayana; diese Schilde sind sehr alt und existierten bereits im Präkambrium. Südostbrasilien war mit seinem kristallinen Untergrund auch in Zeiten größerer geologischer Ereignisse und Umbrüche immer Land. Aber dieses "Ur-Südamerika" hatte eine ganz andere Gestalt als der Kontinent, den wir aus dem Atlas kennen, es war Teil des Südkontinents Gondwanaland, in dem Südamerika, Afrika, Antarktika und Australien zusammenhingen. Während des Mesozoikums zerfiel der Gondwanablock in mehrere Teilstücke, aber das damalige Südamerika hing noch in der Kreidezeit mit Afrika zusammen. Nach der Trennung Afrikas von Südamerika im Laufe der Kreidezeit wurde der Süden des Gebietes überformt und von der Oberkreide bis ins Tertiär angehoben. Zwischen dem Guayana-Schild im Norden des neuen Kontinents und dem erheblich größeren Zentralbrasilianischen Schild, dem auch der Atlantische Schild zugerechnet werden könnte, befand sich eine bereits durch ältere Grabenbrüche angelegte Senke, das spätere Amazonasbecken mit einer Größe von 1,25 Mio. Quadratkilometern, welche das Erosionsmaterial der angrenzenden Hochgebiete aufnahm (HOPPE 1990).

Im Tertiär sind die Vorläufer der gegenwärtigen Tier- und Pflanzenwelt Südamerikas erkennbar. Man nimmt an, daß diese Vorläufer unter den Bedingungen feuchter Tropen lebten und daß sich dort bereits die Anfänge der späteren Vielfalt zeigten. Die Wälder am Atlantik und im Hochland von Guayana gab es möglicherweise schon in der Kreidezeit, und ihre relative Isolation voneinander war eine günstige Voraussetzung für besondere Evolutionswege.

Während des größten Teils des Tertiär blieb Südamerika, etwa 60 Millionen Jahre lang, ohne Verbindung mit anderen Kontinenten. Für eine lange Abgeschiedenheit spricht, daß dort Pflanzen und Tiere entstanden, die es sonst nirgends auf der Erde gibt. Charakteristische Formen mit vielen Arten brachten die Urhuftiere (Notoungulaten) hervor, sehr eigenartige Säugetierstämme sind ferner die sogenannten Zahnarmen (Xenarthra) und Nebengelenktiere mit den Faultieren, Gürteltieren und Ameisenbären. Bei den Faul- und Gürteltieren entstanden ausgesprochene Riesenformen. Ursprüngliche Säugetiere sind die Beuteltiere, die sich in viele Formen aufspalteten, auch die Nische der Raubtiere wurde von Beuteltieren wahrgenommen (FITTKAU 1973). Als sich im Jungtertiär

die mittelamerikanische Landbrücke gebildet hatte, kam es zu einer drastischen "Modernisierung" der südamerikanischen Floren und Faunen (HOPPE 1990). Säuger wanderten aus dem Norden ein, insgesamt weit über 200 Gattungen, und verdrängten die im Süden endemischen Formen zu einem erheblichen Teil oder brachten sie völlig zum Verschwinden. Einwanderer aus dem Norden waren Hirsche, Wildschweine, Kamele, Pferde, Tapire, Elefanten (Mastodonten), Nagetiere und nicht zuletzt Raubtiere wie Säbelzahn tiger und Jaguare. Eine vergleichbar umfangreiche Wanderungsbewegung nach Norden gab es nicht, wenn man von der Ausbreitung von Kolibris oder des Opossum absieht.

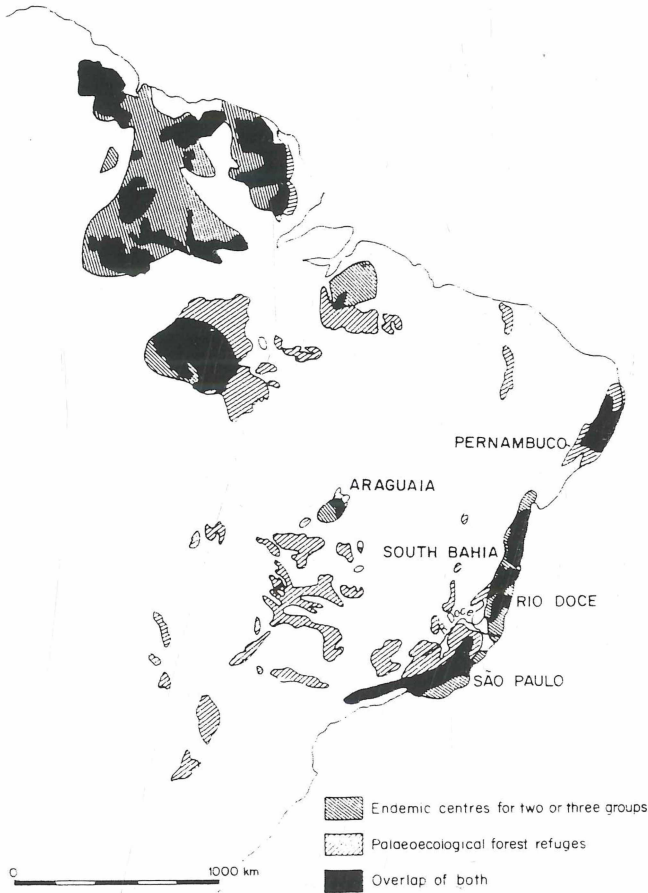


Abb.4: Pleistozäne Refugien der Regenwälder Südamerikas. Gebiete mit einem hohen Anteil an endemischen Arten überlappen sich mit den paläoökologischen Waldrückzugsgebieten (POR 1992, nach BROWN 1987).

Auch wenn es über die Geschichte des Amazonasbeckens noch manche Kenntnislücken gibt, so sind die jüngeren Sedimente im Tiefland des Amazonas auf jeden Fall eiszeitlichen Alters. Besonders in seinem Mündungsgebiet lagerte der Fluß während des Eiszeitalters große Sedimentmassen ab, die teilweise mehr als 4.000 m mächtig sind (KAHLKE 1994). Die Eiszeiten waren für die Regenwälder insofern ungünstige Perioden, als es weltweit trockener wurde, weil große Mengen des Wassers auf der Erde als Eis gebunden waren. Vor 20.000 Jahren lag der Meeresspiegel an der Küste Südamerikas etwa 110-130 m tiefer als heute und dazu ein gutes Stück weiter östlich. Die vorhandenen Regenwälder wurden aber niemals durch vordringendes Eis beeinträchtigt, wohl aber infolge der herrschenden Trockenheit zersplittert und in Rückzugsgebiete abgedrängt. In Feuchtgebieten oder an Flußläufen konnten die Regenwaldarten überdauern, so z.B. im Westen Amazoniens, im Bergland von Guayana oder in den Schluchten des östlichen Küstengebirges (Abb. 4).

Schon lange diskutieren Evolutionsbiologen, inwieweit die Ereignisse während der Eiszeiten eine Erklärung für die Artenvielfalt in Südamerika liefern könnten. Eine Folge der Fragmentierung der großen Waldgebiete in kleinere isolierte Waldinseln und eine Zerteilung der Populationen von Pflanzen und Tieren in Teilpopulationen könnte gewesen sein, daß sich in ihnen Evolutionsprozesse mit verstärkter Dynamik ereigneten und zur Bildung neuer Unterarten und Arten führten. Von den Rückzugsgebieten konnten sich die Pflanzen erneut ausbreiten, als es wieder wärmer wurde und ausreichend Niederschläge fielen. Zu einer Verarmung der Tertiär-Flora im Verlaufe der Eiszeiten wie beispielsweise in Deutschland kam es unter den Bedingungen der amerikanischen Tropen offenbar nicht. Vermutlich hat der Wechsel zwischen einer Fragmentierung des Waldes und der sich anschließenden Wiederausbreitung die Artenfülle der amerikanischen Regenwälder sogar vermehrt. Doch auch nach dem Ende der Eiszeiten blieben die Atlantischen Regenwälder weiterhin isoliert und durch eine von Südwesten nach Nordosten verlaufende Trockenzone von "Caatingas" und "Cerrados" von den Tieflandregenwäldern Amazoniens getrennt. Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß die "Refugial-Theorie" von einigen Forschern bezweifelt wird (HOPPE 1990, RIEDE 1990).. Sie sehen keine Hinweise auf trockene bzw. semiaride Phasen während des Pleistozäns und würden zum Beispiel "bei einer Zeitreise in das eiszeitliche Amazonien eine Vegetation wie die heutige" erwarten und keine Zersplitterung in eine Anzahl von Refugien.

Böden

Die Böden vieler Regenwälder sind sehr alt und aus tief verwittertem Ausgangsgestein hervorgegangen. Auch im brasilianischen Küstenregenwald ist dies der Fall, meist reicht das verwitterte Material mehr als 3 m in die Tiefe, gelegentlich auch bis 20 m, insgesamt sind die Böden gut durchlüftet und stellenweise von starken Humusschichten überlagert (HUECK 1966). Diese relativ günstigen Eigenschaften sind eine wesentliche Ursache für die Verdrängung der Regenwälder durch die Landwirtschaft in dieser Region Brasiliens.

Die Fruchtbarkeit eines Bodens hängt bekanntlich davon ab, was den Pflanzen nach der physikalischen und chemischen Verwitterung und nach dem Abbau organischer Substanzen an Kalium, Kalzium, Phosphor, Magnesium, Stickstoff, Eisen und Spurenelementen in der Bodenlösung zur Verfügung steht. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich die Vorgänge der Verwitterung und des organischen Abbaus durch Mikroorganismen in den Tropen wesentlich schneller als in den gemäßigten Zonen vollziehen. Die meisten alten tropischen Böden bestehen aus tiefgründigen Gelb- bzw. Roterden (Oxisole). Im humiden Klima mit täglich reichlichen Niederschlägen besteht jedoch auch die Gefahr einer schnellen und gründlichen Auswaschung der Basen und Bodenmineralien. Eisen-III-oxid und Aluminiumoxid bleiben zurück und gehen mit Phosphor schwer lösliche Verbindungen ein, was dann das Phosphorangebot für die Pflanzen schmälert. Solche Böden haben nur ein sehr geringes Nachlieferungsvermögen für Mineralstoffe. Das heißt, in den Regenwäldern ist der Vorrat an Mineralsalzen überwiegend in den lebenden Pflanzen, in der autotrophen Biomasse, gespeichert. Was an totem organischem Material anfällt – herabgefallene Blätter, Blüten, Zweige und Rinde, Reste von Tieren –, wird sehr schnell von Würmern, Termiten, Ameisen und anderen Tieren zersetzt. In der Streu lebt sogar die artenreichste Lebensgemeinschaft der Regenwälder. Die herrschende Feuchtigkeit und die hohen Temperaturen beschleunigen außerdem den Abbau durch Pilze und Mikroorganismen. Ein Teil der freigewordenen Kationen wird an die vorhandenen Humusstoffe oder Tonmineralien gebunden, dann aber schnell von den Pflanzen aufgenommen. Nur durch diesen raschen und relativ geschlossenen Stoffkreislauf konnten die tropischen Regenwälder über viele Jahrtausende auf dem selben Boden gedeihen. Ein Humusvorrat wie in vielen Wäldern der gemäßigten Zone wird nicht angelegt. Es erstaunt daher immer den Beobachter, wie außerordentlich dünn die Humusschicht ist und daß er sich gelegentlich auf nahezu nacktem Waldboden bewegt.

"Die Raschheit, mit welcher die Pflanzenwelt hier ihre verschiedenen Entwicklungen durchlebt und endlich ihrem Untergange durch Fäulniß entgegengieht, ist eben so gross als der Trieb, mit welchem sich neue Bildungen aus und über den Resten der untergegangenen erheben. Auf und neben den größten Stämmen, die gleich ungeheuren Skeletten hingestreckt, plötzlich in den Zustand vegetabilischer Erde zurückkehren, sieht man hier ein Heer von vielfarbigen Pilzen entstehen, eine unendliche Zahl von Saamen zu gleicher Zeit keimen und sich mit unglaublicher Eile entfalten. Die Bilder des Todes und des regsten Lebens stehen hier in schneller Aufeinanderfolge vor dem Auge des Wanderers" (V.SPIX & V.MARTIUS 1823,I, zitiert nach der Ausgabe von 1966).

Nur 2% der Biomasse im Regenwald entfallen auf die Blätter, 80-90% sind in den Stämmen, Ästen und Zweigen und 10-20% in den Wurzeln enthalten. 10 bis 35 t Blätter und Zweige fallen alljährlich auf einem Hektar Regenwald zu Boden, doch etwa der gleiche Betrag kommt jährlich hinzu, so daß ein stabiler Regenwald alle zwanzig Jahre seine Masse erneuert (GRABHERR 1997). Die erstaunliche Artenvielfalt, von der bereits die Rede war, ist gleichzeitig

Ausdruck eines sehr alten und hochentwickelten Systems, die begrenzt vorhandenen Ressourcen so gut wie möglich auszunützen (REICHHOLF 1995).

Pilze. Wegen ihrer Bedeutung für die Ökosysteme der Regenwälder verdienen Pilze eine besondere Hervorhebung. Weder dem Pflanzenreich noch dem Tierreich zugehörig, brauchen sie das Sonnenlicht nicht und können an dunklen Plätzen existieren, und sie sind verantwortlich für den modrigen Geruch des Waldbodens. Die Pilzmasse besteht im wesentlichen aus dem Geflecht ihres Myzels, das im Boden verborgen die verrottende Biomasse durchdringt. Eine nur kurze Lebenszeit haben ihre Fruchtkörper, die einzig dafür da sind, durch reichliche Sporenbildung für die Verbreitung der Pilze zu sorgen, wobei ihnen Luftbewegungen oder Insekten zur Hilfe kommen können. Im Regenwald sind sie weiß, zartgelb, rot, und sie wachsen einzeln, in lockeren Gruppen, Reihen oder Ringen. Ihre Funktion in den Ökosystemen erfüllen sie, wenn sie in einer engen Lebensgemeinschaft mit den Bäumen (Symbiose) deren Wurzeln umwachsen, sie mit Wasser und Mineralsalzen aus dem Boden versorgen und dafür Kohlenhydrate erhalten (Mykorrhiza). Die Symbiose mit Pilzen und stickstoffbindenden Mikroorganismen stellt den bedeutendsten und einen häufig begangenen Weg der Regenwaldpflanzen dar, an Mineralsalze, z.B. Nitrat, zu gelangen. Sie ist auch Ausdruck für die Beobachtung, daß sich die umfangreichsten Stoffwechselprozesse in den Regenwäldern in den unmittelbaren Beziehungen zwischen Produzenten und Destruenten vollziehen.

Brandrodung. Bei der in den Tropen immer noch praktizierten und lokal zunehmenden Brandrodung fällt mit der Asche auf einen Schlag eine große Menge Mineralstoffe an, so daß über einige Jahre ertragreicher Ackerbau betrieben werden kann. Dann aber nimmt dieser Vorrat schnell ab, und entsprechend geringer werden nach anfänglicher Üppigkeit die Erträge, so daß die Kulturf Flächen aufgegeben werden müssen und sich mit Sekundärvegetation bedecken. Die großflächige Brandrodung der tropischen Regenwälder hat auch eine globale Bedeutung, denn weltweit sind in ihnen ca. 380 Milliarden Tonnen Kohlenstoff gebunden. Durch die Wirkung des Feuers wird Kohlendioxid in Massen freigesetzt. Ein gewaltiges Kohlenstoffdepot wird in die Atmosphäre verlagert und verstärkt den Treibhauseffekt möglicherweise in einem Maße, daß bereits erkennbare Klimaveränderungen zum Nachteil der gesamten Menschheit weiter zunehmen werden.

Die wichtigsten Naturlandschaften von der Küste bis in die hohen Gebirgslagen

Die Bezeichnung Mata Atlântica wird in einem sehr weiten und in einem engeren Sinn verwendet. Hier wird er in einem engeren Sinn gebraucht, der sich auf die immergrünen Bergregenwälder beschränkt und nur die zur Küste vorgelagerten Restingas und Mangrovegürtel einbezieht.

Mangrove. In weiten Bereichen schlagen die Wellen des Atlantischen Ozeans an einen Sandstrand, dem sich häufig ein locker mit Vegetation bedeckter Strandwall anschließt, sofern die Küste nicht durch einen Mangrovewald gebildet wird. Die Mangrove auf schlickigen Böden im Brackwasser der

Flußmündungen und an den Ufern der kleineren Inseln bildet einen Sumpfwald und besteht fast ausschließlich aus charakteristischen Bäumen wie *Avicennia schaueriana* oder *Rhizophora mangle*. Fast immer dabei ist der Mangrovefarn *Acrostichum aureum*, er kennzeichnet ebenso wie die Palme *Nypa fruticans* bereits eine Vegetation im Einflußbereich des Süßwassers. In einer solchen, den Bergen vorgelagerten Region liegt die Hafenstadt Santos, über deren ursprüngliche Situation Wilhelmy anschaulich berichtete:

"Als ein 5 – 15 km breiter, vielfältig zerlappter Saum begleitet die Niederung hier den Steilabfall der Serra do Mar. Es ist ein amphibisches, nur wenig über den Meeresspiegel emporragendes Land, das von Sümpfen und Wasserarmen durchzogen wird. Die Gezeitenströmung hat diese Wasserarme zu breiten Kanälen ausgeweitet, die sich landeinwärts immer mehr verästeln. Im Brackwasser und auf dunklem, schlammigem Grund wuchern stelzwurzelige Mangroven. Über diesem Küstenland, aus dem nur einzelne Felskuppen, Zeugen des tektonischen Abbruches der Serra, gleich Inseln aufragen, brütet die feuchte Hitze der Tropen. Bis um die Mitte des vorigen Jahrhunderts gehörte das mittelbrasilianische Küstenland zu den ungesündesten und siedlungsfeindlichsten Gebieten der Erde. Malaria und Gelbes Fieber rafften Tausende von Menschen dahin, bis man die Sümpfe trockenlegte und in fruchtschwere Bananenhaine verwandelte. Als 'Kirchhof der Europäer' war Santos einst bei allen Seefahrern berüchtigt" (WILHELMY & BORS DORF 1985).

Restinga-Dünenwald. Den steilen Hängen der Serra do Mar sind an mehreren Stellen im Bereich des Supralitorals der Dünenwald der Restinga und noch weiter seewärts eine schmale Strandzone mit Gräsern vorgelagert, die das Wandern des Sandes begrenzen, sofern sie nicht längst der Besiedlung zum Opfer gefallen sind (vgl. PFADENHAUER 1980). Die Restinga ist unterschiedlich breit, oft nicht mehr als ein paar hundert Meter, doch es können auch 20-30 Kilometer sein. Auf inzwischen wieder aufgegebenen Flächen ist eine mannigfaltige Pioniervegetation zu beobachten. In den höheren Bereichen kommen neben feuchtigkeitsbedürftigen Bäumen auch Myrtaceen, Ericaceen, am Boden wachsende Bromelien und Kakteen, die Palmen *Euterpe edulis*, *Arecastrum romanzoffianum* und die Zwergpalme *Diplazium maritimum* vor (SEIBERT 1975). Den große Kronen bildenden Feigenbaum *Ficus organensis* gibt es noch in der Restinga bei Porto Alegre.

Bergregenwald. Die Berge an der Atlantikküste bieten günstige Bedingungen für einen artenreichen immergrünen Regenwald. Viele Arten von Bäumen ragen mit kräftigen Stämmen bis 20 oder 30 m in die Höhe, aber nur wenige Arten (z.B. *Cariniana estrellensis*) erreichen eine Höhe von 50 m. Leguminosen stellen einen großen Teil der Bäume, gefolgt von Bignoniaceen, Lauraceen und Sapotaceen. Zahlreich sind prächtig blühende Bäume der Gattungen *Tibouchina* und *Cassia*. In einer niedrigeren Schicht wachsen Sträucher und Palmen. Die Palme *Euterpe edulis* gedeiht auch hier in allen Bereichen. Lianen klettern an den Stämmen empor, auf den Ästen haben Farne, Orchideen und Bromelien in

reicher Fülle Platz gefunden und vermitteln den Eindruck üppigen und unerschöpflichen Lebens. Epiphytenreiche Wälder gibt es besonders im Staat Santa Catharina. Dort zählte man auf einem Hektar 40.000 Exemplare von Bromelien, die entsprechend ihrem Lichtbedarf in mehreren Etagen auf über 25 m hohen Bäumen wuchsen (Abb. 6). Für die dort lebenden Tiere gibt es das ganze Jahr über Blätter, Früchte mit Samen und Blüten mit Nektar als Nahrungsquelle. Zahlreiche Vogelarten, Amphibienarten und mehrere Affenarten kommen hier vor. Einen erstaunlichen Reichtum an Arten findet man sogar in der Umgebung von Rio de Janeiro (POR 1992).

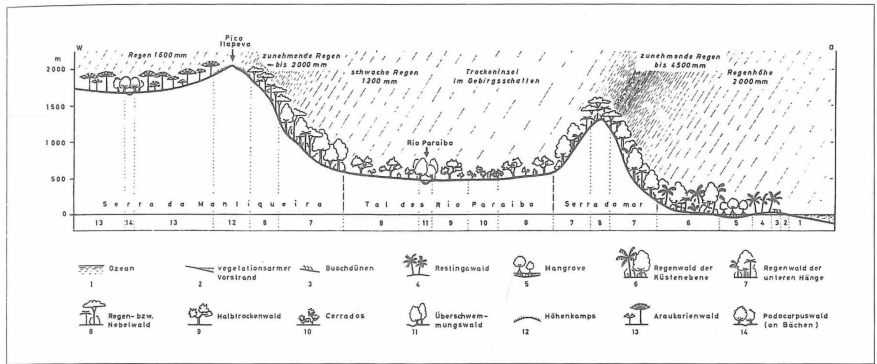


Abb.5: Schematisches Vegetationsprofil durch den Ostteil des Staates São Paulo (WEBER 1969, nach HUECK 1966).

Die Hochlagen der Küstenberge sind oft in eine Nebeldecke gehüllt, und eine Wolkendecke vor der Sierra do Mar in der Höhe von etwa 600 m gehört zum typischen Bild der Küstenlandschaft. Diese Nebel- oder Wolkenschicht wirkt sich unmittelbar auf die Vegetation aus, denn sie vermindert den Lichtgenuß der Pflanzen und begrenzt so die Photosyntheseleistung. Der Nebelwald besteht aus relativ niedrigen Bäumen (6-8 m) und Sträuchern, auf denen in unglaublicher Menge und Vielfalt Epiphyten wachsen. Bromelien, Orchideen, Farne und Moose dominieren, und sie wachsen nicht nur auf den Stämmen und Ästen, sondern auch auf den Blättern (FALKENBERG & VOLTOLINI 1995).

Höhenkamps (Campos planaltos, Campos rupestres). An den Nebelwald schließt sich in noch höheren Bereichen Grasland an. Dort dominieren Fluren mit Gräsern, Halbgräsern und Zwergsträuchern. Typisch sind Vellosiaceen und der ein bis zwei Meter hohe Bergbambus ("Taquera mirim") mit kleinen behaarten Blättern, aber auch dort wachsen Orchideen, Bromelien und Kakteen.

4. Lebensraum Bergregenwald

Leben auf dem Waldboden

Ein Aufbau der Regenwälder in mehreren Etagen wie in Wäldern der gemäßigten Zone ist schwer zu erkennen. Im tropischen Regenwald scheinen vor allem zwei Schichten von Bedeutung zu sein: Eine "zweidimensionale" Bodenschicht, wo totes organisches Material verarbeitet wird, so daß es den Pflanzen baldmöglichst zur Verfügung steht, und hoch darüber die Kronenschicht, die wie ein Schirm Licht und einen Teil des Regens abfängt. Bodenschicht und Kronenschicht sind die bedeutendsten Lebensräume auch für die Tiere des Regenwaldes.

Am Boden wachsen relativ wenige krautige Pflanzen, obwohl es dort windstill und stets feucht ist, viel Kohlendioxid gibt und die Temperatur vergleichsweise wenig schwankt. Einige Waldbodenpflanzen sind beliebte Zimmergewächse (*Begonia*, *Maranta*, *Calathea* oder *Fittonia*), weil sie aus lichtärmeren Lebensräumen stammen. Die Dunkelheit am Boden ist vor allem darauf zurückzuführen, daß dort oft nur 0,3-2% des Sonnenlichtes ankommen, weil der größte Teil durch die Kronenschicht abgehalten wird. Es herrscht Dämmerlicht, und das ankommende Licht entspricht auch qualitativ nicht dem Licht, das die Baumkronen erreicht, weil ein beträchtlicher Teil der rot-orangen und der blau-violetten Strahlung herausgefiltert wurde. Bodenpflanzen müssen daher mit Licht auskommen, das höhere Anteile des langwelligen roten Lichtes enthält und das normalerweise für die Photosynthese keine Rolle spielt. Dieses Defizit wird zu einem Teil ausgeglichen durch diffuses Licht und Lichtflecken, die auch in dichtem Baumbestand die Bodenpflanzen erreichen. Für Pflanzenarten wie den Helikonien reicht das geringere Angebot an Licht dennoch aus, da sie große Blätter ausbilden. Und es könnte sein, daß die vielfältigen Blattzeichnungen, der Blauglanz und die rote Blattunterseite bei Pfeilwurzgewächsen (*Marantaceae*) das eintreffende Licht in den Bereich der Chloroplasten lenken und verhindern, daß kein Licht die Blattspreiten ungenutzt passieren kann. Weitere Eigenschaften der Bodenpflanzen sind nicht restlos geklärt, zum Beispiel die Frage, ob die samtige Behaarung, Ausstülpungen, die Rippelung oder Faltung der Blätter mancher Bodengewächse ebenfalls zu einer günstigeren Ausnützung des Lichtes führt.

Bodentiere und im Boden lebende Mikroorganismen. Die Streu auf dem Boden des Regenwaldes ist in der Regel sehr nährstoffarm, wird aber durch Bodentiere und im Boden lebende Mikroorganismen relativ schnell aufgeschlossen. Im und auf dem Boden lebt eine unübersehbare Fülle von Kleinlebewesen wie Milben, Springschwänze, Käfer und Käferlarven, Planarien, Egel und Erdwürmer. Manche Termiten beherbergen in ihrem Darm Einzeller, die Zellulose aufschließen können, so daß sie auch (verrottendes) Holz fressen können. Die meisten sind Gliedertiere und Mikroorganismen, aber je kleiner sie sind, um so weniger weiß man von ihnen. Sie leisten einen wesentlichen Beitrag zur Bodenbildung und repräsentieren darüber hinaus einen erheblichen Teil der Biomasse im Regenwald. Ihre Exkremente und was sie sonst übrig lassen wird

von ungezählten Einzellern, Bakterien und nicht zuletzt von Pilzen abgebaut (s.o.). Von Pilzhyphen ernähren sich wiederum Gliedertiere wie Termiten, Ameisen und andere Tiere, die keine Fleischesser sind. Blattschneiderameisen züchten auf einem Nährboden aus Blättern Pilze, von denen sie sich ernähren. Wirbellose Bodentiere und Mikroorganismen sind somit für die Stoffkreisläufe im Regenwald entscheidend. Bei großflächiger Rodung im Regenwald werden viele dieser Organismen durch die Sonneneinstrahlung sowie durch die folgende Austrocknung und Erosion des Bodens bedroht.

Beispiel Ameisen. Die Rotbraunen Blattschneiderameisen der Gattung *Atta* leben vegetarisch und züchten ihre Nahrung selbst, nämlich Pilze, die in unterirdischen Kammern auf einem Kulturmedium aus zerkleinerten Blattstückchen von Bäumen und Sträuchern der näheren Umgebung wachsen. Weil sie auch die Kronen der Bäume beernten, gehören Blattschneiderameisen genau genommen nicht nur zu den Tieren des Waldbodens.

Arbeiterinnen sind in einer ununterbrochenen Kolonne unterwegs, schneiden mit bogenförmigem Schnitt Blattstücke heraus, stellen sie senkrecht und transportieren sie zum Nest. Sie markieren ihren Weg mit Botenstoffen (Pheromonen) und verständigen sich bei gegenseitiger Begegnung ebenfalls auf diese Weise. Kundschafter, die geeignete Gehölze gefunden haben, zeigen den Weg dorthin ebenfalls durch eine Duftspur. Beim Schneiden oder beim Transport der Blattstückchen können die Ameisen von parasitierenden Fliegen attackiert werden, die ihre Eier am Körper der Ameisen ablegen und deren Larven danach in die Ameise eindringen. Eine kleine Kaste der Ameisen fungiert als Wächter und wehrt die Fliegen nach Möglichkeit ab. Wächteraufgaben nehmen auch die großen "Soldaten" wahr, denn faßt man einen Soldaten unvorsichtig von vorn an, so verursachen seine Waffen augenblicklich einen tiefen blutenden Einschnitt im Finger (GÖßWALD 1985). Die auffallenden Größenunterschiede der Arbeiterinnen können mit den vielseitigen Aufgaben erklärt werden, welche in einer Kolonie dieser hochentwickelten Ameisen zu erfüllen sind.

Im Nest fressen die Ameisen nicht auf, was sie geerntet haben, denn manche Blätter enthalten Giftstoffe, mit denen die Bäume vor Insektenfraß geschützt sind. Sie schalten vielmehr Pilze ein, die eine für sie bekömmliche Nahrung herstellen. Dazu werden die geernteten Blattstückchen zerbissen, eingespeichelt und mit Kot gedüngt. Es entsteht ein schwammiger Körper, in dem Pilze (*Rhizotes gongylophora*) die für Ameisen ansonsten unverdauliche Zellulose in verdauliche Nahrung umwandeln. An den Enden der Pilzhyphen bilden sich Verdickungen (Futterkörperchen), die die eigentliche Nahrung darstellen. Sie werden von Erntearbeiterinnen abgezwickt und an die Larven verfüttert.

"Eine grobwabige Struktur des schwammähnlichen Gebildes verrät gutes Gedeihen von Pilzen und Ameisen. Immer neues, feinzerteiltes Blattsubstrat schichten die Ameisen oben auf. Ausgehend von den eingepflanzten Pilzstückchen greift das Wachstum des Pilzes rasch um sich. Frische Deckschichten sind noch grün von Blattstückchen, (...) aber bald sind sie

grauschwarz, und nach unten werden die Massen hellgrau bis weißlich von dem aufwachsenden, sich verdichtenden Gewächs des Pilzes. Immer engheriger und heller wird der Garten, schließlich ist er wie mit weißem Samt überzogen. Hier ernten die Ameisen ihr Ambrosia. Die heranwachsende Brut wird in diesem Bereich dicht gelagert. Die vom Pilz verbrauchte, sich heller bis dunkler braun färbende Masse an der Basis des Pilzgartens bietet keine Nährstoffe mehr für das Pilzwachstum. Das derart verbrauchte ‚Mistbeet‘ wird abgebaut“ (GÖßWALD 1985).

Andere Arbeiterinnen entfernen unerwünschte Pilzsporen, denn die Pilzkultur ist ständig von einem Schlauchpilz der Gattung *Escovopsis* bedroht, der aber durch *Streptomyces*-Bakterien in Schach gehalten werden kann, welche die Arbeiterinnen an ihrem Körper tragen.

Im Zentrum des Baues befinden sich das Nest der Königin und ringsherum Kammern für die Eier und Larven. Aus befruchteten Eiern werden weibliche Tiere (Königinnen) und Arbeiterinnen, aus unbefruchteten Männchen. Der "Super-Organismus" der Kolonie von Blattschneiderameisen mit mehr als einer Million Arbeiterinnen stammt von einer einzigen Königin ab, die bei Gründung der Kolonie ein Stück des einzig geeigneten Pilzrasens mitbringt und es an die nächste Generation weitergibt.

Die Bäume im Regenwald

Anders als in jedem anderen Wald charakterisiert die Artenvielfalt der Bäume den tropischen Regenwald. Eine vertikale Gliederung des Waldes in Kraut-, Strauch- und ein bis drei Kronenschichten gelingt oft nur unbefriedigend, denn die unterschiedlichen Baumhöhen bewirken zwar manchmal eine tief gestaffelte Kronenschicht, eine Stockwerksbildung ist aber oft verwischt. Ein Blick auf das Kronendach von oben zeigt, daß die Bäume an manchen Stellen relativ locker stehen, während sie sich an anderen dichter aneinander drängen. Im Unterstand können schattenertragender Palmen wie *Euterpe edulis* (Arecaceae) oder Baumfarne wie *Dicksonia sellowiana* (Dicksoniaceae) wachsen, und in naturnahen Wäldern überragen Überständler (Emergenten) von gewaltiger Höhe die Baumkronen (Abb. 6).

Artenvielfalt der Bäume. In Amazonien gibt es etwa 3.000 Baumarten, allein auf einer einzigen besonders ausgewählten Fläche von der Größe eines Hektars wurden 400 Arten ermittelt. Kaum zwei Bäume der gleichen Art kommen auf einem Hektar vor. Im brasilianischen Küstenregenwald sind es nicht viel weniger Arten. An den langen, schlanken und bis in Höhen von 25 bis 30 m aufragenden Stämmen sind sie schwer zu unterscheiden, oft nicht einmal an den Blättern, mit größerer Sicherheit aber an den Blüten, an die wiederum nur schwer heranzukommen ist. Die Bestimmung von Regenwaldbäumen ist demnach eine Aufgabe für Spezialisten, für den Laien wird die Situation dadurch erschwert, daß viele Familien der Regenwaldbäume in der gemäßigten Zone ausgesprochen selten sind oder gar nicht vorkommen. Auf jeden Fall sind die meisten immergrüne Bäume. Dabei müssen sie mit 25 bis 30 m Höhe für die Wasserleitung eine bemerkenswerte Hubleistung zustande bringen, die fast

ausschließlich durch die Transpiration der Blätter in Gang gehalten wird, was aber bei reichlich Wasser, hohen Temperaturen und den herrschenden Luftbewegungen nicht unmöglich ist. Da es in den dauernd feucht-warmen Zonen keine Jahreszeiten gibt, fehlt ein das Pflanzenleben beeinflussender Jahresrhythmus, und es werden auch keine Jahrringe ausgebildet.

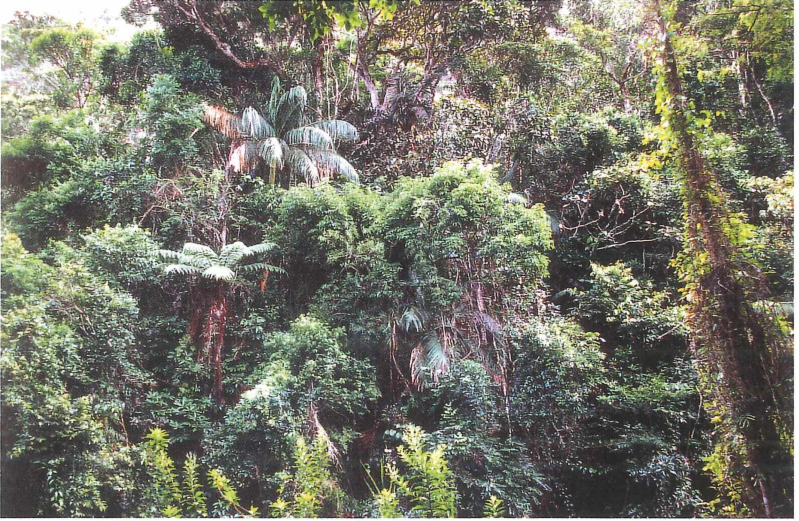


Abb.6: Bergregenwald in der Reserva Santa Lucia (Foto H.G.PREISSEL).

Blätter. Die Blätter und Blüten der Bäume sowie der anderen Pflanzen im Kronenbereich benötigen Schutz vor den Folgen zu großer Sonneneinstrahlung. Viele haben ledrig glänzende, ungeteilte (elliptische, lanzettliche) derbe Blätter vom Lorbeertyp mit dicker Kutikula und verhindern damit zu große Wasserverluste. Manche Blätter haben Träufelspitzen, wodurch der Wasserfilm auf den Blättern abgeleitet wird, der den Gaswechsel hemmen oder die Ansiedlung von Epiphyllen (Algen, Moose) oder pathogenen Pilzen fördern könnte. Beobachtungen zeigten, daß Blätter ohne solche Spitzen 1 ½ Stunden nach einem Regenguß immer noch von einem Wasserfilm überzogen waren, während Blätter mit einer Träufelspitze innerhalb von 20 Minuten völlig abtrockneten (Beck 1987).

Eine bemerkenswerte Erscheinung ist das Laubschütten. Viele Bäume bringen junge Blätter an frischen Trieben auf einmal und in großer Zahl hervor, aber weil das Festigungsgewebe der Zweige und Blätter noch nicht vollständig ausgebildet ist, hängen sie schlaff herunter, gleichsam "wie ausgeschüttet". Auch das Chlorophyll ist noch nicht vollständig ausgebildet, weshalb die Blätter eine weißliche oder durch ihren Gehalt an Anthozyan rötliche Färbung haben. Bäume,

die Laub schütten, sehen aus größerer Entfernung aus, als würden sie blühen. Aber nach wenigen Tagen erstarken die Zweige, und die Blätter nehmen eine kräftig grüne Farbe an.

Bestäubung der Blüten. Im Innern des Waldes ist es oft windstill und die Luft so feucht, daß Windbestäubung zumindest erschwert ist. Die Bestäubung erfolgt daher durch Tiere, die durch Gerüche, Farben oder Zeichnungen angelockt und geleitet werden. Während der Blühperiode werfen manche Bäume ihre Blätter ab, was für bestäubende Insekten wie ein Signal wirken und sie von weit her anlocken könnte. Die Blüten vieler Bäume sind eher mittelgroß bis klein und hinsichtlich der verschiedenen Blütenbesucher nur mäßig spezialisiert. Diese nehmen Pollen auf und werden in vielen Fällen mit Nektar belohnt. In gewisser Weise kann man sagen, daß die mehr oder weniger unbeweglichen Pflanzen die Beweglichkeit der Tiere in Anspruch nehmen, um den erforderlichen Genaustausch zu sichern, aber im Gegensatz zu den Verhältnissen in Mitteleuropa kommen in den tropischen Regenwäldern auch Vögel und Fledermäuse als Bestäuber in Frage.

Fledermausblumen und Blumenfledermäuse. Fledermausblumen zeichnen sich durch einen Komplex von Merkmalen aus: Sie sind relativ groß, glocken- oder pinselförmig, produzieren reichlich Nektar und Pollen, blühen meist nachts, haben eine lange Blühdauer, sind eher unauffällig gefärbt und verströmen einen typisch "chiropterophilen" Duft, d.h. einen Geruch, der Fledermäuse geradezu magisch anzieht.

Während sich die meisten Fledermäuse von Insekten ernähren, sind die Blumenfledermäuse in den Tropen auf Nektar angewiesen. Unter ihnen sind die Glossophaginen am höchsten entwickelt. Sie sind zum Schwirrflug vor den Blüten fähig und haben eine lange, an der Spitze pinselförmige Zunge zur Aufnahme des Nektars. Alle Fledermäuse haben einen hohen Grundumsatz, auch die Blumenfledermäuse haben einen hohen Bedarf an energiereicher Nahrung und müssen täglich eine Nektarmenge zu sich nehmen, die dem Anderthalbfachen ihres Körpergewichts entspricht, und sie müssen sich sehr bemühen, um eine solche Menge zu gewinnen. Der ebenfalls aufgenommene Pollen stellt zwar eine Eiweißquelle dar (v.Helversen 1995), aber den Pollen, der bei einem Blütenbesuch an ihrem Körper hängen bleibt, streifen sie an einer anderen Blüte wieder ab, die bei dieser Gelegenheit bestäubt wird. Verschiedene Fledermausblumen "nutzen" unterschiedliche Transportareale auf dem Körper der Fledermäuse und vermeiden so Pollenverlust und Hybridisation (Abb. 7). Im Regenwald werden die in Trauben unmittelbar am Stamm sitzenden Blüten des Kanonenkugelbaumes (*Couroupita guianensis*) von Fledermäusen bestäubt.

Kauliflorie. Bei einer Reihe von Bäumen und Sträuchern tritt Stammblütigkeit (Kauliflorie) auf. Ihr biologischer Sinn wird einmal in einer Anpassung an Tierbestäubung durch Fledermäuse gesehen, aber auch in der Hervorbringung großer Früchte mit entsprechend großen Samen, die an dünnen Zweigen nicht entstehen könnten. Zu den bekanntesten kaulifloren Bäumen gehört neben dem Kanonenkugelbaum der Kakao-Baum (*Theobroma cacao*), dessen "Schoten"

(eigentlich Trockenbeeren) 15-30 cm lang und 500 g schwer werden können. Andere Bäume sind ebenfalls kauliflor, haben aber so kleine Blüten und Früchte, daß bei ihnen ein Zusammenhang mit der Lebensweise von Blumenfledermäusen oder der Hervorbringung schwerer Früchte nicht feststellbar ist.

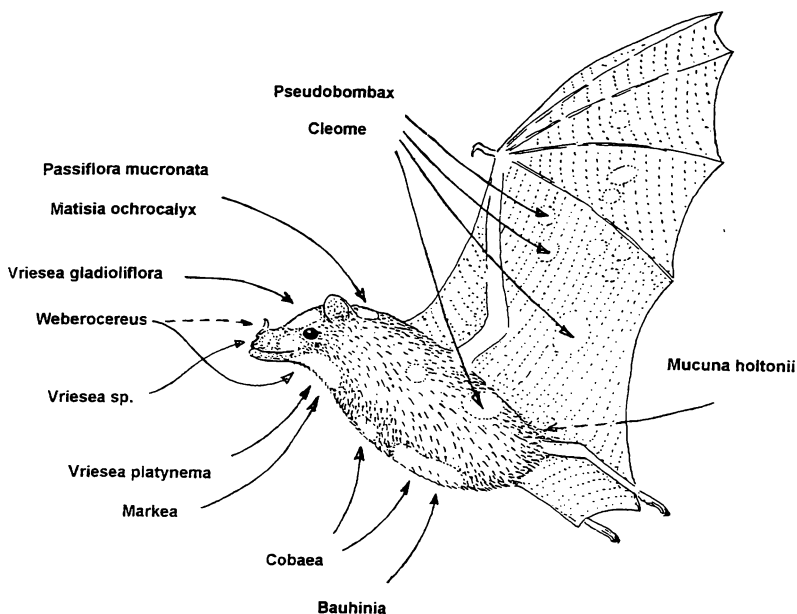


Abb.7: Areale auf dem Körper einer Blumenfledermaus, auf denen der Pollen verschiedener Pflanzen abgeladen wird. Während große Pinselblüten die Unterseite der Flügel und des Körpers einstäuben, belegen andere Blüten andere Körperteile. Normalerweise tragen aber Blumenfledermäuse nur zwei oder drei Pollensorten zugleich, weil im selben Habitat relativ selten mehr als fünf Fledermausblumen zugleich blühen (V.HELVERSEN 1995).

Bestäubung durch Vögel. Helikonien (Musaceae) mit ihren bananenartigen Blättern werden mannshoch und brauchen viel Platz. Sie locken Kolibris mit orange- oder rotfarbigen Hochblättern an, aus denen die Blüten der Reihe nach hervortreten. Kolibris ernähren sich vom reichen Nektarangebot und tragen den Helikonienpollen weiter. Nektar ist eine Zuckerlösung, die für die Kolibris mit ihrem hohen Energiebedarf für den Flug unentbehrlich ist.

"Wer zum erstenmal das Glück hat, im Freiland Kolibris zu sehen, ist entzückt vom metallischen Schimmer ihrer Farben und ihren wendigen Flugkünsten. Da schwebt einer plötzlich, wie hingezaubert, vor einer Blüte unbewegt in der Luft, nur mit den Flügeln schwirrend, und diese bewegen sich so schnell, daß sie nicht zu erkennen sind. Mit seinem langen Schnabel

saugt er Nektar aus der Tiefe des Blumenkelches. Nach rückwärts setzt er sich ab und saust in elegantem Bogen dem nächsten Ziel entgegen. Neben dem zuckerreichen Nektar bilden kleine Spinnen und Insekten, die von den Blüten abgelesen oder im Fluge erhascht werden, die hauptsächliche Nahrung der Kolibris. Sie sind die Zwerge unter den Vögeln. Der kleinste Kolibri hat die Größe einer Hummel" (v.Frisch 1974).

Der gebogene Schnabel vieler Kolibris eignet sich für die Nektaraufnahme aus den röhrenförmigen Blüten in besonderer Weise. Diese bemerkenswerte Einpassung wird als Ergebnis gemeinsamer Evolution (Coevolution) erklärt.

Weil es aber mehrere Helikonienarten gibt und die Gefahr der Hybridisierung besteht, haben diese unterschiedlich lange Blüten hervorgebracht, so daß der Pollen jeder Art an einer anderen Stelle des Kolibrikörpers haften bleibt. Er wird dann beim Weiterflug in der Regel an der richtigen Narbe abgestreift.

Verbreitung von Früchten und Samen. Viele Bäume des Regenwaldes bringen Früchte zur Reife, die von Tieren gefressen werden, die sie durch Farbe, Geschmack oder Duft anlocken. Die Früchte und die in ihnen enthaltenen Samen liefern vor allem Kohlenhydrate und Vitamine, aber auch Fette und Eiweiße. Vögeln, Fledermäusen, anderen Säugern und Reptilien stehen diese Früchte zwar das ganze Jahr über zur Verfügung, aber wegen der zerstreuten Verbreitung der Bäume an immer anderen Stellen, was bei den Tieren ständige Bewegung und auch ein hohes Maß an Erinnerungsvermögen voraussetzt. Die Tiere leisten andererseits durch ihre Nahrungswahl den Pflanzen einen lebensnotwendigen Dienst, wenn sie die in den Früchten befindlichen Samen verbreiten. In der Mata Atlântica werden zum Beispiel die Samen von Feigenbäumen sehr effektiv von Brüllaffen verbreitet. Diese werden dann gleich bei der Nahrungsaufnahme ausgespuckt oder später mit dem Kot abgesetzt. Bei solcher Behandlung ist eine gewisse Robustheit der Samen sinnvoll, z.B. eine harte oder gegen Verdauungsenzyme widerstandsfähige Schale.

Wenn Tiere durch Bestäubung und Samenverbreitung auch eine bedeutende Rolle im Leben der Bäume und anderer Pflanzen spielen, gehören doch Blüten, Blätter und nicht zuletzt das Holz zu ihrem Nahrungsspektrum. Dabei werden die Pflanzen auch geschädigt, weshalb eine Reihe ihrer Eigenschaften als schützende Abwehrinrichtungen interpretiert werden können: Stacheln, Dornen oder klebrige Zweige erschweren das Klettern an Bäumen, hartes Holz setzt bohrenden Insekten Widerstand entgegen, eine Wachsbeschichtung der Blätter oder unangenehm schmeckende Inhaltsstoffe verhindern den Verzehr. Eine unmittelbare Nutzung eines Großteils der pflanzlichen Biomasse ist für viele Tiere gar nicht möglich, bei anderen erst dann, wenn die Pflanzenmassen durch Pilze aufgeschlossen sind, was z.B. bei Blattschneiderameisen der Fall ist.

Passionsblumen "schützen sich" gegen Insektenfraß. Heliconius-Schmetterlinge (Heliconiiden) legen an den Blättern von Passionsblumen (Passiflorae) ihre Eier ab, woraufhin die geschlüpften Raupen diese Pflanzen völlig kahl fressen können. Weibchen von Heliconius-Arten vermeiden es, ihre Eier an solche Blätter zu legen, auf denen sich bereits die gelben Gelege anderer Weibchen

befinden, wodurch Nahrungskonkurrenz bei den Raupen vermieden wird. Bei einigen Passifloren bilden sich aber auf den Blättern gelbe Höcker (extraflorale Nektarien), die *Heliconius*-Eiern ähnlich sehen, so daß manche *Heliconius*-Weibchen dann dort keine Eier ablegen. Ameisen werden von den Nektarien angelockt und verzehren die dort dennoch abgelegten *Heliconius*-Eier sowie die aus ihnen geschlüpften Raupen.

Passionsblumen entwickelten aber im Gegenzug schlecht schmeckende und sogar giftige Inhaltsstoffe, so daß die Blätter von den Insekten gemieden werden und für die Raupen mancher *Heliconiiden* giftig sind. Gegen solch ein im Laub der Passionsblumen enthaltenes Gift sind wiederum die Raupen bestimmter *Heliconius*-Falter immun. Sie nehmen es in ihren Körper auf, speichern es im Körperfett, behalten es als Puppen und auch nach der Metamorphose als Schmetterlinge. Die Insekten werden so für Vögel ungenießbar und signalisieren ihnen diese Eigenschaft durch auffällige Tarnfarben (Signalfärbung). Vögel lernen durch Versuch und Irrtum, daß diese Schmetterlinge ungenießbar sind. Das Gift schützte also zunächst die Passifloren vor Insektenfraß, danach schützt es den Schmetterling. Diese Wirkmechanismen sind auf jeweils bestimmte Falter- und Passionsblumenarten zugeschnitten und in ihrer wechselseitigen Evolution (Coevolution) als evolutiver Wettbewerb in einzelnen Schritten nur schwer nachzuvollziehen. Solche coevolutiven Verflechtungen gehen noch weiter, denn es gibt Schmetterlinge, welche giftige *Heliconius*-Arten "nachahmen", ohne selbst giftig zu sein. In solchen Fällen spricht man von Bates'scher Mimikry. Aber die Nachahmer dürfen auch wieder nicht zu häufig sein, weil sonst der Lernprozeß bei den Vögeln nicht sicher funktioniert. Mit Mimikry nicht zu verwechseln ist die Mimese. Hierbei handelt es sich um die Nachahmung eines Objektes, das nicht in das Nahrungsspektrum eines Beutegreifers gehört, wodurch einem Tier ein gewisser Schutz vor seinem Freßfeind gegeben ist. Es gibt Insekten, deren Körper einem welken oder grünen Blatt ähnelt, so daß sie erst "auf den zweiten Blick" als Tiere erkannt werden.

Kaum große Tiere im Regenwald

Armut an Wirbeltieren. Tropische Regenwälder sind keineswegs arm an Tieren, aber offensichtlich relativ arm an großen Tieren, besonders an Säugetieren. Aus Untersuchungen ging hervor, daß rund 1.000 Tonnen pflanzlicher Biomasse nur etwa 150 kg tierischer Biomasse gegenüberstehen (REICHHOLF 1995). Auch Henry Bates, der vor beinahe 150 Jahren in Amazonien Tiere sammelte, wunderte sich, wie wenige zu finden waren. Dieser Eindruck könnte mit den oft ungünstigen Sichtverhältnissen oder mit der nächtlichen Lebensweise der Tiere erklärt werden. Aber pflanzenfressende Tiere, die in den offenen Landschaften der Erde ihre größte Entfaltung zeigen, treten tatsächlich in allen Regenwäldern mit weniger Individuen auf und verraten damit, wie untergeordnet ihre Stellung hier ist (FITTKAU 1973). Für die amerikanischen Regenwälder ist dies noch ausgeprägter. Im "Forschungswald La Selva" in Costa Rica wurden auf 15 Quadratkilometern 41 Amphibienarten, 50 Reptilien, 400 Vogelarten und immerhin 100 Säugetierarten nachgewiesen. Stellt

man diesen Befunden eine neuere Liste der Säugetiere mit 70 Arten und der Vögel mit über 500 Arten in der Mata Atlântica (RAVAZZANI u.a. 1999) gegenüber, so wird man in beiden Fällen feststellen, daß die Anzahl der Vögel enorm ist, daß sich aber das Artenspektrum der Säuger aus eher unscheinbaren Arten mit vielen Insektenfressern, kleinen Beuteltieren und vor allem aus Nagetieren zusammensetzt.

Säugetiere. Eines der größeren Tiere mit einem Gewicht zwischen 200 und 300 kg ist der Flachlandtapir (*Tapirus terrestris*), der sich besonders in der Nähe von Gewässern aufhielt; er ist aus der Nähe der Siedlungen weitgehend verschwunden. Er unterlag wie alle großen und mittelgroßen Tiere einem erheblichen Jagddruck, wie die ebenfalls an Flußufern lebenden Pakas (*Agouti paca*) und Wasserschweine (*Hydrochoerus hydrochoerus*), die die größten Nagetiere der Erde sind. Das Mara (*Cavia aperea*) wird von eingeführten europäischen Feldhasen verdrängt. Die kaninchengroßen, flinken Agutis (*Dasyprocta aguti*) leben in Erdbauten, sind aber tagsüber in den Parkanlagen und Gärten der Städte zu beobachten.

In Südamerika leben 72 Beuteltierarten, von denen die den Opossums verwandten Beutelratten (Didelphidae) am erfolgreichsten und häufigsten sind. Besonders dem Opossum ist es gelungen, sich der Umwelt des Menschen erfolgreich anzupassen. Selten geworden sind infolge der Einengung ihres Lebensraumes Faultiere (z.B. Zweifinger-Faultier, *Choloepus didactylus*), Ameisenbären, die zu den stammesgeschichtlich sehr ursprünglichen Säugetieren gehören und Gürteltiere (Dasypodidae). Dies gilt auch für die Nasenbären oder Coatis (*Nasua nasua*), die aus der Nähe der Siedlungen weitgehend verschwunden sind.

Jaguar (*Panthera onca*) und Puma (*Felis concolor*), deren Lebensraum auch waldfreie Gebiete umfaßt, werden ebenfalls nur vereinzelt gemeldet und entkommen ihren Jägern nur selten. Dies gilt ebenso für andere Katzenartige wie das Ozelot (*Leopardus pardalis*) oder Wildkatzen wie *Felis geoffrei*; beide gelten in den meisten Gebieten der Mata Atlântica als ausgestorben. Echte Waldtiere sind Waldhunde (*Speothos venaticus*), die in der Nähe von Gewässern in Rudeln Pakas und Agutis jagen (FITTKAU 1973). Von den einst 64 Affenarten in Südamerika stehen viele vor der endgültigen Ausrottung. Weißbüscheläffchen (*Callithrix jacchus*) wurden im Tijuca-Nationalpark mitten in Rio de Janeiro wieder eingebürgert und vertreten heute die dort ausgerotteten Goldgelben Löwenäffchen.

Lianen und die Pflanzen in den Baumkronen (Baumwürger und Epiphyten)

In den Bereich der Baumkronen streben Pflanzen, die keine mächtigen Stämme bilden und auf diese Weise große Mengen an Material und Energie einsparen.

"Vom Boden erhebt sich zu den Wipfeln hinan und hängt von den Wipfeln wieder herab ein vielfachverschlungenes Netz von Schlingpflanzen. Viele Arten aus allen natürlichen Familien und Gruppen des Gewächsreiches nehmen in dieser Natur die bezeichnende Form der Lianen an. Hoch auf den Ästen wiegen sich luftige Gärten von Orchideen, Farren, Bromeliaceen u.s.w.

und die Tillandsia usneoides überhängt das Haupt alternder Bäume mit greisen Silberlocken" (v. CHAMISSO 1836).

In den Baumkronen des Regenwaldes herrschen andere Bedingungen als am Boden. Die Kronen bekommen zwar als erste Regen und sind trotzdem relativ trocken (s.o.). Die relative Luftfeuchte kann auf 40-60% sinken. Eine entscheidende Voraussetzung für das Leben in den Baumkronen ist es daher, daß es den Pflanzen gelingt, ausreichend Wasser aufzunehmen und dieses auch festzuhalten. Bei direkter Sonneneinstrahlung können sich die Blätter der Bäume und der in ihrer Nachbarschaft wachsenden Pflanzen beträchtlich aufheizen, viele zeigen erwartungsgemäß xeromorphe Baumerkmale.

Der Lebensraum im Bereich der Kronen bietet andererseits entscheidende Vorzüge. Die Blätter der Bäume und die dort wachsenden Epiphyten erhalten den größten Teil der Gesamtstrahlung (ca. 95%), nur wenig dringt bis zum Waldboden, Licht für die Photosynthese ist daher in Hülle und Fülle vorhanden. Und schließlich gibt es im Kronenraum Luftbewegungen, die Früchte und Samen mit Flugeinrichtungen, die staubfeinen Samen der Orchideen oder die Sporen der Farne verdriften, wodurch die Pflanzen den Wind einen Beitrag zu ihrer Fortpflanzung und Verbreitung leisten lassen.

Lianen. Lianen lassen sich am besten an Waldrändern betrachten. Sie stellen eine Verbindung vom Waldboden zum Kronenraum her. Sie keimen am Boden und wachsen dann an den Bäumen empor, um dem Wichtigsten für alle grünen Pflanzen, dem Licht, näherzukommen. Lianen klettern unter Anwendung recht unterschiedlicher Methoden. Windende Pflanzen wie *Ipomoea* umfassen mit der ganzen Sproßachse die stützende Pflanze, nach Verdickung und Verholzung wird schließlich eine feste Verankerung erreicht. Die meisten tropischen Lianen gehören zu dieser Gruppe. Passionsblumen oder Vitaceen wie die Gattung *Cissus* bilden mit ihren Ranken besondere Organe aus. Spreizklimmer halten sich mit spreizenden Sprossen, die Dornen, Stacheln oder Häkchen tragen können, an der Stütze fest, dies tut z.B. *Bougainvillea*. *Philodendron* und *Monstera* heften sich mit Hilfe sproßbürtiger Wurzeln an ihre Stütze und umklammern sie zusätzlich mit längeren und dickeren Wurzeln.

Den Baum schädigen die Lianen in der Regel nicht, sondern nutzen ihn nur als Stütze. Und weil sie gestützt werden, müssen sie keine massiven Stämme aufbauen, es genügt, wenn sie ihr eigenes Gewicht halten können, um beim Schwanken der Urwaldriesen nicht abzureißen, auch wenn sie schließlich verholzt sind und gelegentlich bis 100 m lang werden können. Lianen sind zäh, vor allem zugfest und auch durch seitliche Bewegungen nicht ohne weiteres zu verletzen. Ihre Leitbündelstränge sind oft voneinander getrennt und ziemlich weit außen um das zentrale Mark angeordnet. Mehrere Lianen können auch seilartig verdreht sein, was die Zugfestigkeit nochmals erhöht. Groß ist ihre Leistung bei der Leitung von Wasser in großlumigen Gefäßen, die auch mit bloßem Auge zu erkennen sind. Aus einem nur 1 m langen Stück der Katzenkralle (*Doxantha unguis-cati*) können 200 Kubikzentimeter trinkbares und garantiert parasitenfreies Wasser ausfließen, ähnliche Mengen speichern

auch *Cissus*-Arten. Wenn Lianen sich schließlich in den Kronen der Trägerbäume ausbreiten und blühen, bilden sie dort dem Anschein nach eine zweite Krone aus. Ein ähnliches Phänomen zeigen die Baumwürger.

Würgefeigen. Die Gattung *Ficus* ist außerordentlich vielfältig, und zu ihr gehören auch die Baumwürger, hinter deren Namen sich eine der erstaunlichsten Lebensformen tropischer Bäume verbirgt. Die winzigen Samen der Baumwürger oder Würgefeigen keimen in Astgabeln oder zwischen den anderen Epiphyten der Kronenschicht, wohin Vögel, Affen oder Fledermäuse sie gebracht haben. Von dort sendet die Jungpflanze dünne Luftwurzeln am Stamm entlang hinab, die in den Boden eindringen, sich verzweigen und dann Wasser und Mineralsalze aufnehmen, wodurch sich das Wachstum der Würgefeige verstärkt. Wird die Pflanze größer, vermehren sich die Luftwurzeln, sie verzweigen sich und verschmelzen auch miteinander (durch Bildung von Symphysen). Sie umgeben und überwuchern schließlich den Wirtsbaum und verursachen sein Absterben dadurch, daß sie sein Dickenwachstum und damit den Wassertransport verhindern und ihm im Bereich der Krone das Licht und damit die Möglichkeit zur Photosynthese weitgehend entziehen. Das Geflecht der Luftwurzeln kann schließlich einen Hohlzylinder von bis zu 50 m Höhe bilden. Die Würgefeige beginnt als Epiphyt und beendet im günstigsten Fall ihren Lebenslauf als Baum (Halbepiphyt), der allerdings einen Scheinstamm hat, sie steht nun "auf eigenen Beinen und hat den Kampf ums Licht gewonnen" (MÄGDEFRAU 1960). Auch Würgefeigen bringen Früchte hervor, die für viele Tierarten (Affen) lebenswichtig sind. Die Tiere sorgen dann wieder für die Verbreitung des Baumes.

Epiphyten. Viele Pflanzen verzichten ganz auf den Kontakt zum Boden und wachsen von vornherein an den Stämmen oder im Geäst der Baumkronen. Diese Epiphyten oder "Aufsitzerpflanzen" – sogar "Trittbrettfahrer" hat man sie genannt – verwandeln die Äste in üppige hängende Gärten. Die Arten, die hier wachsen, vermehren die Artenvielfalt der Regenwälder erheblich. Die Epiphyten sind aber keine Parasiten, denn sie nehmen den Bäumen, auf denen sie sitzen, weder Wasser noch Nährstoffe weg. Zur epiphytischen Lebensweise sind natürlich nur solche Pflanzen befähigt, deren Samen oder Sporen durch Luftströmungen oder durch Tiere auf die Äste oder Stämme der Bäume gebracht werden können.

Zehntausende Gefäßpflanzen können epiphytisch leben, ganz zu schweigen von den ungezählten Moosen und Flechten. In Brasilien haben sie in den Bergregenwäldern einen Schwerpunkt ihrer Verbreitung, und sie kommen aus den verschiedensten Pflanzenfamilien, es gibt epiphytische Orchideen, Bromelien, Farne, Kakteen, Gesneriaceen, Aronstabgewächse, *Peperomia*-Arten und andere (Abb. 8).

Epiphyten decken ihren Bedarf an Mineralstoffen aus dem, was Wind und Regen mitbringen, und Pilze und Mikroorganismen produzieren auch oben in den Baumkronen Humus aus totem Pflanzenmaterial und Detritus. Die Epiphyten halten diesen Humus fest mit Hilfe eines vogelnestartigen Wurzelgeflechts wie einige Anthurien oder zwischen besonderen Mantel- oder Nischenblättern wie der

Gewiehfarn (*Platyserium*). Da ihnen vom Boden her kein Wasser zufließt, müssen sie das Regenwasser sammeln und speichern: Bromelien in Blattachseln und Blattrichtern (Zisternen), Orchideen in Knollen (Bulben), Aronstabgewächse in den Zellen ihrer fleischigen Blätter, Farne im Wurzelfilz und z.B. der Nestfarn (*Asplenium nidus*) in einem Trichter aus Blättern und sproßbürtigen Wurzeln, der Gewiehfarn (*Platyserium grande*) in sogenannten Mantelblättern, die im Laufe der Zeit ein ansehnliches Paket bilden. Viele Epiphyten zeigen Sukkulenz und speichern Wasser in ihren Wurzeln, in der Sproßachse oder in Blättern.



Abb.8: Bromelien, Farne und Orchideen bilden üppige ‚hängende Gärten‘ im Regenwald. Die Epiphyten im Regenwaldhaus Hannover vermitteln einen wirklichkeitsnahen Eindruck von den natürlichen Verhältnissen.

Wohl versorgt mit Wasser und Mineralsalzen nutzen die Epiphyten den lichtdurchfluteten Luftraum der Baumkronen für die Photosynthese. Manche Arten richten ihre Blätter zusätzlich nach oben, andere lassen sie nach unten hängen. Dies tun Anthurien ebenso wie Farne. Und es gibt sogar Pflanzen, die nicht mit ihren Blättern Photosynthese betreiben, sondern bandförmige Assimilationswurzeln besitzen wie einige Orchideen.

Bromelien. Der Reichtum an Bromelien (Ananasgewächse) ist beträchtlich, und sie sind besonders in den höheren Lagen der Bergregenwälder auffällige Pflanzen. In Santa Catarina zählt man 15 Gattungen mit 97 Arten; allein die Gattung *Vriesia* umfaßt 28 Arten; fast alle Arten der Gattung *Neoregelia* sind Endemiten (POR 1992). Bromelien sind sehr formenreich, manche bilden große Blattrichter, andere wie *Tillandsia usneoides* hängen wie lange graue Bärte an Ästen und in Siedlungen sogar an Telegrafendrähten. Viele leben epiphytisch,

andere bleiben auf dem Boden, und manche finden auch in trockenen Regionen einen ihnen zusagenden Lebensraum.

Bromelien bilden mit dicht aneinander gepreßten Rosettenblättern einen wasserdichten Trichter, in dem sich Regenwasser sammelt. Man hat sie daher auch Brunnenpflanzen genannt und die Blattrichter als Zisternen bezeichnet (Abb. 9). In diese Zisterne können Staubpartikel und welkes Pflanzenmaterial eingeweht werden, so daß in ihnen eine mineralstoffreiche Nährlösung entsteht. Manche große Bromelien können bis zu 20 Liter Wasser speichern. Auch die fleischigen Blätter selbst stellen einen Wasserspeicher dar. Mit schirmförmigen Saugschuppen (Schildhaaren) nehmen sie aus diesen Blattrichtern Wasser und Mineralsalze auf. Das heißt, ihre Wurzeln dienen nicht mehr der Wasser- und Mineralsalzaufnahme, sondern in erster Linie der Verankerung in den Baumkronen.



Abb.9: Zisterne einer Bromelie der Gattung *Neoregelia* mit Blüten.

Die Zisternen (Phytothelmen) der Bromelien bilden selbst einen Lebensraum, in dem Milben, Fadenwürmer, die Larven von Mücken und Kleinlibellen, Baumfrösche und ihre Kaulquappen, sogar Schlangen, Fische und kleine Säugetiere leben können. Die Insekten dienen dann den Fröschen zur Nahrung, und sogar eine fleischfressende *Utricularia*-Art (Wasserschlauch) hat man in Zisternen von Bromelien gefunden. Was die Arten dieser Lebensgemeinschaft hinterlassen, dient wiederum den Pflanzen als Dünger, womit der Kreislauf der Stoffe geschlossen ist. In den Zisternen von *Vriesia* leben auch die Larven von

Mücken, die Malaria und Gelbfieber verbreiteten. Um die "Bromelien-Malaria" auszurotten, wurden die Pflanzen großflächig bekämpft.

Baumfrösche. Die Evolution der Amphibien führte viele Arten aus dem Wasser heraus in sehr ausgefallene Bereiche des Landlebens. Dies ist in extremer Weise der Fall bei den Baumsteigerfröschen (Dendrobatidae) des Regenwaldes. Von den 183 Froscharten dieser Gruppe in der Mata Atlântica sind 168 (92%) endemisch, und es heißt, daß auf einem Hektar schon einmal mehr als 80 Arten gefunden wurden. Sie bewohnen alle Lebensräume des Regenwaldes vom Boden bis in die Baumkronen, wo die meisten Bromelien wachsen. Und es scheint sogar einen besonderen Zusammenhang zwischen der Vielfalt von Bromelien und der Vielfalt von Baumfröschen zu geben.

Amphibien scheinen zwar gelegentlich "sorglose Eltern" zu sein, doch gewiß nicht die Baumfrösche. Sie haben ein reiches Spektrum von Anpassungen an das Leben im Kronenbereich hervorgebracht, und dies ist am augenfälligsten bei der Brutfürsorge und der Brutpflege. Die Eier und Larven von Fröschen brauchen überall ein feuchtes Milieu, selbst auf den höchsten Bäumen. Hohe Luftfeuchtigkeit allein schützt die Eier nicht vor dem Austrocknen, aber hohe Lufttemperaturen führen zu einer beschleunigten Entwicklung, so daß die Larven in weniger als 24 Stunden aus den Eiern schlüpfen. Baumfrösche haben viele Wege gefunden, Laich und Larven vor Austrocknung zu schützen. Sie nützen die kleinen Tümpel oder Pfützen in Astlöchern und in den Zisternen der Bromelien zur Eiablage, andere transportieren Eier und Larven an eine feuchte Stelle, oder sie bauen Schaumnester. Die Anzahl der Eier bleibt bei einem solchen Verhalten zwar klein, aber die Chance für einen Bruterfolg steigt. Gelegentlich kommt es auch zu einem erstaunlichen Rollenwechsel. Beim Färberfrosch (*Dendrobates tinctorius*) kümmert sich das Männchen um die Larven und transportiert sie in geeignete Kleingewässer, während das Weibchen das Territorium bewacht und gleichzeitig dafür sorgt, daß das Männchen nicht die Larven anderer Weibchen versorgt und in die nur begrenzt vorhandenen Kleingewässer bringt.

Baumfrösche entgehen zwar den Freßfeinden in den stehenden Gewässern am Boden, sind aber in den Baumkronen anderen Beutegreifern ausgesetzt. Bei Pfeilgiftfröschen gibt es Mimikry: Eine auffällige und oft grelle Färbung signalisiert Ungenießbarkeit und schützt die Tiere so vor Freßfeinden, falls die Beutegreifer schon einmal Erfahrung mit einem übleschmeckenden Frosch gemacht haben. In Hautdrüsen produzieren sie ein hochwirksames Nervengift (Batrachotoxin), mit dem sie kleinere und größere Freßfeinde wirksam abwehren können. An die 200 verschiedene Alkaloide konnten festgestellt werden. Das Gift einiger weniger Arten wurde übrigens von einigen Waldindianern neben dem Pflanzengift Curare zum Vergiften von Blasrohrpfeilen benutzt. Bloßes Berühren ist für Menschen aber nicht gefährlich.

Orchideen. Der Atlantische Regenwald ist eines der ältesten Ausbreitungszentren der Orchideen. Die meisten Arten sind Epiphyten, und manchmal weisen die Gattungsnamen (*Epidendrum*, *Dendrobium*) auf diese Lebensweise hin. Sehr ungewöhnlich ist, daß ihre Wurzeln frei in der Luft

hängen. In einem besonderen Gewebe der Rhizodermis (Velamen radicum) sind Chloroplasten enthalten, so daß sie in der Lage sind, mit den Wurzeln Photosynthese zu treiben, gleichzeitig haben die Wurzeln aber nicht die Fähigkeit verloren, Wasser und Mineralstoffe aufzunehmen und zu speichern.

Die Bestäubung der oft farbenprächtigen Blüten erfolgt durch Kolibris oder Insekten, welche die Pollenpäckchen (Pollinien) auf andere Blüten übertragen, d.h. die Pollenkörner werden nicht in Staubform verteilt. In einer dreifächerigen Fruchtkapsel können sehr große Samenmengen mit bis zu einer Million und mehr Samen enthalten sein. Die staubfeinen Orchideensamen sind aufgrund ihres geringen Gewichtes gut flugfähig. Weil sie aber nicht mit einem Nährgewebe ausgestattet sind, sind sie auf Pilze angewiesen, die ihnen ein geeignetes Keimbett bereiten. Normalerweise geht jede Orchidee eine dauerhafte Verbindung mit ihrem Pilz ein.

Zu den Bergregenwäldern gehören viele Arten von Moosen, die Äste und Stämme mit einem dichten Filz überziehen. Sie sind stellenweise so charakteristisch, daß man von Mooswäldern spricht. Sie erhalten Wasser und Nährstoffe unmittelbar aus der Luft. Wasser wird kapillar geleitet, aber es gibt auch Speicherzellen (Hyalozyten). Dennoch wissen wir wenig von ihnen, wesentliche Kenntnisse stammen noch aus dem 19. Jahrhundert.

Weitere Tiere in den Baumkronen. Lianen und die von Epiphyten überwucherten Äste der Bäume bieten ungezählten Organismen Lebensraum und Verstecke. Sie stellen luftige Pfade dar, wenn sie Bäume untereinander verbinden und auf diese Weise manchen Tieren Fluchtwege schaffen oder Wanderwege zu neuer Nahrung. Für manche kletternde Tiere ergeben sich allenfalls Probleme, wenn die Zweige dünner werden, aber Affen erweisen sich in solchen Situationen als außerordentlich sprungbegabt. Darüber hinaus haben die Tiere einen deutlichen Vorteil, die fliegen können, auch wenn Fliegen eine sehr energieaufwendige Weise der Fortbewegung ist. Die durch Klettern oder Fliegen erreichte Mobilität ist wichtig, weil das Nahrungsangebot begrenzt ist. Fruchtende Bäume der gleichen Art stehen oft weit auseinander, weitere Arten fruchten zu anderen Zeiten. Nahrhafte Früchte werden zudem von mehreren Tierarten genutzt, von Affen, Vögeln und Fledermäusen. Und selbst Blätter sind keine unerschöpfliche Nahrungsquelle, denn sie werden hart, wenn sie altern, oder sie enthalten ungenießbare Gerbstoffe. Und manche Früchte oder Samen sind ohnehin so hart, daß sie erst von bodenlebenden Nagern (z.B. Agutis) aufgebrochen werden können, wenn sie zu Boden gefallen sind.

Es gibt immer noch viele Vögel in den Bergregenwäldern an der brasilianischen Atlantikküste. Allein im Nationalpark Itatiaia hat man mehr als 250 Vogelarten gezählt. Darunter sind Tukane (z.B. der Bunttukan, *Ramphastus discolorus*), farbenprächige Tangare (Schwalbentangar, *Tersina viridis*), Schnurvögel und Trogonarten. Charakteristische Kolibris des Atlantischen Regenwaldes sind der Trauerkolibri (*Melanothrochilus fuscus*) und die Glitzeramazilie (*Amazilia fimbriata*). Es gibt mehrere Steiþhuhnarten; relativ häufig sind die hühnerartigen

Vögel Tataupa und Schakupumba. Viele Vögel werden immer noch illegal für die Käfighaltung gefangen.

Die Baumkronen gelten nach dem Boden als die am dichtesten von tierischem Leben erfüllten Bereiche des Regenwaldes. Große Schmetterlinge (Morphidae, Heliconiidae oder Ithoniidae) fliegen hier, aber auch im windstilleren Raum zwischen den Stämmen der hohen Bäume. Schmetterlinge wie *Morpho aega* wurden früher zu Millionen gesammelt und als Souvenir verkauft. Doch es gibt unermeßlichen Forschungsbedarf, denn die meisten Wirbeltiere, Vögel und Großschmetterlinge haben zwar inzwischen einen Namen, doch über ihre Lebensweise weiß man noch zu wenig. Weitgehend unerforscht sind die kleinen wirbellosen Tiere. Insekten haben vor anderen Tieren viele Vorteile, weil sie klein sind und so eine Vielzahl von ökologischen Nischen realisieren können; weil sie fliegen können, können sie neue Bereiche erschließen, und weil sie eine Metamorphose haben, können sie oft zwei unterschiedliche Lebensräume nutzen. Aber Forschung im Kronenbereich des Regenwaldes ist schwierig, denn die Bäume sind hoch, und es gibt eine Vielzahl durchaus lästiger Insekten, denn im Kronenbereich haben auch Ameisen, Wespen und Bienen ihre Baue. Gelegentlich werden sogar Insektizide (z.B. Pyrethrum) eingesetzt, um komplette Inventare von einzelnen Bäumen zu bekommen. Dann offenbart sich eine erstaunliche Artenfülle, und auch hier sind es die eher kleinen Tiere, welche die Vielfalt ausmachen. Aus den Kronen von nur drei Exemplaren des Baumes *Luehea seemannii* in Panama erbeutete der Entomologe Terry L. Erwin 1.200 Käferarten. Auf dieser Grundlage rechnete er aus, daß es auf der Erde überschlagsmäßig acht Millionen tropische Käferarten geben müßte, die nur auf Bäumen leben. Und es könnte dann zwanzig Millionen weiterer Gliedertiere geben, die ebenfalls auf tropischen Bäumen leben, und man käme vielleicht auf dreißig Millionen Arten, wenn die Bodentiere noch hinzugezählt würden (WILSON 1991). Es muß aber angesichts solcher Zahlen hinzugefügt werden, daß der Artenfülle eine relative Armut an Individuen gegenübersteht, wenn man einmal von koloniebildenden Insekten und den Moskitos absieht. Wer also von der ausgestellten Formenvielfalt in einem Museen beeindruckt ist, könnte von der geringen Größe der Populationen an Ort und Stelle enttäuscht sein.

Waldlichtungen

Eine besondere Situation ergibt sich bei der Besiedelung natürlich entstandener Lichtungen oder Baumlücken.

"Ein großer horizontaler Ast eines Baumes ist morsch und instabil. Er ist von einem dichten Garten voller Orchideen, Bromelien und anderen Arten baumbewohnender Pflanzen überzogen. Der Regen füllt die von den Achselscheiden der Epiphyten gebildeten Hohlräume, er durchtränkt den Humus und die Erdklumpen um ihre Wurzeln. Ein Windstoß erschüttert den Ast, oder ein Blitz fährt in den Stamm, der Ast bricht und reißt im Fallen eine Schneise bis zum Boden" (WILSON 1995, 19).

Wenn ein stürzender Baum oder dicker Ast eine Schneise in den Wald schlägt, dann dringt die Sonnenwärme bis in Bodennähe vor, steigt dort die

Bodentemperatur an, und die Bodenfeuchtigkeit nimmt ab. Unter solch veränderten Umweltbedingungen haben Pionierpflanzen eine Chance, deren Samen in großer Menge im Boden lagen, denn sie unterscheiden sich deutlich von den Arten, die vorher dort wuchsen. Sie sind lichtbedürftig bzw. lichttolerant, wachsen relativ schnell und bilden daher weiches Zellgewebe; sie sind kleiner und wachsen nicht zu gewaltigen Urwaldriesen heran. Alle Pioniergehölze zusammen bilden schnell wieder ein geschlossenes Kronendach. Aber irgendwann – vielleicht nach zwanzig Jahren oder mehr – ist unter natürlichen Verhältnissen die Zeit der Pioniergehölze vorbei. Und weil natürliche Lichtungen nur eine begrenzte Größe haben, können sich nun wieder höher werdende Arten ausbreiten, denn zwischen den Pionierpflanzen haben Jungbäume der Klimaxarten inzwischen eine Möglichkeit gefunden, in die Höhe zu wachsen und bis in den Bereich der höchsten Baumkronen zu gelangen. Sie leben erheblich länger und bilden eine neue Kronenschicht, in deren Schatten noch langlebigere Bäume langsam emporwachsen. Viele Sämlinge auf dem Boden erhalten eine solche Chance aber nicht und gehen schließlich an Lichtmangel ein. Nach mehreren Generationen kann sich dann wieder ein Wald bilden, welcher dem vor dem Zusammenbruch entspricht, aber wohl ein verändertes Artenspektrum aufweist. Viele kleine und unterschiedlich alte Sukzessionsstadien bilden so ein Mosaik ("Sukzessionsmosaik"), in dem sich dynamische und über längere Zeit gleich bleibende Zustände abwechseln, das in seiner Gesamtheit charakteristisch ist für den tropischen Regenwald (BECK 1987, 49). Eine exakte Prognose, wie sich eine solche Lichtung wieder bewaldet, ist nicht möglich.

"Könnte man im Zeitraffer und aus der Vogelperspektive den Regenwald beobachten, er würde regelrecht brodeln. Bäume sterben, neue schießen wie Pilze nach, dort reißt nach dem Absterben eines Überhällers ein Sturm eine größere Lücke, auf glattem, felsigen Untergrund wurde der Wald zu schwer und rutscht ab, oder ein Sturzregen hat den Hang weggespült. Zuerst Kleinfarne, dann Baumfarne überdecken den roten Boden in Windeseile, in der Sturmlücke wuchert der Dschungel. Die Vielfalt des Regenwaldes wäre ohne diese interne zeitliche Dynamik ausgelöst durch Alterung und Tod oder Störungen nicht denkbar" (GRABHERR 1997).

5. Die Besiedlung der brasilianischen Küste und die Nutzung der Regenwälder

Die indianische Bevölkerung. Am Ende des Pleistozäns vor mehr als 10.000 Jahren wanderten Jäger und Sammler von Norden kommend in Südamerika ein und drangen relativ rasch bis zu seiner südlichsten Spitze vor. Einige kamen auch in die Region des heutigen Brasilien, man fand ihre Spuren in der Höhle von Lagoa Santa und datierte sie auf 10.000 Jahre. Aber in den siebziger Jahren wurde bei Belo Horizonte ein menschlicher Schädel ausgegraben, der das erstaunliche Alter von 13.500 Jahren hat. Noch erstaunlicher war die Feststellung, daß er nur wenige indianische Merkmale aufwies und einem Menschen gehörte, der nicht das breite Gesicht der amerikanischen Ureinwohner

hatte. Der Fund zeigt, daß heute noch keine zweifelsfreie Besiedelungsgeschichte Südamerikas geschrieben werden kann.

Wir wissen, daß diese Menschen, als sie vom nördlichen Amerika kommend in Südamerika vordrangen, eine Reihe von Tieren ausrotteten. 31 Vogel- und Säugetierarten verschwanden, darunter das Riesengürteltier.

Die indianischen Erstbesiedler der Region am Atlantik sind dann jedoch restlos verschwunden. Eine besser bekannte Bevölkerung waren die "Sambaqui-Leute" (7.565 ± 1300 Jahre v.h.), die wohl an der Küste entlang von Norden einwanderten und riesige Muschelhaufen hinterließen; sie betrieben Fischfang, aber noch keinen Ackerbau und hatten keine Keramik. Um 2000 vor heute kamen aus dem Innern des Kontinents die Tupi-Guaranis, sie betrieben Brandfeldbau und bauten Mais und Maniok an, stellten Tongefäße her und breiteten sich an der ganzen Atlantikküste aus. Es ist erstaunlich, daß es einigen Indianerstämmen schon früh gelang, aus der giftigen Gattung *Manihot*, die tödliche Glykoside und Cyan-Wasserstoff enthält, nützliche Kulturpflanzen auszulesen und Methoden zu finden, die Blausäure auszuwaschen und aus den Maniok-Rhizomen genießbares Yuka-Mehl zu gewinnen.

Man nimmt an, daß es um 1500 n.Chr. eine neun Millionen Menschen zählende indianische Bevölkerung in Südamerika gab. Die Tupis der Ostküste begegneten im 16. Jahrhundert den Europäern, und von ihnen ist im Bericht des HANS STADEN und in den Aufzeichnungen des Jesuitenpaters ANCHIETA die Rede. Über ihren Brandfeldbau berichtete er 1556:

"Die Oerter, dahin sie pflanzen wollen, hauen sie Bäume nieder und lassen sie drei Monat oder länger dürren. Darnach stecken sie Feuer darin und verbrennen sie; denn pflanzen sie ihre Wurzel zwischen die Stöcke, von welcher sie einen Behelf haben, heisset Mandioka, ist ein Bäumlein einer Klaftern hoch, giebt drei Wurzeln von sich. Wenn sie der Wurzeln geniessen wollen, ziehen sie das Bäumlein aus und brechen die Wurzeln ab, und brechen dann der Zweig von den Bäumen und steckens wieder in die Erden, das krieget denn Wurzeln, und in sechs Monaten wird es so gross, dass man seiner geniessen kann" (zitiert nach LEHMANN-NITSCHKE 1921).

Ackerbau wurde natürlich in Verbindung mit Jagd, Fischerei und ursprünglicher Sammelwirtschaft betrieben. Als Boot benützten sie den Einbaum, der traditionell aus dem Holz von *Tabebuia cassinoides* hergestellt wurde. Sie lebten in großen, mit Palisaden umgebenen Dörfern. Die Brandrodung der indianischen Bevölkerung hatte nach heutiger Einschätzung keine nachhaltigen Schäden am Bestand des Atlantischen Regenwaldes bewirkt. Diese Indianer wurden nach der Eroberung von den Portugiesen weitgehend ausgerottet, sie überlebten aber bis heute "genetisch" in Mischlingen, zu denen die Caiacaras gehören.

An der Ostküste gab es keine Edelmetalle, und die dortigen Siedlungen blieben lange Zeit klein und unbedeutend. Die Ostküste war es aber vor allem, die mit ihren Zuckersiedereien für sehr lange Zeit Brasilien darstellte und das Bild dieses noch sehr exotischen Landes prägte.

"Spanier und Portugiesen, die als erste das südamerikanische Festland betraten, mieden den Wald. Pinzón, Cabral, Magellan und andere Seefahrer, die die Ostküste des Kontinents entschleierten, schreckten vor dem Urwald zurück, der sich ihnen in Guayana, Amazonien und Ostbrasilien als feindliche Natur gegenüberstellte" (WILHELMY 1980):

Abbildungen aus dem 16. Jahrhundert zeigen, wie die Eroberer die indianische Bevölkerung zum Holzfällen einsetzten. Dem Wald wurde bevorzugt das rötliche "Brasil-Holz" (*Caesalpinia echinata*) entnommen, das in großen Mengen exportiert wurde. Im ersten Drittel des Jahrhunderts waren es vor allem die Franzosen, die an diesem Holz interessiert waren und einen lebhaften Handel mit den ansässigen Tupis trieben. Bald kamen weitere Nutzholzarten hinzu.

Kolonisierung der brasilianischen Küste. Schon um 1534, in der frühesten Kolonialzeit, wandten sich die Portugiesen dem Anbau von Zuckerrohr zu. Weil sich aber die indianische Bevölkerung für die dazu notwendige Rodung des Urwaldes nicht eignete, wurden Negersklaven eingeführt. Bereits um die Mitte des 16. Jahrhunderts trafen die ersten Sklavenschiffe ein. In der weiteren Kolonialzeit wurde die Plantagenwirtschaft beibehalten, auf den entwaldeten Flächen wurden nach dem Zuckerrohranbau Plantagen für Kakao und Kaffee angelegt. Das Verschwinden der Wälder wurde keineswegs bedauert, sondern es wurde noch im 19. Jahrhundert von einem ehemaligen Gärtner der Herrenhäuser Gärten in Hannover als eine besondere Kulturleistung gepriesen.

"Gelingt es dem Menschen, den Sieg über seine pflanzlichen Gegner zu erlangen, so erblühen Bildung und Gesittung; gewinnt aber das Gewächsreich die Ueberhand, so hat der Unterworfenen die ganzen Folgen dieser Niederlage zu tragen. Die Ureinwohner Brasiliens (...) unterlagen in diesem Kampfe mit der Natur. Der Urwald gewann die Oberhand, wuchs ihnen buchstäblich über den Kopf, und die außergewöhnliche Fruchtbarkeit des Bodens, den sie bewohnten, mußten sie als Schicksal beklagen wie als Wohlthat begrüßen" (SEEMANN 1962).

An der Erschließung der Ostküste hatten die Jesuiten, die bei Santos und Rio de Janeiro große Ländereien besaßen, ein besonderes Verdienst. Im übrigen aber behielt der Anbau von Maniok und Mais, wie ihn die Tupis betrieben hatten, zur Grundversorgung der Bevölkerung noch lange seine Bedeutung. Dann weitete sich der Anbau von Kaffee zu Beginn des 19. Jahrhunderts bei Rio de Janeiro stark aus; um 1850 war die Gegend um Campinas Hauptanbaugebiet, und von da wanderte der Kaffee immer weiter nach Westen, sobald die Böden Ermüdungserscheinungen zeigten. Den Kaffeeplantagen mußte der Wald weichen, denn Kaffee war von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zur Weltwirtschaftskrise im zwanzigsten Jahrhundert die wirtschaftliche Hauptstütze Brasiliens und insbesondere der aufstrebenden Stadt São Paulo. Nur die an steilen Hängen ungünstig zu bewirtschaftenden Bergwälder blieben teilweise erhalten.

An geeigneten Stellen wird dort auch heute noch von der ärmeren ländlichen Bevölkerung ein Waldackerbau betrieben, das heißt Nutzpflanzen werden

zwischen den Bäumen angebaut. Dort wachsen Ananas und die Palme *Bactris gasipaes*, Pfeffer klettert an der baumförmig wachsenden *Erythrina poeppigiana* empor, die ihrerseits Kakaobäume beschattet (WHITMORE 1993).

"Die Ansiedlungen der Menschen liegen meist längs dem Gestade, umschattet von Orangenbäumen, welche die Höhe unserer Apfelbäume erreichen oder übertreffen. Um dieselben liegen Pflanzungen von Bananen, Kaffee, Baumwollenstauden u.s.w., und Gehege, worin etliche unserer Küchengewächse, denen viele europäische Unkrautarten parasitisch gefolgt sind, unscheinbar gebaut werden. Der Melonenbaum und eine Palme (Cocos Romanzoffiana M.) ragen aus diesen Gärten hervor. Unterläßt der Mensch, die Spanne Landes, die er der Natur abgerungen hat, gegen sie zu vertheidigen, überwuchert gleich den Boden hohes, wildes Gesträuch, worunter schöne Melastoma-Arten sich auszeichnen, umrankt von purpurblüthigen Bignonien" (V. CHAMISSO 1836).

Im 19. Jahrhundert nahmen die Besiedlung und die landwirtschaftliche Erschließung durch Mitteleuropäer (Schweizer, Italiener und viele Deutsche) erheblich zu. Viele hatten eine besondere Vorliebe für die Urwaldgebiete, weil sie annahmen, daß die üppigen Urwälder vor ihren Augen nur auf einem besonders fruchtbaren Boden wachsen konnten.

"Der Urwald ist für den deutschen Auswanderer das Sinnbild der Fruchtbarkeit. Die Mächtigkeit der Baumstämme, das dichte Gewirr der Schlingpflanzen, das saftige Grün der Blätter ist ihm ein Beweis für die Güte des Bodens. (...) Die feuchtwarme Treibhausluft unter dem dichten Blätterdach erinnert den Siedler an das Gewächshaus eines europäischen Gärtners. Der Kampf dagegen mit seinen gelben, harten Büschelgräsern scheint für den Kolonisten von vornherein zur Hervorbringung eines höheren Pflanzenwuchses ungeeignet zu sein. Die eingestreuten Baumgruppen sind nur krüppelhaft entwickelt und die Sträucher häufig mit Dornen besetzt. Ein heißer trockener Wind weht über die Ebenen, und der Siedler fühlt nichts von jener schwangeren Feuchtigkeit, die ihm im Urwald Riesenernten verspricht" (Wilhelmy 1980, 33).

Erst seit dem 20. Jahrhundert ist bekannt, daß dies eine Fehleinschätzung der Labilität tropischer Böden war, die aber bis heute noch nicht korrigiert worden ist. Die Kolonisten wendeten auf den Waldflächen, die ihnen zugewiesen bzw. die sie erwerben konnten, die Brandrodung an. Der Wald wurde geschlagen und nach dem Abtrocknen angezündet. Das Feuer brannte den Boden steinhart, so daß sich die Asche nur unzureichend mit ihm vermischen ließ. Verbrannt wurden auch die Mikroorganismen des Bodens, die Pilze und Bakterien, ohne die ein fruchtbarer Boden nicht entstehen kann. So verlor der Boden einen großen Teil seiner Fähigkeit, Wasser aufzunehmen und nur langsam wieder abzugeben, denn von dem harten Boden fließt das Wasser ab und nimmt dabei noch einen Teil des ohnehin geringen ackerfähigen Bodens mit. Und mit dem Wald waren schon vorher die Vögel verschwunden, darunter auch solche, die als Schädlingsvertilger eine Rolle hätten spielen können.

Heute versucht man, die sinkenden Erträge auf den geschädigten Böden durch massiven Einsatz von Mineraldünger und Pestiziden wieder zu steigern, was wiederum negative Folgen für die Grund- und Oberflächengewässer hat. Wo sich ein solcher Aufwand nicht mehr rentiert, wird die Landwirtschaft aufgegeben, und besonders die ärmere Bevölkerung sucht den Weg in die Städte (exodus rural). Das brasilianische statistische Bundesamt geht davon aus, daß im Jahr 2020 nur noch 10% der Gesamtbevölkerung auf dem Lande leben wird (KUNZMANN 1999).

Sekundärvegetation. Verlassene Kulturlächen verbuschten schnell, so daß Reisende schon im 19. Jahrhundert große Savannen antrafen, die sie irrtümlich für die ursprüngliche Vegetation des Landes hielten (Seibert 1975). Häufig ist die Ausbreitung einer Sekundärvegetation zu beobachten, wenn der Wald gerodet oder die Plantagen aufgegeben wurden. Solche Beobachtungen wurden bereits im 19. Jahrhundert gemacht:

"Mitten in dieser ausgedehnten Urwaldung befinden sich die Schläge (Rossados), welche von den Pflanzern nach Abbrennung der gefällten Stämme mit Mandioca, Mais, Bohnen, Kaffee u.s.w. bebauet werden. Diese Anbauungen (Rossas) werden gewöhnlich nach einigen Erndten verlassen und bedecken sich sodann binnen wenigen Jahren von neuem mit einem dichten Anflug (Capoeira), der sich besonders durch den Mangel großer und langsam wachsender Baumarten auszeichnet. Die Urwälder, welche als Zeugen der schöpferischen Kraft des neuen Continentes in ursprünglicher Wildheit und noch unentweiht durch menschliche Einwirkung dastehen, nennt man in Brasilien ‚jungfräuliche Wälder‘ (Mato-Virgem)" (v.Spix & v.Martius 1823,I, zitiert nach der Ausgabe von 1966).

Wo der ursprüngliche Waldbestand beseitigt wurde, um Felder, Plantagen oder Weiden anzulegen oder Straßen zu bauen, breiten sich Gräser, Kräuter und Gebüsche aus mit Tibouchina-, Sapium-, Piper-, Vernonia- und Baccharis-Arten (Hueck 1972). Auch Cecropien und der Balsaholzbaum (*Ochroma lagopus*) spielen in der anthropogenen Vegetation, auf verlassenen Feldern und an ihren Rändern eine Rolle. Dazwischen finden Lianen einen Platz und überziehen nach einiger Zeit Sträucher und Bäume mit einem dichten Pflanzenschleier.

Der weltweit vorkommende Wunderstrauch *Croton* (Euphorbiaceae) ist auch in Südamerika verbreitet, aber ähnlich wie das Wandelröschen *Lantana camara* nicht immer beliebt. Auch wo in größeren Höhen der Nebelwald gestört ist, entwickelt sich binnen kurzem eine Sekundärvegetation mit *Tibouchina sellowiana*, *Mimosa scabrella*, *Senecio*- und *Baccharis*-Arten und nicht zuletzt mit *Pteridium aquilinum*, dem Weltbürger Adlerfarn (Falkenberg & Voltolini 1995).

Doch überall wo sich nach landwirtschaftlicher Nutzung eine solche Vegetation auf großen Flächen in oft üppigen und für das Auge durchaus reizvollen Beständen gebildet hat, ist dies keineswegs ein Zeichen von Ursprünglichkeit, sondern es handelt sich um Ersatzgesellschaften (Abb. 10). Sie werden in Brasilien "Capoeiras" (s.o.) genannt und regenerieren sich nicht mehr zum

ursprünglichen Regenwald, sondern zu einem Sekundärwald mit vollständig anderem Verhalten hinsichtlich des Stoff- und Energiekreislaufs (Pfadenhauer 1980).

"Die Eigenschaften der Böden sind so verschlechtert, daß neuer Wald sich kaum anzusiedeln vermag. Wo Sekundärwald aufkommt, ist er fast ausschließlich aus wertlosen Baumarten zusammengesetzt" (Seibert 1975).



Abb.10: Der "Ameisenbaum" (*Cecropia pachystachia*) im Regenwaldhaus Hannover, eine charakteristische Art der Ersatzgesellschaften.

Die auf solchen Flächen in dichter Masse miteinander konkurrierenden Pflanzen zeigen eine ins Auge fallende Ungeordnetheit, und diese Nachfolgesellschaften eines ge- und zerstörten Regenwaldes sind es vor allem, auf die die Bezeichnung Dschungel angewendet wird (Kricher 1999). Wo man solch eine Sekundärvegetation nicht zulassen möchte, wird das Land häufig mit Eukalyptus oder Kiefern aufgeforstet. Auch mehrere brasilianische Nationalparke bestehen zu großen Teilen aus Sekundärwald. Am bekanntesten ist das Schutzgebiet von Tijuca, wo auf ehemaligem Kaffeeland zu Beginn des 20. Jahrhunderts Aufforstungen vorgenommen wurden. Inzwischen hat sich der Wald wieder relativ naturnah entwickelt, was insbesondere an den Epiphyten zu beobachten ist, die sich erneut angesiedelt haben. Die vorhandenen Eukalyptus- und Jackfruchtbäume sind aber unübersehbare Hinweise auf den früheren Einfluß des Menschen. Diese sind noch deutlicher vorhanden im Nationalpark Caparaó, dessen Primärwälder durch Kaffeeanbau, Brandrodung und Holzkohlegewinnung großflächig vernichtet wurden und wo die Rückkehr zu einer gewissen Naturnähe erst in geringem Umfang vonstatten gegangen ist. Es wird jedoch befürchtet, daß wegen der Veränderung des Bodens und des eingetretenen Nährstoffverluste eine vollständige Regeneration des ursprünglichen Zustands nicht möglich ist.

Von der Veränderung der Naturlandschaften war auch die Fauna Südostbrasilens betroffen. Durch die Einführung von Rindern, Hunden, Katzen, Hasen und Ratten wurden schon vor Jahrhunderten besonders im Einflußbereich der Siedlungen die ursprünglichen Arten verdrängt. Weil sie sich an Schafen, Rindern und anderen Haustieren vergriffen, wurden alle heimischen Beutegreifer scharf bejagt. Selbst in noch urwüchsig erscheinenden Waldgebieten sind viele der ursprünglich vorhandenen Tiere nicht mehr zu beobachten, und auch in Schutzgebieten erweisen sich die durchaus vorhandenen Bemühungen zu ihrem Schutz als vergeblich.

Wirtschaftsregion Südostbrasilien. Heute ist die Region Südostbrasilien mit den Staaten Minas Gerais, Espirito Santo, Rio de Janeiro und São Paulo wirtschaftlich am bedeutendsten unter den brasilianischen Großregionen. An der Atlantikküste liegen die größten Städte Brasilien, und 60% der Brasilianer (150 Millionen!) haben dort ihren Wohnsitz. Das Stadtgebiet von São Paulo hat einen Durchmesser von etwa 40 Kilometern, und dort leben 20 Millionen Menschen (im Jahr 2010 vermutlich 25 Millionen), Rio de Janeiro hat etwa 12 Millionen Einwohner (Touraine 1996). Der Staat São Paulo hat die größte Industrieproduktion des Landes, das VW-Werk ist eine der größten Autofabriken der Welt. Im Großraum gibt es die intensivste Plantagenwirtschaft, große Flächen werden von Millionen Rindern beweidet (Novy 1997). Auf 10% der Fläche des Staates São Paulo wird Zuckerrohr als "nachwachsender Rohstoff" angebaut und zum Großteil zur Herstellung von Autotreibstoff verwendet. Der Anbau wird übrigens durch das staatliche Energieprogramm "Pro Alcool" von 1974 gefördert (Fuchs 1996). Bei Produktion von Alkohol entstehen wieder große Mengen Abfallstoffe, die in vielen Fällen ungeklärt in die Flüsse eingeleitet werden.

Umweltschäden. Das Industriegebiet von Cubatao zwischen Santos und São Paulo mit seiner petrochemischen Industrie gehört zu den am meisten verschmutzten Regionen der Erde. Die Emissionen hatten Augen- und Hirnschädigungen zur Folge sowie eine extrem hohe Kindersterblichkeit. Die Brasilianer selbst sprechen vom "Tal des Todes". Das Schutzgebiet von Paranapiacaba wurde durch die von dort ausgehende Luftverschmutzung weitgehend zerstört. Die schlimmsten Folgen für den Regenwald hatte aber bis in die Gegenwart die Herstellung von Holzkohle für die Eisen- und Stahlindustrie, weil Brasilien nur in geringem Umfang geeignete Steinkohlevorkommen besitzt. Die in Santa Catarina geförderte Kohle enthält einen hohen Anteil an Pyrit und wird für die bei der Verbrennung entstehenden erheblichen Emissionen verantwortlich gemacht. Der Einsatz von Holzkohle dauert bis heute an. Die kahlgeschlagenen Flächen werden mit Eukalyptus und Kiefern (*Pinus elliottii*, *P. occarpa*, *P. caribaea*) aufgeforstet, deren Holz dann nach einigen Jahren verkohlt wird (Falkenberg & Voltolini 1995). Die Abholzung der Wälder und der Straßenbau haben großflächig zu Bodenerosion und Hangrutschungen geführt. Beispiele liefern die Straßen von Rio nach Santos (Seibert 1975, Pfadenhauer 1980). Erosionsschäden gibt es auch in Rio.

"War die Beseitigung der Mangrovewälder in der feuchten Niederung ein wichtiger Schritt zur Sanierung der Stadt, so hatte die Abholzung und Zurückdrängung des Hochwaldes an den Hängen der Gebirgsmassive recht unerwünschte Folgen. Seit die Stadtviertel immer höher an den Berglehnen hinaufwuchsen und diese ihrer schützenden Waldecke entkleidet wurden, änderten sich Wasserhaushalt und natürliche Abflußverhältnisse. Während früher die durch sommerliche Regengüsse anschwellenden Bergbäche infolge der geschlossenen Bewaldung der Hänge nur verhältnismäßig geringe Schäden in der Ebene anrichteten, schwemmen sie jetzt den ungeschützten Boden zu Tal. Durch Schlammströme und Rutschmassen wurden zu wiederholten Malen ganze Viertel betroffen und selbst Häuser zum Einsturz gebracht. Gleichzeitig drohen sich die einstigen Waldtäler in tieferfurchte, kahle Lehmschluchten zu verwandeln. So ergeben sich aus der Umgestaltung der Landschaft, in die Rio de Janeiro im Laufe der Zeit hineingewachsen ist, neben all den Gewinnen, die die Stadt zu verzeichnen hat, auch schwerwiegende Umweltprobleme, die man seit langem erkannt hat und denen man durch Verzicht auf Bebauung gefährdeter Hänge in der Stadtplanung Rechnung trägt. (...) Den im Januar 1966 durch 18stündige schwere Regenfälle ausgelösten Bergrutschen sind in den Favelas 500 Menschen zum Opfer gefallen, 1000 Menschen wurden verletzt, 2000 obdachlos" (Wilhelmy & Borsdorf 1985).

Allmähliches Verschwinden der Atlantischen Regenwälder. Bereits im 19. Jahrhundert waren große Teile des Küstenregenwalds verschwunden, die Vernichtung verstärkte sich, als es möglich war, mit schweren Fahrzeugen in die Wälder vorzudringen. Auf diese Weise verschob sich die nördliche Grenze des Atlantischen Regenwaldes nach Süden, so daß heute nur noch etwa 20.000 Quadratkilometer dieses Waldgebiets in natürlichem Zustand übrig sind, das

ursprünglich fünfzig mal größer war. Nach Angaben der Naturschutzorganisation "Fundação SOS Mata Atlântica" nahm die Fläche der Bergregenwälder zwischen 1985 und 1990 um fast 6% ab (Fuchs 1996), und diese Entwicklung dürfte sich bis in die Gegenwart mit unvermindertem Tempo fortgesetzt haben. Natürliche oder wenigstens naturnahe Waldreste gibt es nur noch in den wenigen Schutzgebieten, in schwer zugänglichen Gebirgslagen und an den steilen Flanken der Serra do Mar (Seibert 1975). Daher gilt der Atlantische Regenwald als der am höchsten gefährdete Lebensraum Brasiliens, größere Restbestände finden sich noch in den Staaten São Paulo und Paraná.

Auch die Grasländer auf den "Campos planaltinos" werden gebrannt, um den Graswuchs für eine dürrtuge Viehwirtschaft anzuregen, wobei das Feuer nicht selten auf den Nebelwald übergreift. Die Dünenlandschaft in Rio Grande do Sul ist durch zahllose Wochenendhäuser, durch unregelmäßige Sandentnahme oder Beweidung weitgehend zerstört (Pfadenhauer 1980). An der Ostküste gibt es die meisten von der Ausrottung bedrohten Arten in Brasilien und die Tragik besteht darin, daß Pflanzen und Tiere ausgerottet wurden, noch ehe sie von der Forschung wahrgenommen werden konnten. Einmal zerstört besteht keine Aussicht für eine Regeneration der Wälder im Zeitrahmen menschlicher Geschichte, und Wiedergutmachung ist nicht möglich.

Schutzgebiete. 1990 waren 50.000 Quadratkilometer als Schutzgebiete ausgewiesen, von denen viele relativ klein sind (Seibert 1975, Pfadenhauer 1980). Interessant ist, daß einer dieser Nationalparke zum Stadtgebiet der Megacity Rio de Janeiro gehört; auch in Porto Alegre gibt es Schutzgebiete mitten in der Stadt (z.B. Morro do Osso). Ob aber die vorhandenen Reserven einen repräsentativen Bestand der Bergregenwälder und der vorgelagerten Landschaften erhalten können, wird unterschiedlich beurteilt, denn Brasilien hat zwar gute Schutzbestimmungen, aber viele stehen nur auf dem Papier, und viele Schutzgebiete werden nur unzureichend beaufsichtigt (Müller 1984, Falkenberg & Voltolini 1995, Fuchs 1996). Auch die unterschiedlichen Schutzkategorien sind aus der Ferne nur schwer zu beurteilen. Unzulänglichkeiten werden jedoch erkannt und nach Möglichkeit korrigiert. Es ist auch darauf hinzuweisen, daß sich vorhandene Schutzgebiete in weiten Bereichen nicht mehr aus Primärwald zusammensetzen, sondern es wurden auch Flächen einbezogen, die bereits landwirtschaftlich genutzt wurden und auf denen sich eine sekundäre Vegetation ausbreitete (Gall & Wikelski 1993). Es bleiben vor allem die Pflanzen und Tiere übrig, die sich als robust genug erweisen, auch in relativ kleinen Räumen als "zähe Randbewohner" zu überleben. Aber trotz solcher Einschränkungen ist in Brasilien doch ein steigendes Umweltbewußtsein festzustellen, das sich besonders in vielen privaten Initiativen niederschlägt (Pfadenhauer 1980). Ausdruck der Gründlichkeit, mit der sich Brasilianer heute mit den Problemen besonders ihrer großstädtischen Umwelten auseinandersetzen, ist der Umweltatlas von Porto Alegre (Universidade Federal do Rio Grande do Sul 1999).

Größere Schutzgebiete mit Resten des Atlantischen Regenwaldes sind:

- Caparaó (26.200 ha).

- Serra dos Órgãos (11.000 ha): Reste des primären Regenwaldes sind an den Flanken der steilen Berge bis in Höhen von 1800 erhalten.
- Forestal da Tijuca (3.200 ha) mit dem Corcovado. Der Wald ist hier nicht ursprünglich, sondern ein nach einer Phase frühen Kaffeeanbaus wieder aufwachsender Sekundärwald.
- Nationalpark von Itatiaia (30.000 ha) in der Serra da Mantiqueira.
- Serra da Bocaina (100.000 ha).
- Insel San Sebastian.

Schutz und Erhalt der Mata Atlântica sind mittelfristig nur zu realisieren, wenn nicht nur ethische und ökologische Überlegungen angestellt werden, sondern wenn die Verbesserung der gesellschaftlichen und ökonomischen Situation der dort lebenden Menschen in die Formulierung von Lösungsvorschlägen eingeht. Ohne Mitwirkung der Bevölkerung werden sich die meisten Schutzmaßnahmen als aussichtslos erweisen.

6. Kann das Regenwaldhaus ein Modell für einen Regenwald sein?

Im Regenwaldhaus in Hannover-Herrenhausen ist kein noch so kleiner Ausschnitt eines realen Regenwaldes zu besichtigen, denn Regenwälder kann man weder imitieren noch nachbauen. Der Besucher wird jedoch mit einem eindrucksvollen Modell konfrontiert, das wie alle Modelle nur eine begrenzte Anzahl von Aspekten der Wirklichkeit spiegelt. Er muß sich daher dem Haus und seiner Pflanzenwelt, die mit großem Aufwand, fachlichem Können und viel Geschmack zusammengetragen wurde, mit einer kritischen Einstellung nähern, denn Modelle haben nun einmal auch die fatale Eigenschaft, sich bei naiver Betrachtung an die Stelle der Wirklichkeit zu drängen. Das Haus mit seinen technischen Möglichkeiten, die abiotischen Bedingungen für das Gedeihen seiner Bewohner zu schaffen und zu kontrollieren, die Menge und Qualität der ausgewählten Pflanzen und schließlich die beobachtbaren Interaktionen zwischen Pflanzen und Tieren sollen im folgenden mit wenigen Worten dargestellt werden.

Das Haus. Im Berggarten in Hannover gab es seit 1846 ein von G.L.F. Laves erbautes Tropenhaus, das 1880 durch ein großes Palmenhaus ersetzt wurde. Dieses Gewächshaus wurde im Zweiten Weltkrieg schwer beschädigt und später abgerissen (vgl. Preissel & Preissel 1993). Das heutige Regenwaldhaus mit einem Durchmesser von 36 m und einer Höhe von 16,50 m hat im Dom eine Pflanzfläche von knapp 900 Quadratmetern. Und dennoch ist das Haus klein, denn es gibt Baumriesen in Brasilien mit meterhohen Brettwurzeln, von denen gerade die Stammbasis eines einzigen dieser Bäume am Boden des Regenwaldhauses Platz hätte. Und während traditionelle Palmenhäuser ausgesprochen hohe Gebäude sind, ist das neue Regenwaldhaus in Hannover 8 m tief in den Boden eingesenkt und mit einer flachen Kuppel überwölbt. Es duckt sich gewissermaßen und wirkt so vielleicht weniger aufdringlich in der Nachbarschaft der historischen Gebäude des Großen Gartens und des Berggartens. Das Haus ist oben geschlossen und wird durch seine begrenzte Höhe das Wachstum der Bäume

einschränken. Licht dringt durch transparente Folienkissen ein, aber die Einsenkung des Hauses hat zur Folge, daß es Lichtprobleme gibt, nicht nur weil die Einstrahlung in den Tropen generell größer ist als in Mitteleuropa, sondern weil es im Winter und an trüben Tagen so dunkel ist, daß es bei vielen Pflanzen zu Wachstumsstörungen (Vergeilung) kommt. Im Regenwaldhaus spielt außerdem die Richtung eine Rolle, aus der das Licht einfällt, so daß es hellere und dunklere Bereiche gibt. Inzwischen ist aber für zusätzliche Beleuchtung gesorgt. Das Haus ist auch mit seinen technischen Einrichtungen ein Modell, denn die klimatischen Bedingungen werden relativ konstant gehalten und sind nicht den im Tageslauf wechselnden Witterungsbedingungen ausgesetzt, wie sie an der Küste Brasiliens herrschen. So wird in Mitteleuropa mit seinen vier Jahreszeiten eine Temperatur zwischen 21 und 25°C und eine Luftfeuchtigkeit von 60-90% eingehalten, was jeder Besucher wahrnimmt, der das Haus mit zu warmer Kleidung betritt. Der saure Fels- und Lehm Boden des brasilianischen Bergregenwalds mußte von den Gärtnern des Berggartens aus Torf, Rindenhumus und Walderde zusammengesetzt werden. Ein pH-Wert um 5-6 wird angestrebt. Insgesamt müssen aber noch umfangreiche Erfahrungen mit der Technik und den Reaktionen der Pflanzen gesammelt werden.

Die Pflanzen. Bei der Bepflanzung mußte pragmatisch vorgegangen werden. Es war nicht möglich, das Material unmittelbar aus dem Atlantischen Regenwald zu beschaffen, weil geltende Rechtsbestimmungen dies nicht erlaubten, so daß auf Gärtnereien und Baumschulen zurückgegriffen werden mußte, die auf tropische Pflanzen spezialisiert sind. Nicht alle Arten stammen auch aus dem Wuchsgebiet der Mata Atlântica, sondern sind in anderen Gebieten Süd- und Mittelamerikas zuhause. Manche Pflanzen wie Farne, Maranten oder Peperomien werden die Besucher auch aus dem Zierpflanzenhandel oder sogar vom eigenen Blumenfenster kennen. Orchideen wurden vom Berggarten bereitgestellt und werden nach dem Verblühen durch neue Exemplare ersetzt. Unübersehbar ist die Verwendung relativ vieler Nutzpflanzen. Gleichwohl ist die Bepflanzung gelungen, und sie verfehlt diesen Eindruck auch nicht bei den Besuchern. Das Regenwaldhaus zeigt viele Pflanzentypen, Lebensformen und Phänomene, die den tropischen Regenwald kennzeichnen: Riesenwuchs einiger krautiger Pflanzen, eine Vielzahl von Lianen und Epiphyten, mannigfaltige Blattformen und die Vielfalt der Pflanzenfamilien, die in Mitteleuropa fehlen oder nur mit wenigen Arten vertreten sind. Besondere Bewunderung erregen die reich mit Epiphyten bepflanzten Baumstämme.

Interaktionen zwischen Pflanzen und Tieren. Der Tierhaltung sind im Regenwaldhaus von vornherein Grenzen gesetzt, denn die Pflanzen haben absolute Priorität. Die Anzahl der Tierarten ist daher begrenzt, und es ist angebracht, gewisse Tiere wie Baumfrösche oder Blattschneiderameisen in Terrarien oder Insektarien zu halten. Wenn den Besuchern Schmetterlinge gezeigt werden, dann dürfen keine insektenfressenden Vögel gehalten werden, sondern man muß sich auf Arten beschränken, die mit Früchten und Honig ernährt werden können, was ja im Regenwaldhaus auch der Fall ist. Tiere sind für die Besucher zwar attraktiv, aber die Ausstattung mit weiteren frei fliegenden

oder frei laufenden Tieren könnte sich als problematisch erweisen. Daher sind auch ökologische Abläufe wie Nahrungsketten oder Nahrungskreisläufe in einem Warmhaus schwer vorzuführen.

Edutainment. Die erste Begegnung mit dem Regenwaldhaus mit seiner gegenwärtigen Ausstattung wird von den meisten Besuchern positiv beurteilt. Viele sagen: "Es ist wie im Urwald!" Die Darbietung erfolgt nach einem Prinzip, das als "Edutainment" bezeichnet wird. Lernen soll mit einem unterhaltsamen Vergnügen verknüpft sein und Menschen zum Besuch motivieren, die normalerweise keine botanischen Gärten besuchen.

"Ohne nach Südamerika reisen zu müssen, unternehmen die Besucher des Regenwaldhauses eine Forschungsexpedition und erleben die Welt der Mata Atlântica Brasiliens. Pflanzen aus diesem Bergregenwald sollen in dem 15 Meter hohen Glashaus wachsen. Bevor die Besucher das Kunst-Biotop betreten, erfahren sie das grüne Universum in dessen spektakulärster und vitalster Phase – in einem geheimnisvoll inszenierten Regenwald bei Nacht. In dem Glasdom selbst passiert ein Entdeckungspfad neun Informationsstationen, auf denen beispielsweise erlebbar wird, wie sich Ameisen und Termiten organisieren, welche ökologischen Kreisläufe den Regenwald bestimmen, wie die Vielfalt der Orchideen entstand oder auf welcher mörderischen Art sich Gifttiere zu verteidigen wissen. Den ‚Rückweg‘ nach Hannover schlagen die Besucher in einer simulierten Zeppelinreise ein, in dem Filme zu besonderen Aspekten des Regenwaldes gezeigt werden" (Pressemitteilung anlässlich der Grundsteinlegung für das Regenwaldhaus).

Dieses modische Prinzip blieb aber nicht unumstritten, und nicht jeder Besucher konnte sich mit allen vorgetragenen Tonbandtexten und der Geschichte über einen verschollenen Professor, der die Sprache der Pflanzen verstehen kann, anfreunden. Insbesondere widersprechen die gewählten Anthropomorphismen herkömmlichen Vorstellungen einer sachbezogenen Information vieler Besucher. Unklar bleiben die Vermittlungsziele für sehr unterschiedliche Besucher, unterschiedliche Altersstufen zum Beispiel. Daß ein einheitliches methodisches Konzept durchaus Grenzen hat, zeigt die offensichtliche Beliebtheit von Führungen durch Mitarbeiter des Regenwaldhauses, bei denen Fragen, Rede und Antwort möglich sind. Eine wertvolle Hilfe bei einem Besuch ist neuerdings das Buch "Faszination Regenwald" (PREISSEL 2001), nicht zuletzt weil die Autorin die Wälder der Mata Atlântica aus eigener Anschauung kennengelernt hat. Sein Wert wird sich noch erhöhen, wenn die Beschreibung der Pflanzen im Regenwaldhaus vervollständigt sein wird. Schüler scheinen inzwischen besondere Aufmerksamkeit zu benötigen, nach bisherigen Beobachtungen werden sie schnell von dem Angebot überfordert, und ihre Konzentration sinkt dann schnell. Inzwischen sind aber einige sehr sinnvolle Verbesserungen vorgenommen worden. Ob sich die Besucher des Regenwaldhauses darüber hinaus Gedanken machen über einen persönlichen Beitrag zum Regenwaldschutz, ist ungewiß.

Literatur

- BATES, H.W. (1863): Elf Jahre am Amazonas. Abenteuer und Naturschilderungen, Sitten und Gebräuche der Bewohner unter dem Äquator. - Bearbeitet von B.Brandt, Stuttgart 1924.
- BECK, E. (1987): Vegetationstypen in den Tropen. - In: Engels aaO., 37-60.
- BREMER, H. (1999): Die Tropen. Geographische Synthese einer fremden Welt im Umbruch. - Berlin, Stuttgart.
- CHAMISSO, A.V. (1836): Werke, Bd.1 (Reise um die Welt, erster Teil). Leipzig.
- ENGELS, W. (Hrsg., 1987): Die Tropen als Lebensraum. Tübingen.
- FALKENBERG, D. DE BARCELLOS & J.C. VOLTOLINI (1995): The Montane Cloud Forest in Southern Brazil. - In: Hamilton, Juvik, Scatena aaO., 138-149.
- FITTKAU, E.J. (1973): Urwälder der Tropen. - In: Illies, J. & W. Klausewitz (Hrsg.), Unsere Umwelt als Lebensraum. Grzimeks Tierleben, Sonderband Ökologie, 279-303. Zürich.
- FITTKAU, E.J. (1995): Johann Baptist Ritter von Spix. - Bayer. Akad. Wiss., Rundgespr. d. Kommission f. Ökologie 10, Tropenforschung, 29-38.
- FRISCH, K.V. (1974): Tiere als Baumeister. Frankfurt.
- FUNDACÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAS (Hrsg., 1992): Atlas de Evolução dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associado no Domínio da Mata Atlântica no Estado de São Paulo no Período 1985-1990. São Paulo.
- FUCHS, A. (1996): Lösungsansätze für den Konflikt zwischen Ökonomie und Ökologie im tropischen und subtropischen Regenwald am Beispiel der Mata Atlântica Brasiliens. - Kölner Forschungen zur Wirtschafts- und Sozialgeographie 45. Köln.
- GALL, B. & M. WIKELSKI (1993): Reiseführer Natur. Brasilien, Venezuela. München.
- GÖBWALD, K. (1985): Organisation und Leben der Ameisen. Stuttgart.
- GRABHERR, G. (1997): Farbatlas der Ökosysteme der Erde. Natürliche, naturnahe und künstliche Landökosysteme aus geobotanischer Sicht. Stuttgart.
- HAMILTON, L.S., J.O. JUVIK & F.N. SCATENA, (Hrsg., 1995): Tropical Montane Cloud Forests. - Ecological Studies 110. New York, Berlin, Heidelberg.
- HELVERSEN, O.V. (1995): Blumenfledermäuse und Fledermausblumen – Wechselbeziehungen zwischen Blüte und Bestäuber und energetische Grenzbedingungen. - Bayer. Akad. Wiss., Rundgespr. d. Kommission f. Ökologie 10, Tropenforschung, 217-229.
- HOPPE, A. (1990): Ist El Dorado gefunden? Geologie und Bodenschätze Amazoniens. - Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br. 80, 19-58.
- HUECK, K. (1966): Die Wälder Südamerikas. Stuttgart.
- HUECK, K. & P. SEIBERT (1972): Vegetationskarte von Südamerika. Vegetationsmonographien der einzelnen Großräume Bd. II. Stuttgart.
- KAHLKE, H.D. (1994): Die Eiszeit. - Leipzig, Jena, Berlin.
- KRICHER, J. (1999): A Neotropical Companion. An Introduction to the Animals, Plants and Ecosystems of the New World Tropics. - Princeton.
- KUNZMANN, M. (1999): Boden- und Wasserschutz in landwirtschaftlich genutzten Gebieten der Mata Atlântica Brasiliens. - Mitt. Inst. f. Wasserwirtschaft u. Kulturtechnik d. Universität Karlsruhe (TH) 205. Karlsruhe.
- LEHMANN-NITSCHKE, R. (Hrsg., 1921): Wahrhaftige Historia und Beschreibung einer Landschaft der wilden, nacketen, grimmigen Menschenfresser Leuten, in der neuen Welt America gelegen. Von Hans Staden von Homberg. - Sonderabdruck aus der Zeitschrift des Deutschen Wissenschaftlichen Vereins. Buenos Aires.
- MÄGDEFRAU, K. (1960): Vom Orinoco zu den Anden. Humboldt-Gedächtnis-Expedition. - Vierteljahresschr. Naturf. Ges. Zürich 105 (1), 49-71.

- MÜLLER, J. (Hrsg., 1984): Brasilien. - Stuttgart.
- NOVY, A. (1997): São Paulo, Metropole Südamerikas. - In: FELDBAUER, P., K. HUSA, E. PILZ & I. STACHER (Hrsg.), Mega-Cities. Die Metropolen des Südens zwischen Globalisierung und Fragmentierung, 259-280. Frankfurt/M.
- PFADENHAUER, J. (1980): Die Vegetation der Küstendünen von Rio Grande do Sul, Südbrasilien. - *Phytocoenologia* 8 (3/4), 321-364.
- POR, F.D. (1992): Sooretama. The Atlantic Rain Forest of Brazil. - Den Haag.
- PREISSEL, U. (2001): Faszination Regenwald. - Hannover.
- PREISSEL, U. & H.G. PREISSEL (1993): Hannovers Berggarten. Ein botanischer Garten. - Hannover.
- RAVAZZANI, C., J.P. FAGNANI & Z. KOCH (Hrsg., 1999): Mata Atlântica. - Curitiba.
- REICHHOLF, J.H. (1995): Überfluß oder Mangel: Was verursacht die Artenvielfalt in der Tropenfauna? - Bayer. Akad. Wiss., Rundgespr. d. Kommission f. Ökologie 10, Tropenforschung, 105-114.
- REICHHOLF, J.H. (1999): Am Rande des Überlebens. Atlantischer Küstenregenwald. - *Geo-Wissen* 25 (Regenwald), 42-48.
- RIEDE, K. (1990): Die amazonischen Regenwälder als Labor der Evolution. - *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br.* 80, 93-117.
- SEEMAN, B. (1862): Hannoversche Sitten und Gebräuche in ihrer Beziehung zur Pflanzenwelt, ein Beitrag zur Culturgeschichte Deutschlands. - Leipzig.
- SEIBERT, P. (1975): Landschaftspflegeprobleme im Staate São Paulo/Brasilien. - *Landschaft + Stadt* 7, 15-23.
- SEIBERT, P. (1996): Farbatlas Südamerika. Landschaften und Vegetation. - Stuttgart.
- SPIX, J.B.V. & C.F.P.H.V. MARTIUS, (1966): Reise in Brasilien in den Jahren 1817-1820. Unveränderter Neudruck des 1823-1831 in München in 3 Textbänden und 1 Tafelband erschienenen Werkes. Herausgegeben und mit einem Lebensbild des Botanikers C.F.P.v. Martius sowie mit einem Register versehen von Karl Mägdefrau. - Stuttgart.
- TOURAINÉ, A. (1996): Das Ende der Städte? - *Die Zeit* 23 (31.05.), 24.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (Hrsg., 1999): Atlas Ambiental de Porto Alegre. Coordenado por M.Menegat, M.L.Porto, C.C.Carraro e L.A.Fernandes. - Porto Alegre.
- WALTER, H. (1973): Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. Bd. 1. - Stuttgart.
- WALTER, H. & S.W. BRECKLE (1984): Ökologie der Erde Bd. 2. Spezielle Ökologie der Tropischen und Subtropischen Zonen. - Stuttgart.
- WEBER, H. (1969): Zur natürlichen Vegetationsgliederung von Südamerika. - In: FITTKAU, E.J., J. ILLIES, H. KLINGE, H., G.H. SCHWABE & H. SIOLI (Hrsg.), Biogeography and Ecology in South America. Monographiae Biologicae 19, 475-518. Den Haag.
- WHITMORE, T.C. (1993): Tropische Regenwälder. - Heidelberg, Berlin, New York.
- WILHELMY, H. (1980): Geographische Forschungen in Südamerika. Ausgewählte Beiträge. - Berlin.
- WILHELMY, H. & A. BORSCHDORF (1985): Die Städte Südamerikas. 2 Bde. - Urbanisierung der Erde III. Berlin, Stuttgart.
- WILSON, E.O. (1995): Der Wert der Vielfalt. - München.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Joachim Knoll

Dornhorn 28

30916 Isernhagen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover](#)

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: [145](#)

Autor(en)/Author(s): Knoll Joachim

Artikel/Article: [Das Regenwaldhaus im Berggarten zu Hannover und die Mata Atlántica in Brasilien 27-73](#)