

**Berichte der
Naturforschenden Gesellschaft
zu Freiburg i. Br.**

Band 80 1990

Andreas Hoppe (Hrsg.):

**Amazonien:
Versuch einer interdisziplinären Annäherung**



Selbstverlag der Gesellschaft

Postverlagsort Freiburg im Breisgau

ISSN 0028-0917

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.

80

264 Seiten
64 Abb., 14 Tab.

1990

Freiburg i. Br., Juni 1990

Naturforschende Gesellschaft Freiburg i. Br.
Gegründet 1821, „reorganisiert“ 1846

Vorstand für das Jahr 1990

Vorsitzender: Dr. Andreas HOPPE
Geologisches Institut der Universität
Albertstraße 23b
D-7800 Freiburg im Breisgau

Stellvertretender Vorsitzender: Prof. Dr. Bernhard METZ
Institut für Physische Geographie
der Universität
Werderring 4

Bibliothekar: Dr. Hansjürgen MAURER
Universitätsbibliothek
Postfach 1629
D-7800 Freiburg im Breisgau

Rechner: Prof. Dr. Thilo BECHSTÄDT
Geologisches Institut der Universität
Albertstraße 23 b
D-7800 Freiburg im Breisgau

Schriftleiter der Berichte: Prof. Dr. Hugo GENSER
Geologisches Institut der Universität
Albertstraße 23 b
D-7800 Freiburg im Breisgau

Mitteilungen

Die Mitgliederbeiträge ab 1980 DM 10,- (für Studenten, Schüler).
betragen ab 1980 DM 25,- (für ordentliche Mitglieder).

Mitgliederbeiträge und Spenden werden erbeten auf: Dresdner Bank AG, Filiale Freiburg im Breisgau, Konto Nr. 4 038 691/00, BLZ 680 800 30 oder Postscheckkonto Karlsruhe Nr. 679 90-750.

Beiträge und Spenden sind von der Einkommenssteuer abzugsfähig laut Verfügung des Finanzamtes Freiburg im Breisgau vom 18. September 1950.

Die „Berichte der Naturforschenden Gesellschaft“ werden mit 700 anderen wissenschaftlichen Körperschaften des In- und Auslandes getauscht. Die Zeitschriften der Tauschpartner erhält die Universitätsbibliothek Freiburg im Breisgau.

Bestellungen zum Kauf der „Berichte“ und den Tausch betreffende Fragen sind direkt an Herrn Dr. H.-J. MAURER, Universitätsbibliothek, Schließfach 1629, D-7800 Freiburg im Breisgau, zu richten.

Neuanmeldungen von Mitgliedern, Adressenänderungen usw. nimmt der Rechner entgegen.

Manuskripte und Schriftwechsel, der sich auf den Druck der „Berichte“ bezieht, werden ausschließlich an den Schriftleiter erbeten.

Für den Inhalt der wissenschaftlichen Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich.

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	264 S.	64 Abb.	14 Tab.	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	--------	---------	---------	---------------

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

1. Vorwort und Einleitung.	7
2. Ist El Dorado gefunden?	
Geologie und Bodenschätze Amazoniens (A. HOPPE)	
Zusammenfassung, Abstract, Resumo	19
Einleitung	21
Der Amazonas-Kraton	25
<i>Altes Grundgebirge und die Serra dos Carajás</i>	25
<i>Bewegtes frühes Proterozoikum</i>	27
<i>Stabiles mittleres Proterozoikum</i>	28
Das Amazonasbecken	30
<i>Wechsel von Festland und Meer im Paläozoikum .</i>	31
<i>Mesozoische Entwicklung und Öffnung des Atlantiks.</i>	32
<i>Kontinentales Neozoikum</i>	33
<i>– Die jüngste Geschichte oder: Wie alt ist der Regenwald?</i>	34
Bodenschätze	38
<i>Fossile Energieträger</i>	39
<i>Mineralische Rohstoffe</i>	40
Ausblick, Forderungen und Möglichkeiten	48
Danksagung	52
Angeführte Schriften	52
3. Das Klima Amazoniens und seine geoökologischen Konsequenzen	
(W. WEISCHET)	
Zusammenfassung, Abstract, Resumo	59
Einleitung	61
Dynamisch-klimatologische Interpretation des	
Niederschlagsgeschehens	69
Geoökologische Konsequenzen	72
Danksagung	88
Angeführte Schriften .	88
4. Die amazonischen Regenwälder als Labor der Evolution (K. RIEDE)	
Zusammenfassung, Abstract, Resumo	93
Einleitung	94
Amazonien – ein Mosaik aus Lebensräumen	95
Die faunistischen Besonderheiten Amazoniens	97
Mikroorganismen	98
Die Anzahl der Arten – eine unbekannte Größe	98
<i>Sammeln mit Insektengift</i>	101
<i>Die Schätzung MAY's</i>	102
<i>Ein bioakustischer Diversitätsindex?</i>	103

Ursachen der Artenvielfalt	105
<i>Refugium-Theorie</i>	105
<i>Kritik der Refugium-Hypothese</i>	106
Mutualismen und Koevolution als Motor der Artenvielfalt	109
<i>Räuber-Beute-Beziehungen</i>	109
<i>Mimikry</i>	110
<i>Amazonische Wahlverwandtschaften</i>	110
<i>Pflanzen und Pflanzenfresser: „Chemischer Krieg“</i>	111
Diskussion und Ausblick	112
Danksagung	113
Angeführte Schriften	113
5. Waldumwandlung und Waldverbrennung in den Tiefland-Regenwäldern des Amazonas-Beckens: Ursachen und ökologische Implikationen	
(J. G. GOLDAMMER)	
Zusammenfassung, Abstract, Resumo	119
Einleitung	120
Paläoökologie und Feuerökologie des Regenwaldes	121
Ursachen und Praktiken der heutigen Umwandlung und Verbrennung des Regenwaldes	125
<i>Ursachen der Waldumwandlung</i>	125
– <i>Holzwirtschaft</i>	125
– <i>Landwirtschaft</i>	126
– <i>Weidewirtschaft und Landspekulation</i>	127
– <i>Holzkohle- und Eisenindustrie</i>	128
<i>Formen der Feueranwendung bzw. Verbrennungsvorgänge</i>	128
– <i>Primärwald</i>	128
– <i>Sekundärwald</i>	129
– <i>Weideland</i>	129
– <i>Energiewald</i>	129
Umfang der Rodungen und Vegetationsbrände	129
Verbrannte Biomasse und Emissionen	130
Vegetationsbrände in den Tropen und übergreifende ökosystemare Prozesse	133
Ein Ausblick	135
Danksagung	136
Angeführte Schriften	136
Annex: Freiburger Erklärung zur Verbrennung und Degradierung des Tropenwaldes	140
6. Ist eine nachhaltige Holznutzung des Amazonas-Regenwaldes möglich?	
(R. GRAMMEL)	
Zusammenfassung, Abstract, Resumo	143
Die brasilianische Amazonas-Waldfläche und der Holzeinschlag	145
<i>Die Entwicklung der Waldfläche</i>	145
<i>Die Holznutzung</i>	147

Der Konflikt: Kompensation für Bannlegung oder nachhaltige Nutzung	149
Holzplantagen als konkurrierende Lösung?	152
Sanfte Holzernte-Technologie	160
Nutzung oder Kompensation?	165
Danksagung . . .	167
Angeführte Schriften	167
7. Andere Möglichkeiten als die Holzproduktion zur Nutzung tropischer Wald-Ökosysteme (H. STEINLIN)	
Zusammenfassung, Abstract, Resumo . . .	169
Das biologische Produktionspotential der Tropenwälder	172
Die Bedeutung des Nährstoffexportes bei der Holznutzung	177
Ökologische und wirtschaftliche Grenzen der Holznutzung	182
Alternative Nutzungsmöglichkeiten	184
Die Entwicklung neuer Nutzungssysteme für den tropischen Feuchtwald	189
Angeführte Schriften	191
8. Die indianischen Völker Brasiliens: Hindernisse auf dem Weg zur Erschließung Amazoniens? (G. SCHULZ)	
Zusammenfassung, Abstract, Resumo	193
Einleitung . . .	194
Von Beginn an verfolgt . . .	195
Indianer in der brasilianischen Verfassung . . .	196
Verfassungsrecht und Verfassungswirklichkeit . . .	197
Staatliche Indianerschutzorganisationen: SPI und FUNAI	197
Conselho Indigenista Missionário (CIMI)	199
Großprojekte in Amazonien . . .	202
<i>Erschließung durch Straßenbau</i>	202
<i>Wasserkraftwerke</i>	202
<i>Der Plan 2010 . . .</i>	204
<i>Abbau von Bodenschätzen: Das Großprojekt Carajás</i>	206
<i>Das Projekt Calha Norte</i>	208
Das Beispiel der Yanomami . . .	210
<i>Die Yanomami am Catrimani-Fluß</i>	211
<i>Kontaktaufnahme mit den Indianern</i>	211
<i>Zivilisationskrankheiten</i>	212
<i>Die Bedeutung der Catrimani-Mission</i>	214
Indianische Organisationen	215
Die Indianerpolitik 1988/1989	217
Schlußfolgerungen	218
Danksagung . . .	220
Angeführte Schriften	221

9. Schutz der tropischen Regenwälder (Feuchtwälder) durch ökonomische Kompensation (D. OBERNDÖRFER)	
Zusammenfassung, Abstract, Resumo	225
Einleitung	227
Die Vernichtung der Regenwälder, ihre Folgen und Ursachen	227
<i>Die Vernichtung</i>	227
– <i>Tempo und Umfang der Zerstörung</i>	227
– <i>Regionale Entwicklungen</i>	228
<i>Die Folgen</i>	229
– <i>Artenverlust</i>	229
– <i>Bodenerosion</i>	230
– <i>Globale Klimaschäden</i>	230
– <i>Völkermord</i>	231
<i>Die Ursachen</i>	231
– <i>Besiedlung und landwirtschaftliche Nutzung</i>	231
– <i>Kommerzielle Holzexploitation</i>	233
– <i>Speicherseen zur Elektrizitätsgewinnung</i>	238
– <i>Erschließung von Bodenschätzen</i>	238
– <i>Bevölkerungsdruck</i>	239
Schutz der Regenwälder durch nachhaltige Nutzung und Tropenwaldaktionsplan?	241
„Nachhaltige Nutzung“	241
– <i>Biologie und Böden der Feuchtwälder</i>	243
– <i>Wirtschaftlicher Ertrag, Umweltschäden, Besiedlungseffekt und politisch-administrative Rahmenbedingungen</i>	245
<i>Der Tropenwaldaktionsplan – Vernachlässigung des Schutzes der Primärwälder und ihrer Artenvielfalt</i>	249
Schutz der tropischen Feuchtwälder durch ökonomische Kompensation	251
<i>Die Priorität: Erhaltung der Artenvielfalt</i>	251
<i>Schutz durch ökonomische Kompensation</i>	252
<i>Nationale Souveränität und globaler Umweltschutz</i>	256
Angeführte Schriften	257
 Anschriften von Gruppen und Gesellschaften, die sich mit den tropischen Regenwäldern beschäftigen	 262
 Chronik der Gesellschaft	 263
 Bilanz 1989	 264

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	S. 7–17	3 Abb.	0 Tab.	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	---------	--------	--------	---------------

1. Amazonien: Versuch einer interdisziplinären Annäherung.

Vorwort und Einleitung

„The growing insight into Amazonia's rich life in its manifold forms and processes, into the conditions of its abiotic environment and into its network of innumerable interdependences has increased awareness of the uniqueness of the Amazonian landscape and ecosystem. Respectfully, we admire their overwhelming diversity and beauty. It is in the light of this awareness, too, that the threat of destruction and extinction of the Amazonian living nature by the intrusion of foreign civilization must be seen and judged.“

Harald SIOLI (1984: VII)

Die tropischen Regenwälder, jahrhundertlang in der Vorstellung der Bewohner der sogenannten 1. Welt „grüne Höllen“, finden derzeit in den Medien große Beachtung: „Eine heile Welt gerät in Not“, „Brandrodung gefährdet unser Klima“, „Wie eine ökologische Katastrophe programmiert wird“, „So stirbt die Lunge der Erde“ lauten die Schlagzeilen.

Darin äußern sich Befürchtungen, daß die Zerstörung dieser Wälder auch das globale Klima verändern und Brandrodungen in Amazonien zur Anreicherung des CO₂-Gehaltes der Erdatmosphäre und damit zur Verstärkung des Treibhauseffektes beitragen. Die bislang bedenkenlose Vernichtung von Ökosystemen, die nur 6 % der Festländer bedecken, aber mehr als die Hälfte (vielleicht sogar mehr als 90 %) aller biologischen Arten der Erde beherbergen, ist sicher kurzfristig (vgl. WILSON, 1989 [die hier und im folgenden genannten Schriften sind in dem Beitrag zur geologischen Entwicklung angeführt]).

Doch nicht nur wir, als Bewohner von Regionen, in denen über lange Zeit rücksichtsloser Raubbau an den natürlichen Ressourcen geübt wurde, fühlen uns bedroht. Massiver und existentiell bedroht durch die Abholzung, Brandrodung und Erschließung sind die in den Feuchtwäldern Amazoniens lebenden Indianer, die verdrängt, ihrer Lebensgrundlagen beraubt oder selbst vernichtet werden.

Beängstigend ist, wie schnell die Regenwälder verschwinden (Abb. 1.2). Jedes Jahr würden 80.000 km² der tropischen Regenwälder Südamerikas durch Abholzung und Brandrodung zerstört, meldete *Der Spiegel* im Frühjahr 1989; auf Satellitenbildern seien zeitweise 1,5 Millionen km² Rauchwolken zu sehen. Auf

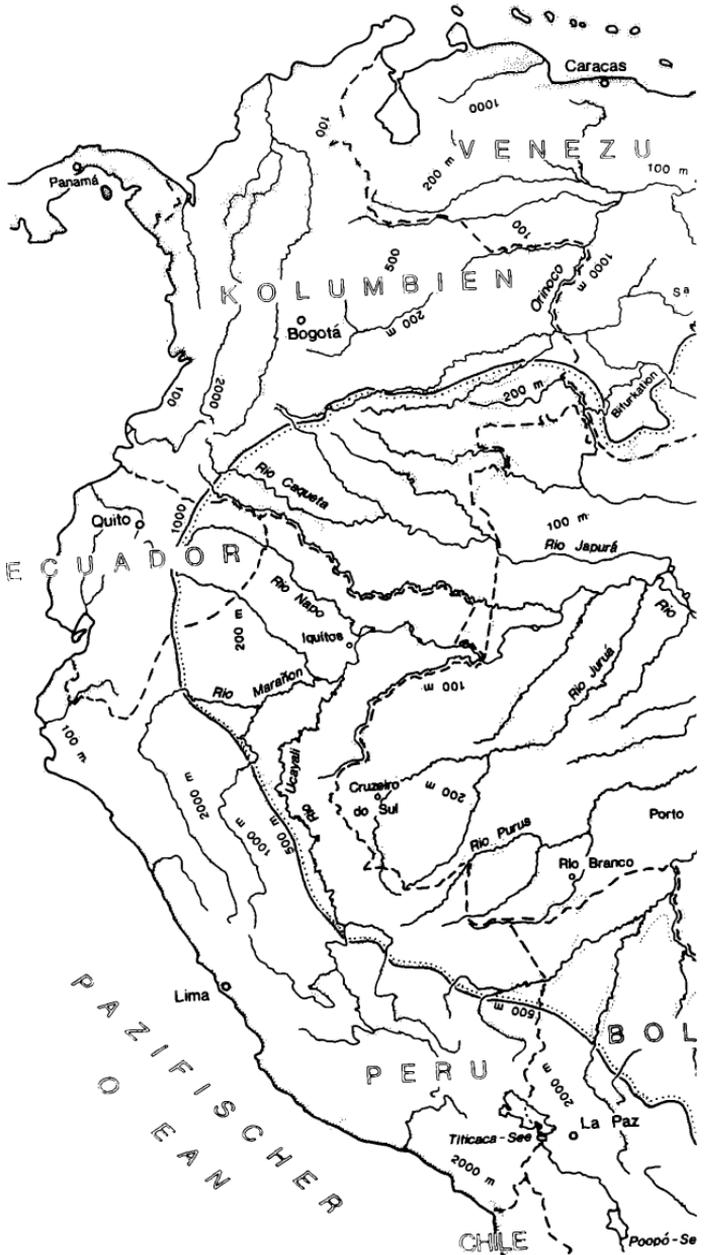
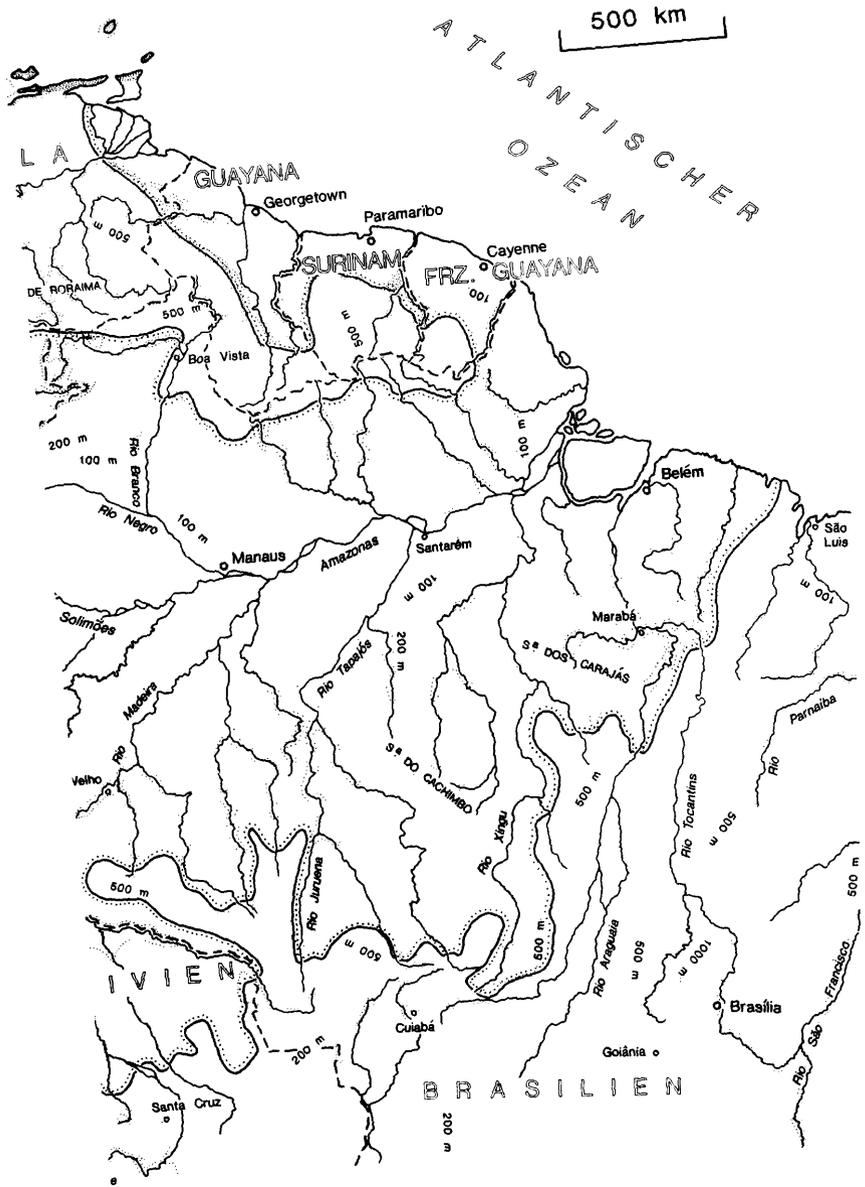


Abb. 1.1: Die Grenzen des tropischen Regenwaldes und eingestreuter Savannen (Campos, Cerrados) nach FITTKAU (1974), STOLI (1983) und MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1983). Zusätzlich sind die 100-, 200-, 1.000- und 2.000 m - Höhenlinien angegeben.

VORWORT UND EINLEITUNG



die möglichen Folgen solch ungehemmter „Entwicklung“ ist bereits von kompetenter Seite verwiesen worden (SIOLI, 1983, 1984, 1987). Mitarbeiter des Amazonas-Forschungsinstitutes INPA (*Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia*) in Manaus äußern sich pessimistisch: „Wir können die Entwicklung allenfalls bremsen, aber nicht aufhalten“ (*Die Zeit* vom 8. 9. 1989: 37). Der brasilianische Umweltschützer Chico MENDES wurde 1988 wegen seines engagierten Eintretens gegen die Bodenspekulation in Amazonien sogar ermordet.

Demgegenüber verboten sich im Frühjahr 1989 in Quito die Außenminister von Bolivien, Brasilien, Ekuador, Guayana, Kolumbien, Peru, Surinam und Venezuela (Mitgliedsländer des unter der Federführung Brasiliens zustandegekommenen Amazonas-Paktes) energisch jegliche Einmischung in die Entwicklung ihrer Länder. Der brasilianische Präsident José SARNEY hat im April 1989 bei der Präsentation eines „Umweltplanes“ (*Nossa Natureza*) noch einmal jede ausländische Kritik an der Entwicklungspolitik seines Landes entschieden zurückgewiesen; Brasilien brauche die Öffnung über das Amazonasgebiet zu seinen Nachbarn. Im gleichen Jahr verkünden brasilianische Unternehmer in Manaus in einer „Amazonas-Charta“, „Mythen und Geschwätz“ über den Regenwald müßten entmystifiziert werden; Brasilien sei im übrigen nicht verantwortlich für die Belastung unserer Atmosphäre mit Kohlendioxid, 90 % dieser Belastung würden in Nordamerika, der Sowjetunion sowie in Japan und Europa produziert. Und falls Nicht-Brasilianer den in den Wäldern Amazoniens produzierten Sauerstoff benötigten, so sollten sie dafür zahlen, so der ehemalige brasilianische Finanzminister Delfim NETO. Aber: „Zu fragen ist hier auch, ob nationale Souveränität nicht erst in Verbindung mit nationalem Interesse einen sinnvollen Inhalt erhält“ (OBERNDÖRFER, dieser Band: 256 und 1989: 114).

Kritische Stimmen werden auch in Südamerika laut. So widmete das brasilianische Wochenmagazin *Veja* mit der Frage „*Amazônia: onde está a verdade?*“ (Amazonien: Wo ist die Wahrheit?) dem Thema eine Sonderausgabe (Nr. 26, 1989). Neben kritischen Fragen nach dem Sinn und den Erfolgsaussichten einer Erschließung Amazoniens bringt das Magazin auch einen Vergleich zwischen Pro-Kopf-Einkommen und Entwaldung in Europa. Er zeigt, daß die Länder mit dem höchsten Pro-Kopf-Einkommen (Schweiz, Bundesrepublik Deutschland, Holland) auch diejenigen Länder sind, die bereits mehr als 50 % der Flächen ihrer Länder entwaldet haben. Das Problem Regenwald läßt sich mit einfachen Schuldzuweisungen also sicher nicht lösen.

Präsident Getúlio VARGAS hatte 1940 in Manaus in seiner „Rede über den Amazonas“ „die Eroberung und Beherrschung dieses großen Stromtales am Äquator“ angekündigt, „um seine wilde Kraft und seine außergewöhnliche Fruchtbarkeit in gezähmte Energie zu verwandeln“. 1953 wurde das „Bundesamt zur wirtschaftlichen Inwertsetzung Amazoniens“ (SPVEA, *Superintendência para o Plano de Valorização Econômica da Amazônia*) gegründet, dem etwa 3 % der brasilianischen Steuereinnahmen zugestanden wurden. 1964 wurde es zur SUDAM (*Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia*) aufgewertet

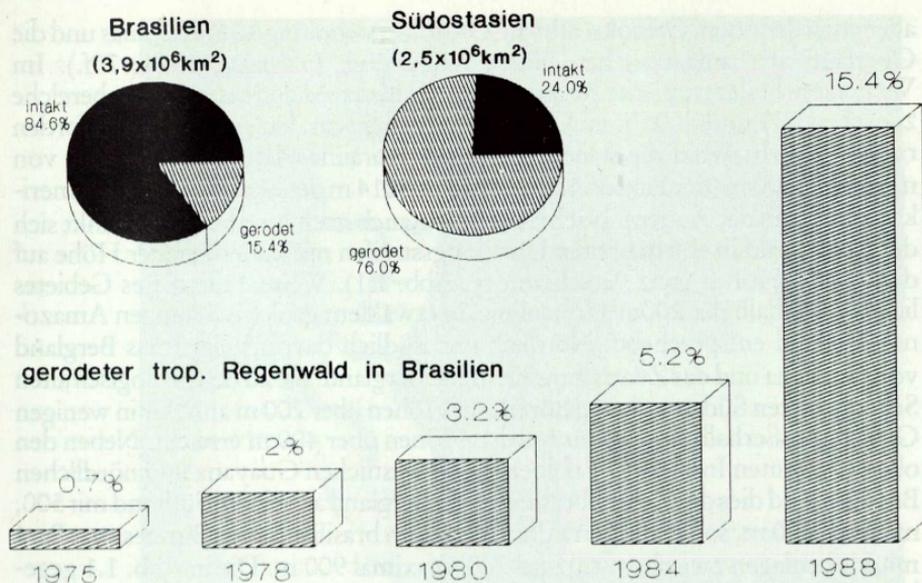


Abb. 1.2: Anteil bereits gerodeter Flächen in den Feuchtwäldern Brasiliens und Südostasiens (links oben) sowie der gerodeten natürlichen Waldfläche im brasilianischen Teil Amazoniens (rechts unten; vgl. OBERNDÖRFER, dieser Band: 228 f.).

und bevollmächtigt, Investitionen zu lenken. 50 % privater Investitionen im sogenannten *Amazônia Legal* wurden aus öffentlichen Mitteln finanziert, später sogar 75 % (vgl. HAGEMANN, 1985).

Die Erkundung Amazoniens wurde mit Befliegungen und Aufnahme von Radar-Bildern in Angriff genommen, mit deren Hilfe man durch die häufig vorhandene Wolkenbedeckung blicken konnte. Mit dem „ehrerzigen Ziel, das ökonomische Potential Amazoniens zu erkunden, um zu versuchen, die natürlichen Reichtümer dieser immensen Region in die Ökonomie Brasiliens eingliedern zu können“, wurde das *Projeto RADAM* (Radar na Amazônia) begonnen, so der Generaldirektor des staatlichen geologischen Dienstes, Yvan BARRETTO DE CARVALHO, im Vorwort des ersten Bandes (1973) einer ganzen Reihe von umfangreichen Arbeiten zur Geologie, Geomorphologie, zu den Böden, der Vegetation und dem Nutzungspotential.

Bevor wir uns nun dem Thema aus der Sicht Freiburger Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen zuwenden, ist eine begriffliche Begrenzung des Raumes, mit dem wir uns beschäftigen haben, erforderlich:

Amazonien wird geographisch meist als das Tiefland im Einzugsgebiet des Amazonas verstanden. Im ökologischen und biogeographischen Sinne gehören

aber auch der obere Orinoko und die Orinoko-Mündung, die Guayanas und die Oberläufe der amazonischen Flüsse hinzu (vgl. FITTKAU, 1974: 79f.). Im Westen reicht der tropische Regenwald am Fuß der Anden bis in Höhenbereiche zwischen 500 und 700 m, im Osten zum Teil bis an den Atlantik. Im Norden ragen aus dem Wald die steilen Felsen des Roraima-Plateaus mit Höhen von mehr als 2.000 m (der Pico da Neblina ist mit 3014 m der höchste Berg Südamerikas außerhalb der Anden). Nach Süden, wie auch nach Norden, beschränkt sich der Regenwald in einem breiten Übergangstreifen mit zunehmender Höhe auf die Täler, bevor er ganz verschwindet (Abb. 1.1). Weite Teile dieses Gebietes liegen unterhalb der 200m-Höhenlinie, in etwa dem geologisch jungen Amazonas-Tiefeland entsprechend. Nördlich und südlich davon steigen das Bergland von Guayana und das Zentralbrasilianische Bergland, die zu den geologisch alten Schildgebieten Südamerikas gehören, auf Höhen über 200 m an. Nur in wenigen Gebieten außerhalb der Anden werden Höhen über 400 m erreicht. Neben den oben erwähnten Insel- und Tafelbergen im westlichen Guayana und nördlichen Brasilien sind dies das Zentralbrasilianische Bergland an seinem Südrand mit 500, maximal 600 m, sowie die Serra dos Carajás im brasilianischen Bundesstaat Pará mit Höhenlagen zwischen 400 und 700, maximal 900 m. Die in Abb. 1.1 gegebene Abgrenzung Amazoniens entspricht ungefähr der *Hylaea* Alexander von HUMBOLDTS (Abb. 1.3). Mit etwa 7.000.000 km² ist es das größte Regenwaldgebiet der Erde (die Fläche Gesamteuropas beträgt etwa 10.500.000 km²).

Der vorliegende Band ist das Ergebnis einer im Wintersemester 1989/90 an der Universität Freiburg durchgeführten Vortragsreihe mit dem Titel „Der tropische Regenwald Südamerikas“, veranstaltet von der *Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i.Br.* sowie dem *colloquium politicum* und dem *studium generale* der Universität. Der Wunsch nach einer solchen Reihe entstand während einer Reise des Herausgebers in Amazonien im Jahre 1985, die mit einer Exkursion in das derzeit größte Bergbauggebiet Brasiliens, der Serra dos Carajás, verbunden war. Fasziniert vom Naturerlebnis zum einen, von dem Reichtum an mineralischen Rohstoffen inmitten des tropischen Regenwaldes zum anderen, wuchs ein intensives Bewußtsein des Nicht-Wissens der Zusammenhänge innerhalb dieses Ökosystems. Die Bemühungen der brasilianischen Bergbaugesellschaft *Companhia Vale do Rio Doce*, die durch den Erzabbau entstehenden Eingriffe in das Ökosystem so gering wie möglich zu halten, waren offensichtlich. Ebenso offensichtlich war allerdings auch, daß die über eine Distanz von 890 km durch den Regenwald gelegte Eisenbahn zum Abtransport der Erze an die Küste den Weg für die Erschließung der Waldgebiete erst öffnete.

Die Anregung, sich mit dem tropischen Regenwald Südamerikas in Freiburg im Rahmen einer Vortragsreihe zu befassen, fiel auf fruchtbaren Boden; Kollegen, die bereit waren, aus dem Blickwinkel ihres Faches zu berichten, waren erstaunlich schnell gefunden, und es entstand eine Reihe, die auf ein sehr lebhaftes und anhaltendes Interesse stieß. Sie ging von einer naturwissenschaftlichen Beschreibung und Diskussion der (teilweise noch sehr lückenhaften) Daten zu



Abb. 1.3: Alexander von HUMBOLDT (1769–1859; vgl. MEYER-ABICH, 1967) am Orinoko (Gemälde von W. G. WEITSCH, 1806). Von 1799 bis 1804 bereiste er Süd- und Mittelamerika, befuhr den Orinoko, Rio Negro und Casiquiare, fand dabei die Bifurkation zwischen dem Amazonas- und dem Orinoko-Flußsystem, und beschrieb diese Reise in 30 Bänden, die er „schüchtern dem . . . Publikum“ übergab, dabei einen „Corpus Scientificum Americanum“ und ein Fundament schaffend, auf dem bis heute die Erforschung der amerikanischen Tropen beruht (vgl. von HUMBOLDT/MEYER-ABICH, 1805–1834/1969: 5 und 147). GOETHE bemerkte am 11. Dezember 1812 zu ECKERMANN: „Was ist das für ein Mann! Man kann sagen, er hat an Kenntnissen und lebendigem Wissen nicht seinesgleichen; und eine Vielseitigkeit, wie sie mir gleichfalls noch nicht vorgekommen ist!“

Geologie, Klima, Böden und Biologie aus und wandte sich anschließend Aspekten derzeitigen Raubbaus und Möglichkeiten einer nachhaltigen Nutzung zu. Ein in der Vortragsreihe enthaltener Beitrag zu den Eigenschaften amazonischer Böden wurde trotz Zusage des Referenten nicht als Manuskript eingereicht. Andererseits wird in den Beiträgen von WEISCHET und STEINLIN der bodenkundliche Aspekt so ausführlich dargestellt, daß wir hier über eine ausreichende Basis für die Diskussion land- und forstwirtschaftlicher Nutzungspotentiale verfügen können. Ergänzt wird dieser Band durch den Beitrag eines weiteren Forstwissenschaftlers (GOLDAMMER) zu den Ursachen und Auswirkungen der Brandrodungen.

Wichtige Aspekte wie Anpassungen amazonischer Völker an den Regenwald und ihre ethnologische Entwicklung, Modellvorstellungen zur Entwicklung des globalen Klimas bei einer Vernichtung der Feuchtwälder und das pharmazeutische Potential der Regenwälder konnten in Freiburg nicht beleuchtet werden; es sei daher auf die Arbeiten in PRANCE & LOVEJOY (1985), ALMEIDA JUNIOR (1986), HARTMANN (1986 und 1989) und HILDYARD (1989) verwiesen.

In den folgenden Beiträgen wird die erdgeschichtliche Entwicklung und der enorme Rohstoffreichtum Amazoniens sowie das (vielleicht?) überraschend junge Alter des Regenwaldes (HOPPE) diskutiert werden. Ein solches junges Alter hätte Konsequenzen für die Vorstellungen zur Entwicklung der Arten (RIEDE). Die dichte, üppige und artenvielfältige Vegetation Amazoniens (RIEDE) wächst überwiegend auf extrem nährstoffarmen Böden. Sie kann dennoch gedeihen dank einer sehr raschen Zersetzung organischer Bestandteile und ihrer Rückführung in den Nährstoffkreislauf. Bei einer Störung dieses ausgewogenen Systems etwa durch Rodung lassen sich schwerwiegende Konsequenzen voraussagen (WEISCHET): Der Nährstoffvorrat (die Biomasse) ist vernichtet, heftige tropische Regengüsse waschen die natürlichen wie auch die durch den Menschen aufgebrauchten Bodennährstoffe innerhalb kurzer Zeit aus. Bei Versuchen einer nachhaltigen Weidewirtschaft, eines Dauerfeldbaus oder der Anlage von Holzplantagen muß dies berücksichtigt werden.

Selbst eine wirtschaftlich erfolgreiche Nutzung der natürlichen Holzressourcen wird daher inzwischen auch von Forstwissenschaftlern zurückhaltend beurteilt (GRAMMEL); einer nachhaltigen Nutzung, die auf Holzproduktion ausgerichtet ist, werden keine großen Chancen eingeräumt (STEINLIN). „Dem großen Nichts“, die Qualität amazonischer Hölzer betreffend (vgl. GRAMMEL), steht andererseits ein weitgehend ungenutztes, und wohl auch weitgehend unbekanntes, Potential an sammelbaren Früchten, Samen, pharmazeutisch nutzbaren Pflanzen etc. gegenüber; standortangepaßte Landnutzungssysteme müßten außerdem noch entwickelt bzw. bestehende Systeme optimiert werden (STEINLIN).

Die bisherige Art der Nutzung (Brandrodung und kurzzeitiger Anbau, Anlage von Viehweiden und Holzplantagen, Abbau von Rohstoffen) hat bereits katastrophale Auswirkungen auf die einheimischen Indianer gehabt und bedroht

sie in ihrer Existenz (SCHULZ). Mit der Zerstörung der Wälder werden zudem viele Tier- und Pflanzenarten vor ihrer wissenschaftlichen Entdeckung und Beschreibung vernichtet.

Politische Konzepte zum Schutz der Regenwälder sind also dringend erforderlich. Ein Weg zur Rettung der tropischen Feuchtwälder könnte der Verzicht auf die Nutzung großer Teile der *Hylaea* sein, der Verzicht ließe sich durch einen Erlaß der Schulden südamerikanischer Länder entschädigen. „Die Rettung der Feuchtwälder liegt im Interesse der Menschheit. Angebliche oder tatsächliche nationale Interessen müssen zu ihren Gunsten zurückgestellt und damit verbundene Nachteile in einer Gemeinschaftsaktion der Staaten, die über die erforderlichen Mittel verfügen, kompensiert werden“ (OBERNDÖRFER). Politisch unterstützt werden sollten auch Landreformen: Brasilien etwa verfügt über den größten Anteil am tropischen Regenwald Südamerikas bei andererseits riesigen Flächen südlich des 13. Breitengrades, die, vielfach kaum oder nicht genutzt, für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen wesentlich besser geeignet sind als die nährstoffarmen Böden der Regenwälder. Es sind ausreichend große Gebiete, um die derzeitige Bevölkerung von etwa 145 Millionen Brasilianern sowie künftige Generationen ernähren zu können. Auf diese Gebiete sollten Landwirtschaft- und Forstexperten der Industrie-, der Schwellen- und der Entwicklungsländer ihre geistigen Reserven konzentrieren und nachhaltige, optimierte und umweltverträgliche Nutzungssysteme entwickeln.

Im Rahmen des von der FAO (*Food and Agriculture Organization*) entwickelten Tropenwald-Aktionsplanes stehen in den nächsten 5 Jahren 8 Milliarden US\$ zur Rettung der tropischen Wälder zur Verfügung. Auch in der Bundesrepublik Deutschland haben die alarmierenden Meldungen bereits zur Bereitstellung finanzieller Mittel geführt. 250 Millionen DM habe die Bundesregierung 1988 zur Erhaltung der tropischen Wälder zur Verfügung gestellt, meldete das vom Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit herausgegebene „magazin Dritte Welt“ (*Zeitbild*, 1989: 12). Andererseits heißt es dort auch: „Forstwirtschaftliche Nutzung der tropischen Regenwälder und Forderungen des Umweltschutzes schließen sich gegenseitig nicht aus“ und „Erhaltung der Regenwälder kann nicht heißen, sie unter absoluten Schutz zu stellen“. Forstwissenschaftliche Projekte, in denen Modelle für die Zusammensetzung von Mischbeständen in tropischen Regenwäldern entwickelt werden sollen, finanziert auch das Bundesministerium für Forschung und Technologie (*BMFT-Journal* 1, 1990: 6). Der Leser möge sich beim Studium der folgenden Beiträge selbst ein Urteil bilden, ob solche Förderung zur Erhaltung der Feuchtwälder beitragen kann. Ohne Zweifel sinnvoll ist die jüngst von der Deutschen Forschungsgemeinschaft beschlossene Einrichtung eines Schwerpunktprogrammes, in dem „Mechanismen der Aufrechterhaltung tropischer Diversität“ studiert werden sollen. Wünschenswert wären viele weitere, kleine und bescheidene Projekte, die Lücken in unserem Wissen schließen könnten. Beispielsweise könnte ein Netz von Meßstationen klimatologische Daten erheben (bisherige Modellrechnungen deuten auf

eine Verringerung der Niederschläge um 20 %, sowie auf einen lokalen Temperaturanstieg bei einer Umwandlung in Weideland; LEAN & WARRILOW, 1989), Messungen der Erosionsraten in entwaldeten Gebieten fehlen weitgehend, palynologische Studien an See-Sedimenten könnten die jüngste Geschichte Amazoniens erhellen, bereits angesiedelten Kleinbauern könnte man, sofern möglich, nachhaltige Nutzungsweisen vermitteln usw. Vor großen Projekten und Geldsummen oder gar einem „ökologischen Marshallplan“ zur Erhaltung der Regenwälder hat der brasilianische Umweltschützer (ehemalige Industriemanager und, wie in den Radio-Nachrichten soeben mitgeteilt, designerter Chef eines Sonderstaatssekretariats für Umweltfragen in Brasilien!) José LUTZENBERGER eher Angst: „... das kann nur zur Zerstörung führen, zu horrender Korruption und zu großtechnischen Projekten“ (*Die Zeit* vom 10. 11. 1989: 44). Und was spricht dagegen, binationale Untersuchungsvorhaben von bundesdeutscher Seite aus zu fördern oder gar solche, die ausschließlich von Südamerikanern durchgeführt werden? Es spricht eher viel dafür: Kollegen in Südamerika sind naturgemäß mit den Verhältnissen vertraut, und eine große Zahl von ihnen ist gut ausgebildet und engagiert. Einen Wissensaustausch, Weiterbildungsmöglichkeiten und die Nutzung apparativer Hilfsmittel könnte die Bundesrepublik ihnen anbieten, ebenso wie die Unterstützung bei der Bildung interdisziplinärer Arbeitsgruppen und sich daraus entwickelnder Konzepte.

Ein Engagement deutscher Studenten und Kollegen zum Thema „Tropenwälder“ war auch während der Vortragsreihe deutlich spürbar. Daraus entstand unter anderem die Anregung, Anschriften von Gruppen, die sich mit Fragen zu den tropischen Regenwäldern und daraus resultierenden Folgen für den Menschen beschäftigen, zu kompilieren. Eine (sicher unvollständige) Liste findet sich am Ende dieses Bandes.

Nicht zuletzt will ich nun all jenen danken, die engagiert an der Verwirklichung dieser Vortragsreihe und der Fertigstellung des Bandes mitgewirkt haben. Ich danke allen Verfassern dieses Bandes sehr herzlich für ihre spontane Zusage und ihre Beiträge. Ebenso gedankt sei Mitgliedern der *Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Br.*, insbesondere Prof. Dr. H. GENSER, Prof. Dr. R. MAASS, Prof. Dr. B. METZ und Prof. Dr. D. VOGELLEHNER, sowie Dr. B. BENZNER vom *colloquium politicum* für ihre Unterstützung. B. STARK danke ich für die Gestaltung des Schutzumschlages. Dr. D. HOPPE übernahm dankenswerterweise die Mühe des Korrekturlesens, C. SCHOBENHAUS (dem ich außerdem herzlich für kontroverse und anregende Diskussionen danke) die Übersetzung der *Resumos*, A. WERCHAU die Überarbeitung der *Abstracts* und P. RÖSCH vielerlei Fotoarbeiten.

Komplexe Fragestellungen, wie die nach dem Ökosystem des Amazonasgebietes, erfordern interdisziplinäres Zusammenarbeiten; sie sind ohne die Bereitschaft, über den eigenen Fachbereich hinaus zu schauen, nicht beantwortbar. Der vorliegende Band soll auch zeigen, welches Potential an interdisziplinärer

Zusammenarbeit an einer einzelnen Universität vorhanden ist. Alle Beteiligten leben und arbeiten im Raum Freiburg. Eine nachhaltige Nutzung dieses interdisziplinären Potentials ohne Erschöpfung der Ressourcen scheint möglich; wir sollten es noch intensiver nutzen.

Freiburg im Breisgau, den 3. März 1990

Andreas Hoppe

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	S. 19–58	19 Abb.	2 Tab.	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	----------	---------	--------	---------------

2. Ist El Dorado gefunden? Geologie und Bodenschätze Amazoniens

von

Andreas Hoppe, Freiburg i.Br.

Zusammenfassung

Der äquatoriale tropische Regenwald Südamerikas überdeckt heute weite Teile des Guayana-Schildes im Norden sowie des Zentralbrasilianischen Schildes im Süden, die vor 900 Millionen Jahren (Ma) bereits stabilisiert waren. Das West-Ost-verlaufende Amazonasbecken trennt diese alten Kerne Südamerikas. Im frühen Erdaltertum angelegt, nahm es in der Folgezeit zunächst marine, ab dem Erdmittelalter überwiegend festländische Sedimente auf. Im Westen bedeckt der Regenwald weite Bereiche der Nord-Süd-streichenden Anden-Vortiefe. Der tropische Regenwald ist wahrscheinlich in weiten Bereichen jünger als 11.000 Jahre alt.

Fossile Energiequellen (Erdöl und -gas) in nennenswerter Menge hat bislang nur die Anden-Vortiefe geliefert. Dagegen liegen im Regenwald sehr große Reserven mineralischer Rohstoffe wie Aluminium, Mangan, Eisen, Gold, Kupfer, Niob und Zinn. Die Serra dos Carajás in Brasilien gehört zu den reichsten Lagerstättendistrikten der Erde.

Dieses Rohstoffpotential könnte den Regenwald sogar in seinem Bestand schützen, sofern man sich auf den Abbau in flächenmäßig kleinen Gebieten beschränken und die Weiterverarbeitung außerhalb der Feuchtwälder besorgen würde, da der Erlös aus diesen Rohstoffen zu einer Minderung der ökonomischen Probleme südamerikanischer Länder beitragen könnte. Notwendig dazu wäre die Einsicht, daß land- und forstwirtschaftliche Nutzungen im Vergleich zu der Gewinnung mineralischer Rohstoffe nur geringe Erträge bei gleichzeitiger Verdrängung und Vernichtung der Indianer sowie einer Zerstörung des Ökosystems und seiner Artenvielfalt erbringen werden.

Anschrift des Verfassers:

Dr. A. HOPPE, Geologisches Institut der Universität, Albertstraße 23 B,
D-7800 Freiburg.

Abstract

Has El Dorado been found? Geology and mineral resources of Amazonia

The tropical rainforests of the Amazon region of northern South America cover large parts of the Precambrian Amazon Craton finally stabilized about 900 Ma ago. The east-west-trending Amazon Basin separates the craton into two shields, the Guiana Shield to the north and the Central-Brazil Shield to the south. In the Early Paleozoic the basin started to fill with epicontinental deposits followed by marine sequences of more than 4.000 m in thickness in the Late Paleozoic. These Paleozoic deposits as well as large parts of the two shields are covered by essentially continental Mesozoic and Cenozoic sediments which also fill the north-south-trending Andean foredeep with thicknesses exceeding 10.000 m. Large parts of the Amazon rain forest are probably younger than 11.000 years.

The Amazon region, mainly the Brazilian part, bears important mineral deposits. Large resources of aluminium, copper, manganese, gold, iron, niobium and tin have been found in the last years. The mining district of the Serra dos Carajás is one of the richest on earth. On the other hand, fossil fuels (oil, gas and coal) are scarce, oil being economically produced only in the Andean foredeep.

Reasonable mining of these deposits could help to reduce the financial obligations of South American countries and thus solve their economic problems. Restricting mining to small areas within the rain forest and directing ore processing to regions outside of it could even directly avoid the further destruction of the rain forest and its inhabitants.

These urgently needed changes require the understanding that agriculture and forestry are neither economically nor ecologically competitive with careful mining of mineral resources but responsible for the deforestation of vast parts of the Amazon rain forest.

Resumo

Achou-se o El Dorado? Geologia e recursos minerais da Amazônia

A floresta equatorial da América do Sul cobre extensas áreas dos escudos das Guianas e Brasil-Central, formando ambos o Cráton Amazônico, de idade pré-cambriana. Esse cráton possui um embasamento estruturado predominantemente em rochas de médio a alto grau metamórfico, incluindo granitóides e *greenstone belts*.

Sobre esse embasamento depositaram-se entre 1.900 e 1.000 Ma amplas coberturas plataformais, fracamente a não-metamórficas, intrudidas por inúmeros granitóides anorogênicos e, localmente, por rochas básicas e alcalinas. A estabilização final do Cráton Amazônico ocorreu há cerca de 900 Ma.

Os escudos das Guianas e Brasil-Central estão separados entre si pela bacia sedimentar do Amazonas de direção leste-oeste, ao longo da qual se desenvolve o eixo principal do rio homônimo. O preenchimento dessa bacia iniciou-se no Paleozóico Inferior em ambiente epicontinental, seguido de seqüências marinhas do Paleozóico Superior, com espessura total superior a 4.000 metros. Uma sedimentação continental mesozóica e cenozóica

amplamente distribuída, cobriu as seqüências anteriores e extensas áreas dos escudos, preenchendo também a antefossa subandina de direção norte-sul, onde alcança espessura superior a 10.000 metros.

A região amazônica contém importantes depósitos minerais, em especial na sua porção brasileira. Extensos depósitos de alumínio (bauxita), cobre, manganês, ouro, ferro, nióbio e estanho (cassiterita) foram descobertos nos anos recentes. O distrito mineral da Serra dos Carajás é um dos mais ricos do globo. Por outro lado, combustíveis fósseis (óleo, gás e carvão) são escassos e sómente na antefossa subandina o óleo é produzido economicamente.

A mineração desses depósitos desde que realizada em áreas pequenas poderia, por um lado restringir sensivelmente os danos provocados pelo impacto ambiental e, por outro contribuir para a solução dos problemas econômicos dos países latino-americanos.

Isso implicaria, entretanto, em deslocar das florestas para outras áreas as usinas de beneficiamento de minério, onde adicionalmente o carvão do mercado internacional poderia ser usado em substituição ao carvão vegetal, atualmente responsável pela devastação de extensas áreas. Por outro lado, seria necessário tomar consciência de que, comparativamente à extração mineral, a exploração agropecuária e florestal não pode ser operada a níveis econômicos, pelas próprias condições de pobreza dos solos da Amazônia, com o agravante de que isso implica na concomitante expulsão e destruição dos indígenas, bem como, extermínio de todo o ecossistema e sua rica variedade de espécies.

Einleitung

FRANCESCO DE ORELLANA brach im Februar 1541 auf, das sagenhafte El Dorado zu finden. Er befuhr während dieser Reise, die mehrfach literarisch nachempfunden wurde (z.B. BERGMANN, 1927; BORN, 1951), den gesamten Amazonas und erreichte am 26. August 1542 dessen Mündung (vgl. STOLI, 1984: 15). El Dorado fand er dabei nicht.

Neue, besser ausgerüstete Abenteurer auf der Suche nach Gold, Unternehmer, die einen schnellen Gewinn aus ihrem eingesetzten Kapital erwarten, arme Menschen in der Hoffnung auf ein Stück Land, das sie ernährt, dringen in Amazonien ein und haben bereits dramatische Veränderungen im Feuchtwald bewirkt. Haben sie El Dorado gefunden?

Die faszinierende und lange geologische Entwicklungsgeschichte Amazoniens kann in diesem Band nur kursorisch behandelt werden, sie wird an anderer Stelle ausführlicher dargestellt (HOPPE & SCHOBENHAUS, in Vorb.). Diese Geschichte soll hier nur soweit skizziert werden, als sie für die Bewertung der mineralischen Rohstoffe und für ein Verständnis der Nährstoffarmut der Böden notwendig ist. Schwerpunkte sind die Diskussion der jüngeren geologischen Geschichte Amazoniens und des Alters der Feuchtwälder sowie die Lagerstätten, deren Entdeckung zusätzlichen Druck auf eine wirtschaftliche Erschließung der Regenwälder bewirkt hat. Die sich daraus ergebende Verantwortung auch für den Geowissenschaftler wird am Ende des Beitrages diskutiert.



Abb. 2.1: Geotektonische Gliederung Südamerikas (nach SCHOBENHAUS et al., 1984; HASUI & ALMEIDA, 1985).

Der „Januskopf Südamerika“ (Abb. 2.1) vereint zwei geologisch und geomorphologisch grundverschiedene strukturelle Einheiten, die das Gesicht des Kontinentes prägen. Im Westen wird die Grenze zum Pazifik von dem Hochgebirge der Anden, dem östlichen Teil des „zirkumpazifischen Feuergürtels“, begleitet, der, obwohl auf präkambrischem Unterbau ruhend, seine geologische Ausgestaltung erst in den letzten 500 Millionen Jahren (Ma) erfahren hat (vgl. ZEIL, 1986). Der Osten Südamerikas ist dagegen dem Atlantik zugewandt, hier waren die wesentlichen geologischen Prozesse bereits vor 900 Ma abgeschlossen. Die Erdkruste dieses östlichen Teiles Südamerikas ist seit langem isostatisch ausgeglichen und tiefgründig abgetragen und eingerumpft worden. Jüngere Gebirgsbil-

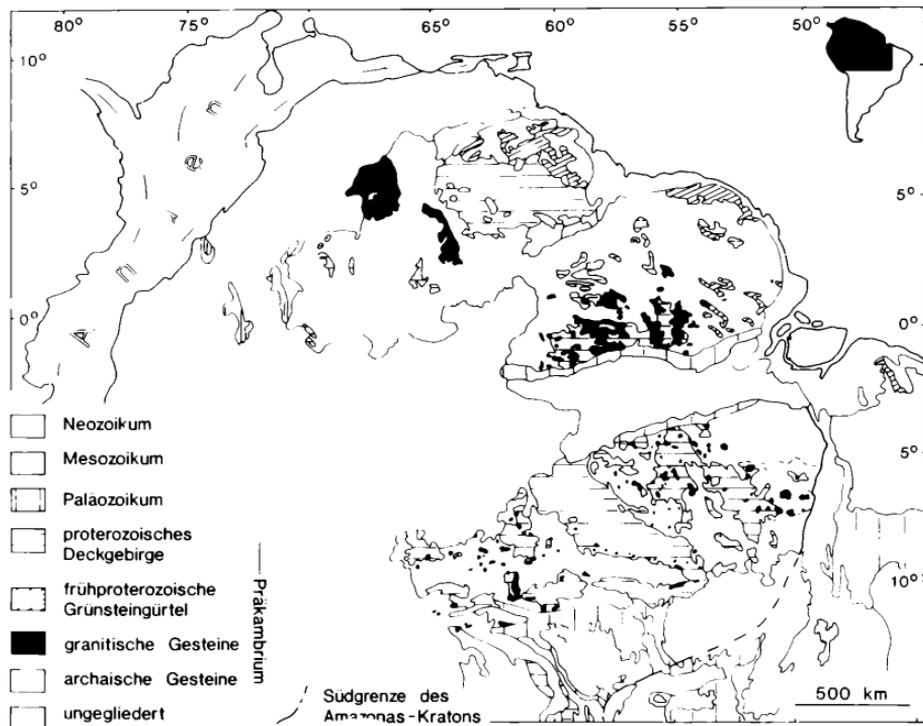


Abb. 2.2: Vereinfachte geologische Karte Amazoniens und seiner Randgebiete (verändert nach MARTIN et al., 1981).

dungen haben hier nicht neue Bergketten aufgefaltet, und Höhen von mehr als 1.000 m sind daher die Ausnahme (Abb. 1.1). Die heute sichtbaren Großeinheiten, alte Schildgebiete und geologisch relativ junge Senkungsräume, sind dagegen das Ergebnis weitgespannter Bewegungen der Erdkruste und bruchhafter Zerlegungen. Die geologische und geomorphologische Gliederung Amazoniens spiegelt sich in den folgenden Strukturen wider (Abb. 2.2):

Das etwa West-Ost-verlaufende Amazonasbecken zerlegt den präkambri-schen Amazonas-Kraton in einen nördlichen Guayana- und einen südlichen Zentralbrasilianischen Schild. Im Westen, im oberen Amazonas-Gebiet, bedecken junge und jüngste Sedimente Tiefebenen, die parallel zu den Anden von Venezuela im Norden bis zur Patagonischen Plattform im Süden verlaufen. Es ist die Vortiefe der Anden bzw. die Subandine Saumsenke, die mit vielen Kilometer mächtigen Ablagerungen der Kreide und des Tertiärs gefüllt ist (Abb. 2.8 und 2.9).

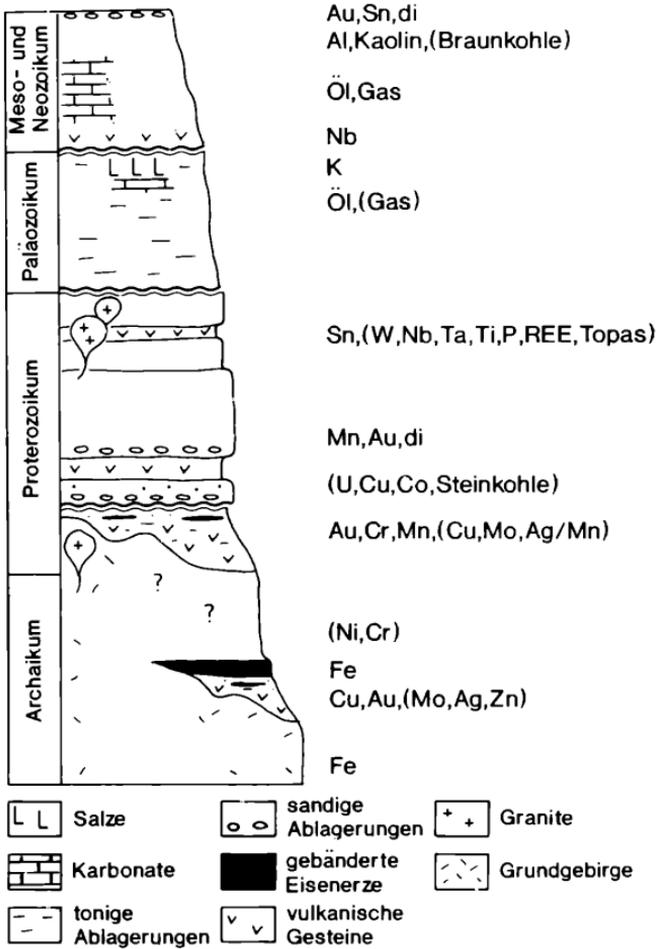


Abb. 2.3: Geologische Entwicklung Amazoniens (stark vereinfacht) mit Angabe der wichtigsten Lagerstätten (di = Diamant, REE = Seltene Erden). Alter in Millionen Jahren, vereinfacht: Archaikum \geq 2.500, Proterozoikum 2.500–900, Paläozoikum 500–250, Mesozoikum und Neozoikum 250–heute.

Der weitaus größte Teil Amazoniens liegt im Staatsgebiet von Brasilien, die Beschreibung der erdgeschichtlichen Entwicklung des Gesamttraumes wird im folgenden daher von Brasilien ausgehen, zumal seit einigen Jahren zusammenfassende geologische Darstellungen vorliegen: PETRI & FULFARO (1983) beschrieben das Phanerozoikum, ALMEIDA & HASUI (1984) das Präkambrium und

SCHOBENHAUS et al. (1984) die gesamte erdgeschichtliche Entwicklung. Übersichten zur Geologie des Amazonasgebietes haben FITTKAU (1974) und PUTZER (1984⁵) gegeben.

Jahrzehntlang hatte es nur grobe Vorstellungen über den geologischen Bau dieses Gebietes gegeben. KATZER hatte 1903 eine Übersicht der Geologie des unteren Amazonas-Gebietes vorgelegt. Spätere Übersichten stammen unter anderem von OLIVEIRA & LEONARDOS (1943), LOCZY (1963, überwiegend auf das Paläozoikum und Mesozoikum beschränkt), BEURLIN (1970) und der staatlichen brasilianischen Erdölfirma *Petrobrás*, deren Ergebnisse in die zusammenfassenden Darstellungen von SANTOS (1984¹) und SANTOS & LOGUERCIO (1984¹) eingingen.

In den siebziger Jahren erhielt der Brasilianische Geologische Dienst (*Departamento Nacional da Produção Mineral*) großzügige finanzielle Mittel, die zu vielfältigen und umfangreichen Kartierungs- und Forschungsprojekten, gerade auch in Amazonien, führten. Den Erfolg dieser Bemühungen zeigt die 1982 herausgegebene Geologische Karte Brasiliens und angrenzender ozeanischer Gebiete im Maßstab 1 : 2.500.000 (SCHOBENHAUS et al., 1984: VII). Insbesondere die Arbeiten in Amazonien waren durch enorme Rohstoff-Funde beflügelt worden (vgl. SANTOS, 1981).

Daß der Kenntnisstand zur geologischen Entwicklung Amazoniens dennoch lückenhaft ist, ist bei der Größe des Gebietes, der dichten Vegetation und der Unzugänglichkeit, den häufig tiefen Verwitterungsbildungen, die einen Einblick in die Geologie verschleiern oder gar verhindern und dem Fehlen von Fossilien in den Schildgebieten, sowie der damit verbundenen Notwendigkeit, auf aufwendige, physikalische Altersbestimmungen angewiesen zu sein, mehr als verständlich.

Der Amazonas-Kraton

Altes Grundgebirge und die Serra dos Carajás

Mit einem Mindestalter von 3.400 Ma wurden die ältesten Gesteine im östlichen Venezuela nachgewiesen (U/Pb- und Rb/Sr-Alter; MONTGOMERY & HURLEY, 1978). Es sind Granulite und Gneise mit eingeschalteten gebänderten Eisenerzen des Imataca-Komplexes, die von jüngeren (proterozoischen) Gesteinen durch tektonische Kontakte getrennt sind.

Weitere archaische Alter (älter als 2.500 Ma) sind in der Serra dos Carajás (Abb. 1.1 und 2.4) und ihrer Umrahmung bestimmt worden. Es sind Granit-Grünsteingürtel-Gebiete (siehe nächsten Abschnitt) sowie Gneise, Migmatite und Granite des „Xingú-Komplexes“.

So etwas wie ein El Dorado hat man in der Serra dos Carajás im Bundesstaat Pará gefunden, die 5 bis 7° südlich des Äquators inmitten des Amazonas-Regen-

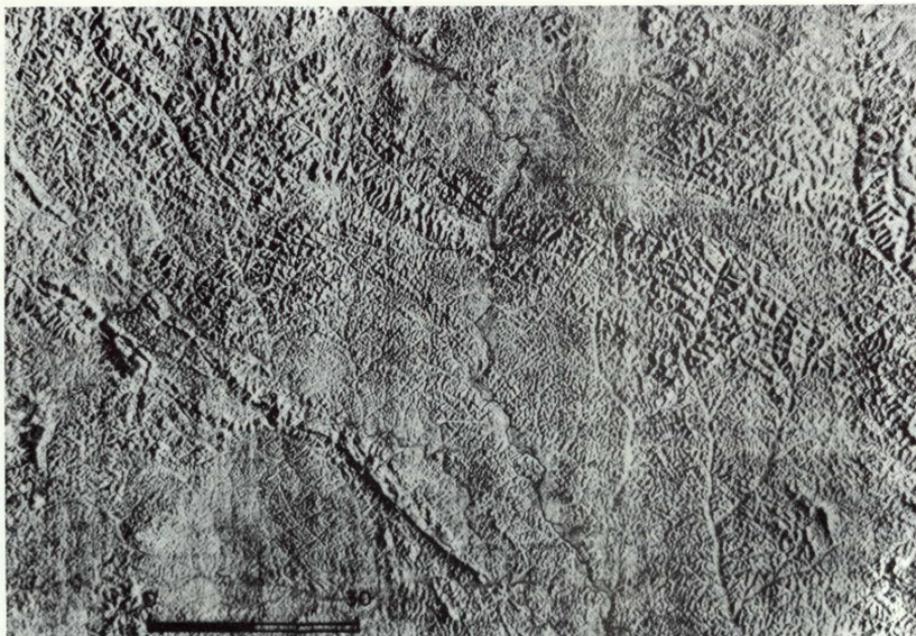


Abb. 2.4: Die Nordwest-Südost-streichenden Grünsteingürtel im Guayana-Schild heben sich im Radarbild deutlich vom übrigen Grundgebirge ab. Lange Bildkante etwa 43 km, zentrale Koordinaten: $1^{\circ} 30' \text{ N} - 53^{\circ} 15' \text{ W}$ (Foto aus SCHOBENHAUS et al., 1984: 64).

waldes liegt (Abb. 2.5). Ihre riesigen Eisen-Lagerstätten wurden während einer Prospektionskampagne auf Mangan im Jahre 1967 nach einer Hubschrauber-Notlandung entdeckt (siehe TOLBERT et al., 1973; SANTOS, 1981). Inzwischen ist das größte Lagerstätten-Projekt Brasiliens daraus entstanden, und weitere, reiche Vorkommen an Aluminium, Mangan, Nickel, Kupfer, Zinn, Zink und Gold sind nachgewiesen.

Eine stratigraphische Übersicht gibt die Abb. 2.5. Die Grão Pará-Gruppe wurde mit der U/Pb-Methode auf $2758 \pm 39 \text{ Ma}$, der Carajás-Granit auf $1820 \pm 49 \text{ Ma}$ datiert (OLSZEWSKI et al., 1989).

Ungewöhnlich sind die gebänderten Eisenerze, die einen bisher einmaligen „Carajás-Typ“ repräsentieren. Sie bestehen aus millimeterdünnen Bändern aus Kieselsäure und Eisenoxiden und liegen unmittelbar auf einem mächtigen Stapel vulkanischer Gesteine. Wahrscheinlich sind sie auch von solchen Gesteinen überlagert. Die Erze erreichen durchschnittliche Mächtigkeiten von 200 m sowie eine weite, flächenhafte Verbreitung, was auf einen ausgedehnten, flachen Sedimentationsraum mit Stillwasserbedingungen deutet, wobei mit den vulkanischen Gesteinen und den Erzen vergesellschaftete andere Sedimente fehlen (vgl. HOPPE et al., 1987).

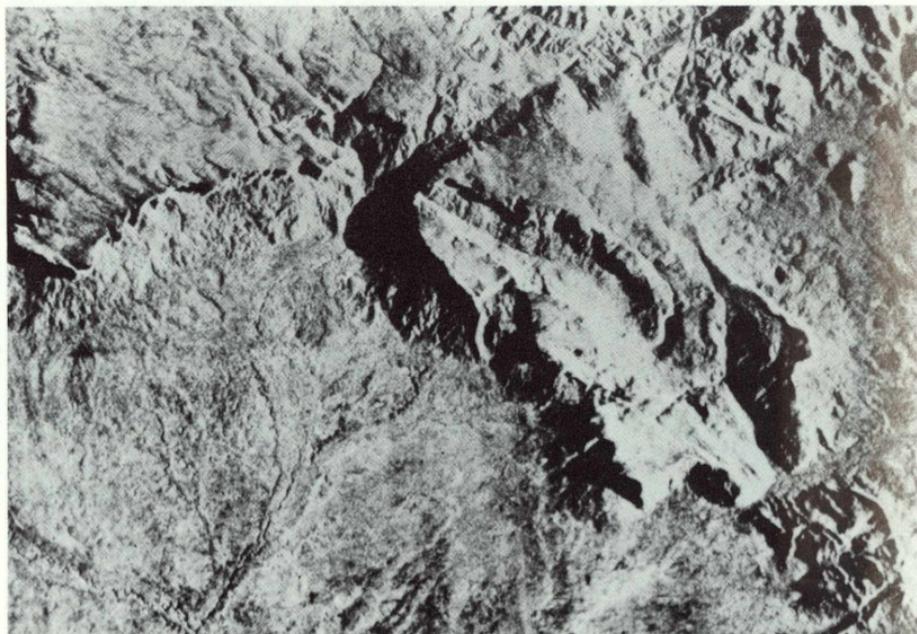


Abb. 2.6: Mit sehr steilen Hängen erheben sich die frühproterozoischen Quarzite der Roraima-Formation aus dem Regenwald. Radar-Aufnahme, lange Bildkante etwa 43 km. Zentrale Koordinaten $0^{\circ} 45' N - 63^{\circ} 15' W$ (Foto aus SCHOBENHAUS et al., 1984: 70).

Stabiles mittleres Proterozoikum

Ausgedehnte Plattformsedimente überlagern die älteren, gefalteten und metamorphisierten Gesteine (Abb. 2.3). Kompositionell reife Sandsteine, Konglomerate und Tonsteine gehören zur ältesten Einheit (Prä-Uatamã bzw. „Mururwa-Formation“ in Zentral-Guayana). Saure Lava-Ergüsse und Tuffe (Uatumã-Superguppe) markieren danach, etwa zwischen 1.900 und 1.700 Ma, ein vulkanisches Ereignis (GIBBS & BARRON, 1983: 11), das in weiten Teilen Südamerikas (von Venezuela und Ekuador im Norden bis in die brasilianischen Bundesstaaten Bahia und Minas Gerais im Süden) verbreitet gewesen zu sein scheint.

Mit imposanten Steilhängen von mehreren hundert Meter Höhe aus dem Regenwald herausragend folgen diskordant darüber die Quarzite der Roraima-Gruppe (Abb. 2.6). Spektakulär ist der mit fast 1.000 m Fallstrecke höchste Wasserfall der Erde, der „Salto Angel“ im südöstlichen Venezuela. In den „Pakaraima-Bergen“ allein bedecken die bis zu 2.500 m mächtigen Sedimente 73.000 km². Die Abfolge aus Orthoquarziten (das sind sehr reine, verfestigte Quarz-

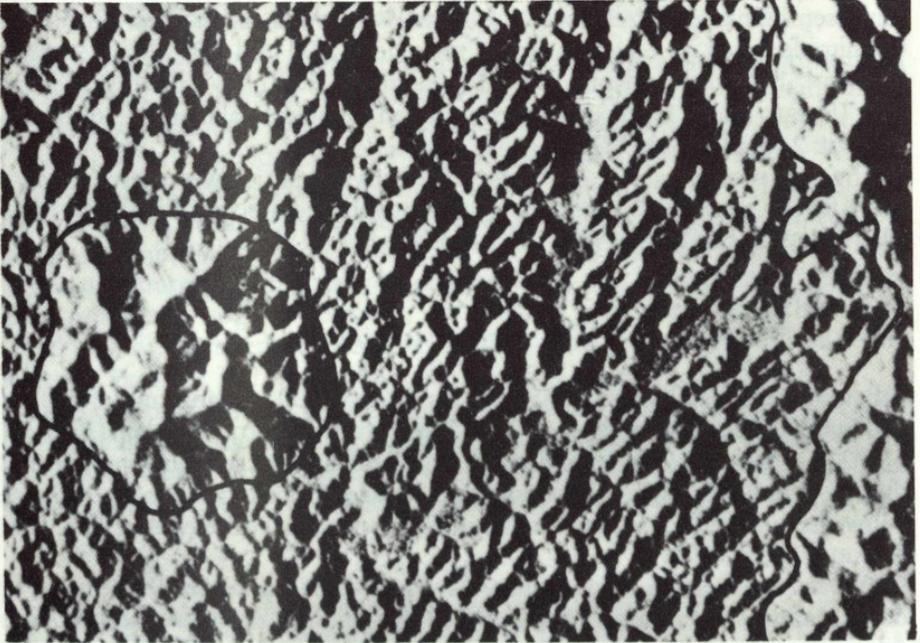


Abb. 2.7: Granite des Proterozoikums im Nordosten Roraimas sind im Satellitenbild (LANDSAT, lange Bildkante etwa 17 km) deutlich zu erkennen. Zentrale Koordinaten: 2° 47' N – 63° 47' W (Foto aus SCHOBENHAUS et al., 1984: 72).

sande), Konglomeraten und, untergeordnet, feinkörnigen Ablagerungen liegt flach und ungefaltet über der Uatumã-Superguppe und bildet Tafelberge sowie ausgedehnte Hochflächen. Abgelagert wurden diese Sedimente in Flüssen, Seen, Deltas und in küstennahen Bereichen. Vergleichbare, mehr als 1.000 m mächtige kontinentale Ablagerungen im Zentralbrasilianischen Schild werden dort als Beneficente- bzw. Gorotire-Gruppe bezeichnet (SANTOS & LOGUERCIO, 1984¹). Basische Vulkanite (kontinentale Tholeiite) durchschlagen in Form von Gängen und Stöcken in großer Zahl die Roraima-Gruppe; im westlichen Surinam sowie im Zentralbrasilianischen Schild wurden sie mit 1.640 bzw. etwa 1.600 Ma datiert (vgl. GIBBS & BARRON, 1983: 12; SANTOS & LOGUERCIO, 1984¹).

In der Folgezeit drangen granitische Gesteine in großer Zahl in die kontinentale Kruste ein (Abb. 2.2 bis 2.4 und 2.7). Diese Intrusionen sind nicht mit einer Gebirgsbildung verbunden. Viele von ihnen führen Ellipsoide von Alkali-Feldspäten, die von Plagioklas ummantelt werden, also Rapakivi-Granite sind (mit „Rapakivi“ hatte Urban HJARNE 1694 „faule Gesteine“ in verwitterten Auf-

schlüssen Finnlands bezeichnet). Radiometrische Alter dieser Zinn-führenden Granitoide liegen im Guayana-Schild zwischen 1.300 und 1.000 Ma (GIBBS & BARRON, 1983: 12). In Rondônia haben sich nach 90 Rb/Sr-Gesamtgesteinsaltern (PRIEM et al., 1989) drei Altersgruppen herauskristallisiert: 1.268 ± 15 , 1.025 ± 24 und 956 ± 9 Ma.

Abgeschlossen wurde die präkambrische Entwicklung im Westen des Amazonas-Kratons mit einer hochgradigen Metamorphose zwischen 1.300 und 1.000 Ma (GIBBS & BARRON, 1983: 12; TEIXEIRA et al., 1989).

Das Amazonasbecken

Beherrschendes Element in Amazonien ist das 3.500 km lange und zwischen 300 und 1.000 km breite, etwa 1.250.000 km² große Amazonasbecken (Abb. 2.1 und 2.2). Quer dazu verlaufende, während des Paläozoikums entstandene und durch geophysikalische Erkundungen sowie Bohrungen nachgewiesene Schwellen untergliedern den Senkungsraum in vier Teilbereiche (Abb. 2.8, ALMEIDA et al., 1981):

1) Das Acre-Becken, 2) das Obere Amazonasbecken, das den breitesten Teil der Amazonas-Niederung verursacht, 3) das Mittlere Amazonasbecken, eine relativ enge Furche zwischen Manaus und der Mündung des Rio Xingú und 4) das Untere Amazonasbecken östlich der Xingú-Mündung, das bis in das Mündungsgebiet des heutigen Amazonas reicht und dort bereits zur Küstenprovinz bzw. zum Kontinentalrand gehört.

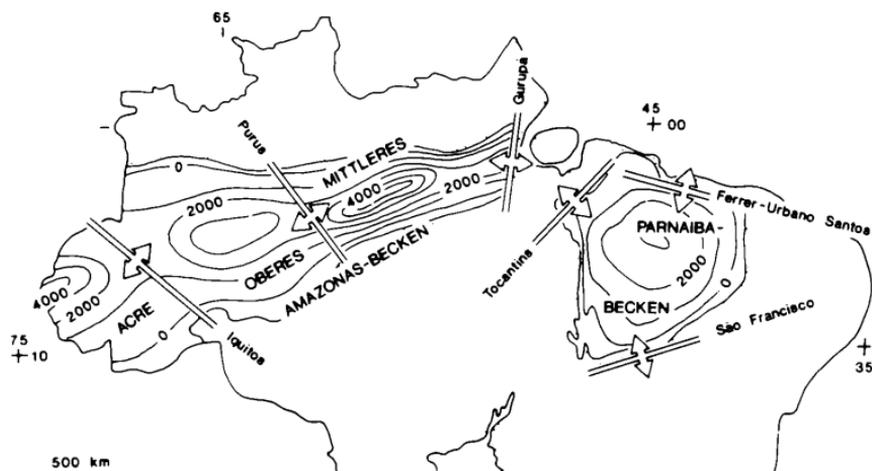


Abb. 2.8: Die Epikontinentalbecken Amazoniens (nach ALMEIDA et al., 1981) mit Angabe der Tiefenlage des Grundgebirges in Metern und Lage der Schwellen.

Wechsel von Festland und Meer im Paläozoikum

Nach einer langen Phase der Abtragung eroberte ein Flachmeer erst im unteren Ordovizium, von Westen vorstoßend, Amazonien (Benjamin Constant- bzw. Trombetas-Formation *sensu lato*; vgl. QUADROS, 1988: 97; SCHOBHENHAUS & CAMPOS, 1984: 35; SANTOS, 1984: 76; Abb. 2.9). Die Mächtigkeiten erreichen einige hundert Meter und im Zentrum des Senkungsraumes bis zu 1.000 m. Die dabei abgesetzten Sande, Silte und Tone sind Flachmeerablagerungen. Aus der oberen Trombetas-Formation (*Membro Nhamundá*) und dem Oberdevon sind Vereisungsspuren beschrieben worden (moränenartige Ablagerungen, gekritzte Geschiebe und sog. dropstones, d.h. aus Gletschereis abgeschmolzene Geschiebe, die in unverfestigte Meeresablagerungen fielen und diese dabei deformierten; PETRI & FULFARO, 1983: 43 und 47; QUADROS, 1988: 97).

Vom Ordovizium bis zum Devon herrschten in Amazonien in den Flachmeeren wahrscheinlich kühle, gemäßigte Temperaturen, worauf das Fehlen von Riffkalken deutet, sowie die Lage in relativ hohen Breiten: Der Südpol hatte während des Ordoviziums im nordwestlichen Afrika, während des Devons im

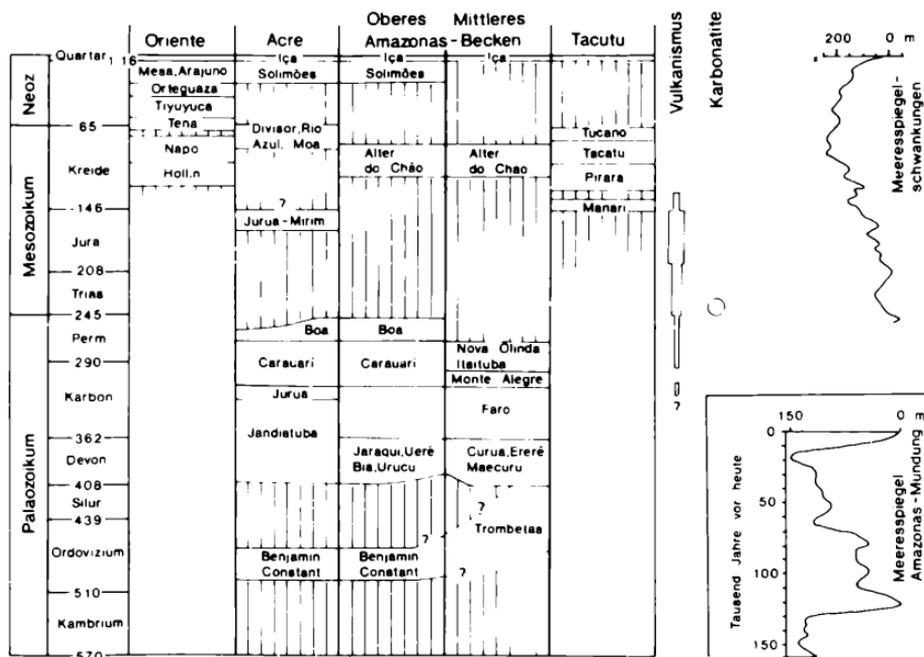


Abb. 2.9: Geologische Entwicklung des Amazonasbeckens im Phanerozoikum (stark vereinfacht). Globale Meeresspiegelkurve nach HAQ et al. (1987), jüngere Meeresspiegelschwankungen an der Amazonas-Mündung nach DAMUTH et al. (1988).

südlichen Afrika gelegen (vgl. PIPER, 1987: 275). Damit stimmen auch die Vereisungsspuren in der Trombetas-Formation und im Oberdevon überein.

Nach einer Phase der Heraushebung und Abtragung eroberte im Oberkarbon ein Flachmeer in den Grenzen des altpaläozoischen Senkungsgebietes das Amazonasbecken zurück und setzte Sande und Tone, Karbonate und Salze (in dieser Reihenfolge) mit Gesamtmächtigkeiten bis zu 3.000 m im Mittleren Amazonasbecken ab. Eine Hebung der Gurupá-Schwelle behinderte bis in das untere Perm den Wasseraustausch mit dem offenen Meer, Wasser dampfte ein, und bis zu 1.200 m mächtige Evaporite (Zyklen von Karbonaten über Gips, Anhydrit und Steinsalz bis zu Kali-Salzen) blieben zurück (ALMEIDA et al., 1981: 23; SANTOS, 1984¹: 79f.).

Die sedimentäre Entwicklung mit Karbonat- und Salzausfällungen, die wärmere Temperaturen anzeigen, koinzidiert mit den vermuteten Pol-Lagen für Karbon und Perm, Amazonien lag zu dieser Zeit in gemäßigten Breiten (PIPER, 1987: 297).

Mesozoische Entwicklung und Öffnung des Atlantiks

Bis in die Kreide (Alb) fehlen im Amazonasbecken Sedimente mit Ausnahme von wenigen spätjurassischen Fluß- und Seenablagerungen oder ariden Sedimenten in Acre (PETRI & MENDES, 1983: 151). Stattdessen finden sich Zeugen intensiver, überwiegend basaltischer, vulkanischer Aktivität, die im Oberkarbon bereits begonnen hatte und bis in den frühen Jura andauerte (Abb. 2.9; vgl. ALMEIDA et al., 1981: 23; PETRI & MENDES, 1983; SANTOS, 1984¹). Auch alkalisch-ultrabasische Komplexe mit assoziierten Karbonatiten südlich des Pico da Neblina und Diamant-führende Kimberlite bei 58° W und 10,5° S im südlichen Rondônia gehören wahrscheinlich in diesen Zeitraum (SANTOS, 1984¹: 83; SCHOBENHAUS & CAMPOS, 1984¹: 45).

Die magmatische Aktivität und die Anlage von Brüchen und Gräben entlang der Küste (z.B. der Limoeiro-Graben) sind verknüpft mit dem Zerfall Gondwanas. Diese bis zum Perm aus den Südkontinenten bestehende große Landmasse zerfiel im unteren Jura mit der Trennung der Antarktis von Australien und der Indiens von Afrika-Südamerika. In einer zweiten Phase begann die Lösung Südamerikas von Afrika in der Unterkreide (135–130 Ma; vgl. SIMPSON, 1977). Bis zur Oberkreide (80 Ma) durchlief der Südatlantik sein „Jugendstadium“, die Rio Grande- und die Walfisch-Schwelle trennten ihn in ein nördliches und ein südliches, jeweils max. 4.000 m tiefes Becken (der Nordatlantik war zu dieser Zeit bereits ein „ausgewachsener“ Ozean mit Wassertiefen von mehr als 5.000 m). Die endgültige Trennung von Afrika und Südamerika in der Oberkreide (80 Ma) erfolgte entlang der Äquatorial-Scherzone. Durchschnittliche Wachstums- (*spreading*-) Raten des südatlantischen Ozeans liegen bei 1,2 cm pro Jahr im Norden und etwa 6,2 im Süden.

Die Ähnlichkeit der afrikanischen mit der südamerikanischen Küstenlinie, die später Alfred WEGENER (1915) zu seiner Theorie einer Drift der Kontinente führte, war übrigens auch schon Alexander VON HUMBOLDT (1808/1969: 19) aufgefallen: „Allerdings hat Südamerika, nach der Gestalt seines Umrisses und der Richtung seiner Küsten, eine auffallende Ähnlichkeit mit der südwestlichen Halbinsel des alten Kontinents“

Aber obwohl während der Kreide weltweit die Kontinente weitgehend überflutet wurden (Meeresspiegelkurve in Abb. 2.9), lag Amazonien überwiegend auf dem Trockenen. Flachmeere beherrschten zwar die Subandine Senke (Oriente-Becken in Abb. 2.9; SMITH, 1989), im Amazonasbecken wurden dagegen bunte, kontinentale Sedimente abgesetzt (PETRI & MENDES, 1983: 154, 177; SANTOS, 1984¹: 84f.).

Im Mittleren Amazonasbecken überdeckt die Alter do Chão-Formation (Abb. 2.9) riesige Flächen. Die Alterseinstufung dieser kontinentalen, roten und fossilarmen, fluviatilen Ton-, Silt- und Sandsteine wurde kontrovers diskutiert. Häufig wurden sie wegen ihrer lithologischen Ähnlichkeit mit der tertiären Barreiras-Formation der Küstenregion Nordostbrasilien parallelisiert (vgl. SANTOS, 1984¹: 84f.). PRICE (1960) hatte sie nach dem Fund von Saurier-(Theropoda-) Zähnen in die Oberkreide eingestuft. Nach der Auswertung zahlreicher Bohrungen aus dem Mittleren, teilweise auch aus dem Oberen Amazonasbecken und den darin enthaltenen Mikroflora (Palynomorpha) ordneten DAEMON (1975) und PETRI & MENDES (1983: 154, 176) sie ebenfalls in die Oberkreide ein.

Brasilien lag vermutlich während des gesamten Mesozoikums in geringen Breiten (PIPER, 1987: 297) in einer heißen, tropischen Klimazone, die vielerorts die Bildung von Evaporiten, Karbonaten und, seltener, Riffbauten begünstigte (PETRI & MENDES, 1983: 178). Hauptsächlich semiaride Bedingungen prägten die kontinentale Sedimentation der Kreidezeit, während der vermutlich auch die Anlage ausgedehnter Verebnungsflächen (*pedeplains*) begann (BIGARELLA & FERREIRA, 1985⁶: 53).

Kontinentales Neozoikum

Neozoische Ablagerungen bedecken im Amazonasbecken und der andinen Vortiefe die weitesten Teile Amazoniens (Abb. 2.2).

Im Oriente-Becken der Subandin Saumsenke überlagern Rotsedimente ab der obersten Kreide die älteren Meeresablagerungen (Abb. 2.9). Ein letzter Meeresvorstoß ist mit grauen, marinen Tonen der oligozänen Ortegua-Formation dokumentiert, danach, vom Miozän bis heute, bildete sich ein Trog, der 1.500 bis 3.000 m mächtigen, kontinentalen Abtragungsschutt der Anden aufnahm und noch aufnimmt (vgl. SMITH, 1989: 758f.).

In Acre sowie im Oberen Amazonasbecken wird der größte Teil der Oberfläche, etwa 1.000.000 km² auf brasilianischem Gebiet, von feinkörnigen Ablage-

rungen der Solimões-Formation eingenommen, östlich der Purus-Schwelle (Abb. 2.8) fehlen sie. In die flach lagernden tonigen Ablagerungen sind dünne Braunkohlen- und Torflagen eingeschaltet (SANTOS, 1984: 85f.). Alle Beobachtungen weisen auf ein geschlossenes hydrologisches System.

Im Mittleren Amazonasbecken fehlt eine tertiäre Sedimentdecke (sofern die zeitliche Einstufung der Alter do Chão-Formation korrekt ist), das gesamte Gebiet wäre demnach während des Tertiärs Hochgebiet und Abtragungsraum gewesen.

Falls die obige Beschreibung zutreffend ist, so würde das heißen, daß während des gesamten Tertiärs im Oberen Amazonasbecken und in Acre das Amazonas-Flußsystem noch nicht in den Atlantik entwässerte. Dazu paßt, daß die ältesten Sedimente im Amazonas-Tiefseefächer in das obere Miozän bis Pliozän eingestuft werden (DAMUTH & KUMAR, 1975: 874). Einen letzten Meeresvorstoß im westlich gelegenen Oriente-Becken zeigen die oligozänen Tone der Orteguala-Formation an (SMITH, 1989: 759). Danach wurden Verbindungswege zum Pazifik durch die sich heraushebenden Anden endgültig geschlossen. Zumindest Teile des westlichen Amazonas-Systems könnten also bis in das Oligozän noch nach Westen entwässert haben. Mit dem Miozän ist diese Verbindung zum Pazifik unterbrochen worden, und wahrscheinlich entwickelte sich stattdessen im Bereich des Oberen Amazonasbeckens inmitten des Kontinentes ein Stillwasserbereich bzw. eine riesige Sumpf- und Seen-Landschaft (ähnlich der des heutigen *Pantanal* in Mato Grosso), in der Braunkohlen-Wälder wuchsen. Bei einem ständigen, mehr oder minder kontinuierlichem Absinken des Meeresspiegels seit der Kreide (Abb. 2.9) um mehr als 100 m während des Tertiärs hätte ein gleichzeitiger Aufstieg der Purus- und Gurupá-Schwelle (Abb. 2.8) sowie des dazwischenliegenden Gebietes eine Entwässerung nach Osten in den Atlantik verhindert. Eine Flora ähnlich der des heutigen Regenwaldes wird im Tertiär also wohl zumindest im oberen Amazonasgebiet bestanden haben. Das Klima war im Tertiär zunächst tropisch mit wechselnden Regen- und Feuchtzeiten, und es bildeten sich z.B. in Südamazonien (NAHON et al., 1989: 756) Laterite mit Eisenkrusten.

Die jüngste Geschichte, oder: Wie alt ist der Regenwald?

Mit dem Aufbau einer Landbrücke zwischen Nord- und Südamerika gegen Ende des Tertiärs erfolgte eine drastische „Modernisierung“ der südamerikanischen Faunen und Floren, und viele ältere, südamerikanische Formen wurden verdrängt. Aus der nördlichen Hemisphäre wanderten unter anderem Mastodonten, Säbelzahn tiger, Jaguare, Bären, Pferde, Wildschweine, Tapire, Riesenottern und Hirsche ein (LIMA, 1989: 91) und wahrscheinlich erst nach der letzten Eiszeit schließlich auch der Mensch.

Die Heraushebung der Anden seit dem Miozän führte zu Abtragungsraten von bis zu 1.000 Tonnen pro km² und Jahr (vgl. IRION, 1989: 24) und damit zu mächtigen Sedimenten des Quartärs, vor allem westlich 60° W, wo sie Gebiete von mehreren 100.000 km² bedecken.

Quartäre Sande, in die gelegentlich graue und rote Ton- sowie Torflagen eingeschaltet sind (Iça-Formation) bedecken weite Gebiete Westamazoniens im Bereich der Subandinischen Saumsenke. Im mittleren Amazonasgebiet sind quartäre Sedimente auf die Überflutungsebenen der großen Flüsse beschränkt, und im Mündungsgebiet des Amazonas haben sich Wattgebiete und Räume mit Mischsedimentation gebildet, die fluviale und marine Sande, Silte, Tone und Schlicke aufnehmen (SANTOS, 1984¹: 87f.).

Insgesamt ist der Kenntnisstand zur jüngsten geologischen Geschichte des Amazonasraumes noch sehr gering, da in den Amazonasniederungen mit ihrer dichten Vegetation geeignete Aufschlüsse kaum zu finden sind (vgl. IRION, 1989). Die Entwicklungen im Quartär können bislang nur skizzenhaft nachvollzogen werden an den geomorphologischen bzw. Terrassen-Bildungen und an der Art der Sedimente bzw. der Alluvionen und Eluvialhorizonte (KLAMMER, 1971; IRION, 1979, 1984⁵ und 1989; BIGARELLA & FERREIRA, 1985⁶) sowie an paläobotanischen und palynologischen Zeugnissen (HAMMEN, 1972; ABSY, 1985⁶).

Stark umstritten ist die Frage, wie sich die großen Vereisungen der höheren Breiten (vgl. FRAKES, 1979: 238; NILSSON, 1983: 418ff.) im Bereich der heutigen äquatorialen Feuchtwälder ausgewirkt haben. Vereisungen erreichten die niedrigen Breiten sicher nicht. Diskutiert wird aber, ob während der Eiszeiten ein semiarides Klima mit episodischen heftigen Regenfällen die Entwicklung von *pedeplains* bewirkte und ob in den Zwischeneiszeiten unter humiden Bedingungen diese Flächen wieder zertalt wurden und chemische Verwitterung und Bodenbildung dominierten (BIGARELLA & FERREIRA, 1985⁶: 62). Diese Pluvialzeiten sollen mit den Interglazialen höherer Breiten korrelierbar sein (NILSSON, 1983: 345).

Eiszeiten gingen außerdem mit Meeresspiegelabsenkungen, Zwischeneiszeiten mit -anstiegen einher. Während der Meeresspiegel-Tiefstände (vgl. Abb. 2.9 rechts unten) schnitten sich die Flüsse um bis zu 100 m unter das heutige Niveau ein (z.B. der Rio Negro bei Manaus; IRION, 1984⁵, 1989: 28). In den Zwischeneiszeiten dagegen hat der ansteigende Meeresspiegel den Amazonas vermutlich weit zurückgestaut und zur Bildung großer Seen geführt; IRION (1989: 25) rechnet bei einem Anstieg auf 50 m über dem heutigen Niveau in einer früheren pleistozänen Warmzeit mit einem Rückstau bis zu 1.500 km (Luftlinie) ab der Mündung, bei einer Breite der Süßwasser-Seen bis zu 100 km (vgl. Abb. 1.1).

In den Anden niedriger Breite gibt es Hinweise auf bis zu vier Vereisungsstadien (vgl. NILSSON, 1983: 421). Von den großen Vereisungsperioden höherer Breiten zwischen 1,6–1,3, 1,0–0,7, 0,55–0,4 und 0,08–0,01 Ma (FRAKES, 1979: 238) entspricht das letzte Vereisungsmaximum einer ausgeprägten Trocken-

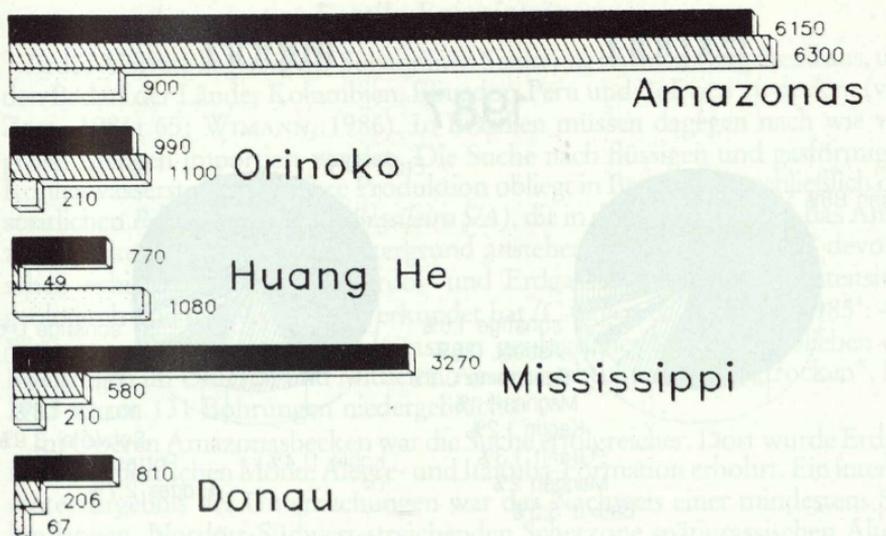
periode im äquatorialen Südamerika (vgl. NILSSON, 1983: 423). Erste Überlegungen hinsichtlich solcher Trockenperioden waren von Biologen (HAFFER, 1969) ausgegangen, die die Verbreitungsgebiete bestimmter heutiger Arten mit Rückzügen auf isolierte Refugien erklärten (vgl. RIEDE, dieser Band: 105 f.).

Palynologische Belege für solche Trockenzeiten sind bislang spärlich, doch durchaus für kleine Gebiete vorhanden. Bis zu 25 m lange Bohrkerne aus einem dichten Regenwaldgebiet 120 km südöstlich von Porto Velho/Rondônia zeigen mehrere Einschaltungen mit Pollenspektren, wie sie für offene Gras-Savannen typisch sind; Savannen-Vegetation wurde auch für Teile der obersten zwei Bohrkernmeter bestimmt (HAMMEN, 1972: 642f.). Geschlossen wurde daraus auf einen Temperaturabfall um 4 bis 5° C und einen Rückgang der Niederschläge, die zusammen zu einem Vordringen der Savannen-Vegetation geführt hätten (HAMMEN, 1972: 643). In Rondônia sind Pollen-Spektren belegt worden, die ebenfalls quartäre Gras-Savannen anzeigen, und aus quartären See-Sedimenten Roraimas sind nur wenige Baum-, dagegen hauptsächlich Gras-Pollen geborgen worden (ABSY, 1985⁶: 80). Derzeit laufende Untersuchungen an See-Sedimenten aus dem Carajás-Distrikt (720 m über dem Meeresspiegel) scheinen ebenfalls auf größere Temperaturschwankungen und Wechsel des Niederschlag-Regimes zu weisen (vgl. COLINVAUX, 1989). 33.000 bis 26.000 Jahre alte Pollenspektren aus der Oriente-Provinz in Ekuador zeigen, daß der damalige andine Wald 700 m unterhalb des heutigen Verbreitungsgebietes wuchs, woraus sich Temperaturabsenkungen von $\pm 4,5^\circ$ C für das Amazonas-Tiefland ableiten lassen (KAM-BIU LIU & COLINVAUX, 1985).

Andere Autoren sehen dagegen keine Hinweise auf semiaride Phasen während des Pleistozäns (IRION, 1989) und würden bei der Möglichkeit einer Zeitreise in das eiszeitliche Amazonien eine Vegetation wie die heutige erwarten (COLINVAUX, 1989). Kritisiert wird auch (COLINVAUX, 1989; IRION, 1989: 30), daß Einschaltungen geröll- oder schuttähnlicher Lagen in Lateritprofilen, sog. *stone-lines* (vgl. BÜDEL, 1977; LICHTHE, 1980), als Hinweis auf aride Bedingungen gedeutet würden. Diese meist aus Quarz bestehenden „Gerölle“ sind aber keine Gerölle, sondern sehr wahrscheinlich konkretionäre *in situ*-Bildungen während lang anhaltender tropischer Verwitterung (IRION, 1989: 31).

Die *stone-lines* dürfen also nicht verwechselt werden mit Geröll-Lagen, die man in Amazonien im Rahmen der Prospektion und Exploration der Gold- und Zinnseifen in Alluvionen ausgedehnter Gebiete (Abb. 2.12) fand. Diese Lagen bestehen aus extrem schlecht sortierten und unreifen Sedimenten, die zeigen, daß vor 11.000 Jahren semiaride Bedingungen im Gebiet des heutigen Regenwaldes herrschten (BETTENCOURT et al., 1988³: 240; VEIGA et al., 1988: 171). Dies wiederum weist ebenfalls auf eine Savannen-Landschaft zu dieser Zeit. Radiocarbon-Datierungen von der Küste Guayanas zeigen, daß die holozäne Transgression dort vor 9.500 Jahren begann (vgl. NILSSON, 1983: 424).

Diese Daten stimmen sehr gut überein mit denen aus pelagischen, biogenen Einschaltungen des ansonsten terrigenen Amazonas-Tiefseefächers (DAMUTH



Einzugsgebiet (10^3 km^2)
 Wassermenge (km^3/a)
 Sediment-Fracht (10^6 t/a)

Abb. 2.10: Das Amazonas-Flußsystem im Vergleich zu einigen Flußsystemen der Erde (Daten aus MILLIMAN & MEADE, 1983).

et al., 1988: 908). In den von Foraminiferen in ihr Karbonat-Gehäuse eingebauten stabilen Sauerstoff-Isotopen, insbesondere dem $\delta^{18}\text{O}$, zeigt sich deutlich eine Erwärmung des Meerwassers vor 11.000 Jahren und ein daraus ableitbarer Meeresspiegel-Anstieg (Abb. 2.9 rechts unten).

Ein kühleres, arides Klima während der Eiszeiten müßte außerhalb des andinen Raumes große Gebiete Südamerikas betroffen haben. Hinweise darauf mehren sich. So sind in Minas Gerais zwischen 18 und 20° südlicher Breite im Rio Doce-Becken starke Erosionen an Hängen festgestellt worden, deren Alter mit Radiocarbon-Datierungen auf etwa 8.000 Jahre eingegrenzt wurde. Sie deuten auf ein trockenes, arides Klima und zeigen damit an, daß der dort heute existente tropische Wald nicht älter als etwa 8.000 Jahre ist (SERVANT et al., 1989).

Das heutige Amazonas-Flußsystem beeindruckt durch die Größe seines Einzugsgebietes von 6,15 Millionen km^2 . Es ist das größte Flußsystem der Erde, liefert 6.300 Kubikkilometer Wasser pro Jahr in den Atlantik sowie die ver-

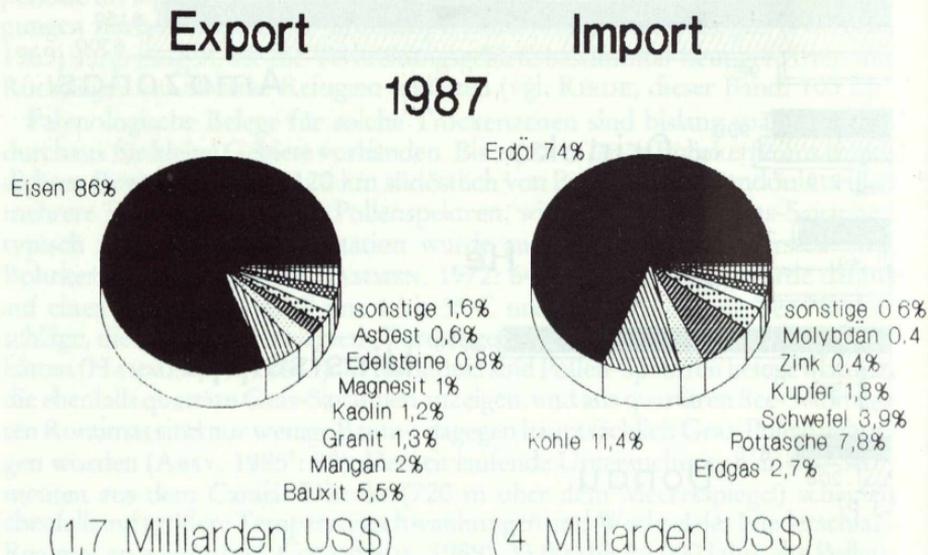


Abb. 2.11: Export und Import von Rohstoffen von und nach Brasilien im Jahr 1987 (Quelle: RIBEIRO FILHO et al., 1988).

gleichsweise geringe Menge von 900 Millionen Tonnen Sediment pro Jahr (MILLIMAN & MEADE, 1983; Abb. 2.10). Der Grund für die geringe Sedimentfracht wiederum ist durch die Größe des Einzugsgebietes bei sehr flachem Gefälle bedingt: Die 100 m-Höhenlinie wird erst weit im Landesinneren, mehr als 2.000 km von der Küste entfernt, erreicht (Abb. 1.1).

Bodenschätze

Von den BRANCO (1984¹) bekannten und von ihm aufgelisteten 1.244 mineralischen Lagerstätten Brasiliens liegen immerhin mehr als 20 % (279) im Bereich des tropischen Regenwaldes. Die in den letzten Jahren intensiver gewordene Erkundung wird diesen Anteil durch das Auffinden neuer Vorkommen sicher weiter erhöhen.

In der letzten Dekade produzierte Brasilien jährlich mineralische Rohstoffe im Wert zwischen 7,0 und 10,5 Milliarden US\$. 94 % dieser Produktion bestand aus vierzehn Gütern (RIBEIRO FILHO et al., 1988): Erdöl, Eisen, Gold, Erdgas, Phosphat, Aluminium, Bausteine, Kalk, Niob, Sand, Zinn, Mangan, Ton und Asbest. Im Jahre 1987 wurden für 1,7 Milliarden US\$ Rohstoffe exportiert, demgegenüber mußten für 4 Milliarden US\$ Rohstoffe importiert werden, in der Hauptsache fossile Energieträger (Abb. 2.11).

Fossile Energieträger

Erdöl-Vorräte liegen in der Subandinischen Senke; sie reichen weitgehend aus, um den Bedarf der Länder Kolumbien, Ekuador, Peru und Bolivien zu decken (vgl. ZEIL, 1986: 65; WIMANN, 1986). In Brasilien müssen dagegen nach wie vor große Mengen importiert werden. Die Suche nach flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffen und ihre Produktion obliegt in Brasilien ausschließlich der staatlichen *Petrobrás* (*Petróleo Brasileiro S/A*), die in den letzten Jahren das Amazonasbecken mit seinen im Untergrund anstehenden silurischen und devonischen Schiefern, potentiellen Erdöl- und Erdgas-Muttergesteinen, intensiver geologisch und geophysikalisch erkundet hat (CAMPOS & RIBEIRO, 1985⁴: 47; WIMANN, 1986). Trotz einiger günstiger geologischer Strukturen blieben die Bohrungen im Unteren und Mittleren Amazonasbecken bislang „trocken“. Bis 1985 waren 131 Bohrungen niedergebracht.

Im Oberen Amazonasbecken war die Suche erfolgreicher. Dort wurde Erdgas in der karbonischen Monte Alegre- und Itaituba-Formation erbohrt. Ein interessantes Ergebnis der Untersuchungen war der Nachweis einer mindestens 500 km langen, Nordost-Südwest-streichenden Scherzone spätjurassischen Alters, die auf den Zusammenstoß der pazifischen Nazca-Platte mit dem Anden-Gürtel zurückgeführt wird. Entlang dieser Struktur waren bis 1985 54 Bohrungen abgeteuft. Dabei wurden 6,5 Milliarden Kubikmeter gewinnbares Erdgas nachgewiesen und davon ausgehend ein Potential von 122 Milliarden Kubikmeter für das gesamte Obere Amazonasbecken abgeschätzt (CAMPOS & RIBEIRO, 1985⁴: 48f.).

Bohrungen der *Petrobrás* in das Paläozoikum des Acre-Beckens (11 Bohrungen bis 1985) blieben ebenso trocken wie die in den jurassisch-frühkretazisch angelegten Tacutu-Graben an der Grenze zwischen Brasilien und Guayana (siehe Abb. 2.2 und 2.3). Die *Home Oil* fand in dem in Guayana gelegenen Grabenabschnitt in geklüfteten jurassischen Basalten Erdöl in einer Bohrung, die zunächst 400 barrel (63.600 Liter) pro Tag lieferte, nach der Testphase aber auf 40 barrel pro Tag absank (vgl. CAMPOS & RIBEIRO, 1985⁴: 51; EIRAS & KINOSHITA, 1988).

Nur ein sehr kleiner Teil der auf ca. 350 Millionen Kubikmeter geschätzten Ölreserven und der auf ca. 93 Millionen Kubikmeter geschätzten Gasreserven Brasiliens (WIMANN, 1986: 1372f.) liegt in Amazonien. Im Jahre 1982 waren es nur 1,5 % der brasilianischen Reserven bzw. 0,7 % der gewinnbaren Kohlenwasserstoffe (CAMPOS, 1982: 16).

Mitte der siebziger Jahre wurden Steinkohle-haltige Schichten der frühprotezoischen Rio Fresco-Gruppe im unwegsamen Bereich des mittleren Rio Fresco, eines Nebenflusses des Rio Xingú, untersucht (vgl. LENZ & RAMOS, 1985⁴: 7ff.). Die Hoffnung auf fossile Brennstoffe zur Verhüttung der nicht weit entfernten Eisenerze der Serra dos Carajás schienen den Aufwand zu rechtfertigen. Hauptsächlich im unteren Drittel der Rio Fresco-Gruppe fand man über 80

Lagen von Sapropel-Anthrazit-Schiefen. Einige dieser Kohlenstoff-haltigen Schichten werden mehr als 2 m mächtig. Der Kohlenstoff entstammt ehemaligem Phytoplankton und erreicht lokal Gehalte bis zu 60 %, in Dreiviertel der Fälle allerdings nur Gehalte unter 25 %. Die geringe Qualität der auf 4.150 Millionen Tonnen geschätzten Sapropel-Anthrazit-Schiefer hat dann weitere Erkundungen verhindert.

Braunkohlen der Subandinen Senke im Grenzdreieck Brasilien-Kolumbien-Peru wurden ebenfalls Mitte der siebziger Jahre erkundet. In die tonigen Ablagerungen der Solimões-Formation sind dort durchschnittlich 30 cm mächtige Braunkohlen eingeschaltet, die kumulierte Mächtigkeiten von 14 Metern erreichen. Immerhin 36.400 Millionen Tonnen in einem Gebiet von 90.000 km² wurden ermittelt, 35,5 Millionen Tonnen davon in einem 88 km² großen Bereich südlich von Benjamin Constant. Mit ihren hohen Aschen-(47 %) und Schwefelgehalten (7,8 %) bei einem Brennwert von 3.300 (trocken) und 2.000 bis 2.500 kcal/kg (bergfeucht) sind diese Vorkommen allerdings nicht wirtschaftlich. Ähnliche geologische Gegebenheiten werden für die Bundesstaaten Acre, Rondônia und Roraima vermutet (LENZ & RAMOS, 1985⁴: 28).

Torf wird bislang nur in kleinen Projekten in der Umgebung von Manaus sowie an den Ufern des Rio Purus und des Rio Madeira abgebaut (LENZ & RAMOS, 1985⁴: 32). Trotz des potentiell sehr großen Verbreitungsgebietes im riesigen Amazonasbecken und Mächtigkeiten bis zu 3 m lassen mehrere Meter sterile Überlagerung und hohe Aschengehalte einen Abbau wenig lohnend erscheinen.

Die in der devonischen Curuá-Formation enthaltenen Ölschiefer in Pará, Amazonas und Amapá sind noch nicht erkundet.

Mineralische Rohstoffe

Amazonien ist sehr reich an mineralischen Vorkommen und Lagerstätten, besonders hervorzuheben sind die an Eisen, Aluminium, Mangan, Gold, Zinn und Niob. Die wichtigen Lagerstätten liegen, mit Ausnahme der Aluminium-, Kalium- und Kaolin-Anreicherungen, in den alten, präkambrischen Schilden und damit überwiegend in Brasilien. Die Lagerstätten und Lagerstätten-Provinzen sind in Abb. 2.12, die Reserven in Tab. 2.1 und 2.2 zusammengestellt.

Die tropische Verwitterung, den Geologen gewöhnlich meist verärgern, hat in Amazonien während des Tertiärs zu starken Kieselsäure-Abreicherungen und Aluminium-Anreicherungen geführt. Im Unteren und Mittleren Amazonasbecken sind Bauxit-Decken über kontinentalen, tonig-siltigen Sedimenten flächenhaft verbreitet. Sie liegen zertalten Verebnungsflächen auf, die sanft gegen den Amazonas hin einfallen (von 650 m Höhe in der Serra dos Carajás auf 80 m oberhalb der Mündung des Rio Trombetas; KOTSCHOUBEY, 1988³). Die Bauxit-Lagerstätten weisen hohe Aluminium-Gehalte (45 % Al₂O₃), geringe Gehalte an Kieselsäure und variable Eisengehalte auf; sie gehören zu den größten der Erde

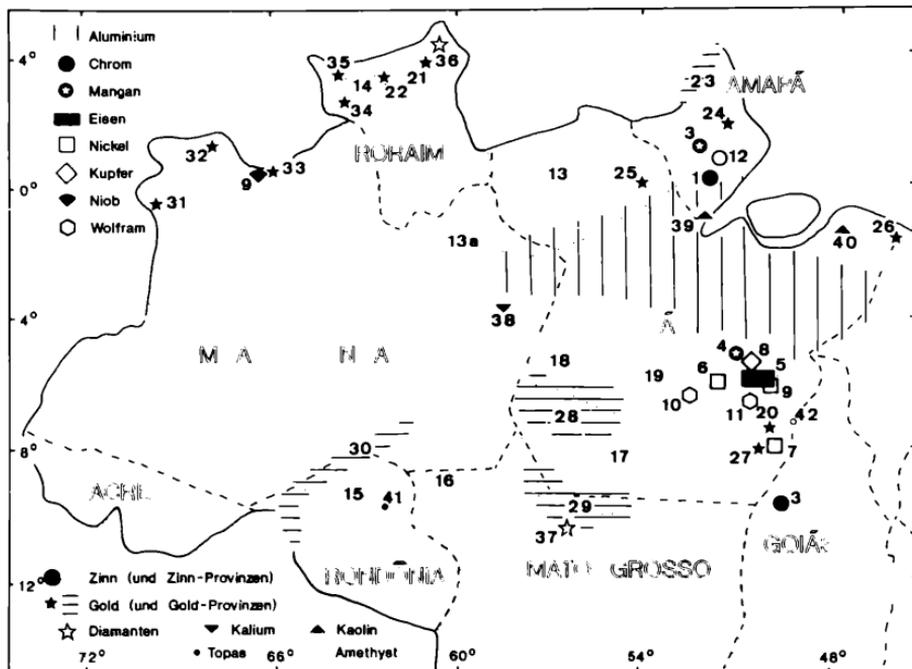


Abb. 2.12: Mineralische Lagerstätten im Regenwald Brasiliens, zusammengestellt nach Daten aus SCHOBENHAUS & COELHO (1986, 1988). *Chrom*: 1-Mazagão, 2-Araguacema; *Mangan*: 3-Serra do Navio, 4-Buritirama, Igarapé Azul; *Eisen*: 5-Serra dos Carajás; *Nickel*: 6-Jacaré-Jacarezinho, Puma-Onça, Vermelho, 7-Quatipuru; *Kupfer*: 8-Salobo, Pojuca, Bahia; *Blei/Zink*: 8-Salobo, Pojuca; *Zirkon*: 13a-Pitinga; *Niob*: 9-Seis Lagos; *Wolfram*: 10-Serra do Bom Jardim, 11-Pedra Preta; *Zinn (und Zinn-Provinzen)*: 12-Amapá, 13-Mapuera (Parú, Jarí), 13a-Pitinga, 14-Surucucus, 15-Rondonia, 16-Serra da Providência, 17-Teles Pires, 18-Tapajós, 19-Centro-Sul do Pará; *Gold (und Gold-Provinzen)*: 5-Carajás, Serra Pelada, 20-Andorinhas, 21-Tepequém, 22-Santa Rosa, 23-Oiapoque, 24-Amapá-Calçoene, 25-Ipitinga, 26-Gurupi, 27-Cumarú, 28-Tapajós, 29-Juruena-Teles Pires, 30-Rio Madeira, 31-Rio Traíra, 32-Serra Tunuí/Caparro, 33-Serra do Padre/Pico da Neblina, 34-Alto Mucajaí, 35-Rio Urariqüera; *Diamanten*: 36-Maú, Tepequém, 37-Rio Juina; *Kalium*: 38-Fazendinha (Nova Olinda); *Kaolin*: 39-Rio Jarí, 40-Rio Capim; *Topas*: 41-Massangana; *Amethyst*: 42-Pau D'Arco.

	Reserven		Gehalt (ϕ)
Eisen	18.000	10 ⁶ t	66,0 % Fe
Mangan	>70	10 ⁶ t	43,0 % Mn
Kupfer	>2.000	10 ⁶ t	0,5–1,0 % Cu
Zink	8,5	10 ⁶ t	0,99 % Zn
Aluminium	48	10 ⁶ t	35 % Al ₂ O ₃ /1,7 % SiO ₂
Nickel	100	10 ⁶ t	1,7 % Ni
Zinn	>100	10 ⁶ t	(SnO ₂)
Gold		> 100 t	
Wolfram	>1	10 ⁶ t	1,0 % WO ₃

Tab. 2.1: Rohstoffpotential des Bergbau-Distriktes der Serra dos Carajás (Quelle: SANTOS, 1986)

und stellen etwa 80 % der brasilianischen Reserven. Es sind residuale Laterite mit Hydrargillit als Erzträger (RIBEIRO FILHO et al., 1988).

In Amazonien liegen die nach Urucum (Mato Grosso do Sul) größten Mangan-Lagerstätten Brasiliens (vgl. SANTOS, 1981; RODRIGUES et al., 1986²; WALDE 1986²). In der Serra do Navío (Amapá) haben sich während der Entwicklung eines Lateritprofils auf einer Erosionsfläche über einem Grünsteingürtel 5,8 Millionen Tonnen Mangan angereichert. Im Bergbaudistrikt der Serra dos Carajás (Azul und Buritirama, Abb. 2.5 und 2.12) sind weitere 10 Millionen Tonnen Mangan entdeckt worden, 2 Millionen davon von exzellenter Qualität (sog. Batterie-Mangan). Die Erze haben sich durch sekundäre Anreicherung in der Oxidationszone aus Sedimenten der proterozoischen Rio Fresco-Gruppe (Abb. 2.16) gebildet.

Die riesigen Eisen-Lagerstätten der Serra dos Carajás (18.000.000.000 Tonnen!) sind oben bereits beschrieben worden (vgl. auch Abb. 2.5, 2.14 und 2.15). Im Jahre 1986, unmittelbar nach der Erschließung der Eisenlagerstätte N4E, lieferte Carajás bereits 8,5 % der nationalen Produktion, 35 Millionen Tonnen pro Jahr (!) sind als Produktionsziel avisiert (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1988).

Lateritische Anreicherungsvorgänge haben auch zu Nickel-Lagerstätten in Pará geführt. Es sind Erze mit Durchschnittsgehalten zwischen 1 und 2% Nickel, die sich über ultrabasischen Körpern im archaischen Xingú-Komplex gebildet haben (CASTRO FILHO & MATTOS, 1986²; HEIM & CASTRO FILHO, 1986²; SCHOBENHAUS, 1986²).

Kupfer ist ebenfalls im Carajás-Distrikt entdeckt worden (Salobo, Pojuca, Bahia; Abb. 2.13). Mit etwa 1,13 Milliarden kalkulierten Tonnen Erz bei durchschnittlichen Gehalten von 0,85 % Cu ist die in der archaischen Salobo-Pojuca Abfolge gefundene Lagerstätte Salobo 3A die größte (AMARAL et al., 1988³). Die

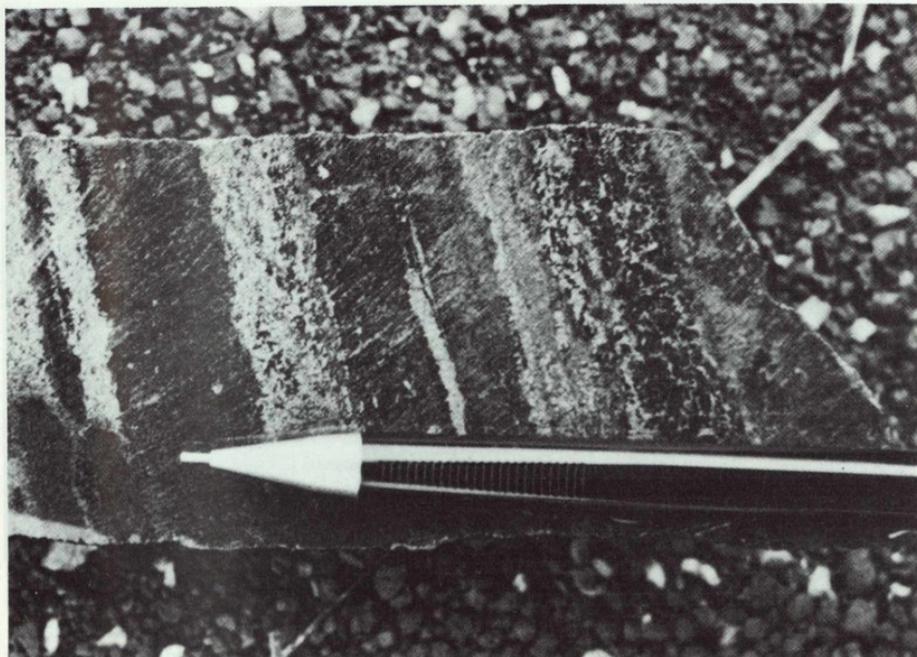


Abb. 2.13: Sulfidische Kupfererze (hell) zwischen gebänderten Eisenerzen der Oxid-Fazies (dunkel) in einem Bohrkern aus der Lagerstätte „Bahia“. Die Kupfergehalte können lokal 10 % erreichen (Foto: HOPPE).

Vererzungen sind mit vulkanischen Gesteinen verknüpft. Geringe Gehalte an Molybdän, Gold und Silber sind vergesellschaftet, die Lagerstätte Salobo-Pojuca enthält zusätzlich Zink-Anreicherungen.

Niob- (ein für hochfeste, temperaturbeständige Stähle wichtiges Schwermetall) und Tantal-Lagerstätten sowie Zirkon-Vorkommen sind mit den unten beschriebenen Zinn-Lagerstätten von Pitinga assoziiert (SCHOBENHAUS, 1986²). Von der Bergbaufirma *Paranapanema* wurden 19.000 Tonnen Tantalit und 155.000 Tonnen Columbit sowie 1.700.000 Tonnen Zirkon gemeldet. Im Bundesstaat Amazonas sind über einem Karbonatit in der Verwitterungszone Niob-führende Minerale angereichert (SANTOS, 1984¹: 83). Von JUSTO & SOUZA (1986²) werden die Reserven auf mehr als 81 Millionen Tonnen Nb_2O_5 geschätzt, das MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (1988) gibt die ermittelten Reserven mit 4,7, PENA (1989: 16) mit 2,9 Millionen Tonnen bei 2,85% Nb_2O_5 an; sollte dies zutreffen, so würde Brasilien über die weitaus größten Niob-Lagerstätten, nämlich 74 % der Niob-Vorräte der Erde (PENA, 1989: 34) verfügen.

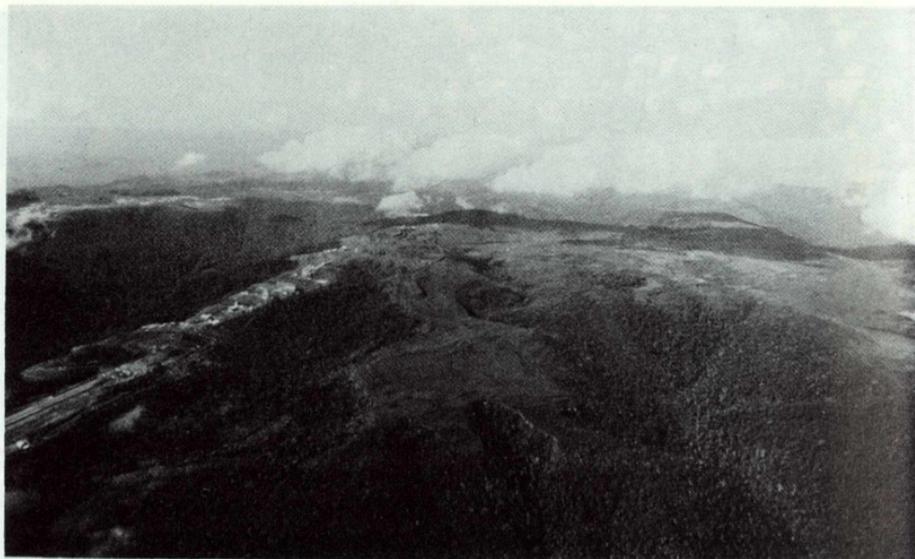


Abb. 2.14: Die Eisenerzlagerstätte N4E in der Serra dos Carajás. Die Hochflächen werden von einer Eisenkruste (*canga*) bedeckt, die eine Regenwald-Vegetation verhindert. Links sind die Aufbereitungsanlage sowie die Erz-Verladestation zu erkennen (Foto: *Companhia Vale do Rio Doce*).

In der letzten Dekade ist Brasilien vom Zinn-Importeur zum Zinn-Exporteur aufgestiegen (RIBEIRO FILHO et al., 1988). Verantwortlich dafür sind ausgedehnte Gebiete in Amazonien, in denen sich Zinn- (Cassiterit-) Seifen in Alluvial- und Eluvial-Horizonten finden. Muttergesteine des Zinns sind die bereits beschriebenen granitischen Gesteine des Proterozoikums (SCHOBENHAUS, 1986²; DAMASCENO, 1988³; Abb. 2.7). Die oben erwähnte *Paranapanema* verfügt in der Umgebung von Pitinga, nordwestlich von Manaus im Tal des Rio Uatumã gelegen, über eine der größten Zinn- (Cassiterit-) Reserven der Erde mit etwa 270.000 Tonnen Sn (KOURY & ANTONIETTO JR., 1988³).

Granite, die in archaische vulkano-sedimentäre Abfolgen im südöstlichen Pará eingedrungen sind, haben mit ihrer Quarz-Ganggefolgschaft Wolfram- (Wolframit-) Mineralisationen gebracht. Die Greisen (das sind durch spätmagmatische Lösungen umgewandelte Granite) führen neben Zinn auch Topas und Turmalin. Eine Reserve von mehr als 320 Tonnen Erz mit Durchschnittsgehalten von 1,1 % WO_3 wird für die Pedra Preta-Lagerstätte angegeben (CORDEIRO & SILVA, 1986²).

Die national und international größte Beachtung hat ein Metall aus dem Regenwald gefunden, das in der Hauptsache nur gehortet, dagegen in der Technik kaum benötigt wird: Gold. Der größte Teil des Goldes, mehr als 70 %,



Abb. 2.15: Bei dem Bau der 890 km langen Eisenbahnlinie von der Küste bei São Luis in die Serra dos Carajás zum Abtransport der Erze mußten auch breite Überflutungsebenen überbrückt werden (km 141, Foto: *Companhia Vale do Doce*).

kommt dabei nicht aus Minen, sondern wird, mehr oder minder unkontrolliert, von *garimpeiros* (Goldwäschern; Abb. 2.17 und 2.18) gewonnen, die in Amazonien vermutlich 75 bis 80 Tonnen Gold pro Jahr produzieren; Brasilien rückte damit zum viertgrößten Goldproduzenten der westlichen Welt auf. Die offizielle Produktion für Gesamtbrasilien wird für 1987 dagegen nur mit 35,8 Tonnen angegeben (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1988). Die Serra Pelada ist ein sehr beeindruckendes Beispiel für diese Art des Abbaus (vgl. SANTOS, 1981; GAAL & TEIXEIRA, 1988; RIBEIRO FILHO et al., 1988). Sie liegt im östlichen Teil des Bergbaudistriktes der Serra dos Carajás in einem Bereich mit Sedimenten der Rio Fresco-Gruppe. Das Gold scheint an graue Siltitsteine sowie an eine tektonische Breccie gebunden zu sein. Die Kombination einer Goldanreicherung während der Ablagerung, gefolgt von Breccierung und Faltung, sowie späterer oberflächlicher Anreicherung durch Verwitterung, ist wahrscheinlich für die extrem hohen Goldgehalte verantwortlich (GAAL & TEIXEIRA, 1988). Die wirtschaftlich wichtigsten Gold-Provinzen liegen im zentralen Amazonasgebiet (Abb. 2.12); das Gold ist dort an junge Flußseifen gebunden. Im Nordwesten

	Amazonien	Brasilien		Erde	
	1	2	3	4	5
Aluminium	2.000	2.500	2.600	5.200 ^a	22.900
Chrom	0,09 ^b	16	3,4 ^d	780 ^c	2.900 ^d
Mangan	16	47	69	2.200	3.900
Eisen	18.000	36.000	17.300	93.100	215.300
Nickel	2,2	5,4	6,2	54	103
Kupfer	>11	>14	11	456	566
Blei/Zink	?	3,4	3,4	282	420
Niob	3,2	4,0	4,0		4,1
Zinn	>0,48	>0,62	0,32	10	4
Wolfram	>0,01	>0,06	0,02	1,8	3,5

Tab. 2.2: Reserven mineralischer Rohstoffe Amazoniens im Vergleich zu denen Brasiliens und der Erde (in Millionen metrischen Tonnen). 1) und 2) aus SCHOBENHAUS & COELHO (1986, 1988), RIBEIRO FILHO et al. (1988), PENA (1989), HOPPE et al. (1987); 3) und 5) aus MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1988); 4) aus GLOBAL 2000 (1980). ^ain Bauxit, Trockenbasis, 21 % gewinnbares Aluminium; ^b46 % Cr₂O₃; ^c32 % Chrom; ^d als Cr₂O₃ einschließlich angezeigter Reserven.



Abb. 2.16: Die Mangan-Lagerstätte Azul im Bergbau-Distrikt der Serra dos Carajás. Nur wenige Meter Verwitterungsbildungen (Laterite und Saprolite unter der Vegetation) liegen über den dunklen Mangan-reichen Erzen hoher Qualität (Foto: HOPPE).



Abb. 2.17: Ein großer Teil des Goldes aus Brasilien wird in Handarbeit von Goldwäschern (*garimpeiros*) gewonnen (Foto: HOPPE).

Brasilien (Serra do Padre/Pico da Neblina) wird Gold in Flüssen gewaschen, die der Roraima-Formation entspringen. Das derzeit ergiebigste Gebiet liegt im Bereich von Alto Mucajá und Rio Urariqüera in Roraima, wo im Februar 1989 pro Monat 1 Tonne Gold gewonnen wurde (mdl. Mitt. SCHOBENHAUS). Reserven sind nicht bekannt.

Diamanten sind in Konglomeraten der frühproterozoischen Roraima-Abfolge enthalten und werden aus Flüssen gewaschen, die diese Abfolge durchlaufen haben. 1981 sind in diesem Gebiet offiziell 35.000 Karat gewonnen worden, die Produktion durch *garimpeiros* ist nicht genau bekannt (SCHOBENHAUS & CAMPOS, 1984¹: 24). Daneben sind Diamanten in Mato Grosso und Rondônia in Flußseifen sowie mesozoischen Kimberliten enthalten.

Die permokarbonischen Evaporite des Mittleren Amazonasbeckens bergen erhebliche Mengen an Kalium. Die Reserven wurden auf 85 und 134 Millionen Tonnen K_2O bzw. KCl geschätzt (SCHOBENHAUS & CAMPOS, 1984¹).

Wirtschaftlich interessant sind auch die mit den Bauxiten assoziierten fröhertiären Kaoline im Unteren Amazonasbecken, deren Reserven auf 1.050 Millionen Tonnen geschätzt wurden (SCHOBENHAUS & CAMPOS, 1984¹: 36).

An Halbedelsteinen wurde Topas in Rondônia gefunden (SCHOBENHAUS, mdl. Mitt.), der mit den Zinn-Graniten vergesellschaftet ist, sowie Amethyst in wirtschaftlichen Mengen und Qualitäten an der Grenze von Goiás zu Pará (COLLYER et al., 1988), wo er aus pleistozänen Sanden gewonnen wird (Muttergesteine sind proterozoische Basalte und Schiefer).

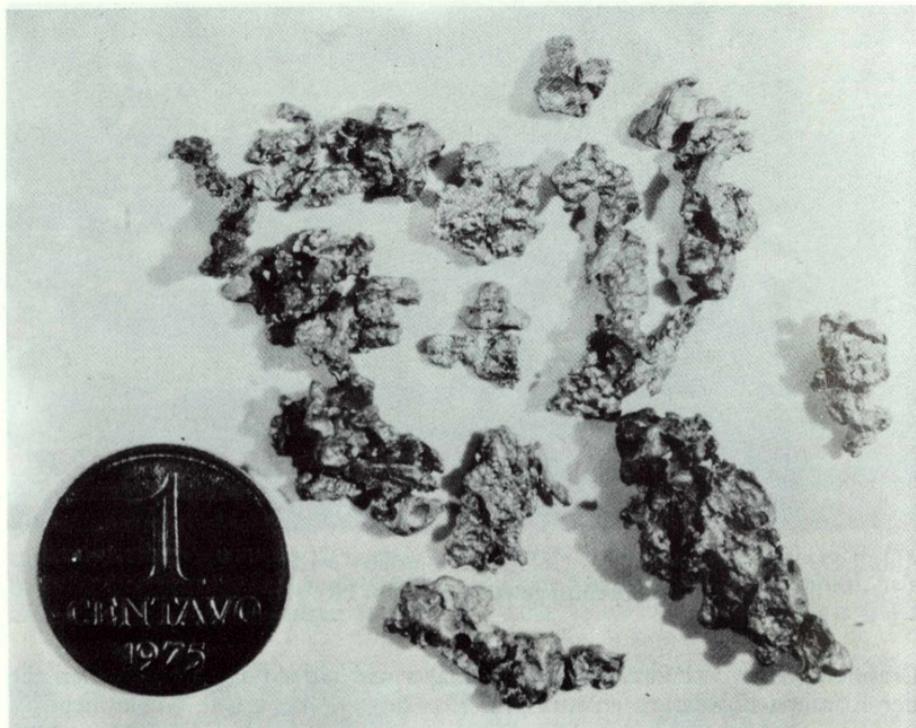


Abb. 2.18: Gold-nuggets (Foto: HOPPE).

Ausblick, Forderungen und Möglichkeiten

„*Deus é grande, mas o mato é maior* (Gott ist groß, aber der Wald ist stärker) sagt der amazonische Caboclo aus Achtung, aus Liebe zu ihm, der seine Heimat ist. Möge sich dieser alte Spruch gegenüber dem heutigen Menschen mit seiner alles verschlingenden Zivilisation bewahrheiten!“ schrieb Harald STOLI (1983: 61).

Aber wir werden die Feuchtwälder in kurzer Zeit verschlungen haben (Abb. 1.2), wenn wir nicht sofort umdenken. Brandrodungen, Rohstoffsuche und die Anlage von Straßen und Staudämmen gefährden die in Einklang mit ihrer Umwelt lebenden Indianer und die einmalige und faszinierende Artenvielfalt Amazoniens in höchstem Maße (vgl. BEHREND & PACZIAN, 1990).

Zusätzlich ist der Regenwald in geologischen, vielleicht bereits in menschlichen Zeiträumen durch einen globalen Temperaturanstieg gefährdet. Riesige Gebiete *Hylaeas* liegen weniger als 100 m über dem Meeresspiegel (vgl. Abb. 1.1) und würden bei einem Abschmelzen der Polkappen weiträumig überflutet.

Lagerstätten in vielen Ländern der sogenannten 1. Welt, z.B. wirtschaftliche Kupfer-Vorkommen im Nordosten der USA, werden derzeit nicht erschlossen, da man negative Einflüsse auf die Umwelt fürchtet. Der Regenwald Südamerikas hat derzeit keine starke Lobby, und die hohen Auslandsschulden insbesondere Brasiliens, sowie die erhofften Einnahmen durch Rohstoffe aus dem Regenwald, werden die Erschließung dort weiter fördern. Auch Schlußfolgerungen wie jene von SAMES (1986: 83), einem langjährigen Beobachter der internationalen Rohstoffmärkte am Bonner Bundesministerium für Wirtschaft, werden dies wohl nicht verhindern können: In den letzten Jahrzehnten habe die Produktion den Verbrauch meist überwogen, Bemühungen um Preisstabilisierungen seien keinen Schritt weitergekommen, und die Hoffnung der fünfziger und sechziger Jahre auf einen immerwährenden Anstieg des Mineralbedarfs sei verfliegen.

Solange Gewinne aus den Rohstoffen zu erwarten sind, wird der Entwicklungs- und Erschließungsdruck auf Amazonien sicher anhalten. Hinzuzufügen ist die Befürchtung, daß staatliche Bergbaukonzerne aufgrund politischer Vorgaben Rohstoffe in Amazonien erschließen, ohne daß dabei wirtschaftliche Erwägungen im Vordergrund stehen.

Staatliche brasilianische Bergbaufirmen wie die *Companhia Vale do Rio Doce* versichern glaubhaft, daß sie Eingriffe in das Ökosystem so schonend wie möglich vornehmen und versuchen ihre Konzessionsgebiete, wie die in der Serra dos Carajás, vor Raubbau und einer ungesteuerten Besiedlung zu schützen. Richtig ist aber auch, daß die Erschließung von Rohstoffen Wege für Siedler und Abenteuerer in den vorher unzugänglichen Regenwald öffnet (Abb. 2.15). Abbau und Verhüttung von Erzen erfordern zudem Energiequellen, die in fossiler Form im Amazonasgebiet nicht in ausreichender Menge und Qualität in der Nähe der Bergbauprojekte zu finden sind. Die Anlage von Stauseen zur Stromerzeugung und ein Abholzen zur Herstellung von Holzkohle, um damit Eisenerze zu verhütten, sind die Folge. Bei der Planung solcher Staubecken wird dabei noch nicht einmal der Staatliche Geologische Dienst befragt, ob durch die Flutung wertvolle Lagerstätten verloren gehen; die übrigen, weit schwerer wiegenden Folgen solcher „Planung“ sind in diesem Band von SCHULZ und von OBERNDÖRFER, sowie in HELBIG et al. (1989) angesprochen.

Der Ansicht, „daß die rohstoffreichen Entwicklungsländer durchaus die negativen Erfahrungen der Industrieländer nutzen und Überbelastungen der Umwelt mit Hilfe restriktiver Bestimmungen zu verhindern suchen“ (SAMES, 1986:102) ist mit Skepsis zu begegnen. Augenfällige Begleiterscheinungen Titan-verarbeitender Betriebe am Strand von Arembepe in Bahia (vgl. HAGEMANN, 1985:49f.), (auch deutscher) Eisen-verhüttender Anlagen in Minas Gerais sowie ganz allgemein jene in den Ballungs- und Industriegebieten Südamerikas bestätigen dies nicht.

Starke Beeinträchtigungen der amazonischen Gewässer gehen seit einigen Jahren von unkontrollierten Goldsuchern (*garimpeiros*) aus, die ihre Goldfunde mit Quecksilber aufbereiten („Amalgamierung“), das wiederum unkontrolliert in



Abb. 2.19: Primärwald wird an vielen Stellen Brasiliens, hier in Minas Gerais, für die Erzeugung von Holzkohle zur Eisenschmelzung vernichtet. Eine nachhaltige Nutzung wird mit der Neupflanzung von *Eucalyptus* versucht (Foto: HOPPE).

die Flüsse gelangt. Der freie Verkauf von Quecksilber ist in Brasilien zwar verboten, es kann aber dennoch ohne große Schwierigkeiten erworben werden. Quecksilber in Sedimenten hatte zwischen 1953 und 1963 in Japan die „Minimata-Krankheit“ ausgelöst und mehr als 50 Menschenleben gefordert. „Unseren (bundesdeutschen; *Anm. des Verf.*) Flüssen geht's wieder besser“ konnte German MÜLLER 1985 vermerken, nachdem seine früheren Untersuchungen ein erschreckend hohes Maß an Schwermetall-Belastungen gezeigt hatten. Für Amazonien liegen über Quecksilber-Gehalte in den Flüssen und ihre Auswirkungen auf die Kette Sediment-Wasser-Plankton-Fisch-Mensch bislang nur vorläufige Untersuchungen vor (MARTINELLI et al., 1988), die Anlaß zu ernsthafter Sorge geben.

Es bleibt zu hoffen, daß die von OBERNDÖRFER in diesem Band vertretenen Vorschläge rasch politisch umgesetzt und „greifen“ werden. Aus der Sicht der

Geowissenschaftler, die die Rohstoffe auffinden und zumindest Mitverantwortliche einer Erschließung und ihrer Folgen sind, ist folgendes zu fordern:

Da Zweifel an einem derzeitigen Bedarf vieler im Amazonasgebiet gefundener mineralischer Rohstoffe besteht und zu erwarten ist, daß eine ständige Erschließung die Weltmarktpreise etwa für Eisen, Mangan, Aluminium, Niob und Zinn drücken wird, sollte neben einer Umweltverträglichkeitsprüfung von den staatlichen Firmen auch eine Wirtschaftlichkeitsprüfung erwartet werden, die die Folgekosten mit einbezieht. Mit solchen Folgekosten sind hier gemeint: Die Anlage von Transportwegen, der Bau von Energieversorgungseinheiten und die Wiederaufforstung von Flächen, die zur Holzkohlegewinnung für die Eisenschmelzen gerodet wurden (Abb. 2.19), sofern dies überhaupt möglich ist. Geowissenschaftler sollten immer wieder deutlich darauf hinweisen, daß der sandige Untergrund des Amazonasbeckens und die weit ausgedehnten und mächtigen Lateritdecken auf den präkambrischen Schilden nicht, nicht mehr oder kaum über die für neu wachsende Vegetation notwendigen Tonminerale und damit über ein entsprechendes Angebot an Alkalien und Erdalkalien verfügen. Die Gefahr einer starken Erosion bei fehlender Pflanzendecke ist damit besonders groß. Dringend notwendig scheint außerdem eine Kontrolle der *garimpeiros* zu sein, die Raubbau an Lagerstätten betreiben und eine sorgfältige Exploration verhindern. Die Serra Pelada konnte bisher noch nicht einmal vom Konzessionär, der staatlichen *Companhia Vale do Rio Doce*, erschlossen werden, da die *garimpeiros* dies nicht „zuließen“. Eine Minimalforderung ist die nach einem sofortigen Unterbinden der Benutzung von Quecksilber zur Goldgewinnung.

Im Bewußtsein der Reichtümer an Rohstoffen könnte sich aber auch eine Perspektive erschließen:

„Die ökologische Benachteiligung der Tropen“ (WEISCHET, 1980) ist, was die Armut der Böden betrifft, sowie deren Nutzungsmöglichkeiten, in diesem Band belegt worden. Auch hinsichtlich der Lagerstätten galten die Tropen bis vor wenigen Jahren als ein benachteiligter Raum, hatte doch hier eine mächtige Lage tropischer Verwitterungsbildungen die Rohstoffe verdeckt. Reiche Lagerstätten fand man in den während der letzten Kaltzeit vom Eis freigekehrten Gebieten wie Skandinavien und Nordamerika. Auch die Subtropen, weniger intensiv von Lateriten bedeckt, gaben im südlichen Afrika und in Australien häufig den Blick auf Lagerstätten frei.

Mittlerweile sind große Lagerstätten im Regenwald, wenn auch unter größeren Mühen und durch die Radaraufnahmen wirkungsvoll unterstützt, gefunden (Abb. 2.12 sowie Tab. 2.1 und 2.2). Dabei zeigt sich, daß die Verwitterung zu einer „ökonomischen Bevorteilung der Tropen“ geführt hat. Die Erze sind aufgelockert, können mit dem Bagger abgegraben werden, und störende Kieselsäure wurde unter anderem weggeführt, während Eisen, Mangan, Aluminium, Niob und andere Metalle sich anreicherten.

Vorausgesetzt, es würde sich bei Politikern die Einsicht durchsetzen, daß land- und/oder forstwirtschaftliche Nutzung langfristig keine Gewinne für die Allge-

meinheit erbringen kann, könnte der Regenwald über die Lagerstätten dennoch wirtschaftlich genutzt werden, ohne ihn und sein immenses Arten- und Genpotential (vgl. WILSON, 1989; RIEDE, dieser Band: 98 ff.) dabei zerstören zu müssen.

Der Abbau von Rohstoffen wie Eisen, Niob und Mangan verbraucht nur sehr geringe Flächen, die nach der Erschöpfung der Lagerstätte sich regenerieren können. Es spricht nichts dagegen, dies zu tun, und gleichzeitig den größten Teil der *Hylaea* vor einer Besiedlung zu schützen. Brasilien etwa hat bei einer Fläche von mehr als 8,5 Millionen km² bei derzeit etwa 145 Millionen Einwohnern genügend Reserven an ertragreicheren Böden als die des Regenwaldes, um seine Bevölkerung auch künftig zu ernähren. Weitere Voraussetzungen wären allerdings, daß die Rohstoffe zur Weiterverarbeitung aus dem Feuchtwald herausgebracht und ein Eindringen von Siedlern über die Transportwege verhindert würde. Das Verlagern der Verhüttung und Weiterverarbeitung mineralischer Rohstoffe in Küstenregionen außerhalb der Feuchtwälder hätte zudem den Vorteil, daß die Anzahl von Transportwegen auf ein Minimum beschränkt werden könnte. Eisenschmelzen könnten dann auf dem Seeweg preisgünstig mit Kohle versorgt werden und die Vernichtung riesiger Waldflächen zur Holzkohlegewinnung könnte unterbleiben.

Und noch einmal: Ist El Dorado gefunden? Wahrscheinlich ist es bereits wieder verloren! Im Land des Kaziken von Guatavita bedeutete Gold nur etwas, wenn man es den Göttern darbringen konnte. El Dorado galt als ein glückliches und üppiges Land. Wir sind dabei es zu entwürdigen.

Danksagung

Carlos SCHOBENHAUS (Brasília, z.Zt. Freiburg) danke ich sehr herzlich für vielfältige Hinweise und Diskussionen, sowie die kritische Durchsicht des Manuskripts, Dr. Georg IRION (Wilhelmshaven) für Hinweise zur jüngsten Erdgeschichte, Ricardo SAUERESSIG und Juliano OLIVEIRA (Carajás) für Führungen im Lagerstättendistrikt der Serra dos Carajás, sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Deutschen Akademischen Austauschdienst für die Ermöglichung mehrerer Südamerika-Reisen.

Angeführte Schriften:

(Die Schriften der im Text mit Hochzahlen markierten Autoren sind in den folgenden Sammelwerken enthalten: ¹ = SCHOBENHAUS et al., 1984; ² = SCHOBENHAUS & COELHO, 1986; ³ = SCHOBENHAUS & COELHO, 1988; ⁴ = SCHOBENHAUS et al., 1985; ⁵ = SIOLI, 1984; ⁶ = PRANCE & LOVEJOY, 1984).

- ALMEIDA JR., J. M. G. de, Hrsg. (1986): Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento. - 633 S., São Paulo (Editora Brasiliense).
- ALMEIDA, F. F. M. de, HASUI, Y., BRITO NEVES, B.B. de & FUCK, R. A. (1981): Brazilian structural provinces: an introduction. - *Earth Sci. Rev.*, 17, 1-29, Amsterdam.
- ALMEIDA, F. F. M. de & HASUI, Y., Hrsg. (1984): O Pré-Cambriano do Brasil. - 378 S., São Paulo (Blücher).
- BEHREND, R. & PACZIAN, W. (1990): Raubmord am Regenwald. Vom Kampf gegen das Sterben der Erde. - *rororo Aktuell*, 12729, 248 S., Reinbek bei Hamburg (Rowohlt).
- BERMANN, R. A. (1927): Das Urwaldschiff. Ein Buch vom Amazonenstrom. - 254 S., Berlin (Wegweiser-Verlag).
- BEURLEN, K. (1970): Geologie von Brasilien. - *Beitr. reg. Geol. Erde*, 9, 444 S., Stuttgart (Borntraeger).
- BORN, F. (1951): Auf der Suche nach dem goldenen Gott. Orellana entdeckt den Amazonas. - 151 S., Berlin (Verlag der Nation).
- BÜDEL, J. (1977): Klima-Geomorphologie. - 304 S., Stuttgart (Borntraeger).
- CAMPOS, C. W. M. (1982): A exploração de petróleo no Brasil. Situação atual e perspectivas.- *Ciências da Terra*, 6, 5-17, Salvador.
- COLINVAUX, P. A. (1989): Ice-age Amazon revisited. - *Nature*, 340, 188-189, London-Washington.
- COLLYER, T. A., MARTIRES, R. A. C. & MACHADO, J. I. L (1988): O depósito de ametista do Pau D'Arco, município de Conceição do Araguaia, Pará. - *Anais XXXV. Congr. Bras. Geol.*, 1, 374-382, Belém.
- DAEMON, R. F. (1975): Contribuição a datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas. - *Rev. Bras. Geociênc.*, 5, 78-84, São Paulo.
- DAMUTH, J. E., FLOOD, R. D., KOWSMANN, R. O., BELDERSON, R. H. & GORINI, M. A. (1988): Anatomy and growth pattern of Amazon deep-sea fan as revealed by long-range side-scan sonar (GLORIA) and high-resolution seismic studies. - *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 72 (8), 885-911, Tulsa.
- DAMUTH, J. E. & KUMAR, N. (1975): Amazon cone: morphology, sediments, age and growth pattern. - *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 86, 863-878, Boulder.
- EIRAS, J. F. & KINOSHITA, E. M. (1988): Evidências de movimentos transcorrentes na Bacia do Tacutu. - *Bol. Geociênc. Petrobrás*, 2, 193-208, Rio de Janeiro.
- FITTKAU, E. J. (1974): Zur ökologischen Gliederung Amazoniens. I. Die erdgeschichtliche Entwicklung Amazoniens. - *Amazôniana*, 5, 77-134, Kiel.
- FONSECA, F. F. DE A. (1981): Amazônia oriental: projeto Carajás. - *Ciências da Terra*, 1, 25-31, Salvador.
- FRAKES, L. A. (1979): Climates throughout geologic time. - 310 S., Amsterdam (Elsevier).

- GALVIS, J. V., HUGUETT, A. G. & RUGE, P. T. (1979): Geologia de la Amazonia colombiana. — *Boletín geológico*, **22** (3), 4–86, Bogota.
- GAAL, G. & TEIXEIRA, J. B. G. (1988): Brazilian gold: metallogeny and structures. — *Krystalinikum*, **19**, 43–58, Prague.
- GIBBS, A. K. & BARRON, C. N. (1983): The Guiana Shield reviewed. — *Episodes*, 1983: 7114, Ottawa.
- GLOBAL 2000 (1980): Report to the President. — 1508 S., Washington (U.S. Gov. Printing Off.) [deutsche Fassung, Frankfurt (Zweitausendeins)].
- HAFFER, J. (1969): Speciation in Amazonian forest birds. — *Science*, **165**, 131–137, Washington.
- HAGEMANN, H. (1985): Hohe Schornsteine am Amazonas. Umweltplünderung, Politik der Konzerne und Ökobewegung in Brasilien. — 186 S., Freiburg (Dreisam-Verlag).
- HAMMEN, T. VAN DER (1972): Changes in vegetation and climate in the Amazon Basin and surrounding areas during the Pleistocene. — *Geol. Mijnbouw*, **51** (6), 641–643, Dordrecht.
- HARLAND, W. B., ARMSTRONG, R. L., COX, A. V., CRAIG, L. E., SMITH, A. G. & SMITH, D. G. (1989): A geologic time scale. — Cambridge (Cambridge Univ. Pr.).
- HARTMANN, G. (1986): Xingú. Unter Indianern in Zentral-Brasilien. — Ausstellungskatalog zur einhundertjährigen Wiederkehr der Erforschung des Rio Xingú durch Karl von den Steinen, 323 S., Berlin (Staatl. Museen Preuß. Kulturbesitz / D. Reimer).
- HARTMANN, G., Hrsg. (1989): Amazonien im Umbruch. Symposium über aktuelle Probleme und deutsche Forschungen im größten Regenwaldgebiet der Erde. — 389 S., Berlin (Reimer).
- HASUI, Y. & ALMEIDA, F. F. M. de (1985): The Central Brazil Shield reviewed. — *Episodes*, **8**, 29–37, Ottawa.
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J. & VAIL, P. R. (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. — *Science*, **235**, 1156–1166, Washington.
- HELBIG, J., ITEN, O. & SCHILTKNECHT, J., Hrsg. (1989): Yanomami. Indianer Brasiliens im Kampf ums Überleben. — 176 S., Innsbruck (Pinguin).
- HILDYARD, N., Hrsg. (1989): Amazonia: the future in the balance. — *The Ecologists*, **19** (6), 205–269, Camelford/Cornwall.
- HOPPE, A. & SCHOBENHAUS, C. (in Vorb.): Geologie und Bodenschätze Amazoniens.
- HOPPE, A., SCHOBENHAUS, C. & WALDE, D. H. G. (1987): Precambrian iron formation in Brazil. — In P. W. U. APPEL & G. LABERGE, Hrsg.: Precambrian iron formations, 347–390, Athens (Theophrastus).
- HUMBOLDT, A. VON (1805–1834): Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 et 1804 par Alexandre DE HUMBOLDT et Aimé BONPLAND. — 30 Bände, Paris (Auszüge in deutscher Übersetzung in „Süd-amerikanische Reise“, Safari-Verlag, Berlin 1979).

- HUMBOLDT, A. VON (1808): Ansichten der Natur, mit wissenschaftlichen Erläuterungen. – 334 S., Tübingen und Stuttgart (Herausgegeben von A. MEYER-ABICH, Universal-Bibliothek, 2948, 173 S., Stuttgart 1969 [Reclam]).
- IRION, G. (1979): Jung-Tertiär und Quartär im Tiefland Amazoniens. – *Natur u. Museum*, 109 (4), 120–127, Frankfurt a.M.
- IRION, G. (1989): Quaternary geological history of the Amazon lowlands. – In L. B. HOLM-NIELSEN, I. NIELSEN & H. BALSLEV, Hrsg.: *Tropical forests*, 23–34, London (Academic Pr.).
- KAM-BIU LIU & COLINVAUX, P. A. (1985): Forest changes in the Amazon Basin during the last glacial maximum. – *Nature*, 318, 556–557, London-Washington.
- KATZER, F. (1903): Grundzüge der Geologie des unteren Amazonasgebietes (des Staates Pará in Brasilien). – 296 S., Leipzig (Max Weg).
- KLAMMER, G. (1971): Über plio-pleistozäne Terrassen und ihre Sedimente im unteren Amazonasgebiet. – *Z. Geomorph. N.F.*, 15, 62–106, Berlin-Stuttgart.
- LEAN, J. & WARRILOW, D. A. (1989): Simulation of the regional climatic impact of Amazon deforestation. – *Nature*, 342, 411–413, London-Washington.
- LICHTE, M. (1980): Äolische Herkunft der Bodenbedeckung SE-Brasiliens. – *Z. Geomorph. N.F.*, 24 (3), 356–360, Berlin-Stuttgart.
- LIMA, M. R. DE (1989): Fósseis do Brasil. – *Biblioteca de Ciências Naturais* 14, 118 S., São Paulo (Ed. Univ. São Paulo).
- LOCZY, L. DE (1963): Paleogeography and history of the geological development of the Amazon Basin. – *Jb. Geol. B.-Anst.*, 106, 449–502, Wien.
- MARTIN, C., ALMEIDA, F. F. M. DE, SOARES, M. A. & SCHOBENHAUS, C. (1981): Geological world atlas 1:10.000.000. – Sheet 4 (northern South America), Paris (Unesco).
- MARTINELLI, L. A., FERREIRA, J. R., FORSBERG, B. R. & VICTORIA, R. L. (1988): Mercury contamination in the Amazon: a gold rush consequence. – *Ambio* 17 (4), 252–254, Stockholm.
- MEYER-ABICH, A. (1967): Alexander VON HUMBOLDT. – ROWOHLTS MONOGRAPHIEN 131, 190 S., Reinbek bei Hamburg (Rowohlt Taschenbuch Verl.).
- MILLIMAN, J. D. & MEADE, R. H. (1983): World-wide delivery of river sedimentation to the oceans. – *J. Geol.*, 91 (1), 1–21, Chicago.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1983): Mapa da Amazônia Legal 1 : 2.500.000. – Projeto Radambrasil, 2 Blätter, Brasília.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1988): Sumário mineral. – *Dep. Nac. Prod. Min.*, 8, 111 S., Brasília.
- MONTGOMERY, C. & HURLEY, P. M. (1978): Total rock U/Pb and Rb/Sr systematics in the Imataca series, Guayana Shield, Venezuela. – *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 39, 281–290, Amsterdam.
- MÜLLER, G. (1985): Unseren Flüssen geht's wieder besser. Weniger Schwermetalle im Sediment. – *bild der wissenschaft*, 10/85, 74–97, Stuttgart.

- NAHON, D., MELFI, A. & CONTE, C. N. (1989): Présence d'un vieux système de cuirasses ferrugineuses latéritiques en Amazonie du Sud. Sa transformation in situ en latosols sous la forêt équatoriale actuelle. — *Comptes rendus Acad. Sci., Série II*, 308, 755–760, Paris.
- NILSSON, T. (1983): The Pleistocene. Geology and life in the Quaternary ice age. — 651 S., Stuttgart (Enke).
- OBERNDÖRFER, D. (1989): Schutz der tropischen Regenwälder (Feuchtwälder) durch ökonomische Kompensation. — *Freiburger Universitätsblätter*, 105, 91–117, Freiburg.
- OLIVEIRA, A. I. & LEONARDOS, O. H. (1943): *Geologia do Brasil*. — 2a. ed., 813 S., Rio de Janeiro (Ministério Agricultura).
- OLSZEWSKI, W. J., WIRTH, K. R., GIBBS, A. L. & GAUDETTE, H. E. (1989): The age, origin, and tectonics of the Grao Pará Group and associated rocks, Serra dos Carajás, Brazil: Archean continental volcanism and rifting. — *Precambrian Res.*, 42, 229–254, Amsterdam.
- PENA, F. E. (1989): Perfil analítico do pirocloro (nióbio). — *Bol. Min. Minas Energia*, 2a. edição, 18, 59 S., Brasília (Dep. Nac. Prod. Min.).
- PETRI, S. & FULFARO, V. J. (1983): *Geologia do Brasil (Fanerozoico)*. — 631 S., São Paulo (Univ. São Paulo).
- PETRI, S. & MENDES, J. C. (1983): Brazil. — In: M. MOULLADE & A. E. M. NAIRN, Hrsg.: *The Mesozoic, B. The Phanerozoic geology of the world*, II, 151–179, Amsterdam (Elsevier).
- PIPER, J. D. A. (1987): *Paleomagnetism and the continental crust*. — 434 S., Milton Keynes (Open Univ. Press).
- PRANCE, G. T. & LOVEJOY, T. E., Hrsg. (1985): *Amazonia*. — *Key environments*, 1, 442 S., Oxford (Pergamon).
- PRICE, L. I. (1960): Dentes de theropoda num testemunho de sonda no Estado do Amazonas. — *Anais Acad. Bras. Ciênc.*, 32 (1), 79–84, Rio de Janeiro.
- PRIEM, H. N. A., BON, E. H. & VERDURMEN, E. A. T. & BETTENCOURT, J. S. (1989): Rb-Sr chronology of Precambrian crustal evolution in Rondônia (western margin of the Amazonian craton), Brazil. — *J. S. Amer. Earth Sci.*, 2, 163–170, Oxford.
- QUADROS, L. P. DE (1988): Zoneamento bioestratigráfico do Paleozóico inferior e médio (seção marinha) da Bacia do Solimões. — *Bol. Geociênc. Petrobrás*, 2 (1), 95–109, Rio de Janeiro.
- RIBEIRO FILHO, E., MORESCHI, J. B. & MACEDO, A. B. (1988): Minerals and mining in the Brazilian economy. — *Episodes*, 11 (3), 215–221, Ottawa.
- SAMES, C.-W. (1986): *Anaconda. Berichte aus der Rohstoffwelt*. — 363 S., München (Langen-Müller/Herbig).
- SANTOS, B. A. DOS (1981): *Amazônia, potencial mineral e perspectivas de desenvolvimento*. — 256 S., São Paulo (Ed. Universidade de São Paulo).

- SANTOS, B. A. DOS (1986): Recursos minerais. — In: J. M. G. DE ALMEIDA, Hrsg.: Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento, 294–361, São Paulo (Editora Brasileira).
- SCHOBHENHAUS, C., CAMPOS, D. DE A., DERZE, G.R., & ASMUS, H.E. (1984): Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1 : 2.500.000. — 501 S., Brasília (Dep. Nac. Prod. Min.).
- SCHOBHENHAUS, C. & COELHO, C. E. S., Hrsg. (1986): Ferro e metais da indústria de aço. — Principais depósitos minerais do Brasil, II, 501 S., Brasília (DNPM/CVRD).
- SCHOBHENHAUS, C. & COELHO, C. E. S., Hrsg. (1988): Metais básicos não-ferrosos, ouro e alumínio. — Principais depósitos minerais do Brasil, III, 670 S., Brasília (DNPM/CVRD).
- SCHOBHENHAUS, C., COELHO, C. E. S. & ARMESTO, R. C. G., Hrsg. (1985): Recursos minerais energéticos. — Principais depósitos minerais do Brasil, I, 187 S., Brasília (DNPM/CVRD).
- SERVANT, M., FOURNIER, M., SOUBIES, F., SUGUIO, K. & TURCQ, B. (1989): Sécheresse holocène au Brésil (18–20° latitude Sud). Implications paléométéorologiques. — Comptes rendus Acad. Sci., Série II, 309, 153–156, Paris.
- SIMPSON, E. S. W. (1977): Evolution of the South Atlantic. — In: A. L. DU TOIT Memorial Lectures 15, Geol. Soc. S. Afr., 80, 15 S., Pietermaritzburg.
- SIOLI, H. (1983): Amazonien. Grundlagen der Ökologie des größten tropischen Waldlandes. — 64 S., Stuttgart (Wiss. Verl.-Ges.).
- SIOLI, H. (1987): The effects of deforestation in Amazonia. — The Ecologist, 17 (4/5), 134–138.
- SIOLI, H., Hrsg. (1984): The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. — Monographiae biologicae, 56, 763 S., Dordrecht (Junk/Kluwer).
- SMITH, L. R. (1989): Regional variations in formation water salinity, Hollin and Napo Formations (Cretaceous), Oriente Basin, Ecuador. — Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 73 (6), 757–776, Tulsa.
- TEIXEIRA, W., TASSINARI, C. C. G., CORDANI, U. G. & KAWASHITA, K. (1989): A review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. — Precambrian Res., 42, 213–227, Amsterdam.
- TOLBERT, G. E., TREMAINE, J. W., MELCHER, G. C. & GOMES, C. B. (1973): Geology and iron ore deposits of Serra dos Carajás, Pará, Brazil. — In: Genesis of Precambrian iron and manganese deposits, Proc. Kiev Symp. 20–25 Aug. 1970, 271–280, Paris (Unesco).
- VEIGA, A. T. C., DARDENNE, M. A. & SALOMAO, E. P. (1988): Geologia dos aluviões auríferos e estaníferos da Amazônia. — Anais XXXV. Congr. Bras. Geol., 1, 164–177, Belém, Pará

- WEGENER, A. (1915): Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. – Braunschweig (Vieweg).
- WEISCHET, W. (1980): Die ökologische Benachteiligung der Tropen. – 2. Aufl., 127 S., Stuttgart (Teubner).
- WILSON, E. O. (1989): Bedrohung des Artenreichtums. – Spektrum der Wissenschaft, 11/1989, 88–95, Weinheim.
- WIMANN, D. W. (1986): Oil and gas developments in South America, Central America, Caribbean area, and Mexico in 1985. – Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 70, 1371–1393, Tulsa.
- WINDLEY, B. F. (1984): The evolving continents. – 2nd. ed., 399 S., London (Wiley).
- ZEIL, W. (1986): Südamerika. – Geologie der Erde, 1, 160 S., Stuttgart (Enke).

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	S. 59-91	10 Abb.	6 Tab.	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	----------	---------	--------	---------------

3. Das Klima Amazoniens und seine geökologischen Konsequenzen

von

Wolfgang Weischet, Freiburg i. Br.

Zusammenfassung

Die Gleichförmigkeit der thermischen Bedingungen auf Treibhausniveau und die Frostfreiheit resultieren letztlich aus zwei planetarischen Lagebedingungen des Amazonasgebietes: derjenigen beiderseits des Äquators mit ganzjährig hohem Strahlungsbilanz-Überschuß und derjenigen zwischen den subtropisch-randtropischen Hochdruckgürteln beider Halbkugeln, in denen Kaltluft der höheren Breiten zu Tropikluft transformiert wird, bevor sie in den tropischen Teil der Allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre gelangt. Hinsichtlich der Niederschläge hat das zur Folge, daß diese als Schauerregen aus konvektiven Kreisläufen fallen, tages- und jahresperiodisch an den Strahlungsgang gekoppelt sind, erhebliche zeitliche und örtliche Variabilität bei großer Häufigkeit von Starkregen aufweisen und zum größeren Teil aus dem Wasserdampfrecycling über dem Amazonas selbst gespeist werden.

Das für den Naturwald optimale Wuchsklima ist gleichzeitig der Grund für maximale chemische Mineralverwitterung, für Nährstoff-Auswaschung und für extrem rasche Zersetzung organischer Substanzen. Da dies im Gegensatz zu den Gebieten der höheren Breiten ununterbrochen seit Jahrmillionen gilt, dominieren als Böden abseits der räumlich sehr begrenzten Alluvial- und Vulkanitgebiete nährstoff- und austauscharme Ferrallite von hoher Aluminium-Toxizität. Auf solchen Böden ist mit bisher bekannten Agrartechnologien kein Dauerfeldbau großen Stils möglich; Wald-Feld-Wechselwirtschaft ist die ökologisch angepaßte Nutzungsform. Bei immer kürzeren Brachperioden und bei Fortsetzen der Brandrodungspraxis besteht aber die Gefahr, daß der entscheidend wichtige Nährstoffvorrat, nämlich der in der Biomasse, auf die Dauer verlorenght, das Ökosystem gewissermaßen ausblutet.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. W. WEISCHET, Kastelbergstraße 14, D-7812 Bad Krozingen

Abstract

Geocological effects of the Amazonian climate

The thermal uniformity at greenhouse level and the absence of frost result from two planetary situations of the Amazon Basin: the one on both sides of the equator with a high surplus of radiant energy all year round and the other between the subtropical-tropical anticyclones of both hemispheres in which cold air from higher latitudes is transformed into tropical air, before entering the tropical part (Hadley cell) of the general circulation of the atmosphere. Consequently, tropical rainfall results almost exclusively in showers from locally limited convectional processes which are linked to the diurnal and seasonal course of radiation. They are of considerable variability in space and time, and culminate frequently in intensive rainstorms.

The mentioned climatic conditions are not only optimum for plant growth under natural conditions but also cause extremely intensive chemical weathering of mineral substance in rocks and soils, heavy outwash of nutrient elements from the soil and rapid mineralisation of organic matter. As, in contrast to the extratropics, this intense weathering already persists for millions of years, the prevalent soils of the Amazon Basin are, apart from locally limited alluvial plains or patches of volcanic basement, xanthic or orthic ferralsols. These are extremely poor in nutrients, of very low cation exchange capacity and of high aluminum-toxicity. Up to now, no land use technology for continuous cultivation of these soils is available. Alternation of short cropping periods and long forest fallow (shifting cultivation) is the ecologically enforced form of land use. However, shortening of the fallow periods and persistent use of the slash and burn practice conjure the danger of permanent impoverishment of the tropical ecosystem.

Resumo

O clima da Amazônia e suas conseqüências geocológicas

A uniformidade térmica em condições de estufa e a ausência de geada da região amazônica resultam em duas condicionantes de sua posição em relação ao globo: aquela de situar-se em ambos os lados do equador com alto excesso do balanço de energia radiante durante todo o ano, e aquela de situar-se entre anticiclones subtropicais-tropicais nos dois hemisférios, em que o ar frio de latitudes mais altas é transformado em tropical, antes que ele alcance a parte tropical (célula de Hadley) da circulação geral da atmosfera. Conseqüentemente, a precipitação tropical resulta quase que exclusivamente em pancadas de chuva através de processos de convecção localmente limitados. Como tal, eles são associados ao curso diurno e sazonal da radiação, apresentam uma considerável variabilidade em espaço e tempo, e produzem, com grande freqüência, aguaceiros de grande intensidade.

As mencionadas condições climáticas são ótimas não sómente para o crescimento das plantas sob condições normais, mas causam simultaneamente extremo e profundo intemperismo químico das substâncias minerais em rochas e solos, forte lixiviação dos elementos nutrientes do solo e extremamente rápida decomposição da matéria orgânica.

Considerando que, em contraste como as latitudes mais elevadas, esse intenso intemperismo persiste desde milhões de anos, os solos predominantes da bacia amazônica são, à exceção das espacialmente bem limitadas áreas aluvionares e vulcânicas, os *xanthic or orthic ferralsols* que são extremamente pobres em nutrientes, com capacidade de troca catiônica muito baixa e alta toxicidade em alumínio. Até o presente, nenhuma tecnologia existe para o cultivo contínuo desses solos. A alternância de períodos curtos de colheita e *long forest fallow (shifting cultivation)* é a forma ecológicamente mais apropriada de uso da terra.

Entretanto, a diminuição dos períodos de *fallow* o persistente uso da prática de queimadas, aumenta o perigo constante do empobrecimento do ecossistema tropical.

Einleitung

Das Klima des Amazonasbeckens wird dominiert von zwei planetarischen Lagebedingungen: 1. der im Breitengürtel zwischen 10° S und 5° N und 2. der zwischen den semipermanenten subtropisch-randtropischen Hochdruckgürteln beider Halbkugeln.

In energetisch-thermischer Hinsicht resultieren daraus: 1. der ganzjährig gleichmäßig hohe Sonnenstand und Strahlungsenergie-Eintrag, 2. die ganzjährig gleichmäßig hohen Temperaturen mit tagesperiodischen Änderungen im Schwankungsbereich zwischen 15 und 35° C, 3. die absolute Frostfreiheit und

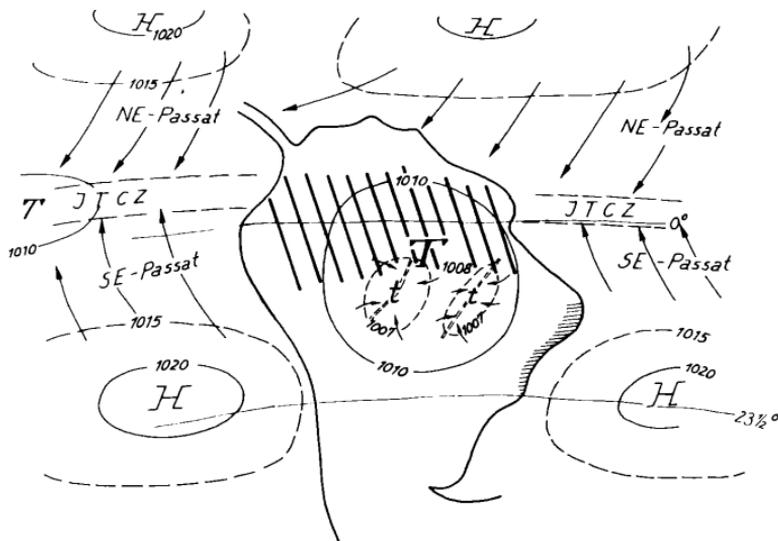


Abb. 3.1.: Skizze über die planetarische Lage des Amazonasgebietes in den Breiten-gürteln und in der Allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre.

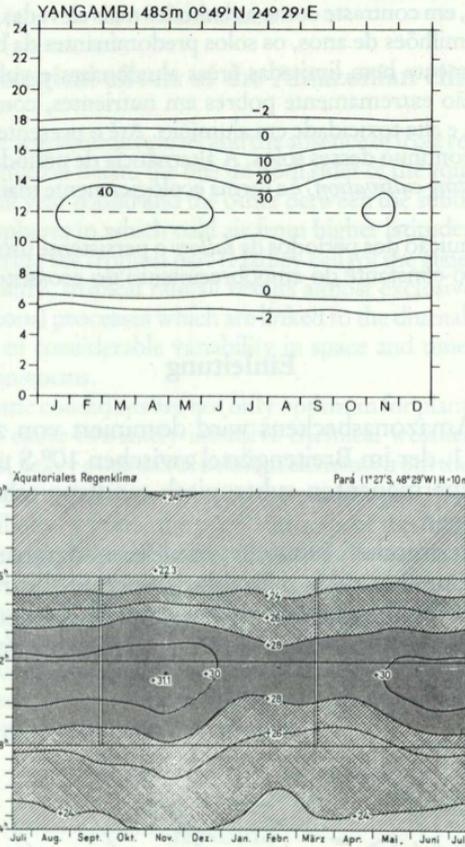


Abb. 3.2: Tages- und Jahresgang der Strahlungsbilanz (cal pro cm² und Stunde) oben und der Lufttemperatur (°C) unten im Äquatorialklima. Quellen: KESSLER (1973) und BLÜTHGEN & WEISCHET (1980).

4. Bodentemperaturen bis Tiefen unter 1 m im mittleren Schwankungsbereich zwischen 23 und 30°C (BRAAK, 1929, für Djakarta, Indonesien, oder KOWAL & KASSAM, 1977, für Nigeria).

Genügende Feuchtigkeit vorausgesetzt, sind das die optimalen Bedingungen für Pflanzenwachstum auf der Erde. Es sind aber auch optimale Bedingungen für die chemische Verwitterung von mineralischer Substanz und für die Zersetzung organischer Materie im Boden.

Mit dem ganzjährig hohen Sonnenstand zur Mittagszeit ist verbunden, daß die Strahlung tief in den Wald eindringen kann. Es wird in entsprechenden Beschrei-

bungen der bestandsklimatischen Bedingungen angeführt, daß am Grunde tropischer Regenwälder mildes Dämmerlicht (1 % und weniger des Tageslichtes; SCHULTZ, 1988: 425) herrsche. Aber immerhin noch Dämmerlicht trotz eines Bestandes von 3 Baumstockwerken, zusammen 40 bis 60 m hoch und dicht durchsetzt von Lianen, Epiphyten, Bodensträuchern und Kräutern, die zusammen eine Biomasse ausmachen, die mit rund 800 bis 900 Tonnen Frischgewicht pro Hektar (KLINGE, 1972) fast doppelt so groß ist wie in außertropischen Wäldern.

Die Gleichförmigkeit der thermischen Bedingungen auf Treibhausniveau ist deshalb bemerkenswert, weil doch sonst auf der Erde der stete Wechsel zwischen Wärme oder Hitze und Kühle bzw. Kälte wegen des Luftmassen- und Energieaustausches zwischen Tropen und hohen Breiten geradezu systemnotwendig ist. Der eigentliche Grund dafür ist ein Gürtel von ausgedehnten Hochdruckgebieten, welche im Übergangsbereich zwischen den strahlungsklimatischen Subtropen und Tropen als dynamische und semipermanente Ergebnisse

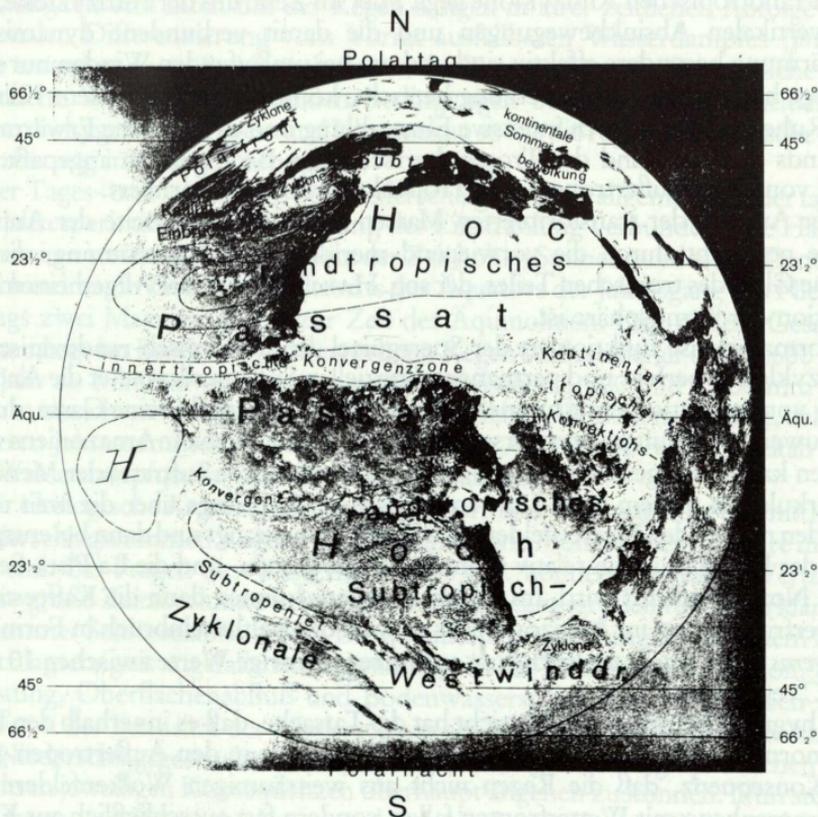


Abb. 3.3: Satellitenbild vom 4. 7. 1979 (METEOSAT VIS 1155 GMT)

der globalen Großzirkulation auftreten. Sie sind die Sperrgürtel, welche die thermische Veränderlichkeit der Außertropen von den Tropen fernhalten. Der entsprechende Mechanismus läßt sich aus der METEOSAT-Aufnahme vom 7. Juli 1979 mittags geradezu ablesen (Abb. 3.3): Über dem Atlantik stößt an diesem Tag auf beiden Halbkugeln Kaltluft aus höheren Breiten gegen die Tropen vor. Man sieht es an der räumlichen Anordnung der singularisierten Quellwolken in Form von Ausstülpungen, die mit relativ engen Bögen ansetzen und, wegen der Flächenvergrößerung, gegen die niederen Breiten hin zu immer weiteren Bögen ausladen. Auf dem zurückgelegten Weg süd- bzw. nordwärts wird die Kaltluft schon etwas angewärmt. Jenseits des Wendekreises endet das beschriebene Bewölkungsmuster des Kaltlufteinbruchs, abgelöst von einer breitenparallelen, fast wolkenlosen Zone. An diese schließt sich, auf der Nordhalbkugel besonders deutlich, eine Zone bis nahe an den Äquator mit Nord-Süd-orientierten Wolkenstraßen an. Beim Vergleich mit der entsprechenden Luftdrucksituation stellt sich heraus, daß über dem wolkenfreien Breitenabschnitt der Kern der subtropisch-randtropischen Antizyklone liegt. Hier im Zentrum der Antizyklone, wo die vertikalen Absinkbewegungen und die damit verbundene dynamische Erwärmung besonders effektiv sind und wo bei umlaufenden Winden nur sehr geringe horizontale Luftversetzung herrscht, kommt die eingeflossene Kaltluft zur Ruhe und wird durch intensive Einstrahlung und dynamische Erwärmung vollends den am Rand der Tropen herrschenden Bedingungen angepaßt. Sie wird von einer Außertropen- zur Tropenluftmasse transformiert.

Der Ausfluß der transformierten Massen auf der Äquatorseite der Antizyklone geschieht durch die vorwiegend meridionale Passatströmung, die als solche Glied des tropischen Teiles, der sog. HADLEY-Zelle, der Allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre ist.

Normalerweise funktioniert der Sperrgürtel der subtropisch-randtropischen Antizyklonen perfekt und permanent. Speziell in Südamerika bietet die Anordnung von antarktischem Kontinent, Meereis und Orographie eine Gasse, durch die zuweilen Kaltluft polaren Ursprungs bis in die Randgebiete Amazoniens vorstoßen kann. Das geschieht, wenn bei an sich sehr selten auftretender Meridionalzirkulation extrem kalte Luft antarktischen Ursprungs über die weit nach Norden reichenden Meereisfelder nach Patagonien gelangt und dann bei entsprechender Drucksituation relativ schnell über die Pampa- und die La Plata-Senke nach Norden geführt wird. Im Süden Brasiliens können dann die Kaffeesträucher erfrieren, und im Amazonasbecken wird der Kaltlufteinbruch in Form des *Friagem*s mit Temperaturrückgang auf extrem niedrige Werte zwischen 10 und 15° C registriert.

In hygrisch-klimatischer Hinsicht hat die Tatsache, daß es innerhalb der Tropen normalerweise keine Luftmassengegensätze wie in den Außertropen gibt, die Konsequenz, daß die Regen nicht aus weiträumigen Wolkenfeldern im Zusammenhang mit Wetterfronten fallen, sondern fast ausschließlich aus Konvektionswolken kommen, die auf räumlich begrenzte Zirkulationszellen von

meso- und mikroskaliger Ausdehnung beschränkt sind. Die nur 3 bis 5 km hohen und oben noch nicht von einem Eiswolken-(Cirren-) Schirm gekrönten Konvektionswolken sind Cumuli congesti (aufgetürmte Haufenwolken); die im Extremfall 10 bis 12 km mächtigen, mit Cirren-Schirm versehenen sind echte Gewitterwolken (Cumulonimben, Cbs). Auf den Satellitenbildern erscheinen die letzteren durch den Zusammenschluß der riesigen Cirrenschirme in der Form mehr oder weniger ausgedehnter Cluster (Gewitterwolkenzusammenballungen). Die kleineren Cluster haben Durchmesser von 50 bis 100 km, die größeren von einigen hundert Kilometern. Die Cumuli congesti decken als singularisierte Wolken nicht den ganzen Untergrund ab; ihr Weiß ergibt mit dem dunkler durchscheinenden Regenwald im Satellitenbild nur ein Mischgrau.

Die Niederschläge aus solchen Konvektionswolken sind Schauer sehr unterschiedlicher Intensität. Mal ist es nur eine kurze Husche von kaum mehr als 1 oder 2 mm, ein anderes Mal schüttet es über eine halbe oder ganze Stunde derart, daß selbst die Vögel zu Fuß gehen.

Häufigkeit und Intensität der Regen hängen in ihrer zeitlichen Abfolge und regionalen Differenzierung vom Vorrat ausfällbaren Wasserdampfes (*precipitable water*) und von Stabilitätskriterien der Troposphäre ab. Der zeitliche und räumliche Wechsel dieser beiden Bedingungen bestimmt in entscheidender Weise die hygrischen Tages- und Jahreszeiten sowie die regionalklimatische Differenzierung im Amazonasbecken.

Der Tages- und Jahresgang der Niederschläge ist ganz allgemein mit der tages- und jahresperiodischen Veränderung der Einstrahlung verbunden. Die Hauptregenzeiten treten normalerweise in der Zeit hohen Sonnenstandes auf. Dementsprechend hat in Gebieten beiderseits des Äquators der Jahresgang des Niederschlags zwei Maxima, je eins zur Zeit der Äquinoktien. Die mittlere Gesamtsumme liegt im Bereich des immergrünen Regenwaldes überall über 1.600 mm pro Jahr als Minimalwert, beträgt weithin zwischen 1.800 und 2.400 mm und kann in manchen Bereichen um 3.500 mm erreichen. Bemerkenswert ist, daß die höheren Jahressummen im westlichen Teil des Amazonasbeckens, weitab von der Wasserdampfquelle über den Ozeanen auftreten.

Für ökologische Argumentation sind die normalerweise angeführten mittleren Niederschlagssummen längerer Zeitabschnitte wie Monate oder gar Jahre unzureichend. Bei Fragen des Wasserhaushaltes z.B. können gemittelte Werte für relativ große Zeitabschnitte keine realistischen Bezugsgrößen für die Erklärung bestimmter Schlüsselabläufe sein. Die quantitative Aufteilung der bei einem Niederschlagsereignis angefallenen Regenmenge in die Teilmengen Retention, Verdunstung, Oberflächenabfluß und Bodenwasserspeicherung hängt doch sehr stark von der Intensität des Niederschlags ab. Man muß den konkreten Ablauf des Niederschlagsgeschehens analysieren, um Fragen der angesprochenen Art mit ihren jeweiligen Konsequenzen überhaupt angehen zu können. Nun stehen Meßwerte von Pluviographen, aus denen die Intensität des Niederschlags im zeitlichen Ablauf exakt abgeleitet werden kann, normalerweise nicht zur Ver-

fügung. Vorhanden, wenn auch nur selten veröffentlicht, sind dagegen für viele Stationen die Tagessummen der Niederschläge. Eine Analyse des Niederschlagsgeschehens mit Hilfe dieser Tagessummen vermag schon in erster Näherung Einsichten zu vermitteln, die in ökologischen Zusammenhängen verwendbar sind.

Am Beispiel der Originaldaten der Jahre 1982 bis 1985 der *Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agrícola (INIPA)* in Yurimaguas im westlichen Amazonastiefland sollen die Charakteristika feuchttropischen Niederschlagsgeschehens näher analysiert werden. Mit Jahressummen, die zwischen 2.100 und 2.600 mm schwanken, liegt die Station ungefähr in der Mitte zwischen den relativ trockneren und den extrem regenreichen Gebieten des Amazonasbeckens.

In der Abb. 3.4 sind die Tagessummen in ihrer zeitlichen Abfolge aufgezeichnet. Außerdem sind die Ertragswerte von Mais und Trockenreis eingetragen, welche auf den Probeparzellen bei den Langzeitexperimenten in den Jahren 1982 bis 1985 erzielt wurden. Für September bis November 1983 und 1984 sind auch die Zeitspannen vermerkt, in denen die Aussaat erfolgte und in denen zwei Portionen Kunstdünger ausgebracht wurden. Diese zusätzlichen Informationen sind wichtig bei der Beurteilung der Auswirkung tropischer Niederschläge auf

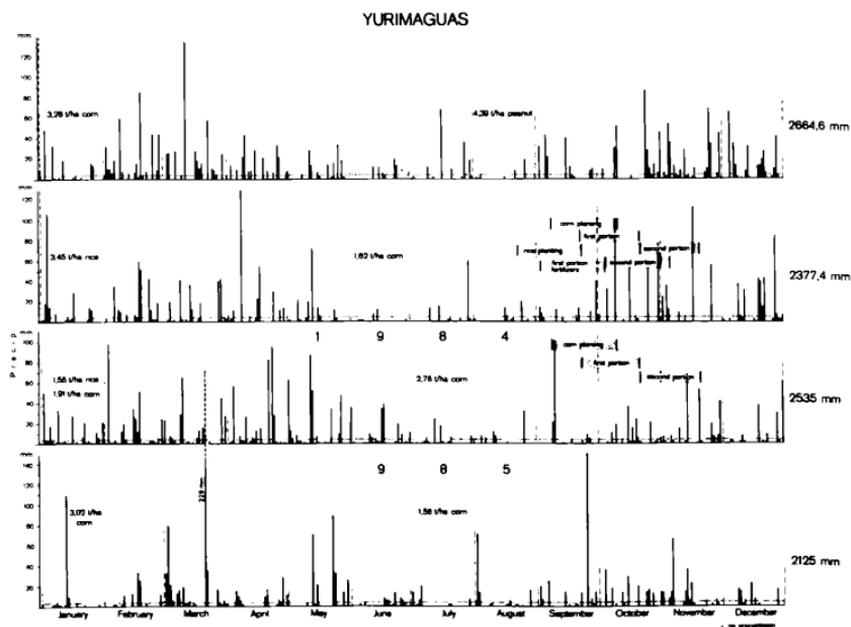


Abb. 3.4: Abfolge der Tagessummen der Niederschläge in Yurimaguas (westlich von Iquitos im Oriente Perus).

Agrarkulturen. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß auf die frisch gesäten und gedüngten Mais- und Reis-Parzellen im Oktober und November 1983 sechs Starkregen von mehr als 50 mm in 24 Stunden, zwei davon als wahre Regenfluten mit mehr als 100 mm, gefallen sind, und wenn man sich die zeitliche Aufeinanderfolge dieser Ereignisse ansieht, dann ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, daß mindestens der wertvolle Kunstdünger ab- und durchgeschwemmt worden ist, bevor er die Wurzeln der Pflanzen erreichte. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die genannten Mengen in Wirklichkeit in einem viel kürzeren Zeitraum als 24 Stunden gefallen sind. Leider gibt es keine Pluviographen-Aufzeichnungen für die genannten Ereignisse. Aus der Genese ist aber eindeutig klar, daß es sich um Ereignisse in der zeitlichen Größenordnung von wenigen Stunden handelt. Die 229 mm vom März 1985 sind laut Beobachtungsprotokoll „in der halben Nacht“, die 148,6 mm im September 1985 in 3 Stunden und 58 mm am 6. März 1986 in 1,5 Stunden gefallen. 30 bis 40 mm pro Stunde kann man als Faustregel für normale Starkregen ansetzen. Die 229 mm fielen auf eine Parzelle mit frisch gekeimtem Mais, von dem der größte Teil einfach weggeschwemmt wurde. Die 58 mm am 6. März folgten am Tag nach der Stickstoffdüngung, die natürlich auch weitgehend verloren war. Für eine Experimentierstation ist das zwar ärgerlich, aber wirtschaftlich keine Katastrophe. Zu der wird es, wenn Ereignisse wie die geschilderten Felder von Kleinbauern treffen, denen normalerweise Material und Kapital für eine Wiederholung der Kultur nicht zur Verfügung stehen. Feldkulturen in der Art, wie sie in der Hohertragslandwirtschaft der Außertropen üblich sind, würden bei wiederholten Starkregen für einen Tropenkleinbauern zur wirtschaftlichen Katastrophe führen.

Unter diesen Auspicien ist eine quantitative Information über die allgemeinen klimatischen Rahmenbedingungen des „russischen Rouletts“ von Interesse. In Abb. 3.5 sind dafür einige Daten zusammengestellt. Für jedes Jahr ist die Zahl der Fälle mit Niederschlägen pro 24 Stunden in 5 mm-Intervallen in Säulen aufgetragen. Am Ende der Skala sind für alle Ereignisse mit mehr als 70 mm in 24 Stunden die realen Werte übereinander geschrieben. Die schlanken Säulen geben die Monatssummen wieder. In günstigen Jahren, in denen die allgemeine Niederschlagshäufigkeit besonders groß, die von Starkregen dagegen klein ist, wie beispielsweise 1982, kommen rund 125 Regentage vor, an welchen jeweils zwischen 2 und 10 mm fallen. Sie stellen im Wasserhaushalt die Grundversorgung von Boden und Vegetation. Aber auch in diesen Jahren gibt es rund 8 Niederschlagsereignisse mit mehr als 50 mm in 24 Stunden. In einem schlechten, niederschlagsarmen Jahr wie 1985 ist die Grundversorgung auf 65 bis 70 Tage mit weniger als 10 mm angewiesen. Dafür ist die Häufigkeit größerer Niederschlagsintensität sehr viel größer. 1985 beispielsweise ist 6 mal die Menge von 70 mm in 24 Stunden überschritten worden. Maximal waren es 229 mm in einer halben Nacht.

Nun charakterisieren die Daten von Yurimaguas durchaus keine Extremsituation im Amazonasbecken. Näher an den Anden im Tiefland Ecuadors ist es noch schlimmer, im trockneren Ostteil des Beckens möglicherweise etwas abgemil-

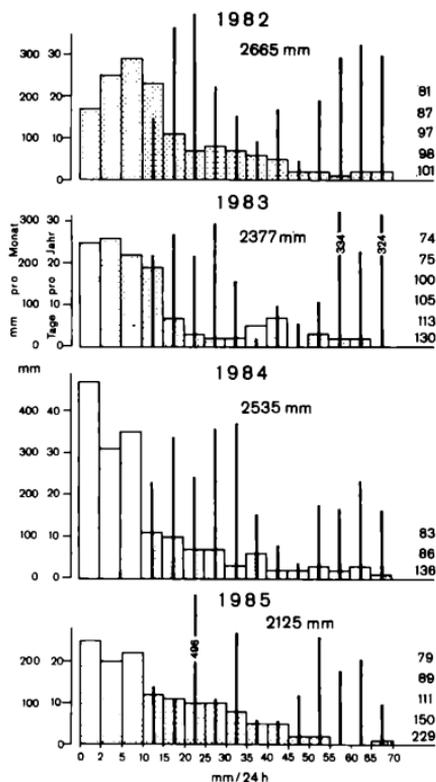


Abb. 3.5: Häufigkeitsverteilung und absolute Mengen der Tagesniederschläge in Yuri-magas. Die dünnen Säulen geben die Monatsmengen an.

dert. Die relativ hohe Frequenz von Starkregen ist aber auch dort als sicher anzunehmen. Als allgemeine Regel muß man sich vor Augen halten, daß in schlechten Jahren 12 bis 14 mal, in guten 8 bis 9 mal Tagesniederschläge von 50 mm und mehr gemessen werden, und daß wenigstens einmal pro Jahr die Menge von 100 mm überschritten wird. Im Vergleich dazu hat eine Station wie München in den Außertropen Mengen von mehr als 50 mm in 24 Stunden nur 15 mal in einer ganzen Normalperiode von 30 Beobachtungsjahren (1951-1980) verzeichnet; 100 mm gab's nie. In Frankfurt am Main waren es in der gleichen Zeit nur 6 Tage mit mehr als 50 mm.

Dynamisch-klimatologische Interpretation des Niederschlagsgeschehens

Mit Hilfe von einigen Satellitenbildern sollen die Grundzüge des dynamischen Geschehens verdeutlicht werden. Aus der Satellitenaufnahme vom 30. 4. 1982 ist am Wolkenbild zu ersehen, daß die Zirkulationsdynamik über Ozean und Kontinent sehr verschieden sein muß (Abb. 3.6). Über den tropischen Ozeanen ist die innertropische Konvergenzzone (ITCZ) als zonal verlaufende Konzentration von hochreichenden Wolkenclustern auf einem Ausschnitt von 5 Breitengraden ausgebildet. Über dem Pazifik liegt sie zwischen 2° und 10° N, über dem Atlantik zwischen dem Äquator und 5° N.

In der Literatur wird bislang häufig die Meinung vertreten, daß die ausgedehnte Konvektionszone über dem inneren Teil des Kontinentes auch mit der ITCZ zusammenhängt. Es soll sich um eine extrem weite Verlagerung der Konvergenz südwärts handeln, dem südsommerlich hohen Sonnenstand folgend. Diese Erklärung ist aber unzulänglich, weil sie mit neueren Informationen nicht in Übereinstimmung zu bringen ist.

Über dem Kontinent sind zwei Verteilungsformen der Konvektionswolken zu unterscheiden (Abb. 3.7). Da gibt es erstens große Felder in der Dimension von 500 bis 800 km Breiten- und 500 bis zu 1.500 km Meridionalausdehnung, die im Satellitenbild eine fast geschlossene Wolkenbedeckung zeigen. In den Details kann man aber in ihnen doch erkennen, daß das Feld aus einzelnen Konvektionszellen zusammengesetzt ist. Besonders an den Rändern lassen sich die Zellen noch singularisieren. An manchen Stellen zeigen die Felder den typischen

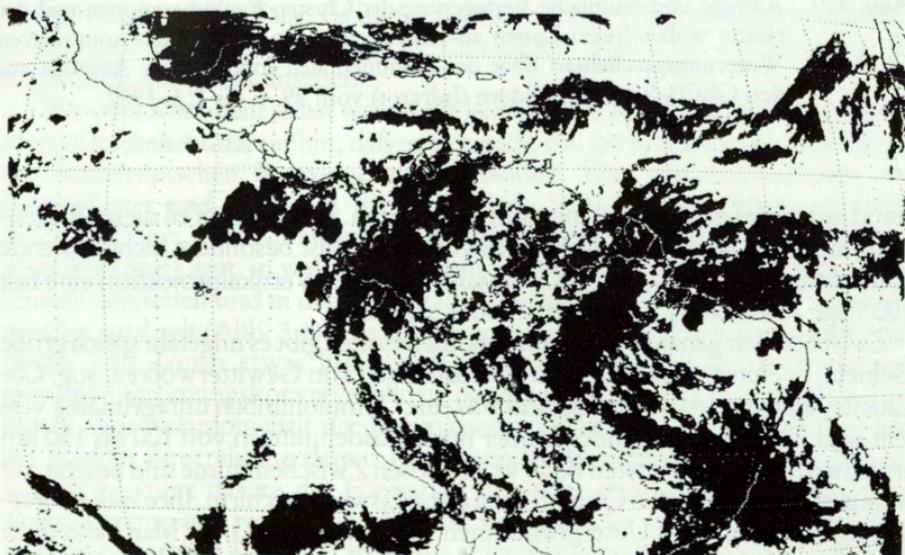


Abb. 3. 6: Satellitenbild vom 30. 4. 1982.

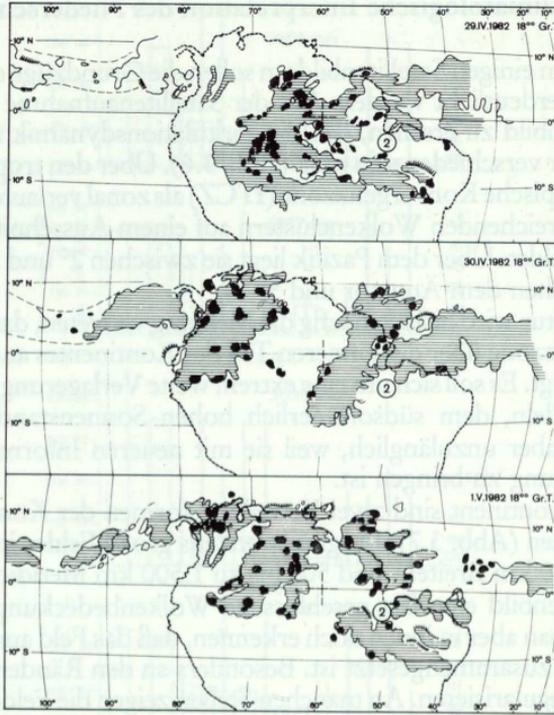


Abb. 3.7: Abfolge und räumliche Verlagerung der Cluster-Agglomerationen und der relativ wolkenfreien Zonen als charakteristische Formen des konvektiven Witterungsgeschehens über den kontinentalen Innertropen. Auszüge aus den GEOS-Satelliten-Bildern (Infrarot) vom 29. 4. bis 1. 5. 1982.

Rand aus zerfaserten, radial angeordneten Cirren. Der innere Teil dieser Riesengglomeration hochreichender Quellwolken umfaßt besonders dicht stehende Cumulonimben (Cbs), deren Cirrenschirme in der Vertikalprojektion eine fast 100 %ige Abdeckung des Untergrundes ergeben.

Zwischen den genannten Riesengglomerationen gibt es ungefähr gleich große Gebiete, in denen einzelne Zusammenballungen von Gewitterwolken, sog. Cb-Cluster, kleinerer Ausdehnung und einzelne Cumulonimben unregelmäßig verteilt sind. Die ersteren können immer noch Ausdehnungen von 100 bis 150 km erreichen. Die auf den ersten Blick wolkenlosen Zwischenräume sind besetzt mit weniger hochreichenden Quellwolken ohne Eiswolkenschirm. Ihre lockere Verteilung ergibt mit dem Untergrund einen Mischwert von Grau. Man kann diese Teilgebiete als *randomly clustered* bezeichnen. In ihnen fehlt konvektive Wolkenbildung nicht, sie ist aber relativ schwach.

Problematisch ist die Entstehung der geschlossenen Clusteragglomerationen. Sind es Gebiete größeren Wasserdampfvorrates, oder sind es Gebiete größerer Labilität, oder resultieren sie aus regionalen Konvergenzen im Strömungsfeld? Als *easterly waves* sind sie viel zu groß.

Aus der Analyse des Ablaufes von Werden und Vergehen sowie der Zugrichtung der Clusteragglomerationen über dem Amazonas-Becken läßt sich Folgendes zusammenfassend sagen:

a) Sie weisen einen Tagesgang auf wie das konvektive Geschehen in den kleineren Clustern auch: Reduktion der Wolkenmassen von der zweiten Nachthälfte an, Auflösung der höchsten Wolken; am Tage neue konvektive Impulse, Neubildung hochreichender Wolkentürme mit Cirrenschirmen.

b) Sie bleiben unter der tagesperiodischen Verstärkung und Abschwächung sowie unter Formänderung als geschlossene Agglomerationen über jeweils mehrere Tage erhalten, bevor sie sich, meist am Rand des Kontinentes, auflösen.

c) Sie haben während dieser Zeit eine bestimmte Verlagerungsrichtung.

d) Die Verlagerungsrichtung wechselt im Laufe von einigen Wochen. Häufig ist sie ein paar Tage von Ost nach West, dann aber von Süd nach Nord, oder gar von Nord nach Süd. Auch die Verlagerung von West nach Ost über die kolumbianisch-äquatorianischen Anden hinweg kommt vor.

e) Aus dem Gebiet stärkster Konvektion löst sich zuweilen im Eiswolken-niveau ein mehrere hundert km breites Cirrenband, welches zunächst nach Norden strömt und mit wachsender geographischer Breite immer mehr in die Zonalrichtung nach Osten umbiegt. In geographischen Breiten zwischen 25 und 30° N und bei Erreichen reiner West-Ost-Drift verlieren sich die Cirren. Der gesamte Ablauf dauert 2 bis 3 Tage. Es ist der sichtbare Ausdruck des hochtroposphärischen Astes der tropischen HADLEY-Zirkulation. Man kann die Strömung als den hohen Antipassat ansehen.

Über dem Kontinent selbst weisen alle genannten Charakteristika des dynamischen Geschehens darauf hin, daß es sich nicht um die kontinentale Ausbildung der innertropischen Konvergenzzone handelt. Das Mehrfachauftreten der Riesencluster und vor allem die wechselnde Verlagerungsrichtung sprechen dafür, daß über dem Kontinent ein riesiges, flaches Tiefdruckgebiet (FERREL'sches Hitzetief) liegt, in welchem nur sehr geringe horizontale Luftdruckunterschiede herrschen und in dem die Gradientrichtung in unregelmäßigen Zeitabständen wechselt (Abb. 3.1). Die Riesencluster selbst muß man als eine Kombination von Zonen etwas höheren Wasserdampfgehaltes und schwach ausgeprägten Strömungskonvergenzen im bodennahen Windfeld ansehen. Bei dem hohen Wasserdampfgehalt der Luftmassen und der im Zusammenwirken mit der starken Einstrahlung daraus resultierenden Instabilität der Atmosphärenschichtung führt das zu der Formation der dicht stehenden Cumulonimben, deren Schirme sich weithin berühren. Unter denen ist zwischen den Cumulonimben eine tiefere Wolkenschicht aus aufgetürmten Haufenwolken und Fractocumuli vorhanden. Im Ganzen ergibt sich, von unten gesehen, eine fast voll-

ständige Himmelsbedeckung mit dem typischen Wechsel von unterschiedlich dunklen Wolkenbasen und verbreitet auftretenden Regenschauern, von denen die meisten aber nur geringe oder normale Ergiebigkeit von 2 bis 10 mm haben. Ihre Wiederholung am gleichen und darauffolgenden Tag ergibt die regnerischen Abschnitte im Witterungsablauf. Strahlungsreicheres „Schönwetter“ bringen die Tage, an denen das Feld mit den *randomly clustered* Konvektionswolken über einen Ort hinwegzieht. Häufig treten aber gerade in solchen strahlungsreichen Schönwetterphasen die extrem starken, torrentialen Gewitterschauer auf, wie man aus Abb. 3.3 gut ersehen kann.

Die Abkehr von der Modellvorstellung einer auch über dem Kontinent wirk-samen, sich im Laufe des Jahres mit dem Sonnenstand verlagernden innertropischen Konvergenzzone wird noch durch zwei weitere, für den Wasserhaushalt im Verbreitungsgebiet der Regenwälder wichtige Erkenntnisse notwendig. KREUELS et al. (1975) haben gezeigt, daß der Westteil des Amazonasbeckens die meisten Niederschläge ausgerechnet dann erhält, wenn die Luftdruckkonstellation in der mittleren Troposphäre keinen Luftmassentransport vom Atlantik her zuläßt. Ein solcher wäre aber die Voraussetzung einer innertropischen Konvergenz.

Die damit nahegelegte Abkoppelung des Regenregimes vom großen Wasserdampfkreislauf zwischen Ozean und Kontinent wird ergänzt durch Untersuchungen von MOLION (1975), SALATI et al. (1978) und LETTAU et al. (1979) über die Entstehung und Verteilung der Regen sowie über die Rolle des Wasserdampf-Recyclings über dem Amazonasbecken. Nach MOLION (1975) beruhen, im Mittel über das ganze Amazonasgebiet gerechnet, rund 47 % der Jahressummen der Gebietsniederschläge auf dem kleinen Wasserdampfkreislauf, d.h. auf dem Recycling des Wasserdampfes, der von der Vegetations- und Landoberfläche in die Atmosphäre verdunstet und hier sofort wieder in Wolken und Niederschlag umgesetzt wird, ohne daß der größere Umweg über Abfluß zum Meer, dortige Verdunstung und Rücktransport des Wasserdampfes zum Land hin genommen wird. Am Andenfuß resultieren nach LETTAU et al. (1979) über 88 % des Jahresniederschlages aus dem Wasserdampf, der durch Verdunstung über dem Festland in die Atmosphäre gelangt ist. Der Regenwald trägt also durch seine hohe Evapotranspirationsrate erheblich zur Selbstabsicherung seiner Existenzbedingung in hygrischer Hinsicht bei, ein Faktum welches eine erhebliche Rolle spielt beim Problem der klimatischen Folgen der Waldvernichtung.

Geoökologische Konsequenzen

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die thermischen und hygrischen Klimabedingungen in Amazonien nicht nur wuchsklimatisch optimal sind, sondern auch die stärkste Mineralverwitterung und rascheste Zersetzungsrate organischer Substanz zur Folge haben, die es auf den Festländern der Erde gibt.

Hinsichtlich der Phytomasse (*standing crop*) und der Primärproduktion stellen die tropischen Regenwälder die reichsten Formationen der Erde dar. Über die großräumig-regionale Übersicht hinaus (BAZILEVICH & RODIN, 1971) geben KLINGE & RODRIGUES (1973) für den immergrünen Saisonregenwald auf der *terra firme* in der Nähe von Manaus im zentralen Amazonasbecken (2 trockene Monate) ungefähr 900 bis 1000 Tonnen Frischgewicht pro Hektar einschließlich der Wurzelmasse an. In einer Zusammenstellung von KLINGE (1976) wird das Trockengewicht zu 473 Tonnen pro Hektar beziffert. Als jährliche Netto-Primärproduktion werden für den Regenwald allgemein 30 Tonnen pro Hektar angesetzt, gegenüber 10 bis 12 in den Wäldern der feuchten Mittelbreiten (SCHULZ, 1988). Bei der großen Biomasseproduktion spielt zusätzlich zu der Differenz im Strahlungsinput (500 bis 650×10^8 K-Joule pro Hektar in der Äquatorregion, 300 bis 400×10^8 K-Joule pro Hektar in der Vegetationsperiode der Mittelbreiten; SCHULZ, 1988), noch die größere Strahlungsausnutzung bei der Photosynthese bei tropischen Temperaturen eine Rolle. Die Nettophotosynthese als Differenz der von Länge der Vegetationsperiode und der während dieser Zeit verfügbaren Strahlungsenergie bestimmten Bruttphotosynthese und des von der Temperatur gesteuerten Atmungsverlustes erreicht gerade in dem für die äquatorialen Regenwaldgebiete charakteristischen Temperaturintervall zwischen 25 und 30° C die höchsten Werte (LARCHER, 1984). Die Strahlungsausnutzung durch Photosynthese kann so nach SCHULZ (1988) mit $0,75$ – $0,80$ % der Globalstrahlung in den immerfeuchten Tropen erheblich größer als in den feuchten Mittelbreiten sein, wo sie nur $0,5$ – $0,6$ % der Globalstrahlung beträgt.

Die ermittelten Werte für die Phytomasse (*standing crop*) und Nettoprimärproduktion werden nun häufig gebraucht, „um die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten der Menschheit sowie der land- und forstwirtschaftlichen Produktion beurteilen zu können“ (so LIETH, 1964: 73) oder sollen „als ein relatives Maß für die (klimabestimmten) land- und forstwirtschaftlichen Ertragspotentiale in den einzelnen Ökozonen dienen. Die Wachstumsleistungen geeigneter Nutzpflanzen sollten daher mindestens die Höhe der zontypischen Primärproduktion erreichen“ (so SCHULZ, 1988: 57f.).

Diese Folgerungen sind aber Kurzschlüsse und falsch, weil das Produktionssystem Tropischer Regenwald außer der hohen Photosyntheseleistung noch produktionsentscheidende Struktur- und Organisationseigenschaften aufweist, die ein künstliches System für die Produktion von Grundnahrungsmittel des Menschen nicht haben kann. Und allein diese Struktur- und Organisationseigenschaften machen es möglich, mit dem zweiten Komplex der geoökologischen Konsequenzen der klimatischen Bedingungen im Bereich der immerfeuchten Tropen erfolgreich fertig zu werden, nämlich mit denen der überaus starken chemischen Mineralverwitterung und Biomassenmineralisation und ihren Folgen.

Die chemische Verwitterung, speziell die Hydrolyse als der bei der Bodenbildung wichtigste Verwitterungsprozess, ist bei gut drainierten Böden hauptsäch-

lich abhängig von der Bodentemperatur, dem verfügbaren Bodenwasser und dem Säurestatus, letzterer ausgedrückt im Boden-pH. MILLOT (1970) hat folgende Abschätzung zwischen kühl-gemäßigten und tropisch-warmen Regenklimaten gemacht: Wegen der höheren Temperatur (30° gegen 10° C) ist die Hydrolyse 4-fach stärker anzusetzen; die Ausschwemmung kann bei den sehr viel höheren Niederschlägen 5 mal intensiver sein; und ein Rückgang des pH-Wertes um eine Einheit aus Gründen höheren Säuregehaltes der Niederschläge oder besonders saurer organischer Zerfallsprodukte vergrößert die Konzentration der Wasserstoffionen um das 10-fache. Alles zusammen genommen kann in gut drainierten sauren Böden der feuchten Tropen die Hydrolyse 100 bis 200 mal stärker sein als in kühlfeuchten Klimaregionen.

Das Endergebnis der chemischen Gesteinsaufbereitung wird bei gut drainierten Mineralböden hinsichtlich der physikalischen, chemischen und mineralogischen Eigenschaften aus dem Produkt von Verwitterungsintensität und Einwirkungsdauer (dem Alter der Böden), sowie von der Mineralogie des Muttergesteins bestimmt.

Bezüglich der Frage nach der Einwirkungsdauer der aktuell vorgegebenen Verwitterungsintensität muß das Interesse sich vorwiegend auf das Ausmaß der Klimaänderung in den inneren Tropen während des Pleistozäns richten. Nachdem nämlich der Äquator im Tertiär ungefähr seine gegenwärtige Lage erreicht hatte, bis ins Mitteltertiär überall auf der Erde noch tropisch-warme Klimabedingungen herrschten und erst bis zum Pliozän mit weltweit progressiver Abkühlung eine Verschmälerung des tropischen Zirkulationsgürtels auf eine der heutigen ähnliche Breitenausdehnung vorausgegangen war, brachte das Pleistozän mit den weltweiten Schwankungen von Kalt- und Warmzeiten prinzipiell die erste Möglichkeit eines entscheidenden Abfalls unter tropisch-warme Bedingungen in den Äquatorialgebieten.

Brauchbare Proxidata aus Pollenanalysen belegen eine Absenkung der Vegetationsstufen in den Gebirgen Ostafrikas, Costa Ricas und Kolumbiens während der letzten Eiszeit (27.000 bis 14.000 Jahre vor heute) von ungefähr 1.000 m. An den Vulkanriesen Ostafrikas lag die pleistozäne Schneegrenze maximal 1.300 tiefer als heute (BUTZER, 1964). Diese Zeugen legen für die inneren Tropen einen Temperaturrückgang in der Größenordnung von 5° bis 6° C nahe (BUTZER, 1974).

Während in den höheren Breiten bei einer Temperaturdepression von 10° bis 12° C ein in jeder Hinsicht einschneidender Wandel zur Kalt- und Eiszeit stattfand, blieb es in den inneren Tropen im wesentlichen bei einer relativ geringen Abkühlung, bei der die Lufttemperaturen im Monatsmittel, die heute zwischen 25° und 26° C liegen, 20° C kaum unterschritten haben dürften. Bei der auch in den Abkühlungsperioden weiter wirksamen großen Einstrahlungsintensität sind die Bodentemperaturen wahrscheinlich weniger stark gesunken als die Lufttemperaturen.

Kurzum, man muß davon ausgehen, daß präalluviale Landoberflächen der

gegenwärtigen tropischen Regenwaldgebiete der dort heutzutage herrschenden starken chemischen Mineralverwitterung schon seit langen Zeiten unterliegen, die mindestens nach einer knappen Million (ca. 900.000 Jahre) und meistens nach mehreren Millionen von Jahren zu rechnen sind.

Das Ergebnis ist das, was man seit Jahrzehnten unter dem Begriff „allitische Verwitterungsdecken“ kennt. Besser müßte es heißen „ferrallitische Verwitterungsdecken“. Selbst bei relativ basischem Ausgangsgestein fehlt im Extremfall neben allen chemischen Substanzen, die aus dem ursprünglichen Mineralbestand als Pflanzennährstoffe in Frage kommen, auch noch der allergrößte Teil der Kieselsäure (siehe Tab. 3.1).

Wenn über 70 % des Materials aus Aluminium und Eisenoxiden bestehen, dann können in der Verwitterungsdecke keine Gesteinsfragmente mehr vorhanden sein. Bei sauren Graniten oder Granodioriten gibt es einen etwas höheren Kieselsäureanteil in Form von Quarzsand. Aber auch ihre Verwitterungsdecke besteht unter allitischen Verwitterungsbedingungen aus skelett- und rest-mineralarmem bis -freiem Feinlehm. Die Böden über allitischen Verwitterungsdecken werden als ferrallitische Böden (*ferrallitic soils* in der englischen, Ferralsols in der FAO-UNESCO-Nomenklatur) bezeichnet.

Der Nährstoffverlust wird als „Auswaschung“, der Verlust der Kieselsäure als „Desilifizierung“ bezeichnet. Aus der Sicht der Wachstumsökologie sind die Verwitterungsdecken „ausgelaugt“, „nährstoffarm“, „unfruchtbar“. Das ist

Stoff	Großbritannien		Mittelmeergebiet		Westghats	
	Gestein (%)	Verwitterungsdecke (%)	Gestein (%)	Verwitterungsdecke (%)	Gestein (%)	Verwitterungsdecke (%)
SiO ₂	49,3	47,0	44,7	35,7	50,4	0,7
Al ₂ O ₃	17,4	18,5	15,5	34,9	22,2	50,5
Fe ₂ O ₃	2,7	14,6	7,5	7,9	9,9	23,4
FeO	8,3	—	3,7	0,7	3,6	—
MgO	4,7	5,2	7,9	3,6	1,5	—
CaO	8,7	1,5	15,3	4,6	8,4	—
Na ₂ O	4,0	0,3	1,1	0,9	0,9	—
K ₂ O	1,8	2,5	1,4	3,1	1,3	—
P ₂ O ₅			1,7	2,8	—	—
H ₂ O	2,9	7,2	0,9	5,8	0,9	25,0

Tab. 3.1: Chemische Zusammensetzung des Verwitterungsmantels eines vergleichbaren Ausgangsgesteins unter außertropischen und tropischen Verwitterungsbedingungen (aus SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1976).

zweifellos schon ein großer Mangel, leider aber nicht der folgenschwerste im Hinblick auf Boden- und Bodennutzung. Die Desilifizierung hat wesentlich schwerer zu überwindende Konsequenzen.

Desilifizierung ist nämlich der entscheidende Prozeß, der bei der Tonmineralneubildung im Boden aus Dreischichttonmineralen das Zweischichttonmineral Kaolinit oder den Abbaurest Gibbsit als reines Aluminiumhydroxid macht. Es gibt genügend bodenchemische und -mineralogische Untersuchungen, die zweifelsfrei belegen, daß in den Mineralböden der immerfeuchten Tropen die absolut dominierenden und charakteristischen Tonminerale zur Gruppe der Kaolinite gehören. BIRKELAND (1984: 293) hat die klimazonale Abhängigkeit dominierender Tonmineralbildung in einer schematischen Übersicht zusammengefaßt. Für die Tropen stellt er fest, daß Smectite (Montmorillonite) gewöhnlich bei relativ geringen Niederschlagsmengen der äußeren Tropen, Kaolinite bei höheren und Gibbsite bei noch höheren in den inneren Tropen vorkommen. Die von Kaoliniten dominierten Böden werden direkt als „Kaolisole“ bezeichnet.

Konsequenz der Kaolinitausstattung ist die extrem niedrige Kationenaustauschkapazität (CEC) der Mineralsubstanz solcher ferrallitischer Böden. Austauschkapazität ist die Fähigkeit bodenbildender Substanzen, elektrisch positiv (Kationen) oder negativ (Anion) geladene Nährelemente der Bodenlösung zu adsorbieren, ihnen also vorübergehende Anlagerungsmöglichkeiten an nicht bewegliche, raumfeste Bodenbestandteile zu gewähren, und sie dadurch vor schneller Auswaschung zu bewahren. Als Maß, ausgedrückt in Milliäquivalent pro 100 g Austauschsubstanz (mval/100 g), bestimmt die Austauschkapazität die maximale Möglichkeit dessen, was der Austauscher pro Gewichtseinheit an Nährelement halten und damit pflanzenverfügbar machen kann. Bei Nährstoffsubsistenz armer Böden durch künstliche Düngung bestimmt sie auch die Menge an Nährelementen, die maximal im Boden aufgenommen werden kann. Alles was über die Kapazität hinausgeht, wird mit dem Sickerwasser unverwertet ausgespült. Kationenaustauschkapazität betrifft Nährelemente wie Kalium (K^+), Calcium (Ca^{++}), Natrium (Na^+), Eisen (Fe^{++} oder Fe^{+++}), Zink (Zn^{++}) u.a., Anionenaustauschkapazität vorwiegend Nitrate (NO_3^-) und Phosphorverbindungen ($H_2PO_4^-$ oder HPO_4^{--}).

In der Tabelle 3.2 sind die entsprechenden CEC-Werte für unterschiedliche Tonmineralgruppen zusammen mit den Anionenaustauschkapazitäten (AEC) aufgeführt. Die AEC ist bei allen verbreitet vorkommenden Austauschern recht klein und zeigt auch nur geringe Unterschiede von Gruppe zu Gruppe. Das hat relativ ungünstige Konsequenzen für die Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff und Phosphor. Das ist aber praktisch bei allen Böden so.

Bei der Kationenaustauschkapazität gibt es dagegen einschneidende Unterschiede zwischen den Tonmineralen. Unter den verbreitet vorkommenden kann man vier Gruppen unterscheiden: 1.) die Montmorillonite oder Smectite mit den höchsten Werten, 2.) Illite und Chlorite mit mittleren Werten, 3.) Kaolinite mit bemerkenswert kleinen CEC-Werten, die drei- bis viermal kleiner sind als die

Material	Kationen- Austauschkapazität			Anionen- Austauschkapazität Total	Näherungs- werte ** Total
	Permanent	Variable	Total		
Montmorillonit	112	6	118	1	80-150
Vermiculit	85	0	85	0	100-150
Illit	11	8	19	3	10- 40
Halloysit	6	12	18	15	3- 15
Kaolinit	1	3	4	2	3- 15
Gibbsit	0	5	5	5	4
Allophan- kolloid	10	41	51	17	25-100
Torf	38	98	136	6	150-500

Tab. 3.2: Austauscheigenschaften verschiedener Tonmineralgruppen und organischen Materials (in meq/100 g) nach SANCHEZ (1976) und BIRKELAND (1974).

* Nach MEHLICH & THEISSEN (unveröffentlicht), aus SANCHEZ (1976) für Kenya-Böden; ** nach BIRKELAND, 1974

der Illite und Chlorite, zehn- bis zwanzigmal niedriger liegen als die der Smectite, und schließlich 4.) die Sesquioxide Gibbsit und das Eisenhydroxid Goethit fast ohne CEC.

Bei den ferrallitischen Böden gibt es noch eine gewisse Differenzierung zwischen den *xanthic*, den gelben Ferralsols (in der US-Taxonomie Oxisols genannt) und den *orthic*, den roten Ferralsols (Ultisols). Die letzteren kommen vorwiegend im westlichen, andennahen Amazonastiefland vor, also in jener geochemischen Provinz, die nach FITTKAU (1971) nicht so extrem nährstoffarm wie Zentralamazonien ist. In diesem Bereich lassen sich an Hand von chemischen Analysen der Tonfraktion der Oberböden (IRION, 1976) gewisse petrographisch bedingte Vorteile der Nährstoffgehalte in den Böden über lakustrischen und marinen Tertiärsedimenten sowie pleistozänen Akkumulationen im Vergleich zu rein terrestrischem Tertiär, oder zu paläozoischem und kristallinem Muttergestein feststellen. Gegenüber den jüngeren Böden im Bereich der Andenausläufer und auf den rezenten Alluvionen besteht aber noch ein entscheidender Qualitätsunterschied. Am größten sind die Differenzen bemerkenswerterweise bei den Elementen Calcium und Magnesium.

Im Gebiet des kristallinen Sockels gibt es inselhaft begrenzte Vorkommen von ultrabasischen und basischen Tiefen- und Ergußgesteinen, deren Böden, die *terra roxa*, etwas günstigere bodenchemische Eigenschaften aufweisen als die gelben Ferrallite. Sie gehören in die *soil order* der Alfisols und zeichnen sich durch

Boden-pH in der Nähe von 6, fehlende Aluminiumtoxizität, 100 mal höhere Kalkgehalte als bei Ultisols oder Oxisols und ca. 15 mal größere Magnesiumwerte aus (FEARNSIDE, 1986). Wie der agrarwirtschaftliche Wert dieser *terra roxa* gegenüber den gelben Ferralliten eingeschätzt wird, ersieht man am besten aus den Bodenpreisen. SMITH (1982: 171) schreibt dazu: „Lots of terra roxa bordering the main axis of the Transamazon Highway with a perennial water course sell for about \$ 35,000 (U.S.). Lots with sandy soil on side roads can be purchased for as little as \$ 4,000“. Fatalerweise ist die Verbreitung solcher Alfisols im Bereich des Kolonisationsprojektes entlang des *Transamazon Highway* auf einen Flächenanteil von knapp 10 % beschränkt (FEARNSIDE, 1986).

Die o.a. Relativwerte von Nährelementgehalten bei Alfisols im Vergleich zu Ultisols dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß auch die Verwitterungsdecke über den basischen und ultrabasischen magmatischen Gesteinen ihren Tribut an die klimabedingte extrem starke chemische Aufbereitung gezahlt hat. Das macht der Vergleich der verbliebenen Gehalte an Makro-Nährelementen mit jenen deutlich, die in relativ jungen Alluvialböden festgestellt werden.

In der Tabelle 3.3 sind die bodenchemischen Daten für repräsentative Profile der verschiedenen Hauptbödentypen nach COCHRANE & SANCHEZ (1982) zusammengestellt. Wenn man vom humosen Oberboden (bis 8 cm) absieht, so werden bei Oxisols und Ultisols die austauschbaren Kationen zum allergrößten Teil vom Element Aluminium gestellt. Die Böden haben eine Aluminiumtoxizität, die weit über der Toleranzgrenze der wichtigen Kulturpflanzen liegt. Die effektive Kationenaustauschkapazität (ECEC) ist wegen der speziellen Tonmineralsausstattung und des hohen Säurestatus im Boden extrem niedrig. Bei Alfisols fällt die Aluminiumtoxizität weg, der Säurestatus ist günstig. Der Nährstoffvorrat und die effektive CEC sind aber auch bei ihnen niedrig. Nur die jungen Alluvialböden sind mit sehr guten bodenchemischen Eigenschaften ausgestattet. Ihre Verbreitung ist aber sehr begrenzt. COCHRANE & SANCHEZ (1982) geben für die Region Amazoniens Schätzwerte der regionalen Verbreitung der großen Bodengruppen nach der US-Taxonomie an (Tab. 3.4).

Von 484 Millionen Hektar entfallen ungefähr 75 % (361 Millionen Hektar) auf die roten (Oxisols) und gelben Ferrallite (Ultisols), während die jungen Entisols, Inceptisols und Mollisols knapp 20 % ausmachen. Das sind etwas über 90 Millionen Hektar mineralstoffreiche Böden.

Als Zwischenbilanz läßt sich also festhalten, daß als Folge des über Jahrmillionen wirkenden energie- und feuchtereichen Äquatorialklimas im Amazonasgebiet abseits der jungen Alluvionen Bodensubstrate gebildet worden sind, deren Mineralsubstanz extrem arm an Macro-Nährelementen und Kationenaustauschkapazität ist.

Was die Zersetzung und Mineralisierung organischer Substanz betrifft, so besagt die bekannte Van't HOFF-Regel, daß die Effektivität von Zersetzungsprozessen zwei- bis zweieinhalbmal größer oder kleiner wird mit jedem Temperaturanstieg oder -abfall von 10° C. In Lehrbüchern der Bodenkunde wie

Horizont Tiefe cm	Ton	Sand	pH	Org. C	austauschbare Kationen				ECEC	Al.- Sat.- %
			H ₂ O	%	Al	Ca	Mg	K		
					meg/100 g					
I. OXISOL (<i>xanthic ferralsol</i>) (CAMARGO & RODRIGUES, 1979)										
ORTHOX Regenwald über Tertiärsed., EMPRARA Station Manaus										
0- 8	76	15	4,6	2,9	1,1	1,70	0,30	0,19	3,29	33
8- 22	80	12	4,4	0,9	1,1		0,20	0,09	1,39	79
22- 50	84	8	4,3	0,7	1,2		0,20	0,07	1,47	82
50-125	88	7	4,6	0,3	1,0		0,20	0,04	1,24	81
125-265	89	5	4,9	0,2	0,2		0,20	0,11	0,51	39
II. ULTISOL (<i>orthic ferralsol</i>) (SANCHEZ & BUOL, 1974)										
PALEODULT Regenwald über Tertiärsed., Yurimaguas, Peru										
0- 7	15	67	4,0	1,5	0,8	1,60	0,10	0,12	2,62	31
7- 48	23	57	3,5	0,5	3,2	1,60	0,10	0,08	4,98	64
48- 67	25	57	3,5	0,5	4,4	0,80	0,10	0,08	5,38	82
67-157°	29	57	3,5	0,4	5,3	0,60	0,10	0,08	6,08	87
III. ALFISOL (<i>terra rossa estruvarada eutrofica</i>) (FALESI, 1972)										
PALEUSTALF Regenwald über basischem Gestein, Transamazônica bei Altamira										
0- 20	48	34	5,9	1,5	0,0	5,59	1,20	0,16	6,95	0
20- 40	57	24	5,8	1,1	0,0	4,40	0,62	0,06	5,00	0
40- 60	69	19	6,0	0,6	0,0	2,62	0,58	0,04	3,24	0
60- 80	62	16	5,9	0,5	0,0	2,30	0,82	0,04	3,16	0
80-100	71	15	6,1	0,4	0,0	2,18	1,06	0,04	3,28	8
IV. MOLLISOL (<i>alluvial soil</i>) (SANCHEZ & BUOL, 1974)										
Fluvient AQUOLL Überschwemmungsaue des Amazonas, Iquitos										
0- 10	24	13	6,0	1,5	0,0	11,0	3,10	0,22	14,32	0
10- 50	20	19	6,1	0,8	0,0	10,4	3,60	1,52	15,52	0
50-120°	10	36	6,3	0,4	0,0	6,8	2,30	0,20	4,78	0
V. INCEPTISOLS (BANDY & BENITES, 1983)										
AQUEPTS Flußalluvionen des Rio Shanusi bei Yurimaguas										
15			5,1	1,3		24,86	6,45	0,29	32,91	
20			4,9	0,4		25,14	7,17	0,24	38,95	
15			5,2	1,4		35,60	10,15	0,27	46,54	
20			5,1	0,4		32,01	10,28	0,24	47,05	

Tab. 3.3: Repräsentative Profile verschiedener Böden der Amazonas-Region.

DUCHAUFOR (1982) wird als Erfahrungsregel angegeben, daß die Zersetzungsgeschwindigkeit von Streu ungefähr proportional der Temperatur zunimmt. Im Bereich tropischer thermischer Bedingungen macht das kaum einen Unterschied. Praktische Erhebungen der Abbaurate von Feinstreu und Blättern unter Regenwald bei Manaus durch KLINGE (1972) ergaben für die relative Trockenzeit von Juni bis November Werte von 0,5 bis 1,3 % pro Tag. Völlige Mineralisation erfolgt also in rund einem halben Jahr. ANDERSON & SWIFT (1983) geben als Umschlagrate für Blattstreu desselben Gebietes ein- bis zwei mal pro Jahr an. In den Regenwäldern Malaysias und der Elfenbeinküste sind die Werte mit 3,6 und 3,3 mal pro Jahr noch wesentlich höher. Im Vergleich zu den gemäßigten Breiten schätzen SANCHEZ & BUOL (1975), daß die Mineralisierungsrate unter tropischen Regenwäldern ungefähr 5 mal größer ist. Die Konsequenz ist, daß nach

	Millionen Hektar	% ganz Amazonien
Oxisols	219,9	45,5
Ultisols	141,7	29,4
Entisols	72,0	19,9
Alfisols	19,8	4,1
Inceptisols	16,0	3,3
Spondosols	10,5	2,2
Mollisols	3,5	0,8
Vertisols	0,5	0,1

Tab. 3.4: Verbreitung großer Bodengruppen (US-Taxonomie) in Amazonien. Nach COCHRANE & SANCHEZ (1982).

Beseitigung des Waldes und Wegfall der großen Menge von Streu, die im intakten Regenwald anfällt (30 bis 50 Tonnen pro Hektar und Jahr), damit gerechnet werden muß, daß im Verlauf von ein oder eineinhalb Jahren der ganze Gehalt an organischem Material im Boden mineralisiert, verschwunden ist. Mit der organischen Masse geht dem Boden aber der wichtigste Lieferant von Nähr-elementen und der Hauptträger der Kationenaustauschkapazität verloren. Will man ein akzeptables Niveau von organischer Materie im Boden wiederherstellen oder halten, so sind dazu erheblich größere Mengen an Gründüngung oder Kompost notwendig als auf den Äckern der Außertropen, zumal die Bodentemperaturen in einer Kulturparzelle wesentlich gegenüber dem Walduntergrund ansteigen, die Zersetzung der organischen Materie also noch schneller erfolgen wird als unter dem Regenwald.

Alles in allem resultiert, daß die optimalen wuchsklimatischen Bedingungen bei dem zweiten wichtigen Faktor für Biomasseproduktion, nämlich den vorherrschenden Böden, sehr nachteilige Eigenschaften wie Nährstoffarmut, mangelhafte Austauschkapazität, hohen-Säurestatus, Aluminiumtoxizität und raschen Zerfall der organischen Bodensubstanzen zur Folge hat. Eine Ausnahme bilden die jungen Alluvialböden.

In bemerkenswert strikter räumlicher Koinzidenz mit dem Verbreitungsgebiet der klimabedingten Bodentypen der tropischen Ferrasols steht die über ihnen bis heute absolut dominierende Art der Bodennutzung. Dort, wo die Naturvegetation zum Zwecke landwirtschaftlichen Anbaus beseitigt wurde, wird dieser in Form der Landwechselwirtschaft (*shifting cultivation* in weiterem Sinne) betrieben. Ein Stück Wald wird geschlagen und gebrannt; zwischen die angekohlten Stämme werden die Samen von Körnerfrüchten in den mit Asche bedeckten Boden mit Pflanzstöcken eingebracht, später Setzlinge einer Knollen-

frucht (Cassava) dazwischen gepflanzt. Die erste Ernte ist relativ gut. Spätestens nach der dritten sind die Erträge aber schon so weit abgesackt, daß weiterer Anbau nicht mehr lohnt. Das Feld bleibt liegen und der nachwachsenden Naturvegetation überlassen, während an anderer Stelle ein neues Stück Wald in Angriff genommen wird.

Es ist evident, daß diese Nutzungsform auf jeden Fall flächenaufwendig ist. Sie wirkt auch waldzerstörend, sobald die Brachzeiten kürzer sind als zur vollständigen Regeneration des Waldes notwendig wäre. Das sind mindestens 40 oder 50 Jahre. So lange wird nie gewartet. 10 bis 15 Jahre ist das Maximum, 6 bis 8 Jahre das Normale. Das System ist tatsächlich waldzerstörend, wenn die Bevölkerungsdichte einmal 10 bis 15 Menschen pro km² überschritten hat. In weiten Teilen Amazoniens ist dieses Stadium zwar noch nicht erreicht, doch werden die naturbelassenen Räume progressiv kleiner.

Seit Jahrzehnten wird nun eine Diskussion darüber geführt, ob diese Landwechselwirtschaft als rudimentäre Betriebsform (GRENZEBACH, 1984) von den betreffenden Menschengruppen aus Mangel an Kenntnissen über andere Möglichkeiten beibehalten worden ist (BURINGH, 1977 oder HIGGINS et al., 1982 z.B.), ob sie als Wirtschaftsform mit dem geringsten Arbeitsaufwand so lange betrieben wird, wie es eine sehr niedrige Bevölkerungsdichte erlaubt (BOSERUP, 1965 u.a.), oder ob es sich doch um eine ökologisch erzwungene Anpassung an die besonderen Bedingungen der feuchten Tropen handelt (MEGGERS, 1971).

Untersuchungsergebnisse aus den letzten Jahren lassen m.E. nun keinen Zweifel mehr zu, daß es sich nicht nur um eine räumliche Koinzidenz handelt, sondern daß die Landwechselwirtschaft eine agrarökologische Konsequenz der klimatischen und pedologischen Rahmenbedingungen ist, die in den inneren feuchten Tropen herrschen.

An der Yurimaguas *Agricultural Experimental Station* (YAES) sind seit 1972 über 13 Jahre Langzeitexperimente mit dem Ziel durchgeführt worden, festzustellen, ob und unter welchen Bedingungen auf tropischem Ultisol eine Dauerrotation von Trockenreis, Mais und Sojabohnen ohne Zwischenschaltung von Busch- oder Grasbrache durchzuführen möglich ist (Abb. 3.10). Nach manchen Rückschlägen, einem enormen Aufwand an Boden- und Pflanzenanalysen sowie mehrmaliger Notwendigkeit, die Düngetechnik zu ändern (Einzelheiten in WEISCHET, 1988), wurde dann 1981 die Tabelle 3.5 über Kalk- und Kunstdünger-Erfordernisse für eine Reis-Mais-Sojabohnen-Rotation erstmals veröffentlicht (SANCHEZ et al., 1981) und danach in mehreren Publikationen als mögliche agrarwirtschaftliche Alternative für das Amazonasbecken ausgegeben (z.B. SANCHEZ, 1985; NICHOLAIDES et al., 1985).

Die Experimentatoren und Autoren haben allerdings an diese Alternative die oft übersehene, aber wichtige Bedingung geknüpft, daß „*proper management practices as dictated by a constant monitoring of the soil dynamics are used*“ (SANCHEZ et al., 1981). Weshalb die fortlaufende Überwachung der Bodenbedingungen gefordert wird, darauf komme ich nachher zurück. Zunächst sei auf

Dünger ***	Menge/ha	Häufigkeit
Kalk	3 t CaCO ₃ -äquivalent	einmal alle 3 Jahre
Stickstoff	80-100 kg N	nur für Reis und Mais – getrennte Anwendung empfehlenswert
Phosphor	25 kg P	jede Ernte
Kalium	100-160 kg K	jede Ernte – getrennte Anwendung empfehlenswert
Magnesium	25 kg Mg	jede Ernte – es sei denn Dolomit wurde verwandt
Kupfer	1 kg Cu	ein- oder zweimal pro Jahr
Zink	1 kg Zn	ein- oder zweimal pro Jahr
Bor	1 kg B	ein- oder zweimal pro Jahr
Molybdän	20 g Mo	ein- oder zweimal pro Jahr

Tab. 3.5: Kalk- und Dünger-Bedarf* für aufeinanderfolgende Ernten im jährlichen 3-Ernte-Wechsel von Reis-Mais-Sojabohnen oder Reis-Erdnuß-Sojabohnen auf einem Anbaugelände in Yurimaguas, Peru**.

* Gemäß Bodentestanalysen und Empfehlungen;

** Quelle: NICHOLAIDES et al. (1985, in Übersetzung);

*** Calcium- und Schwefelbedarf werden gedeckt durch Kalkstein, Einfach-Superphosphat und Mg-, Cu- und Zn-Träger.

die Düngempfehlungen eingegangen. An ihnen fällt auf, daß die Mengen für verschiedene Kunstdünger durchaus vergleichbar sind mit den in der Hohertragslandwirtschaft der Außertropen auch üblichen, die notwendige Menge an Kalk mit 3,5 Tonnen pro Hektar alle 3 Jahre dagegen bemerkenswert hoch ist. Warum diese Mengen an Kalk oder Dolomit? Anbautechnisch sind sie erforderlich, um die Aluminiumtoxizität zu beseitigen und den pH-Wert so weit anzuheben, daß die effektive Kationenaustauschkapazität sich dem potentiell möglichen Wert annähert, der sowieso sehr niedrig ist. Dadurch wird die künstliche Düngung etwas effektiver, die Gefahr von Trigger-Effekten bleibt bei der geringen Pufferkapazität aber immer sehr groß.

Es läßt sich leicht überschlagen, daß das Angewiesensein auf solche Mengen von Kalk oder Dolomit für jede Form von Landwirtschaft ein großes Problem ist. Da die durch Kalken zu verbessernden Bodeneigenschaften, wie vorher dargelegt, klimainduziert sind, hat dieses Problem schon von daher gesehen mit den speziellen Klimabedingungen zu tun.

Aber die ökologische Schlüsselrolle des Kalks in den Regenwaldgebieten der Tropen reicht noch weiter. Bis auf vernachlässigbare Ausnahmen gibt es nämlich

im Amazonasbecken in Gebieten von der Größe Mittel-Europas nicht eine Tonne Kalk. Und das ist kein Zufall, hat vielmehr neben geologischen auch klimatische Gründe. Die inneren Tropen Afrikas und Südamerikas gehören zu den ältesten Festlandteilen der Erde, die im Untergrund vorwiegend aus sauren Massengesteinen gebildet werden, und deren gebietsweise Überdeckung in der Hauptsache aus ebenfalls sauren, sandigen Sedimenten terrestrischen Ursprungs bestehen. Beide sind vom chemischen Aufbau her schon relativ kalkarm. Die vorhandenen Mengen sind dann unter den klimabedingten chemischen Aufbereitungs- und Auswaschungsbedingungen in langen Erdepochen aus den Verwitterungsdecken entfernt worden. Das zeigen die Analysen der Nährelement-Verteilung in einem Gesamtsystem Regenwald plus ferrallitischem Boden, wie sie z.B. NYE & GREENLAND (1966) im Congo-, oder KLINGE (1976) im Amazonas-Gebiet durchgeführt haben (Abb. 3.8). Unter den gegebenen Standortbedin-

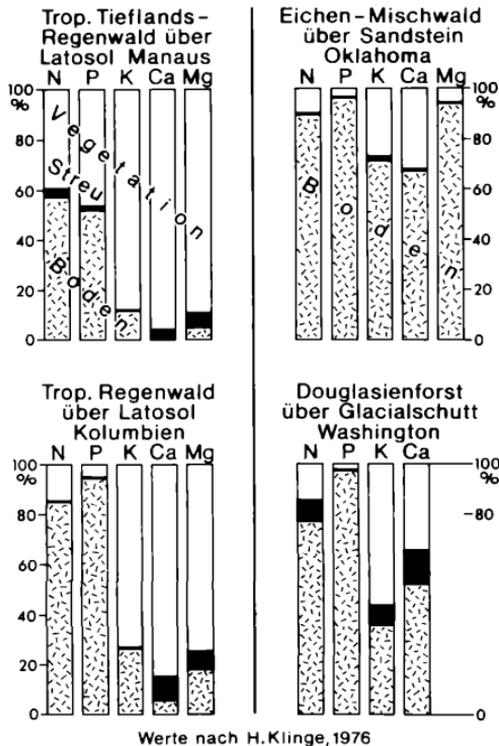


Abb. 3.8: Verteilung der Nährelemente Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Calcium (Ca) und Magnesium (Mg) in der Phytomasse und in den obersten 30 cm des Bodens im Vergleich zweier tropischer und zweier außertropischer Waldökosysteme (Werte nach KLINGE, 1976).

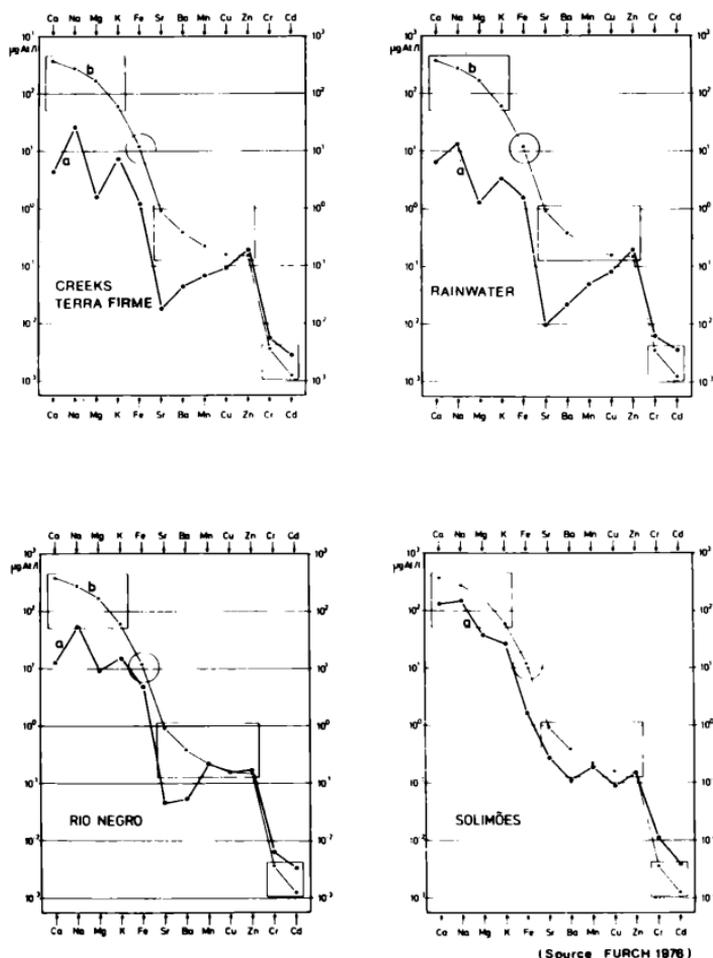


Abb. 3.9: Elementengehalt von Wasser aus Bächen im ungestörten Regenwald bei Manaus im Vergleich mit Regenwasser aus dem gleichen Gebiet, sowie eines Schwarzwasser- (Rio Negro) und eines Weißwasserstromes (Solimões). Die Kästchen und dünnen Linien repräsentieren Mittelwerte über verschiedene Ströme weltweit (nach FURCH, 1976).

gungen steckt, im Gegensatz zu den Verhältnissen in den Außertropen, der allergrößte Teil des Calcium-Vorrates in der Phytomasse, im Boden steckt fast keiner.

Die Folgen für den Nährstoffhaushalt im natürlichen Ökosystem des tropischen Regenwaldes lassen sich aus den vielen Probeanalysen amazonischer Fließ-

Herkunft des Wassers Jahreszeit	Niederschlag		Klarwasser			Schwarzwasser			Weißwasser	
	Tr.Z.	R.Z.	Tr.Z.	Bach 1 Tr.Z.	Fluß 1 R.Z.	Bach 3 Tr.Z.	Fluß 4 Tr.Z.	Fluß 5 R.Z.	Tr.Z.	R.Z.
ges. P	16	11	3	21,4	8,2	4	10	7,6	31	78,6
ges. N	492	413	180	450	258	340	421	366	432	595
NH ₄ -H	145	169	—	—	—	—	46	35	—	—
NO ₃ -N	52	110	4	3	8	—	40	31	40	43
org. N	242	118	—	—	—	—	342	304	—	—
Kjeldahl-N	438	302	170	430	248	3230	372	336	390	550
Ca ⁺⁺	286	140	<20	1250	800	<20	355	316	5790	9880
Mg ⁺⁺	190	122	<10	320	800	<10	186	157	1130	1730
Na ⁺	—	—	190	330	—	1050	—	—	—	—
K ⁺	—	—	170	410	—	790	—	—	—	—

Tab. 3.6: Nährstoffgehalte des Niederschlagswassers und von Gewässern (ppm) in der Nähe von Manaus (KLINGE & ANONYMOUS, 1972).

- 1) Ig. da Enchete (SCHMIDT, 1972 a); 2) R. Tapajós (SCHMIDT, unveröff.);
- 3) Ig. Tarumazinho (SCHMIDT, 1972 a); 4) Rio Negro (ANON., 1972);
- 5) Rio Solimoes (SCHMID, 1972 b). Tr.Z. = Trockenzeit, R.Z. = Regenzeit.

gewässer ableiten, wie sie von SIOLI und seinen Mitarbeitern seit den 70er Jahren durchgeführt worden sind. SIOLI (1965, 1967) selbst hat die entscheidenden Ergebnisse einmal in der Feststellung zusammengefaßt, daß die Wässer der Klar- und Schwarzwasserbäche im Einzugsbereich ungestört erhaltener Tieflandregenwälder am besten verglichen werden können mit leicht verschmutztem destilliertem Wasser. Aufschlußreich sind die Vergleiche von Bach- und Regenwasser wie sie KLINGE & ANONYMOUS (1972) und FURCH (1976) veröffentlicht haben (Abb. 3.9; Tab. 3.6). Klar- und Schwarzwasserbäche sind deutlich ärmer an Makro-Nährelementen als das Regenwasser, insbesondere was die Elemente Ca und Mg betrifft. Bei den großen Flüssen, wie Tapajós und Rio Negro, ist das Fließwasser etwas reicher als Regenwasser. Sie werden über die großen Wasseroberflächen vom Regen gedüngt, wie KLINGE ausführt. Die kleinen Bäche sind dagegen durch das Blätterdach des Waldes vor dem Regen abgeschirmt.

Wenn in ihnen weniger an Ca und Mg enthalten ist, als in dem auf den Wald gefallenen Regen, so müssen diese Elemente erstens zum erheblichen Teil vom Ökosystem aufgefangen und inkorporiert worden sein, und zweitens muß das Ökosystem sehr gut gegen Verlust von Nährelementen durch Ausschwemmung abgesichert sein. Das ist im natürlichen System durch zwei Organisationseigenschaften möglich: durch den Aufbau der Biomasse in Form eines Filtersystems wie es KLINGE & FITTKAU (1972) beschrieben haben, sowie durch die Symbiose zwischen den Regenwaldbäumen und Mycorrhiza. Die Wurzelpilze erhalten von den Bäumen die notwendigen Photosyntheseprodukte und wirken ihrerseits als Nährstoff-Fallen und Nährstoff-Vermittler für ihre Partner.

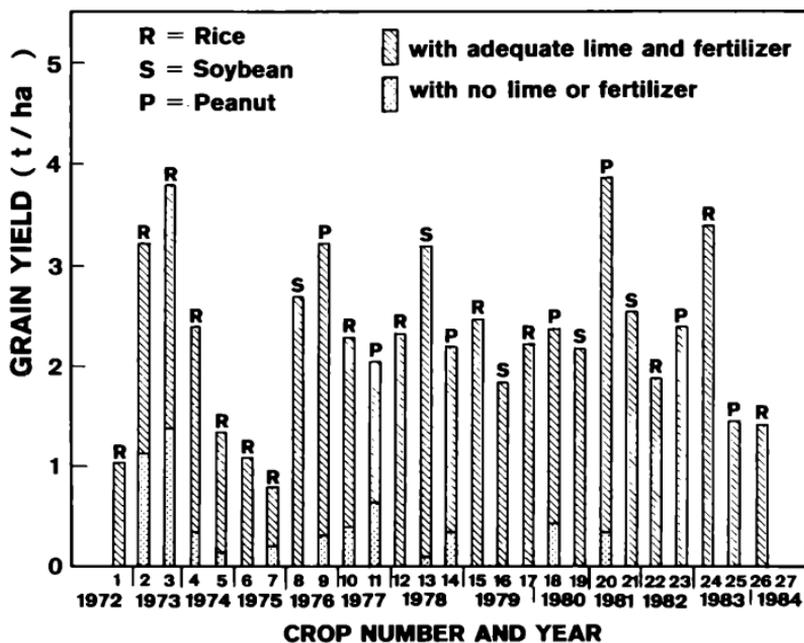
Beide Organisationseigenschaften gewährleisten im ungestörten Waldökosystem einen geschlossenen Nährstoffkreislauf, wie ihn RICHARDS bereits 1952 postuliert hatte und wie ihn NYE & GREENLAND (1969) quantifiziert haben. Der

geschlossene und gut abgesicherte Nährstoffkreislauf mit dem Elementeintrag im wesentlichen über den Regen erlaubt das Wachstum des Waldes über den extrem nährstoff- und austauscharmen ferrallitischen Böden.

Ein künstliches System in der Rotation einjähriger Pflanzen kann keine der beiden Organisationseigenschaften haben. Da es zudem auch noch auf den Export von Biomasse von der Fläche ausgerichtet ist, wird die Zufuhr aller wachstumsnotwendigen Nährelemente zur Voraussetzung dafür, daß auf den Anbauparzellen überhaupt etwas wächst. Und da steht man vor dem riesigen Problem der Nährelementvermittlung unter tropischen Boden- und Wetterbedingungen. Der Boden hat einerseits eine extrem kleine Kationenaustauschkapazität und andererseits eine recht große Permeabilität. Dazu bringt der Wetterablauf außer einer relativ großen Gesamtmenge sehr häufig Starkregenereignisse.

Etwas überspitzt kann man sagen, daß der Anbau einjähriger Kulturpflanzen auf Ultisols oder Oxisols mit Hilfe der Kunstdünger-Technologie nach dem Durchlaufprinzip abläuft. Das macht die fortlaufende Überwachung der chemischen Bodenparameter notwendig, bei dem aber immer ein unberechenbarer Mitspieler in Form des tropischen Niederschlagsgeschehens dem *proper management* einen Strich durch die Rechnung machen kann. Die Probe auf's Exempel kann man in der Ertragsabfolge der Yurimaguas-Experimente ablesen (Abb. 3.10). 1974/75 und 1983/84 sind im Anschluß an außergewöhnlich hohe Niederschlagsmengen jeweils drastische Ertragsseinbrüche erfolgt, deren Ursachen in den entsprechenden Veränderungen der chemischen Bodeneigenschaften dokumentiert sind (Einzelheiten in WEISCHET, 1988).

Bezüglich des Problems, ob die Landwechselwirtschaft eine rudimentäre Betriebsform oder eine ökologisch gebotene Anpassung ist, lassen die Yurimaguas-Experimente zusammen mit den Aufnahmen der Nährelementverteilung im Ökosystem des Regenwaldes (Abb. 3.8) folgende Schlußfolgerung zu: Wenn für eine agrarwirtschaftliche Nutzung große Mengen eines Minerals notwendig sind, das aus geologischen und klimatischen Gründen in den feuchten Tropen als mineralischer Rohstoff, also als Gestein oder Restmineralgehalt in der Petro- und Pedosphäre gar nicht vorhanden, sondern nur aus der Biomasse zu bekommen ist, dann ist es doch selbstverständlich, daß sich der an der Nahrungsmittelproduktion interessierte Mensch dieser Quelle bedienen muß. Inanspruchnahme des Regenwaldes, der auf Grund seiner speziellen Organisationsform allein in der Lage ist, die entscheidenden Nährelemente zu horten, ist also für den landwirtschaftlich Tätigen notwendig. Und da Nahrungsmittelproduktion mit Export von Biomasse und damit von Nährelementen von der einmal kultivierten Fläche verbunden ist, ist auch der Wechsel an eine andere Stellen notwendig, um den dort noch vorhandenen Vorrat an Nährelementen zu nutzen, wenn er an der ersten Stelle aufgebraucht ist. Wald-Feld-Wechselwirtschaft ist also bei der in tropischen Regenwaldgebieten naturgegebenen Aufteilung der wachstumsnotwendigen Nährelemente auf Biomasse- und Boden eine ökologische Notwendigkeit.



(after Nicholaides, III et al 1985)

Abb. 3.10: Ertragsabfolge der Jahre 1972 bis 1984 (insgesamt 27 Ernten) der Versuchsreihe Trockenreis-Soja-Erdnuß-Dauerrotation auf Parzellen ohne Düngung bzw. mit adäquaten Kalk- und Kunstdüngergaben in Yurimaguas.

Das bei der Landwechsellwirtschaft zumeist angewandte Verfahren der Inwertsetzung der Biomasse mit Hilfe des Brennens ist aber, ökologisch gesehen, nicht notwendig, sondern auf lange Sicht kontraproduktiv und letztlich verheerend. Im Rahmen des *slash-and-burn*-Verfahrens landet nämlich unter den tropischen Boden- und Niederschlagsbedingungen ein erheblicher Teil der in der Asche enthaltenen Nährelemente nicht im Boden und über ihn bei Recycling wieder in der Biomasse, sondern in den Fließgewässern (STOLI berichtet, daß eine frische Brandkultur im Einzugsbereich eines Flusses über große Entfernungen flußab in Wasserproben bemerkbar ist). Das muß auf die Dauer zu permanenter Verarmung tropischer Ökosysteme führen, wenn die *slash-and-burn*-Rotationen so schnell vor sich gehen, daß ein ausreichendes Nachschaffen der entscheidenden Nährelemente aus dem Untergrund oder über den atmosphärischen Eintrag nicht mehr möglich ist. Wann bei Fortdauer des Biomassebrennens ein kritisches Stadium erreicht ist, hängt weitgehend von der mineralogischen Zusammensetzung des Muttergesteins und der Verwitterungsdecke ab. Für manche Bereiche mit besonders sauren Muttergesteinen und besonders nie-

drigem Restmineralgehalt der Böden mag das Stadium schon erreicht sein (man denke z.B. daran, daß die Geobotaniker den Unterschied zwischen den *Campos cerrados* Brasiliens und den *Miombo*-Wäldern Afrikas auf die Sterilität der brasilianischen *Cerradoböden* zurückführen). In anderen Gebieten ist bei Fortsetzung der Brenngewohnheiten ein solches Stadium vorprogrammiert.

Konsequenz: Das Brennen der Primär- und Sekundärvegetation sollte vorsichtshalber vermieden und mit jeglicher Biomasse sehr sorgfältig zur optimalen Nutzung des Nährelementgehaltes in möglichst verlustfreiem Recycling umgegangen werden.

Für die optimale Nutzung der Biomasse gibt es inzwischen eine Vielzahl von Vorschlägen. Die weltweit verteilten Forschungsstationen haben sich nach der Einsicht in die Unmöglichkeit von kunstdüngerintensiven Dauerrotationen auf tropischen Ultisols und Oxisols schwerpunktmäßig auf das konzentriert, was z.B. unter den Bezeichnungen *improved systems*, *low input systems*, *ecofarming* oder *agroforestry* läuft. Eine Schlüsselstellung bei allen Verfahren hat der Auftrag oder Eintrag von Biomasse in ungebrannter Form in den Boden. Sie kann so als Langzeitdünger (*slow release system*) und gleichzeitig als entscheidende Verstärkung der Kationenaustauschkapazität im Oberboden wirken.

Danksagung

Der Autor fühlt sich zunächst allen Wissenschaftlern dankbar verpflichtet, welche die Grundlagendaten für die klimatologische und geoökologische Zusammenschau geliefert haben. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft gebührt Dank dafür, daß sie finanzielle Hilfe für die Reisen zur Hume Library der University of Florida in Gainesville und nach Yurimaguas gewährt hat, wo José BENITES und Mitarbeiter wertvolle Informationen zur Verfügung gestellt und Einsichten gewährt haben.

Angeführte Schriften

- ANDERSON, J. M. & SWIFT, M. J. (1983): Decomposition in tropical forests. — In S. L. SUTTON, T. C. WHITMORE & A. C. CHADWICK, Hrsg.: Tropical Rain Forest: Ecology and Management, 287–309, Oxford (Clarendon).
- BAZILEVICH, N. I. & RODIN, L. E. (1971): Geographical regularities in productivity & the circulation of chemical elements in the earth's main vegetation types. — Soviet Geography, Review and Translation Amer. Geograph. Soc., January 1971, 24–53, New York.
- BIRKELAND, P. W. (1974): Pedology, Weathering and Geomorphological Research. — 285 S., Oxford (Oxford Univ. Press).

- BIRKELAND, P. W. (1984): Soils and Geomorphology. — 372 S., New York (Oxford Univ. Press).
- BLÜTHGEN, J. & WEISCHET, W. (1980): Allgemeine Klimageographie. — 887 S., Berlin (DeGruyter).
- BOSERUP, E. (1965): The Conditions of Agricultural Growth: the Economics of Agrarian Change under Population Pressure. — 124 S., Chicago (Aldine Publ.).
- BRAAK, C. (1929): Het klimaat von Nederlands-Indice. — Verhandel. Kon. Magnetisch Meteorol. Observ. 8, Batavia/Ned. India.
- BUOL, S. W. & SANCHEZ, P. A. (1975): Comparison of jungle and savanna soil conditions between South America and West-Africa. — In: Agronomic-Economic Res. on Soils of the Tropics, Annual Rep. for 1975, 287–296, Raleigh N.C.
- BURINGH, P. (1977): Food production potential of the world. — Development 5 (5–7), 477–485 (Pergamon).
- BUTZER, K. W. (1974): Climatic change. — In Encyclopaedia Britanica, 734–735, Chicago.
- COCHRANE, T. T. & SANCHEZ, P. A. (1982): Land resources, soils and their management in the Amazon Region: A state of knowledge report. — In S. B. HECHT, Hrsg.: Amazonia. Agriculture and Land Use Research, 137–209, Cali/Columbia (Centro Int. Agr. Trop., CIAT).
- DUCHAUFOR, P. (1982): Pedology: Pedogenesis and Classification. — 448 S., London (Allen & Unwin).
- FEARNSIDE, P. M. (1986): Human Carrying Capacity of the Brazilian Rainforest. — 293 S., New York (Colombia Univ. Press).
- FITTKAU, E. J. (1971): Ökologische Gliederung des Amazonasgebietes auf geochemischer Grundlage. — Münster. Forsch. Geol. Paläont. 20/21, 35–50, Münster.
- FURCH, K. (1976): Haupt- und Spurenmetallgehalte zentralamazonischer Gewässertypen. Neotropische Ökosysteme. — Biogeographica 7, 27–43, The Hague.
- GRENZBACH, K. (1984): Entwicklung kleinbäuerlicher Betriebsformen in Afrika. — Geogr. Rundschau 36 (1984), 368–376, Braunschweig.
- HIGGINS, G. M., KASSAM, A. H. & NAIKEN, L., Hrsg. (1982): Potential Population Supporting Capacities of Land in the Developing World. — 115 S., Rome (FAO).
- IRION, G. (1976): Mineralogisch-geochemische Untersuchungen in der pelithischen Fraktion amazonischer Oberböden und Sedimente. — Biogeographica 7, 7–25, The Hague.
- KESSLER, A. (1977): Zur Klimatologie der Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche. — Erdkunde, 27, 1–10, Bonn.
- KLINGE, H. (1972): Biomasa y materia organica del suelo en el ecosistema de la pluviselva centro-amazónica. — Acta Ciencia Venezolana (IV. Congreso Latino Americano de la Ciencia del Suelo Maracay 1972) 24, 174–181.

- KLINGE, H. (1976): Bilanzierung von Hauptnährstoffen im Ökosystem tropischer Regenwald (Manaus). Vorläufige Daten. — *Biogeographica* 7, 59–76, The Hague.
- KLINGE, H. & ANONYMOUS (1972): Regenwasseranalysen aus Zentralamazonien, ausgeführt in Manaus, Amazonas, Brasilien, von Dr. Harald Ungemach. — *Amazonia III/II* (August 1972), 186–198, Kiel.
- KLINGE, H. & FITTKAU, E.J. (1972): Filterjunktionen im Ökosystem des Zentralamazonischen Regenwaldes. — *Mitt. Dt. Bodenkundl. Gesellschaft* 16, 130–135, Weinheim.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W. A. (1973): Biomass estimation in a central Amazonian rain forest. — *Acta Ciencia Venezolana* 24, 225–237.
- KOWAL, J. M. & KASSAM, A. H. (1977): Energy load and instantaneous intensity of rainstorms at Samaru, Northern Nigeria. — In D. J. GREENLAND & A. LAL, A., Hrsg.: *Soil Conservation and Management in the Tropics*, 54–70, London (Wiley).
- KREUELS, R., FAEDRICH, K. & RUPPRECHT, E. (1975): An aerological climatology of South America. — *Met. Rdsch.* 28 (1), 17–24, Stuttgart.
- LARCHER, W. (1984): *Ökologie der Pflanzen*. — 4. Aufl., 403 S., Stuttgart (Ulmer).
- LETTAU, H., LETTAU, K. & MOLION, L. C. B. (1979): Amazonia's hydrologic cycle and the role of atmospheric recycling in assessing deforestation effects. — *Monthly Weather Review* 107 (3), 227–237, Washington.
- LIETH, H. (1964): Versuch einer kartographischen Darstellung der Produktivität der Pflanzendecke auf der Erde. — *Geogr. Taschenbuch 1964/65*, 72–80, Wiesbaden.
- MEGGERS, B. J. (1971): *Amazonia: Man and Culture in a Counterfeit Paradise*. — 182 S., Chicago (Aldine).
- MILLER, D. H. (1977): *Water at the surface of the earth*. — *Geophys. Ser.* 21, 557 S., New York (Academic Press).
- MILLOT, G. (1970): *Geology of Clays. Weathering, Sedimentology, Geochemistry*. — 429 S., London (Chapman & Hall).
- MOLION, L. C. B. (1975): A climatonic study of the energy and moisture fluxes of the Amazon Basin with consideration of deforestation effects. — Ph. D. Thesis University of Wisconsin, Madison, Instituto de Pesquisas Espaciais. INPE-923-TPT/035, 1976, 119 S., São Paulo (S.J. Campos).
- NICHOLAIDES III., J. J., BANDY, D. E., SANCHEZ, P. A., BENITES, R. J., VILLACHICA, J. H., COUTO, A. J. & VALVERDE, C. S. (1985): Agricultural alternatives for the Amazon Basin. — *Bio Science* 35 (5), 279–285, Washington.
- NYE, P. H. & GREENLAND, D. J. (1960): *The Soil under Shifting Cultivation*. — Commonwealth Bureau of Soils, Techn. Comm. No. 51, 156 S., Farham Royal (Buchs).
- RICHARDS, P. W. (1852): *The tropical rain forest*. — London (Cambridge Univ. Pr.).
- SALATI, E., MARQUES, J. & MOLION, L. C. B. (1978): Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. — *Interciência* 3 (4), 200–205, Caracas.

- SANCHEZ, P. A. (1976): *Properties and Management of Soils in the Tropics*. – 618 S., New York-London (Wiley).
- SANCHEZ, P. A. (1985): Fertilizer make continuous cropping possible in the Amazon. – *Better Crops Intern.* 1 (1), 12–15.
- SANCHEZ, P. A. & BUOL, S. W. (1975): Soils of the tropics and the world food crisis. – *Science* 188, 598–603, Washington.
- SANCHEZ, P. A., BANDY, D. E., VILLACHICA, J. H. & NICHOLAIDES III., J. J. (1981): Continuous Cultivation of annual Crops. – *Agronomic-Economic Research on Soils of the Tropics*, Techn. Rep. 1980–1981, 11–15, Raleigh/N.C. (Soil Sci. Dept. North Carolina Univ.).
- SCHAEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1976): *Lehrbuch der Bodenkunde*. – 9. Aufl., 394 S., Stuttgart (Enke).
- SCHMIDT, G. W. (1972 a): Amounts of suspended solids and dissolved substances in the middle reaches of the Amazon over the course of one year. – *Amazônia III* (2), 208–233, Kiel.
- SCHMIDT, G. W. (1972 b): Chemical properties of some waters in the tropical rainforest region of central Amazonia along the new road Manaus-Itacoatiara. – *Amazônia II* (2), 199–207, Kiel.
- SCHULTZ, J. (1988): *Die Ökozonen der Erde: Die ökologische Gliederung der Geosphäre*. – 488 S., Stuttgart (Ulmer).
- SIOLI, H. (1965): Zur Morphologie des Flußbettes des Unteren Amazonas. – *Naturwissenschaften* 52 (5), 104–110, Berlin-Heidelberg.
- SIOLI, H. (1967): *Studies in Amazonian Waters. Atlas do Simpósio sobre biota Amazônica*. – *Limnologia* 3, 9–50, Rio de Janeiro.
- SMITH, N. J. H. (1982): *Rainforest Corridors: The Transamazon Colonization Scheme*. – 240 S., Berkeley (Univ. California Press).
- WEISCHET, W. (1980): *Die ökologische Benachteiligung der Tropen*. – 2. Aufl., 127 S., Stuttgart (Teubner).
- WEISCHET, W. (1984): Die klimatischen und ökologischen Bedingungen des Fortbestehens des immergrünen tropischen Regenwaldes. – *Spixiana, Supplement* 10, 55–76, München.
- WEISCHET, W. (1987): *Las condiciones climáticas en Amazonia*. – *Tübinger Geogr. Studien* 94, 17–29, Tübingen.
- WEISCHET, W. (1988): Neue Ergebnisse zum Problem Dauerfeldbau im Bereich der feuchten Tropen. – *Tagungsbericht u. Wiss. Abh.* 46, 66–85, München (Deutscher Geogr. Tag 1987).

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	S. 93-117	5 Abb.	0 Tab.	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	-----------	--------	--------	---------------

4. Die amazonischen Regenwälder als Labor der Evolution

von

Klaus Riede, Freiburg i.Br.

Wie die Narren laufen wir bis jetzt umher; in den ersten drei Tagen können wir nichts bestimmen, da man immer einen Gegenstand wegwirft, um einen andern zu ergreifen. Bonpland versicherte, daß er von Sinnen kommen werde, wenn die Wunder nicht bald aufhören.

Alexander VON HUMBOLDT in einem Brief vom 1. 7. 1799 aus Cumaná an Wilhelm VON HUMBOLDT (aus MEYER-ABICH, 1967: 73)

Zusammenfassung

Die amazonischen Regenwälder sind besonders reich an Pflanzen- und Insektenarten, deren wissenschaftliche Erfassung noch unvollständig ist und deren genaue Zahl nur geschätzt werden kann. Zur Erklärung dieser hohen Diversität existieren gegenwärtig verschiedene Hypothesen, die sich allerdings wechselseitig nicht ausschließen. Die Refugium-Hypothese erklärt den Artenreichtum als Ergebnis der Artbildung in Regenwaldfragmenten, die als Folge pleistozäner Klimaänderungen entstanden. Angesichts neuer Forschungsergebnisse muß diese Hypothese jedoch modifiziert oder sogar verworfen werden. Von großer Bedeutung sind biotische Interaktionen wie Mimikry, „chemische Kriegsführung“ zwischen Pflanzen und Pflanzenfressern sowie komplexe Bestäubungssysteme, die als Motor für Artbildung in Frage kommen. Die mosaikartige Struktur von individuenarmen Populationen fördert genetische Drift und erlaubt die Koexistenz morphologisch ähnlicher Artenschwärme. Für ein tieferes Verständnis dieser Prozesse wären umfangreichere Untersuchungen notwendig, die jedoch nicht durchzuführen sind, falls die gegenwärtige rasante Zerstörung des amazonischen Regenwaldes anhält.

Anschrift des Verfassers:

Dr. K. RIEDE, Zoologisches Institut der Universität, Albertstraße 21 A, D-7800 Freiburg

Abstract

Amazon rain forests as a laboratory of evolution

Amazonian rainforests are extremely rich in plant and insect species on which the present state of knowledge is still incomplete. To explain this diversity, several hypotheses coexist which are mutually not exclusive. The refuge hypothesis explains present diversity as a result of speciation in rainforest fragments induced by Pleistocene climatic changes. However, this hypothesis has to be modified or even rejected in the light of new data. Manifold biotic interactions like mimicry, 'chemical warfare' between plants and herbivores as well as complex pollination systems could stimulate speciation. The mosaic structure of populations, consisting of few individuals, enhances genetic drift and allows coexistence of morphologically similar species bundles. However, the present rate of forest destruction will not leave time for the necessary profound analysis of these processes which are far from being understood.

Resumo

A floresta úmida da Amazônia como laboratório da evolução

A floresta úmida da Amazônia é extremamente rica em espécies vegetais e insetos, cujo conhecimento científico ainda é incompleto e cujo número exato somente pode ser estimado. Para explicar esta grande diversidade existem atualmente várias hipóteses, que entretanto não se excluem mutuamente. A hipótese dos refúgios explica a riqueza de espécies como resultado da formação das mesmas em fragmentos da floresta úmida criados pela ação de mudanças climáticas no Pleistoceno. Entretanto, essa hipótese deve ser modificada ou até mesmo rejeitada, à luz de novos resultados de pesquisa. De grande significado são as interações bióticas como mimetismo, „ação de guerra química“ entre plantas e herbívoros, bem como complexos sistemas de polinização que podem estimular a formação de espécies. A estrutura em mosaico de populações pobres em indivíduos promove o „drift“ genético e permite a coexistência de „enxames“ (*bundles*) de espécies com semelhanças morfológicas. Para um entendimento mais profundo desses processos seriam necessárias pesquisas mais amplas, que entretanto não serão viáveis caso se mantenham as presentes taxas de destruição da floresta amazônica.

Einleitung

Amazonien ist mit ca. 1.000×3.000 km Ausdehnung das größte zusammenhängende Waldgebiet der Erde, durchzogen vom Amazonasstrom, der mit 6.600 km Länge und über 1.000 Nebenflüssen ca. 1/5 des gesamten Süßwassers der Erde zum Meer führt. Dieses Ökosystem der Superlative birgt eine unge-

heure biologische Vielfalt, zeichnet sich aber gleichzeitig durch einen extremen Nährstoffmangel aus. Obwohl der Pflanzenbewuchs üppig entwickelt ist, erlaubt der Mangel an Mineralstoffen in Zentralamazonien (WEISCHET, dieser Band: 72 ff.) nur eine geringe Konzentration tierischen Lebens. So fanden FITTKAU & KLINGE (1973) auf einem Hektar zentralamazonischen Regenwaldes nur 30 kg pflanzenfressender Tiere, im Gegensatz zu 100 bis 300 kg in afrikanischen Savannen. FITTKAU (1985) nennt daher den zentralamazonischen Wald „tierabweisend“ und vermutet, daß dort das ungünstigste Verhältnis von pflanzlicher zu tierischer Biomasse gegeben ist, welches man in der Biosphäre kennt (FITTKAU & KLINGE, 1973). Der Forscher, der Tourist, aber auch der indianische Jäger bekommt daher im Regenwald nur wenige Tiere zu Gesicht. Erschwert wird die Beobachtung durch schlechte Sichtverhältnisse und die versteckte Lebensweise der meisten Arten. Wie ist dann aber die Begeisterung der frühen Forschungsreisenden zu verstehen, wenn etwa BATES (1864: 348) vom brasilianischen Ega als dem Ort schwärmt, „wo die Natur auf Schmetterlingsflügeln die Geschichte der Modifikationen der Spezies wie auf eine Tafel schreibt“? Und weshalb stammen die neuesten Hochrechnungen, die mit 30 Millionen Tierarten auf der Erde rechnen (ERWIN, 1982), aus diesem nährstoffarmen Ökosystem? Daß sich trotz der Mangelsituation eine ungeheure Artenvielfalt entwickelt hat, liegt an raffinierten Anpassungen, die ein Überleben in dieser Situation ermöglichen. Ich will auf einige dieser Wechselwirkungen eingehen und hoffe, zeigen zu können, daß man in der Tat von einem Labor der Evolution sprechen kann. Zuvor jedoch sollen einige grundlegende Fakten behandelt und das immer noch ungenügende Datenmaterial, das den Ausgangspunkt zahlreicher wissenschaftlicher Hypothesen und Kontroversen bildet, dargestellt werden.

Amazonien – ein Mosaik aus Lebensräumen

Obwohl es sich um ein zusammenhängendes Waldgebiet handelt, das nur durch Flüsse und die Eingriffe des Menschen unterbrochen wird, liegt keineswegs ein homogenes Gebiet vor. Auf den bereits erwähnten ökologischen Untersuchungen FITTKAU (1973) basiert eine Untergliederung des Großraums in vier geochemische Provinzen, von denen die zentralamazonische die mineralienärmste ist (Abb. 4.1).

Auch die Niederschlagsmengen sind unterschiedlich verteilt und liegen sowohl im andennahen Nordwestamazonien als auch im küstennahen Bereich bei mehr als 3.000 mm pro Jahr, während sie in der Zentralregion geringer sind. Außerdem beobachtet man in einigen Regionen eine ausgeprägte Trockenzeit, meist zwischen Juni und September (LEOPOLDO, 1983; vgl. WEISCHET, dieser Band).

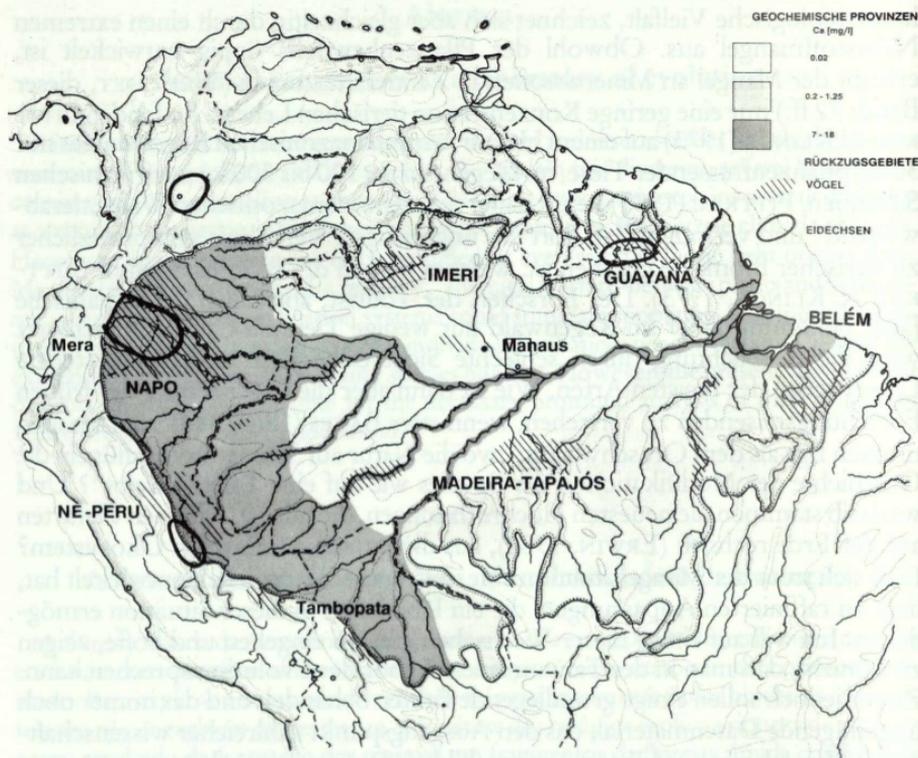


Abb. 4.1: Die vier geochemischen Provinzen Amazoniens (nach FITTKAU, 1983) und die Rückzugsgebiete für Vögel (HAFFER, 1969) und Eidechsen (VANZOLINI, 1970).

Die Gewässer unterteilt man je nach Sedimentfracht, Huminsäuregehalt und der daraus resultierenden Farbe in Weiß-, Klar- und Schwarzwasserflüsse. Charakteristisch für das gesamte Gebiet ist die enge Verzahnung von Wäldern und Fließgewässern, was zur Ausprägung von saisonal überschwemmten *Várzea*- und *Igapó*-Wäldern führt. *Várzea*-Wald findet man auf den Uferwällen der Weißwasserflüsse, der meist überschwemmte *Igapó*-Wald wächst im Flußbett der sedimentarmen Schwarzwasserflüsse. Auf höhergelegenen Gebieten wächst der sogenannte *terra firme*-Wald, der niemals überschwemmt wird. HUECK (1966) unterscheidet 13 Waldgebiete in Amazonien und Orinokien. Zusätzlich gibt es offene, savannenartige Kampflähen mit inselartigem Baumbestand, daneben strauchartige Flächen wie die *Caatingas* und *Campinas*. Das größte zusammenhängende Waldgebiet der Erde besteht somit aus einem Mosaik unterschiedlicher Pflanzenformationen.

Der zentralamazonische *terra firme*-Wald ist besonders reich an Bäumen, Palmen und Lianen. So fand KLINGE (1973) auf nur einem Hektar mehr als 500 Arten. Diese enorme Vielfalt hat jedoch zur Folge, daß einzelne Arten sehr selten und etwa nur mit einem einzigen Exemplar pro Hektar vertreten sind. Die inselartige Verteilung einzelner Pflanzenarten erschwert spezialisierten Pflanzenfressern das Auffinden von Futterpflanzen. Zu einer mosaikartigen Aufgliederung führen außerdem charakteristische Folgen von Pflanzengesellschaften, sogenannte Sekundärformationen, wie sie sich im Bereich abgeschnittener und verlandender Flußarme oder durch umstürzende Urwaldriesen bilden. An diesen Stellen entstehen Lichtinseln, die alsbald von lichthungrigen Pionierpflanzen erobert werden – es kommt zur Ausbildung eines Sekundärwaldes. Diese Sukzessionsgesellschaften beherbergen auch ein charakteristisches Spektrum an Insektenarten (AMÉDÉGNATO & DESCAMPS, 1979).

Zoogeographisch kann man den Guayana-Schild sowie die Randbereiche Amazoniens voneinander trennen (DESCAMPS, 1978). Besonders deutlich wird dies in Nordwestamazonien, wo bereits GÜNTHER (1940) einen kolumbianischen Faunendistrikt abgrenzte. Auf die möglichen historischen Ursachen, die zur Ausbildung dieser Faunenkomplexe führten, wird bei der Diskussion der Refugientheorie eingegangen.

Die faunistischen Besonderheiten Amazoniens

Auffällig ist die Armut Amazoniens an großen Säugetieren, die wohl auf die bereits erwähnte geochemische Verarmung zurückzuführen ist. Für ihr Überleben benötigen Säugetiere riesige Territorien. Die meisten größeren Arten erweisen sich als wenig spezialisiert und zeichnen sich durch eine opportunistische Überlebensstrategie aus. Eine besondere Anpassung zeigen die nomadisierenden Wildschweinherden des Weißbartpekaris (*Tayassu albirostris*) von 200 und mehr Individuen, die reifenden Früchten folgen.

Artenreich entwickelt sind kleinere Säugetiere wie die Fledermäuse, wobei vor allem die blütenbesuchenden und fruchtfressenden Arten als Bestäuber und Samenverbreiter wichtige ökologische Funktionen im Wald erfüllen (DOBAT, 1985). Eine große Artenfülle beobachtet man bei Reptilien, Amphibien und Fischen. So gibt es in Amazonien ca. 2.000 Fischarten, die vielfach noch unbekannt sind. Samenfressende Fische spielen wie die Fledermäuse für die Verbreitung von Urwaldbäumen eine wichtige Rolle (GOULDING, 1985).

Unter den Wirbellosen bilden die Ameisen den größten Anteil an der Biomasse. Einen großen Artenreichtum zeigen alle diejenigen Insektengruppen, die von Holz leben wie Termiten und Larven verschiedenster Käferfamilien, ebenso Pilzfresser sowie Zersetzer, die sich von totem Blattmaterial ernähren. Seltener vertreten sind hingegen Arten, die von Aas oder Kot leben, was auf die geringe Dichte höherer Tiere zurückzuführen ist. Eine Ausnahme ist die Motte *Crypto-*

ses choleopi, die im Fell von Faultieren lebt. Jede Kotabgabe dieser sich langsam bewegenden Tiere wird von der Motte sofort zur Eiablage genutzt (WAAGE & MONTGOMERY, 1976). Auffällig ist das Fehlen von Schnecken in Zentralamazonien. Ursache hierfür ist zweifellos der extreme Kalkmangel (FITTKAU, 1981; vgl. HOPPE, dieser Band).

Es zeigt sich also, daß die hohe Artenvielfalt auf Tiergruppen beschränkt ist, die eine wichtige Funktion im Wald erfüllen, wobei die Insekten als ohnehin artenreichste Tiergruppe an der Spitze liegen.

Mikroorganismen

Durch sogenannte kurzgeschlossene Nährstoffkreisläufe werden bei der Zersetzung von Pflanzenmaterial fast sämtliche Nährstoffe wieder zurückgeführt, so daß sich trotz des nährstoffarmen Bodens eine üppige Vegetation ausbilden kann. Beim Recycling von Mineralien spielen Mikroorganismen eine Schlüsselrolle. Pilze bilden im Bereich der Baumwurzeln mit diesen eine sogenannte Mycorrhiza, mit deren Hilfe Nährstoffe aus der Streuschicht rasch adsorbiert werden können. Als Endosymbionten leben zahlreiche hochspezialisierte Einzeller und Bakterien in Insekten und helfen diesen, einseitige Nahrungsangebote wie Zellulose, Pflanzensäfte oder Blut zu verdauen (KOCH, 1976). Schließlich kontrollieren Mikroorganismen als Parasiten die Populationen höherer Organismen. So sorgen etwa insektenbefallende Pilze dafür, daß bestimmte Insektenarten nicht überhandnehmen (Abb. 4.2). Wo der Mensch das artenreiche Nebeneinander durch Monokulturen ersetzt, beobachtet man oft die Ausbreitung sonst seltener Mikroorganismen. So wurden die riesigen Gummibaumpflantagen des Nordamerikaners LUDWIG am Rio Jarí in den brasilianischen Bundesstaaten Amapá und Pará (vgl. GRAMMEL, dieser Band: 157 f.) durch den Pilz *Microcyclus ulei* zerstört (RANKIN, 1985). Unser Kenntnis dieser Mikroorganismen ist noch gering; diese und erst recht die von ihnen eingesetzten biochemischen Prozesse des Nährstoff- und Mineralrecycling bieten sicher ein interessantes Forschungsfeld der Zukunft.

Die Anzahl der Arten – eine unbekannt große

Erstaunlicherweise kann die einfache Frage nach der Anzahl der Arten lebender Organismen nicht beantwortet werden. Inzwischen schwanken die Schätzungen im weiten Bereich von 3 bis 30 Millionen Arten, einen wissenschaftlichen Namen haben bisher „nur“ 1,7 Millionen Organismen. Die ungeheuerlich anmutende Zahl von 30 Millionen Arten basiert auf Hochrechnungen von ERWIN (1982), der die Insekten der Kronenregion südamerikanischer Regenwälder untersuchte. Im folgenden will ich auf ERWINS Untersuchungen sowie meine

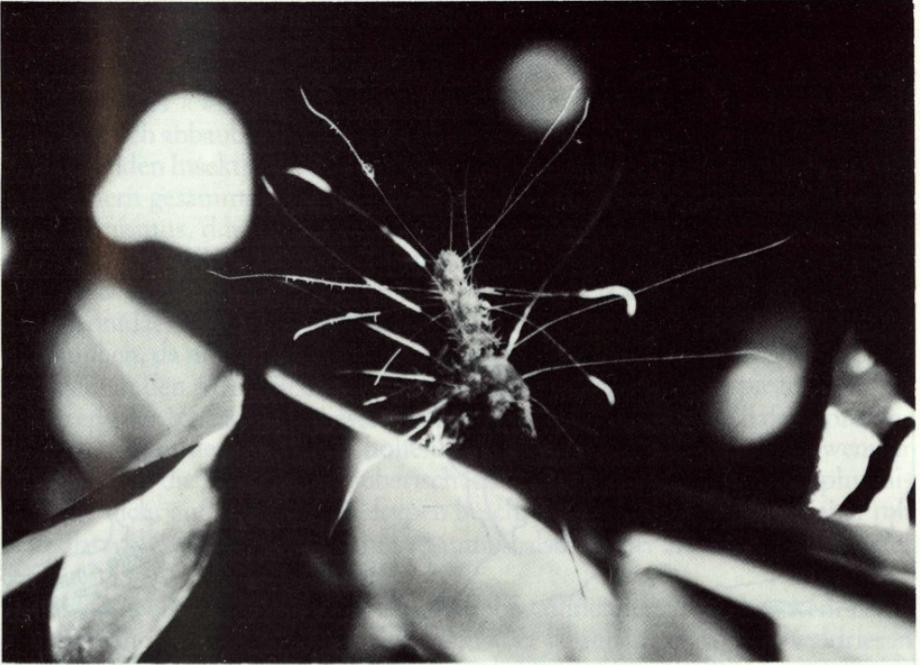


Abb. 4.2: Entomophage Pilze befallen Insekten und verhindern so deren massenhafte Vermehrung. Aus einer 2 cm langen Raupe ragen die Sporenträger der Pilze heraus. (Foto: B. KRAUSS, Tinalandia/Ecuador, 1988).

eigenen Arbeiten an Heuschrecken und Grillen der Kronenregion eingehen. „Noch ein Neuland gibt es zu entdecken – nicht zu unseren Füßen, sondern 30–60 m darüber“, schrieb um die Jahrhundertwende der Zoologe William BEEBE (1917: 85). Diese Worte sind auch noch nach 80 Jahren gültig. Die Kronenregion ist die produktivste Region des Regenwaldes, da dort eine große Blattmasse, zusammengesetzt aus Bäumen, Lianen und Epiphyten, in raffinierter Schichtung für eine optimale Ausnutzung des Lichtes sorgt. Nur ca. 1 % des Lichtes gelangt auf den Boden des Regenwaldes. In den Kronen kann sich sogar Humus mit entsprechenden Bodenbewohnern ansammeln, so daß man vom „Wald über dem Walde“ sprechen kann. Viele Tiere wie z.B. verschiedene Opossumarten, Frösche und vor allem Insekten kommen niemals auf den Waldboden hinab. Die dichte Vegetation in den Regenwäldern macht es fast unmöglich, die Kronenregion vom Boden aus zu beobachten. Dieser Lebensbereich ist fast nur mit aufwendigen Klettertechniken zu untersuchen (MITCHELL, 1986; PERRY, 1985; RIEDE, 1989). Eine andere Möglichkeit der Beobachtung bieten indirekte Methoden wie das Versprühen von Insektiziden, das Sammeln in frisch gefällten Bäumen, wozu es leider allzuviel Gelegenheit gibt, sowie Lautaufnahmen.

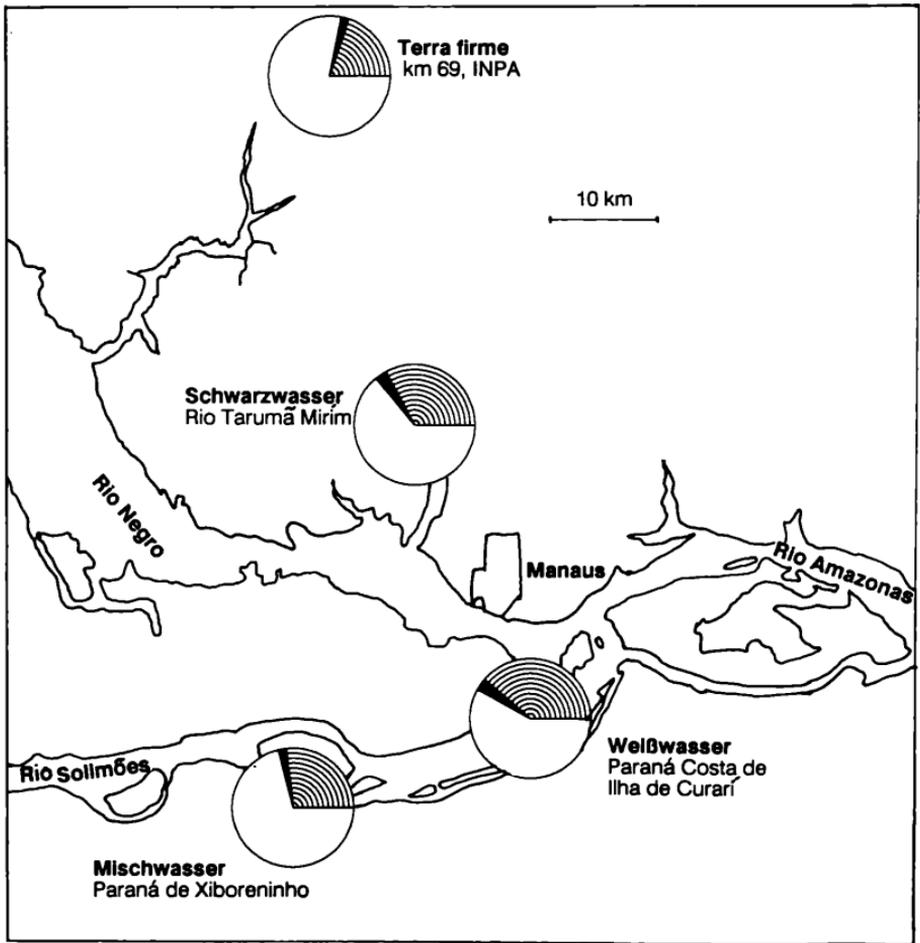


Abb. 4.3: Ergebnisse von Käfersammlungen in der Kronenregion (vereinfacht nach ERWIN, 1983): An vier ökologisch verschiedenen, aber nahe beieinanderliegenden Fundorten (man beachte den Maßstab) in Zentralamazonien fand ERWIN ganz unterschiedliche Käferarten. Weiß ist der Anteil der endemischen Arten, die nur an diesem Fundort zu finden sind. Die übrigen Arten kommen auch an anderen Fundorten vor. Das Sammelgebiet von ERWIN ist das in Abb. 4.1 eingezeichnete Rechteck. Nur ein verschwindend geringer Anteil der Arten ist an allen Fundorten zu finden (schwarz).

Sammeln mit Insektengift

Die spektakulärsten Aufsammlungen von Insekten aus der Kronenregion stammen von ERWIN (1983), der mit einer ausgefeilten ferngesteuerten Apparatur biologisch abbaubares Insektengift in der Kronenregion versprühte. Die herunterfallenden Insekten, in der Hauptsache Ameisen und winzige Käfer, wurden auf Tüchern gesammelt. Die Analyse dieses Materials zeigte einen hohen Grad an Endemismus, d.h. Arten, die auf ein kleines Verbreitungsgebiet beschränkt sind (Abb. 4.3). Eine detailliertere Analyse im Tambopata-Nationalpark in Peru ergab, daß die pflanzenfressenden Blatt- und Rüsselkäfer (Chrysomelidae und Curculionidae) besonders artenreich sind (FARRELL & ERWIN, 1988). Dies ist verständlich, da diese Arten oft auf wenige Futterpflanzen spezialisiert sind und somit direkt den Artenreichtum der tropischen Gewächse widerspiegeln. Sie folgen streng der Verbreitung dieser Futterpflanzen und bilden inselhafte, „provinzielle“ Vorkommen mit einem hohen Grad an Endemismus. Weitaus weniger Arten enthält die Familie der räuberisch lebenden Kurzflüglerkäfer (Staphylinidae), die nicht auf spezielle Waldtypen beschränkt sind, deren Vielfalt aber mit dem Blattvolumen des untersuchten Baumes, also mit der „Architektur“, korreliert ist.

Ähnliches beobachtet man bei den baumbewohnenden Heuschrecken. Diese farbenprächtigen Tiere wurden erst in den 70er Jahren in gefällten Urwaldriesen entdeckt und systematisch gesammelt (vgl. DESCAMPS, 1978). Die inselartige Verbreitung der Futterpflanzen hat bei den Heuschrecken morphologische Auswirkungen: Die zahlreichen bunten Arten der Kronenregion sind größtenteils kurzflügelig und damit flugunfähig, weshalb sie ihr Leben lang an „ihren“ Nahrungsbaum gebunden sind (RIEDE, 1987). Kurzflügeligkeit findet man sonst bei inselbewohnenden Tieren oder solchen des Hochgebirges, deren Verbreitung auf bestimmte Bergregionen beschränkt ist. Im Regenwald führt die mosaikartige Pflanzenverteilung zu einer Inselsituation. Bäume derselben Art stehen oft kilometerweit voneinander entfernt, und aus der Sicht eines mono- oder oligophagen Insekts ist der Wald eine „Wüste“, aus der „sein“ Futterbaum inselartig herausragt. Wie die Kolonisierung neuer Nahrungsquellen vonstatten geht, ist noch unklar. Innerhalb der kleinen, weit voneinander entfernten Populationen kommt es zu Inzucht. Der Genfluß zwischen den inselartig verteilten Populationen ist reduziert, was die Artbildung begünstigt.

Die Hochrechnung von ERWIN (1982) basiert auf Untersuchungen an 19 Bäumen der Art *Luehea seemannii*, einer Lindenart aus Panama. Hier fand er in der Kronenregion insgesamt 1.100 Käferarten. Von den 682 Pflanzenfressern schätzt ERWIN 20 % als wirtsspezifisch, d.h. nur auf dieser Baumart vorkommend, ein, von den 296 räuberisch lebenden Arten 5 %, 10 % der 69 pilzfressenden Arten und 5 % der 96 Aasfresser (ERWIN, 1982). Dies ergibt ca. 160 wirtsspezifische Käfer der Kronenregion pro Baumart. Da Käfer ungefähr 40 % aller Arthropodenarten ausmachen, kann man mit 400 Arthropodenarten pro Baum-

art rechnen. Hinzu kommen dann noch ca. 200 bodenbewohnende Arten, also insgesamt 600 Arten pro Baum. Multipliziert mit den bekannten 50.000 tropischen Baumarten ergibt dies eine Anzahl von 30 Millionen Gliederfüßlern (Arthropoden). Die dieser Hochrechnung zugrunde liegenden Annahmen sind natürlich spekulativ – insbesondere ist die Zahl der Baumarten wohl zu hoch veranschlagt, und die Schätzung ERWINS wird möglicherweise nach oben oder unten korrigiert werden müssen. Für eine exakte Messung ist es ohnehin zu spät, da weltweit ungefähr die Hälfte des tropischen Regenwaldes bereits unwiederbringlich zerstört wurde. Das wichtigste Ergebnis dieser Arbeit ist, daß die scheinbar einfache Frage, wie viele Organismenarten es auf der Erde gibt, derzeit nicht beantwortbar ist. Die Zahl der Arten beträgt aber sicherlich ein Vielfaches der bisher wissenschaftlich beschriebenen Organismen, und mindestens die Hälfte davon lebt in tropischen Regenwäldern.

Die Schätzung MAYs

Auf einem anderen Wege gelangte der Ökologe MAY (1986) zu einer Schätzung der Artenzahl: Die doppeltlogarithmische Auftragung der Tiergröße gegen die Zahl der Arten ergibt eine Gerade mit der Steigung „-2“, d.h. es gibt etwa 100 mal mehr Arten von 10 als von 100 cm Länge (Abb. 4.4). Unterhalb von 1 cm fällt jedoch die Zahl bekannter Arten unter die extrapolierte Kurve, die, würde man sie bis 0,5 mm extrapolieren, eine Artenzahl von 10 Millionen vorhersagen würde. Denkt man an unsere Wissenslücken über tropische Wirbellose wie Insekten, Milben und Mikroorganismen, so scheint die Voraussage MAYs nicht unwahrscheinlich. Vollkommen unklar ist beispielsweise die Zahl der Mikroorganismen, die als sogenannte Endosymbionten in bestimmten Insektenarten leben und ihnen beim Aufschluß schwer verdaulicher Nahrungsquellen helfen (KOCH, 1976). Nicht einmal die Insektenarten sind bekannt, geschweige denn ihre meist wirtsspezifischen Bewohner, von denen sie oft mehrere Arten beherbergen.

Gründliche Studien wie die von ERWIN (1983) sind leider äußerst zeitaufwendig, da das Material präpariert und bestimmt werden muß. So kann ERWIN derzeit nur 5 der insgesamt 11 Waldtypen des Tambopata-Reservats in Peru untersuchen. Gleichzeitig schreitet die zerstörerische Entwicklung Amazoniens immer schneller voran, so daß bereits jetzt Arten vernichtet sind, ohne daß dies überhaupt registriert wurde (WILSON, 1989). Auf dem Zoologenkongreß in Davis/Kalifornien wurde daher eine konzertierte Aktion von Wissenschaftlern zu einer Art Schnellerfassung der Vielfalt an ausgesuchten Organismengruppen gefordert, bevor es zu spät ist (ROBERTS, 1988). Eine vollständige Aufnahme ist derzeit angesichts der Geschwindigkeit der Zerstörung und des Mangels an Spezialisten aussichtslos.

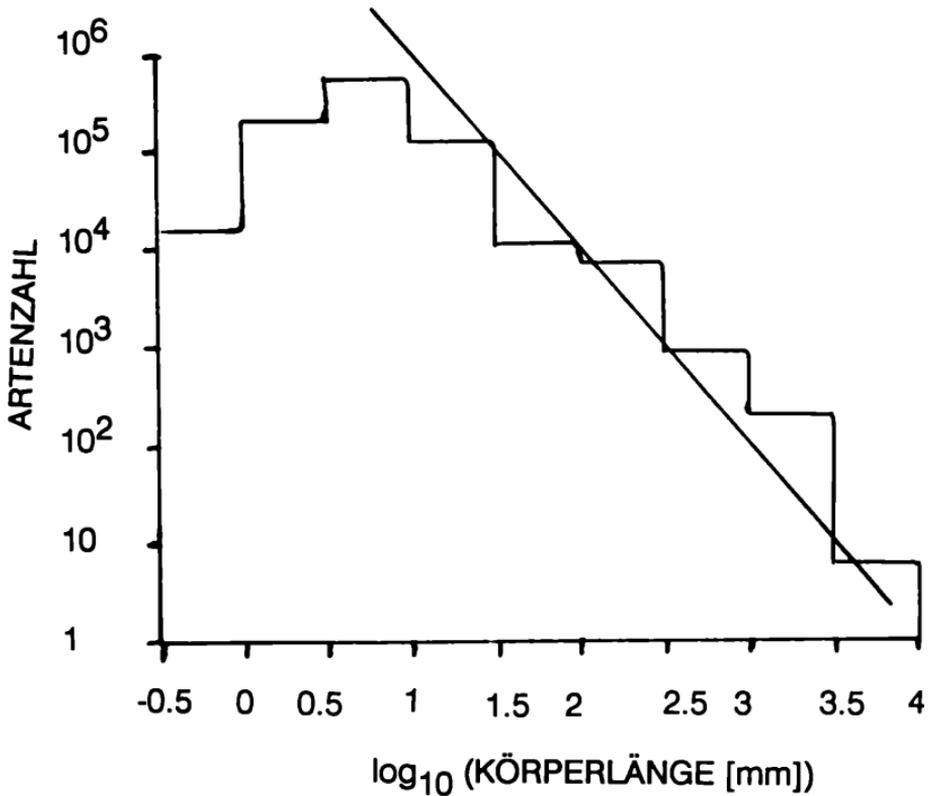


Abb. 4.4: Abhängigkeit von Artenzahl und Artgröße in doppelt-logarithmischer Auftragung (nach MAY, 1978). Zwischen 1 cm und 10 m können die empirischen Daten durch eine Gerade mit der Steigung „-2“ approximiert werden. Unterhalb von 3 mm ($\log -0,5$) gilt diese Beziehung nicht mehr. Dies liegt wahrscheinlich an der mangelhaften systematischen Erfassung kleiner Organismen.

Ein bioakustischer Diversitätsindex?

Zur Zeit arbeite ich an einem System zur Erfassung der Diversität, das auf der Analyse von Tierlauten basiert. Aufgrund der schlechten Sichtverhältnisse im Regenwald sind mehr Tiere zu hören als zu sehen. Auch hier bilden die Insekten die Mehrheit der Musikanten. Zikaden veranstalten oft einen ohrenbetäubenden Lärm. Grillenmännchen erzeugen mit ihren Flügeln einen artspezifischen Gesang mit einer festgelegten „Sendefrequenz“ und einer bestimmten Pulsrate, an der die Weibchen ihren Artgenossen erkennen (HUBER & THORSON, 1986;

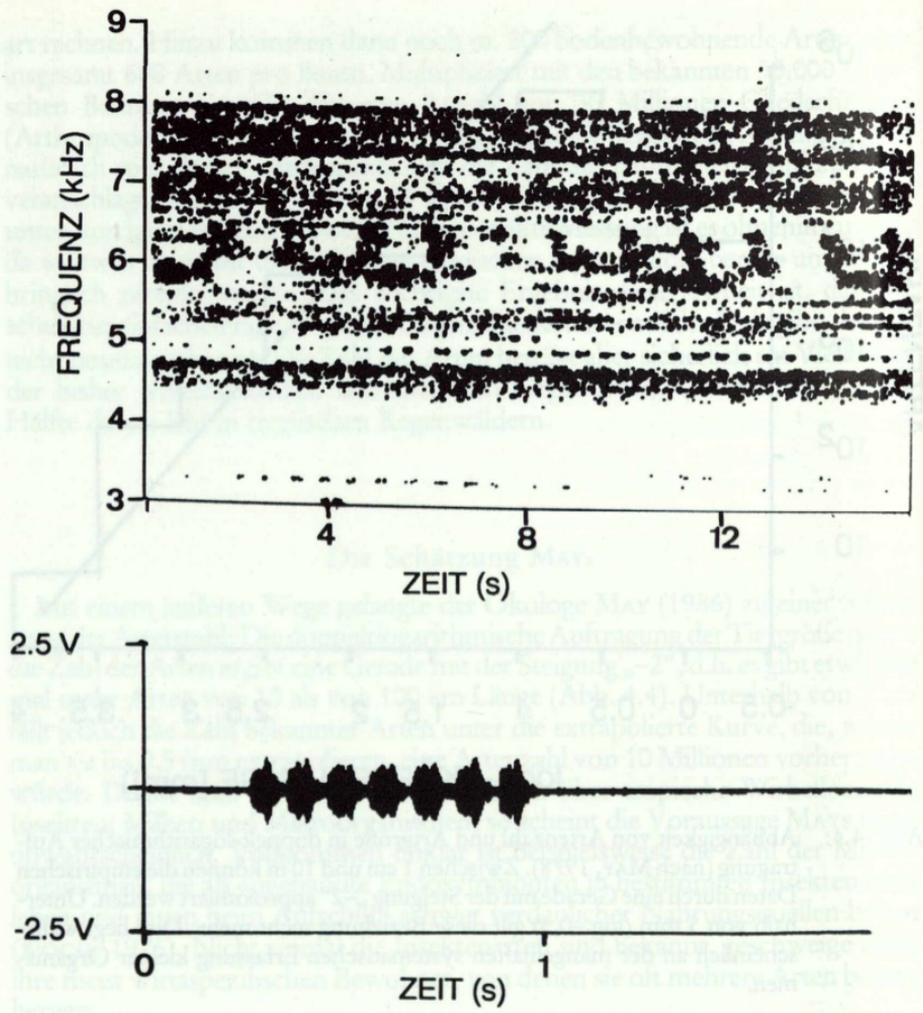


Abb. 4.5: Mit dem Spektrographen kann der Zeitverlauf und die Frequenzzusammensetzung der Urwaldgeräusche dargestellt werden. Besonders komplex ist die Zusammensetzung zwischen 18 und 20 Uhr im Frequenzbereich von 3–9 kHz, dem „Sendekanal“ von Grillen. Durch Filterung können die charakteristischen Zeitmuster einzelner Gesänge „herauspräpariert“ werden. In der unteren Kurve ist das Oszillogramm einer Gesangsstruktur aus dem Bereich 4,7 kHz dargestellt. Trägerfrequenz und Zeitstruktur der Gesänge sind artenspezifisch.

Abb. 4.5). Auf einer biologischen Exkursion nach Ekuador konnte ich zusammen mit Tübinger Studenten dank der Hilfe von Quichua-Indianern eine Plattform in der Kronenregion errichten und die Geräusche des Urwaldes in 22 m Höhe registrieren (RIEDE, 1989). Besonders nach Beginn der Dämmerung zwischen 18 und 20 Uhr nimmt die Lautstärke zu, was im wesentlichen auf die Gesänge von Grillen und Fröschen zurückzuführen ist, die die Frequenzen zwischen 3 und 9 kHz gleichmäßig belegen (Abb. 4.5). Man kann aus diesem Klanggewirr einzelne Arten herausfiltern und bekommt so ein grobes Maß für die Anzahl der Arten an einem bestimmten Standort. Diese Methode ist zwar auf singende Tiere beschränkt, ist aber wesentlich schneller und schonender als die Aufsammlung. Ich hoffe, damit einen groben Überblick über die Verbreitung von Grillenarten im ekuadorianischen Amazonasgebiet zu bekommen. In einigen Fällen gelang der Fang, wobei sich zeigte, daß die Arten trotz eines relativ lauten Gesangs nur 3 mm groß waren. Im Feuchtwald scheint sogar ein Trend zur Miniaturisierung zu bestehen: Man findet dort nicht nur die größten, sondern auch die kleinsten Insektenarten. Dies liegt möglicherweise an der andauernd hohen Luftfeuchtigkeit im Regenwald: Da sich das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen bei sinkendem Volumen zugunsten der Oberfläche verschiebt, verdunsten kleine Tiere relativ mehr Wasser als große. Insbesondere zarthäutige Organismen wie z.B. Grillen würden bei zunehmender Miniaturisierung in trockenen Biotopen austrocknen. Bei Luftfechtigkeiten von über 90 % können es sich diese Organismen hingegen „leisten“, kleiner zu werden. Wie aus der Kurve von MAY (Abb. 4.4) hervorgeht, enthält eine Tiergruppe umso mehr Arten, je kleiner ihre Vertreter sind. Dies ist plausibel, da für kleine Tiere die Anzahl ökologischer Nischen und die Zahl der Arten steigt. Die Vielfalt der angenommenen Gesänge sowie die Kleinheit der Sänger lassen vermuten, daß die tropische Grillenfauna noch sehr viele unbeschriebene Arten enthält.

Ursachen der Artenvielfalt

Refugium-Theorie

Als Erklärung für den Artenreichtum der Regenwälder wird häufig die Annahme konstanter ökologischer Bedingungen seit 60 Millionen Jahren herangezogen (FEDOROV, 1966; RICHARDS, 1969). Das Amazonasgebiet hat jedoch während der Erdgeschichte dramatische Änderungen erlebt, wie etwa die Umkehr der Flußrichtung des Amazonas, hervorgerufen durch die Auffaltung der Anden. Geologische Daten sowie die Pollenanalyse zeigen, daß speziell während des Pleistozän und des frühen Holozän Klimawechsel und somit Änderungen der Vegetation stattgefunden haben, so daß eher wechselhafte als dauernd konstante Bedingungen charakteristisch für das Amazonasgebiet sind. Während der Eiszeiten war das Klima kühler und trockener (vgl. HOPPE, dieser Band: 35 ff.), so daß Regenwald nur noch in den feuchtesten Gebieten, den soge-

nannten Refugien, existieren konnte. Die übrigen Gegenden wurden zur Savanne oder *Caatinga*. An den tropischen Feuchtwald angepaßte Organismen starben aus oder zogen sich in die verschiedenen Refugien zurück, wo sie sich nun räumlich isoliert voneinander in unterschiedliche Arten aufspalteten (PRANCE, 1985; Abb. 4.1). So schloß HAFFER (1969) aus der gegenwärtigen Verteilung nahe verwandter Tukanarten (Ramphastidae) auf die Existenz mehrerer Refugien (Abb. 4.1). Außerdem liegen dieser Karte klimatische Daten sowie die heutigen sekundären Kontaktzonen zwischen differenzierten Spezies zugrunde. Dies sind diejenigen Bereiche, wo sich die in den Rückzugsgebieten voneinander isolierten Arten nach dem Zusammenwachsen der Refugien wieder treffen.

Ähnlich ging der brasilianische Herpetologe VANZOLINI (1970) vor, der eine Karte der Rückzugsgebiete aufgrund der Verbreitung von Eidechsen entwarf (Abb. 4.1). Ein wesentlich differenzierteres Bild ergeben die Untersuchungen an Schmetterlingen. So forderte BROWN (1982) aufgrund der Verbreitung von Arten der Gattung *Heliconius* insgesamt 44 Endemismuszentren, die wahrscheinlich auch während des Pleistozän stabil waren, wobei allerdings auch Mexiko und Südbrasilien berücksichtigt wurden. Die Amazonasregion wird aufgrund seiner Daten wesentlich feiner aufgeteilt, deckt sich aber weitgehend mit den von HAFFER (1969) geforderten Refugien. Unterschiede sind zu erwarten, da die Artbildung bei Insekten aufgrund der kürzeren Generationszeit möglicherweise schneller vonstatten geht.

Der Botaniker PRANCE (1982) untersuchte die Holzgewächse und vermutet 14 Endemismuszentren in Amazonien. Hierbei fand er sogenannte disjunkte Verbreitungsmuster, d.h. Baumarten, die in weit voneinander entfernten Gebieten vorkommen. Möglicherweise waren sie in Rückzugsgebieten isoliert und haben es nicht geschafft, seit der Wiederbewaldung die Zwischengebiete erneut zu besiedeln. Aufgrund der längeren Generationszeit bei Bäumen kam es hier nur in wenigen Fällen zur Ausbildung unterschiedlicher Arten.

Wenn während der Eiszeit weite Teile Amazoniens von Savanne bedeckt waren, so kann man umgekehrt heute von „Savannenrefugien“ sprechen, in denen die trockenheitliebenden Arten wie auf Inseln isoliert sind. Die Untersuchung von Savannenpflanzen unterstützt die Hypothese von einstmaligen großen zusammenhängenden Savannenbiotopen (SASTRE, 1976).

Kritik der Refugium-Hypothese

Die geologischen Hinweise für die Klimawechsel wurden bereits im ersten Beitrag dargestellt (HOPPE, dieser Band: 35 ff.). Die biologische Beweislage ist allerdings etwas unübersichtlicher. Der schwache Punkt der Refugium-Hypothese ist der Rückschluß von der Verbreitung lebender Arten auf weit zurückliegende biogeographische Verbreitungsmuster, ohne daß Fossilien vorliegen. Der Paläontologe RAUP (1988) argumentiert, daß die Einengung der Verbreitungs-

gebiete in flächenmäßig weitaus kleinere Rückzugsgebiete zur Reduktion der Artenvielfalt geführt haben müßte. Er gibt zu bedenken, daß es schwer vorstellbar sei, wie der derzeitige Reichtum an Endemismen in Amazonien seit der letzten Eiszeit, also in nur 10.000 Jahren, entstanden sein kann. Da mehrere Eiszeiten aufeinander folgten, hätte dieser Prozeß mehrmals innerhalb kürzester Zeit stattfinden müssen. CRACRAFT & PRUM (1988) zeigten durch die Aufstellung von Stammbäumen an je einer Papageien- und Tukangattung (*Pionopsitta* und *Selenidera*), daß es möglicherweise lange vor den eiszeitlichen Klimaänderungen zur Fragmentierung eines einstmals großen, weit über Amazonien hinausreichenden Waldgebietes kam. Leider reichen die geologischen Daten nicht aus, die Zeitpunkte und Ausdehnung der voreiszeitlichen Refugien festzustellen. Auch immunologische und genetische Untersuchungen weisen darauf hin, daß die untersuchten Arten wesentlich älter als die eiszeitlichen Refugien sind. HEYER & MAXSON (1983) zeigten an Fröschen, daß sich amazonische Arten von solchen des Küstenregenwaldes bereits im frühen Känozoikum abgespalten haben. Genetische Untersuchungen an drei Speziesgruppen von Vögeln (Pipridae), die jeweils an gegenüberliegenden Flußufern vorkommen, lassen auf ein Aufspaltungsalter von 2,65 Millionen Jahren schließen (CAPPARELLA, im Druck; zitiert in CRACRAFT & PRUM, 1988). Selbst innerhalb einer Unterart (*Pipra coronata coronata*) vermutet CAPPARELLA ein Aufspaltungsalter von 0,92 Millionen Jahren. Somit sind die untersuchten Arten wesentlich älter als die eiszeitlichen Refugien. Die Existenz prä-pleistozäner Refugien erklärt möglicherweise auch die Differenz zwischen den HAFFERSCHEN und VANZOLININISCHEN Refugien (Abb. 4.1). Da es erdgeschichtlich bereits vor der Eiszeit zur Fragmentierung des Waldgebietes kam, überlagert sich der Fragmentierungsprozeß mit der Geschichte der jeweiligen Tiergruppe. Jede Gruppe zeigt eine besonders „heiße“ Phase der Artbildung, die sogenannte Radiation. Kommt es während dieser Phase zur Aufspaltung der Population, wird dies relativ schnell zur Ausbildung zweier Arten führen. Die Endemismenverteilung einer Tiergruppe spiegelt somit den Fragmentierungszustand zum Zeitpunkt ihrer Radiation wider. Im Falle des Guayana-Schildes stimmen die Endemismuszentren für verschiedene Gruppen wie Eidechsen und Vögel überein (Abb. 4.1) – ein Hinweis darauf, daß diese Region besonders lange vom Rest Amazoniens isoliert war. Insekten hingegen könnten aufgrund ihrer schnellen Generationsfolge und feineren Einnischung schneller insbesondere auf sekundäre Ausdehnung reagieren, so daß die hohe Anzahl an Endemismuszentren bei Schmetterlingen (BROWN, 1982) verständlich wird.

Der Ökologe COLINVAUX (1989) gründet seine Kritik an der Refugium-Hypothese auf neueste Pollenuntersuchungen. Er fand in Mera/Ecuador, im Bereich des Napo-Refugiums (Abb. 4.1), in 18.000 Jahre alten Bodenschichten Pollen von Steineiben (*Podocarpus* sp.) in 1.100 m Höhe. Dieser Nadelbaum wächst heute nur in den kühleren Bergregenwäldern oberhalb von 1.800 m, was zeigt, daß damals das Gebiet um Mera kälter gewesen sein muß und somit als Rückzugsgebiet für wärmeliebende Tieflandarten nicht in Frage kam. Die

meisten der erwähnten Refugien sind solche höher liegenden Gebiete, die heutzutage höhere Niederschläge aufweisen, während der Eiszeiten aber wohl einfach zu kalt für Tieflandbewohner waren. Die Rückzugsgebiete müssen also im Tiefland gelegen haben, beispielsweise an Flußufern in Form sogenannter Galerienwälder (KUBITZKI, 1985). COLINVAUX (1989) dreht das Refugienmodell sogar um und vermutet, daß in den warmen Perioden auch höhergelegene Bergregenwälder besiedelt wurden, wobei sich diese Arten von ihren Schwesterpopulationen im Tiefland abspalteten und eigene Formen ausbildeten. Meine eigenen systematischen Untersuchungen an Heuschrecken des Bergregenwaldes in Ekuador bestätigen diese Vermutung. Wenn die Pollendaten von COLINVAUX (1989) stimmen, sollten diese Arten in den letzten 10.000 Jahren entstanden sein. Von Insekten sind Beispiele für Artbildung innerhalb von nur 1.000 Jahren bekannt (ZIMMERMANN, 1960).

ENDLER (1982) vertritt die Auffassung, daß für die Artbildung eine räumliche Trennung nicht unbedingt notwendig sei, sondern daß der Genfluß zwischen räumlich entfernten Individuen am Rand einer Population so gering ist, daß es durchaus zur sogenannten „parapatrischen Speziation“ kommen kann. Umgekehrt muß räumliche Isolierung nicht zwangsläufig zur Artbildung führen. Wie bereits ausgeführt, setzt sich Amazonien aus einem Mosaik unterschiedlicher Regionen zusammen. Die voneinander abweichenden Bedingungen könnten somit auch ohne die Annahme von Refugien zur Ausbildung unterschiedlicher Formen entlang ökologischer Gradienten geführt haben. ENDLER (1982) definierte sogenannte Zonen ökologischer Gleichförmigkeit, die sich hinsichtlich Vegetation, Niederschlagsmenge, Böden und Ökologie nicht wesentlich unterscheiden und außerdem nicht von Flüssen durchschnitten werden. Diese Zonen überlappen mit den Refugien. ENDLER (1982) formulierte genaue Kriterien, um zwischen Refugium-Hypothese und seinem Gradientenmodell zu unterscheiden; dabei schließen sich beide Hypothesen durchaus nicht gegenseitig aus. Hierzu sind Daten über Lage und Weite der sekundären Kontaktzonen, wo die Begegnung zwischen nahe verwandten Arten stattfindet, notwendig. ENDLER (1982) schlägt vor, die Kontaktzonen zwischen zwei ausgewählten Refugien an verschiedenen Organismengruppen zu studieren.

Eigene Untersuchungen an der noch unbeschriebenen Heuschreckenart *Galidacris* sp. zeigen, daß es selbst innerhalb des kleinen Gebietes der ekuadorianischen Naporegion zur Ausbildung verschiedener Unterarten kommen kann. So haben *Galidacris*-Individuen in einem kleinen Gebiet am linken Ufer des Rio Napo rote Beine, am rechten Ufer und angrenzend an das kleine Gebiet auf der linken Naposeite jedoch grüne Beine. Hinsichtlich des komplizierten Balzverhaltens unterscheiden sich beide Formen nicht, so daß es sich wahrscheinlich um Farbvarianten der gleichen Art handelt. Übergangsformen sind jedoch nicht zu finden, so daß es hier möglicherweise zur Aufspaltung der Art kommen wird, und zwar innerhalb eines Refugiums und in einem Gebiet ökologischer Gleichförmigkeit.

Mutualismen und Koevolution als Motor der Artenvielfalt

Mit der Zahl der Arten steigen auch deren mögliche Beziehungen untereinander. So häufen sich im Regenwald komplizierte Wechselwirkungen zwischen Räubern und Beute, Wirten und Parasiten, Pflanzenfressern und Futterpflanzen, Blüten und Bestäubern, an denen oft nicht nur zwei, sondern mehrere Arten beteiligt sind. So verfolgen verschiedene Vogelarten, insbesondere aus der Familie der Ameisenvögel (Formicariidae) Züge von Treiberameisen (*Eciton burchelli*), um die von ihnen aufgeschreckten Insekten zu vertilgen. Im Schlepptau kann man außerdem Schmetterlinge (Ithomiinae) beobachten, die aus dem Kot der Ameisenvögel seltene Mineralien aufnehmen (RAY & ANDREWS, 1980). Viele zwischenartige Beziehungen sind so eng, daß eine Art nicht mehr ohne die andere existieren kann. Tropische Regenwälder sind besonders reich an Beispielen für Koevolution, d.h. aufeinander abgestimmter Evolution verschiedener Organismen. Einige wenige müssen hier genügen, um einen kleinen Eindruck von der Komplexität dieser Wechselwirkungen zu vermitteln.

Räuber-Beute-Beziehungen

Der extreme Mangel an Mineralien und tierischem Eiweiß führt zu einem sehr gespannten Räuber-Beute-Verhältnis. Dies fördert die Evolution besonders raffinierter Angriffs- und Abwehrstrategien. Zum Schutz vor Räubern können zwei entgegengesetzte Strategien angewandt werden: Die Tarnung oder aber, ganz entgegengesetzt, eine auffällige Warnfärbung, die möglichen Feinden die Giftigkeit des Trägers anzeigt. Hierzu gehören auch Verhaltensstrategien wie Totstellreflexe oder Einschränkung der innerartlichen Kommunikation. Auch die Seltenheit oder das „Sich-rar-machen“ kann eine wirksame Abwehr gegen Räuber sein: Diese sind oft auf bestimmte Beutetiere spezialisiert, und es lohnt sich nicht, Energie in die Jagd nach einer sehr seltenen Beute zu investieren. Seltenheit und „Sich-verstecken“ erschweren es jedoch auch den Artgenossen, sich zu finden. Laute Rufe zur Partnerfindung sind wiederum gefährlich. Beispielsweise hat sich die Fledermaus *Trachops cirrhosus* auf die Jagd nach rufenden Fröschen spezialisiert (TUTTLE & RYAN, 1981). Hier findet man etwa bei tropischen Laubheuschrecken eine interessante Kompromißlösung: Während die Männchen dieser Arten in unseren Breiten durch lautstarke Gesänge die Weibchen anziehen, schweben die tropischen Arten in ständiger Gefahr, von den zahlreichen Fledermäusen am Gesang erkannt und verspeist zu werden. Sie reduzieren daher ihren Gesang und stoßen nur noch selten einen kurzen Erkennungslaut aus (BELWOOD & MORRIS, 1987).

Mimikry

Eine der erstaunlichsten Formen der Koevolution ist die Mimikry. Der englische Naturforscher BATES (1862) entdeckte bereits im vorigen Jahrhundert bei der genauen Analyse seiner amazonischen Schmetterlingsausbeute, daß einander verblüffend ähnliche Schmetterlinge zu verschiedenen Familien gehören.

Die Heliconiinae sind auffällig gefärbte Schmetterlinge, die sehr schlecht schmecken, weil sich ihre Raupen von den alkaloidhaltigen giftigen Passionsblumen ernähren. Die äußerlich kaum zu unterscheidenden Ithomiinae hingegen sind ungiftig und profitieren von der Ungenießbarkeit ihres Vorbildes. Die Imitation eines giftigen Vorbildes durch einen ungiftigen Nachahmer wird nach ihrem Entdecker als BATESsche Mimikry bezeichnet. Bei der nach dem deutschen Biologen Fritz MÜLLER benannten MÜLLERSchen Mimikry schließen sich mehrere ungenießbare Arten in einem sogenannten Mimikry-Ring zusammen, wobei die Mitglieder oft aus unterschiedlichen Insektenordnungen wie beispielsweise Käfer und Wanzen stammen (WICKLER, 1968).

Die Mimikry erstreckt sich oft bis auf das Verhalten. Wanzen und Heuschrecken ähneln nicht nur äußerlich einer stechenden Schlupfwespe, sondern ahmen auch deren typische Antennentremolos nach.

Ein dramatisches Beispiel ist die sogenannte „aggressive Mimikry“, derer sich manche Räuber bedienen. So imitiert das Weibchen des Glühwürmchens der Gattung *Photuris* die Leuchtsignale anderer Arten. Die herbeigelockten Männchen finden allerdings nicht das erwartete art eigene Weibchen vor, sondern werden von der „femme fatale“ verspeist (LLOYD, 1965). Ein weiteres Beispiel für sogenannte „Wolf-im-Schafspelz-Mimikry“ (BALSBAUGH, 1967) findet man bei Käfern, wo die räuberischen Carabiden ihren Opfern, den Chrysomeliden, so ähneln, daß sie sich unbemerkt nähern können. Mimikry ist zwar im Bereich optischer Signale am deutlichsten erkennbar, doch bleibt sie nicht darauf beschränkt. Die Bola-Spinne erzeugt den Sexuallockstoff einer Motte und fängt die angelockten Weibchen mit einem Fangfaden (EBERHARD, 1977).

Amazonische Wahlverwandtschaften

Nicht immer liegt bei Ähnlichkeiten zwischen Arten auch Mimikry vor. Bei vielen Organismen im Regenwald beobachtet man Artenschwärme einander ähnlicher Arten, ohne daß darunter ein giftiges Vorbild ist. RICHARDS (1969) wies darauf hin, daß dies im Widerspruch zu GAUSES (1934) kompetitivem Ausschlußprinzip steht, nach dem eine Nische nur von einer Art besetzt werden kann. Genauere Untersuchungen zeigen jedoch Unterschiede bezüglich der endgültigen Größe einer Art, ihrer Schattentoleranz oder ihrer Verbreitungsstrategie. Wichtiger noch dürften die physiologischen Unterschiede sein, beispielsweise die unterschiedliche Ausnützung von Mineralstoffen durch Mycor-

rhiza oder Abwehrstoffe gegen Pflanzenfeinde, obwohl hierüber nur wenige Untersuchungen vorliegen (GOTTLIEB, 1985).

Das Phänomen der Artenschwärme unterstützt FITTKAUS Hypothese (1983: 212) der „biologischen Filter“, wobei jeder Art eine unterschiedliche Aufgabe im Nährstoffkreislauf zukommt. Wachsende Artenzahl bedingt ein dichteres Filtersystem und hilft somit, im nährstoffarmen Biotop zu überleben.

Von großer Bedeutung für die Nischendifferenzierung sind die biotischen Interaktionen, insbesondere Bestäubungs- und Samenverbreitungsbiologie (RENNER, 1989). Viele Artenschwärme mit ähnlichen Blüten sind hinsichtlich Blüte- und Fruchtzeit zeitlich gestaffelt, wodurch die Bestäuber und Samenverbreiter das ganze Jahr über Nahrung finden (KUBITZKI, 1985).

Auch im Tierreich beobachtet man verwirrende Ähnlichkeiten, die nicht immer als Mimikry interpretiert werden können. So treten einige baumbewohnende Heuschreckenarten als „Triplets“ auf, d.h. drei sehr ähnliche Arten bewohnen denselben Futterbaum. Alle Arten sind unauffällig braun, sie unterscheiden sich nur in der Struktur der Geschlechtsorgane und der Farbe der Knie. Natürlich müßte hier durch Verhaltensexperimente nachgewiesen werden, ob sich die verschiedenen Arten überhaupt selbst auseinanderhalten können und wie oft es etwa zu Kreuzungen kommt. Wie bei der bereits erwähnten Heuschreckengattung *Galidacris* kann man hier möglicherweise einen Artbildungsprozeß *in situ* beobachten. Morphologisch kaum unterscheidbare Arten beobachtet man auch bei Pfeilgiftfröschen (Dendrobatidae). Zur Unterscheidung der Arten müssen Verhaltensdaten wie die Struktur der Lockrufe analysiert werden (JUNGFER, 1989). Dieses Auftreten von Artenschwärmen unterstützt die Hypothese FEDOROVs (1966: 9), daß durch die geringe Individuendichte einzelner Arten im Regenwald das Prinzip der Konkurrenz außer Kraft gesetzt wird; FEDOROV spricht von „günstigen Bedingungen für den Prozeß der Artbildung, wobei genetische Drift über natürliche Selektion vorherrscht“ (Übers. durch den Verf.).

Pflanzen und Pflanzenfresser: „Chemischer Krieg“

Die Bedrohung der Pflanzen durch zahlreiche Insekten- und Pilzarten ist wohl die Hauptursache für die Evolution der zahlreichen pflanzlichen Abwehrstoffe wie Alkaloide, Phenole und Tannine. Oft handelt es sich dabei um Substanzen, die auch im Wirbeltierorganismus und somit beim Menschen Wirkungen zeigen. Die große Zahl von drogenhaltigen Pflanzen im Regenwald ist daher ein Ergebnis des „chemischen Krieges“ zwischen Pflanzen und Insekten. Andere pflanzliche Abwehrstoffe sind Harze sowie der Latex des Gummibaumes, wodurch mechanisch das Eindringen von Insekten verhindert wird.

Die Synthese dieser Abwehrstoffe ist jedoch energie- und zeitaufwendig. Schnellwüchsige Bäume, wie sie etwa in Lichtungen oder an Flußufern vorkommen, bedienen sich daher anderer Strategien. Sie wachsen schneller, als ihre zahl-

reichen Freßfeinde sie vernichten können und nehmen dafür eine kurze Lebensdauer in Kauf.

Zwischen Pflanzen und ihren Freßfeinden kommt es oft zu regelrechten „evolutionären Wettrennen“. Ein gut untersuchtes Beispiel ist der Wettlauf zwischen Passionsblumen und den Raupen der schon erwähnten Schmetterlinge der Unterfamilie Heliconiinae (GILBERT, 1982). Die giftigen Alkaloide der Passionsblume halten zwar viele Freßfeinde fern, nicht jedoch die *Heliconius*-Raupe, die das aufgenommene Gift sogar zur eigenen Verteidigung benutzt. Nachdem diese chemische Verteidigung vom Freßfeind überwunden wurde, wehrte sich die Passionsblume durch eiförmige Auswüchse an der Blattbasis. So wird den Schmetterlingsweibchen vorgegaukelt, daß dieses Blatt bereits mit Eiern versorgt und eine weitere Eiablage zwecklos ist. Dieser Prozeß führte zur Ausbildung zahlreicher Arten von Passionsblumen.

Einige Pflanzenarten beherbergen Ameisen, die andere Insekten fernhalten sowie das Anwachsen von pflanzlichen Schmarotzern verhindern (BENSON, 1985). So wird beispielsweise der in Lichtungen häufige *Cecropia*-Baum durch Ameisen der Gattung *Azteca* verteidigt, die in den hohlen Stammabschnitten leben. Auch die Seltenheit vieler amazonischer Baumarten ist eine wirksame Verteidigung. Durch den großen Abstand zwischen den Bäumen einer einzelnen Art wird es dem Freßfeind schwer gemacht, etwa nach einer Massenvermehrung desselben einen neuen Wirtsbaum zu finden. Die schnelle Ausbreitung von Schädlingen in Monokulturen zeigt, wie wichtig die Einhaltung des Mindestabstands für den Fortbestand des Waldes ist. Die räumliche Isolation erfordert jedoch Bestäuber mit hoher Beweglichkeit wie etwa blütenbesuchende Fledermäuse (DOBAT, 1985), um eine Befruchtung der weit auseinanderstehenden Bäume zu gewährleisten.

Diskussion und Ausblick

Zur Erklärung der Artenvielfalt der amazonischen Regenwälder koexistieren derzeit verschiedene Hypothesen. Inseffekte, chemischer Krieg, Trend zur Verkleinerung und möglicherweise zeitweilige Isolation von Regenwaldfragmenten förderten und fördern die Ausbildung neuer Spezies. Dabei schließen sich die verschiedenen Hypothesen nicht aus, vielmehr können sich die Effekte verstärken. Dennoch ist man von einem tiefen Verständnis der Gründe für die Artenvielfalt noch weit entfernt. So gilt nach wie vor die Bemerkung von HUBBELL & FOSTER (1983: 26): „*Why are they* (die Regenwälder) *so rich in tree species continues to pose a difficult challenge to community theory* (HUBBELL, 1980) *and evolutionary biology* (ASHTON, 1969). *The mystery is even deeper than is commonly supposed, because not all tropical forests are rich in tree species; indeed, some are very species-poor . . .*“. Gerade die Artenarmut einiger Regenwälder zeigt, daß die hier aufgezeigten Mechanismen nicht allgemein gültig sind, die Gründe hier-

für gehören sicher zu den interessantesten Rätseln für Ökologen und Evolutionsbiologen (vgl. CONNELL & LOWMAN, 1989). Die immer noch unverständlichen Details der Artbildung lassen sich im Regenwald am besten beobachten: Hier gibt es die größte Artenvielfalt, und möglicherweise ist die Geschwindigkeit der Artbildung hier auch höher! Somit kann man die Regenwälder als Labor der Evolution bezeichnen. Dies bedeutet, daß mit der Zerstörung dieser Biotope nicht nur die Arten selbst, sondern auch die Werkstatt der Artenvielfalt zerstört wird. Ob bei der gegenwärtigen Vernichtungsrate Zeit genug für die Beantwortung wissenschaftlicher Fragen bleibt, ist mehr als zweifelhaft. Die Vielzahl an Endemismen, die inselhaftige Verbreitung vieler Arten, die hohen ökologischen Anforderungen an das Mikroklima sowie die enge Verzahnung der Biologie vieler Spezies machen das amazonische Ökosystem besonders empfindlich gegenüber Eingriffen. Insbesondere die Prozesse der modernen Zivilisation wie industrielle Großprojekte oder Agroindustrie verursachen großflächige Zerstörungen, die mit den vielfältigen kleinräumigen Mosaiken des Regenwaldes besonders schlecht verträglich sind (RIEDE, 1990). Hingegen erlauben indische Nutzungsstrategien seit jeher eine Koexistenz von Mensch und Regenwald. Entwürfe für eine ökologisch verträgliche Nutzung sollten sich an diesen Vorbildern orientieren (vgl. OBERNDÖRFER, dieser Band; STEINLIN, dieser Band: 184 ff.).

Danksagung

Ich danke Dr. S. RENNER (Aarhus) und Prof. Dr. K. VOGT (Freiburg) für das kritische Lesen des Manuskripts. Die erwähnten bioakustischen Untersuchungen in Ekuador wurden mit Unterstützung des Lehrstuhls für Biokybernetik, Prof. D. VARJU (Tübingen) durchgeführt; für die Hilfe bei der Analyse dieser Aufnahmen mit dem MEDAV-Spektrographen danke ich Prof. H.-U. SCHNITZLER (Tübingen), Herrn Bodo KRAUSS (Tübingen) danke ich für die Überlassung eines Diapositivs.

Angeführte Schriften:

- AMÉDÉGNATO, C. & DESCAMPS, M. (1979): General structure of Guiano acridomorph populations. – In M. TYRKUS, M., I. J. CANTRALL & C. S. CARBONELL, Hrsg.: Proceedings of the Second Triennial Meeting, 113–137, Montana (Pan American Acridological Society).
- ASHTON, P. S. (1969): Speciation among tropical forest trees: some deductions in the light of recent evidence. – Biol. J. Linnean Soc. 1, 155–196, London.
- BALSBAUGH, E. U. J. (1967): Possible mimicry between certain Carabidae and Chrysomelidae. – Coleopt. Bull. 21 (4), 139–140, Washington.

- BATES, H. W. (1862): *The naturalist on the river Amazon*. — 394 S. London (John Murray) (1910).
- BEEBE, W. (1917): *Tropical wild life*. — New York (New York Zoological Society).
- BELWOOD, J. J. & MORRIS, G. K. (1987): Bat predation and its influence on calling behaviour in neotropical katydid. — *Science* **238**, 64–67, Washington.
- BENSON, W. W. (1985): Amazon ant-plants. — In G. T. PRANCE & T. E. LOVEJOY, Hrsg.: *Amazonia*, 239–266, Oxford (Pergamon).
- BROWN, J., K. S. (1982): Paleocology and regional patterns of evolution in neotropical forest butterflies. — In G. T. PRANCE, Hrsg.: *Biological diversification in the tropics*, 255–308, New York (Columbia Univ. Pr.).
- COLINVAUX, P. A. (1989): *Der Amazonas-Regenwald*. — *Spektrum der Wissenschaften*, Juli 1989, 70–76, Weinheim.
- CONNELL, J. H. & LOWMAN, M. D. (1989): Low-diversity tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence. — *The American Naturalist* **134** (1), 88–119, Chicago.
- CRACRAFT, J. & PRUM, R. O. (1988): Patterns and processes of diversification: speciation and historical congruence in some neotropical birds. — *Evolution* **42** (3), 603–620, Lawrence.
- DESCAMPS, M. (1978). *Etude des écosystèmes guyanais. III — Acridomorpha dendrophiles (Orthoptera Caelifera)*. — *Annls. Soc. ent. Fr. (N.S.)* **14** (3), 301–349, Paris.
- DOBAT, K. (1985): *Blüten und Fledermäuse*. — 370 S., Frankfurt/M. (Kramer).
- EBERHARD, W. G. (1977): Aggressive chemical mimicry by bolas spider. — *Science* **198**, 1173–1175, Washington.
- ENDLER, J. A. (1982): Pleistocene forest refuges: fact or fancy? — In G. T. PRANCE, Hrsg.: *Biological diversification in the tropics*, 641–657, New York (Columbia Univ. Press).
- ERWIN, T. L. (1982): Tropical forests: Their richness in Coleoptera and other Arthropod species. — *Coleopt. Bull.* **36** (1), 74–75, Washington.
- ERWIN, T. L. (1983): Beetles and other insects of tropical forest canopies at Manaus, Brazil, sampled by insecticidal fogging. — In S. L. SUTTON, T. C. WHITMORE & A. C. CHADWICK, Hrsg.: *Tropical rain forest ecology and management*, 59–75, Oxford (Blackwell).
- FARRELL, B. D. & ERWIN, T. L. (1988): Leaf-beetle community structure in an Amazonian rainforest canopy. — In P. JOLIVET, E. PETITPIERRE & T. H. HSIA, Hrsg.: *Biology of Chrysomelidae*, 73–87, Dordrecht (Kluwer).
- FEDOROV, A. A. (1966): The structure of the tropical rain forest and speciation in the humid tropics. — *J. Ecol.* **54**, 1–11, Oxford.
- FITTKAU, E. J. (1981): Armut in der Vielfalt: Amazonien als Lebensraum für Weichtiere. — *Mitt. zool. Ges.* **3** (13/15), 329–343, Braunau.

- FITTKAU, E. J. (1983): Grundlagen einer Ökologie Amazoniens – Versuch einer Zusammenschau. – *Spixiana* (Supplement) 9, 201–218, München.
- FITTKAU, E. J. (1985): Ökologische und faunenhistorische Zoogeographie der tropischen Regenwälder – Versuch eines Vergleichs. – *Verh. dt. Zool. Ges.* 78, 137–146, Stuttgart.
- FITTKAU, E. J. & KLINGE, H. (1973): On biomass and trophic structure of the central Amazonian rain forest ecosystem. – *Biotropica* 5 (1), 2–14, St. Louis.
- GAUSE, G. F. (1934). *The struggle for existence*. – 163 S. Baltimore (Williams & Wilkins) (Nachdruck: New York [Dover] 1971).
- GILBERT, L. E. (1982): Koevolution. Wie ein Falter seine Wirtspflanzen formt. – *Spektrum der Wissenschaft*, Oktober 1982, 72–85, Weinheim.
- GOTTLIEB, O. R. (1985): The chemical uses and chemical geography of Amazon plants. – In G. T. PRANCE & T. E. LOVEJOY, Hrsg.: *Amazonia*, 218–238, Oxford (Pergamon).
- GOULDING, M. (1985): Forest fishes of the Amazon. – In G. T. PRANCE & T. E. LOVEJOY, Hrsg.: *Amazonia*, 267–276, Oxford (Pergamon).
- GÜNTHER, K. (1940): Über die Verbreitung einiger Insekten im Gebiete des Amazonasstroms und die Frage eines columbischen Faunendistriktes in der brasilianischen Subregion. – *Archiv f. Naturgeschichte*, N.F. 9(4), 450–500, Berlin.
- HAFFER, J. (1969): Speciation in Amazonian forest birds. – *Science* 165, 131–137, Washington.
- HEYER, W. R. & MAXSON, L. R. (1983): Relationships, zoogeography, and speciation mechanisms of frogs of the genus *Cyclorhynchus* (Amphibia, Leptodactylidae). – *Arq. Zool.* 30, 341–373, Sao Paulo.
- HUBBELL, S. P. (1980): Seed predation and the coexistence of tree species in tropical forests. – *Oikos* 35, 214–299, Kopenhagen.
- HUBBELL, S. P. & FOSTER, R. B. (1983): Diversity of canopy trees in a neotropical forest and implications for conservation. – In S. L. SUTTON, T. C. WHITMORE & A. C. CHADWICK, Hrsg.: *Tropical rain forest ecology and management*, 25–44, Oxford (Blackwell).
- HUBER, F. & THORSON, J. (1986): Akustische Verständigung bei Grillen. – *Spektrum der Wissenschaft*, Februar 1986, 78–87, Weinheim.
- HUECK, K. (1966): *Die Wälder Südamerikas*. – 422 S. Stuttgart (G. Fischer).
- JUNGFER, K.-H. (1989): Pfeilgiftfrösche der Gattung *Epipedobates* mit rot granuliertem Rücken aus dem Oriente von Ecuador und Peru. – *Salamandra* 25 (2), 81–98, Bonn.
- KLINGE, H. (1973): Struktur und Artenreichtum des zentralamazonischen Regenwaldes. – *Amazoniana* 4, 283–292, Kiel.
- KOCH, A. (1976): *Symbiose – Partnerschaft fürs Leben*. – 267 S. Frankfurt (Suhrkamp).

- KUBITZKI, K. (1985): Die tropischen Regenwälder: Probleme ihrer Genese aus botanischer Sicht. — Verh. dt. Zool. Ges. 78, 147–158, Stuttgart.
- LEOPOLDO, P. R. (1983): The hydrology of the Amazon region. — The Environmentalist 3 (Supplement No. 5), 7–12, Lausanne.
- LLOYD, J. E. (1965): Aggressive mimicry in *Photuris*: Firefly femmes fatales. — Science 149, 653–654, Washington.
- MAY, R. M. (1978): The dynamics and diversity of insect faunas. — In L. A. MOUND & N. WALOFF, Hrsg.: Diversity of insect faunas (Symposia of the Royal Entomological Society of London, Number 9), 188–204, Oxford (Blackwell).
- MAY, R. M. (1986): How many species are there? — Nature 324, 514–515, London-Washington.
- MEYER-ABICH, A. (1967): Alexander VON HUMBOLDT. — rowohlts monographien 131, 190 S., Reinbek bei Hamburg (Rowohlt Taschenbuch Verl.).
- MITCHELL, A. W. (1986): The enchanted canopy. — 255 S. Glasgow (W. Collins).
- PERRY, D. R. (1985): Die Kronenregion des tropischen Regenwaldes. — Spektrum der Wissenschaft, Januar 1985, 76–85, Weinheim.
- PRANCE, G. T. (1982): Forest refuges: evidence from woody angiosperms. — In G. T. PRANCE, Hrsg.: Biological diversification in the tropics, 137–158, New York (Columbia Univ. Pr.).
- PRANCE, G. T. (1985): The changing forests. — In G. T. PRANCE & E. LOVEJOY, Hrsg.: Amazonia, 146–165, Oxford (Pergamon).
- RANKIN, J. M. (1985): Forestry in the Brazilian Amazon. — In G. T. PRANCE & T. E. LOVEJOY, Hrsg.: Amazonia, 369–392, Oxford (Pergamon).
- RAUP, D. M. (1988): Diversity crisis in the geological past. — In E. O. WILSON, Hrsg.: Biodiversity, 51–57, Washington (National Academy Pr.).
- RAY, T. S. & ANDREWS, C. C. (1980): Antbutterflies: butterflies that follow army ants to feed on antbird droppings. — Science 210, 1147–1148, Washington.
- RENNER, S. S. (1989): A survey of reproductive biology in neotropical Melastomataceae and Memecylaceae. — Ann. Missouri Bot. Gard. 76, 496–518, St. Louis.
- RICHARDS, P. W. (1969): Speciation in the tropical rain forest and the concept of the niche. — Biol. J. Linn. Soc. 1, 149–153, New York.
- RIEDE, K. (1987): A comparative study of mating behaviour in some neotropical grasshoppers (Acridoidea). — Ethology 76, 265–296, Berlin.
- RIEDE, K. (1989): ECUADOR '88 — eine biologische Exkursion nach Südamerika. — Tübinger Universitätszeitung 37, 4–6, Tübingen.
- RIEDE, K. (1990): Artentod im Regenwald. — Ökozid-magazin 1, 2–11, Mönchengladbach.
- ROBERTS, L. (1988): Hard choices ahead on biodiversity. — Science 241, 1759–1761, Washington.

- SASTRE, C. (1976): Quelques aspects de la phytogéographie de milieux ouverts guayanaïens. — In H. DESCIMON, Hrsg.: Biogéographie et evolution en Amerique tropicale, Publication Lab. Ecole Normale Supérieure No. 9, 67–74, Paris (Ecole Normale Supérieure).
- TUTTLE, M. D. & RYAN, M. J. (1981): Bat predation and the evolution of frog vocalizations in the neotropics. — *Science* 214, 677–678, Washington.
- VANZOLINI, P. E. (1970): Zoologia sistemática, geografia e a origem das espécies. — Inst. Geográfico Sao Paulo, Série Teses e Monografias 3, 1–56, São Paulo.
- WAAGE, J. & MONTGOMERY, G. G. (1976): *Cryptoses choloepi*: A coprophagous moth that lives on a sloth. — *Science* 193, 157–158, Washington.
- WICKLER, W. (1968): Mimikry. — 256 S., München (Kindler).
- WILSON, E. O. (1989): Bedrohung des Artenreichtums. — Spektrum der Wissenschaft, November 1989, 88–95, Weinheim
- ZIMMERMANN, E. C. (1960): Possible evidence for rapid evolution in Hawaiian moths. — *Evolution* 14, 137–138, Lawrence.

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	S. 119-142	4 Abb.	2 Tab.	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	------------	--------	--------	---------------

5. Waldumwandlung und Waldverbrennung in den Tiefland-Regenwäldern des Amazonasbeckens: Ursachen und ökologische Implikationen

von

Johann Georg Goldammer, Freiburg i.Br.

Zusammenfassung

Feuer und andere Störfaktoren sind kein neuartiges Phänomen im heutigen Areal der Tiefland-Regenwälder des Amazonasbeckens, Afrikas und Asiens. Bereits vor den ersten Brandrodungseingriffen indigener Bevölkerung haben prähistorische Klimaschwankungen und -oszillationen den Charakter der heutigen Regenwälder verändert und Voraussetzungen für das Auftreten von Bränden geschaffen. Die in den letzten 20 Jahren im Amazonasbecken immer schneller steigende Rate der Waldumwandlung und Waldverbrennung hat heute allerdings ein Ausmaß angenommen, das erhebliche Folgen auf überregionale und sogar globale Ökosystemprozesse hat.

Die in jüngerer Zeit beobachteten Brandflächen von jährlich etwa 20 Millionen Hektar allein in *Amazônia Legal* leisten durch die Emission von klimarelevanten Spurengasen einen erheblichen Beitrag zum Treibhauseffekt. Weitere ökologische Folgen liegen in der Veränderung des Niederschlagsregimes und des Strahlungshaushaltes.

Unverzüglich einzuleitende politische Maßnahmen mit der Zielsetzung, der weiteren Eskalation der Waldverbrennung entgegenzuwirken, müssen globale Ökosystemprozesse berücksichtigen, deren bessere Kenntnis erheblich verstärkter Anstrengungen in interdisziplinären Forschungsvorhaben bedarf.

Abstract

Forest conversion and forest burning in the Amazon Basin: Reasons and implications

In today's lowland rain forest biomes of the Amazon Basin, Africa and Asia wildfires and other disturbance factors are not a recent phenomenon. Prehistoric climatic fluctua-

Anschrift des Verfassers:

Dr. J. G. GOLDAMMER, Forstzoologisches Institut der Universität, Arbeitsbereich Feuerökologie, Bertoldstr. 17, D-7800 Freiburg i.Br.

tions had considerable influence on vegetation changes and wildfire occurrence. They were followed by the early slash-and-burn agriculture and the hunting fires of the indigenous population. However, during the past 20 years the rate of forest conversion and biomass burning has been driven up by the increasing demand for agricultural land and the exploitation of natural resources.

Large-scale forest burning such as the yearly burned area of c. 20 million hectares in *Amazônia Legal* have a considerable impact on supra-regional and even global ecosystem processes through the change of precipitation and radiation regimes and the emission of greenhouse gases.

In order to halt the escalating forest conversion and biomass burning immediate political measures are needed. New policies must be based on a sound interdisciplinary understanding of global ecosystem processes.

Resumo

Transformação e queima nas florestas tropicais da Bacia Amazônica: Causas e implicações ecológicas

O fogo e outros fatores de perturbação nas atuais florestas tropicais da Bacia Amazônica, África e Ásia não são fenômenos recentes. Flutuações climáticas pré-históricas tiveram considerável influência nas mudanças da flora e na ocorrência de incêndios e foram seguidos pela agricultura de queimadas da população indígena. Entretanto, durante os últimos 20 anos a transformação e a queima da biomassa tem sofrido uma aceleração devido a crescente demanda por terras agrícolas e a exploração de recursos naturais.

A queimada de florestas em larga escala, tal como as recentes áreas queimadas de cerca de 20 milhões de hectares na *Amazônia Legal*, tem um considerável impacto nos ecossistemas supra-regionais ou mesmo globais, através da mudança dos regimes de precipitação e radiação e da emissão de gases que contribuem para o efeito estufa.

No sentido de suspender a escalada das transformações das florestas e da queima da biomassa, medidas políticas imediatas são necessárias. Novas medidas devem ser calcadas em estudo interdisciplinar para uma melhor compreensão dos processos globais do ecossistema.

Einleitung

Die gegenwärtig stark in den Mittelpunkt des öffentlichen und wissenschaftlichen Interesses gerückte Diskussion über die Zerstörung oder Umwandlung des Tropenwaldes zeigt in zunehmendem Maße die Notwendigkeit von differenzierten Untersuchungen der hierbei sich abspielenden Ökosystemprozesse auf. Die unterschiedlichen biogeographischen Voraussetzungen und soziokulturellen Rahmenbedingungen in den Arealen der tropischen Waldformationen haben

ein räumlich und zeitlich differenziertes Bild der Waldentwicklung und Waldumwandlung zur Folge. Dies betrifft insbesondere auch die verschiedenen Verbreitungsgebiete des Tiefland-Regenwaldes (*tropical lowland rain forest*). Ungeachtet der Vielfalt der sich aus diesem komplexen Umfeld ergebenden Nutzungsformen und der Nutzungsintensität der tropischen Regenwälder ist die anthropogene Waldumwandlung heute jedoch in der Regel überall mit der Verbrennung von Waldvegetation (Biomasseverbrennung) verbunden. Der Zeitpunkt des erstmaligen Feuereingriffes, dessen Wiederholung und darüber hinaus das Wiederholungsintervall bestimmen den ökologischen Impakt des Feuers und sind dabei für den Regenerationsprozeß von vergleichbarer Bedeutung wie die Größe der jeweils vom Feuer betroffenen Fläche.

Im tropischen Regenwald des Amazonas-Tieflandes von Brasilien und der benachbarten Länder eskalieren derzeit die Brandrodungsaktivitäten und führen zu einer bislang nicht gekannten Steigerung der Entwaldungsraten. Die ökologischen Implikationen aus dieser Waldumwandlung überschreiten dabei offensichtlich die Expertise der klassischen Tropenwald- und Feuerökologie, da sie in unmittelbarem Bezug zu großräumigen oder sogar globalen ökosystemaren Prozessen stehen (vgl. GOLDAMMER, 1990 a, b).

Im vorliegenden Beitrag werden die Ursachen und Auswirkungen der Waldverbrennung bzw. Biomasseverbrennung im Amazonasbecken untersucht. Um diese Vorgänge und mögliche künftige Entwicklungen besser verstehen zu können, ist ein kurzer paläoökologischer Blick in die Evolution des Amazonas-Regenwaldes hilfreich.

Paläoökologie und Feuerökologie des Regenwaldes

Historische Quellen über das Auftreten und das Ausmaß natürlicher und anthropogener Feuer im Regenwald des Amazonas-Tieflandes sind ausgesprochen spärlich. Aus den Beschreibungen der Entdecker und ersten Siedler innerhalb des etwa 700 Millionen Hektar großen Amazonasbeckens, das zwischen Mitte des 16. und 18. Jahrhunderts im wesentlichen durch die Portugiesen erschlossen wurde, sind keine Hinweise auf Waldbrände zu finden. In den Berichten über seine Expeditionen im Orinokogebiet, im Norden des Amazonasbeckens, beschreibt Alexander von HUMBOLDT wohl Phänomene von Feuererscheinungen, die er allerdings nicht auf Vegetationsbrände zurückführt, da es „unwahrscheinlich sei, daß in diesem nassen Klima die Gewächse brennen“ (VON HUMBOLDT, 1805–1834). Während das großflächige Auftreten von Busch- und Grasbränden in den nördlich des Amazonasbeckens gelegenen Savannen und Grasländern Venezuelas von VON HUMBOLDT nicht als ungewöhnlich empfunden wurde und dies im allgemeinen heute auch als Bestandteil der Vegetationsentwicklung anerkannt wird, setzte sich ein Eindruck des immergrünen und nicht brennbaren tropischen Feuchtwaldes bis in die moderne

Ökologie fort, die diesem Ökosystem sogar die Zeitlosigkeit eines ungestörten, jahrmillionenalten Gleichgewichtszustandes zuschreibt; insbesondere für die Zeit des Quartärs wurden die Umweltbedingungen im Amazonasgebiet als stabil und frei von klimatischen und anderen Störungen betrachtet (RICHARDS, 1976).

Die frühen Formen der Feueranwendung und Brandrodung durch die indigene Bevölkerung des Amazonasbeckens, die sich in ihren ursprünglichen Formen zeitlich und räumlich schwer zurückverfolgen lassen, mögen tatsächlich punktförmig und in ihren Auswirkungen damit insgesamt bedeutungslos, oder durch das Schaffen von begrenzten Verjüngungsflächen eher ein integraler Bestandteil der Waldentwicklung gewesen sein. Während es für Afrika konkrete Hinweise für die früheste Nutzung des Feuers durch Hominide vor etwa 1,5 Millionen Jahren gibt (BRAIN & SILLEN, 1988) und durch eine anthropogene feuerbedingte Savannisierung in den Landschaften Asiens und Afrikas sich für den Zeitraum von etwa 150.000 Jahren vermuten läßt (vgl. GOLDAMMER, 1990 a), gibt es heute konkrete Hinweise auf anthropogene Feuer für das Amazonasbecken nur für die letzten 3.000 bis 6.000 Jahre. Die radiometrischen Altersbestimmungen einiger reichhaltiger Holzkohlevorkommen in Primärwaldböden am Oberen Rio Negro (Grenzregion zwischen Venezuela, Kolumbien und Brasilien) ergaben Werte für den Zeitraum zwischen 6.260 Jahren und der Gegenwart (SANFORD et al., 1985; SILDARRIAGA & WEST, 1986). Ton-scherben als Nachweis für menschliche Besiedlung dieses Raumes wurden auf einen etwa 3.750 bis 460 Jahre zurückliegenden Zeitraum datiert (SILDARRIAGA & WEST, 1986).

Mit den Altersbestimmungen von Feuerresten ist die Klärung des Ursprunges dieser Brände meistens leider nicht möglich. Wenn es sich dabei nicht um frühe Brandrodungsaktivitäten und deren möglicherweise unkontrollierte Ausdehnung handelt, kommt als natürliche Feuerquelle Blitzschlag in Frage. Tatsächlich sprechen eine Reihe von Einzelbeobachtungen und die heute bestehenden paläoklimatischen Vorstellungen für das Auftreten von Blitzschlagfeuern im perhumiden äquatorialen Regenwald, der bislang nicht als brennbar galt (vgl. v.a. RICHARDS, 1976; MUTCH, 1970; MUELLER-DOMBOIS, 1981). Voraussetzung für eine vorübergehende Brennbarkeit des Tiefland-Regenwaldes ist das Ausbleiben von Niederschlägen und das Absinken der relativen Luftfeuchte unter eine Schwelle von etwa 65 % (UHL et al., 1988). Bevor sich bei einem Gewitter die Begleitniederschläge auswirken können, kann sich in der noch brennbaren organischen Substanz ein Feuer aufbauen und ausbreiten. Derartige, wenn auch unregelmäßig vorkommende Phänomene von Trockenheiten und Blitzschlagfeuern wurden in diesem Jahrhundert an verschiedenen Stellen des Regenwaldes in Südostasien und im Amazonasgebiet beschrieben; besonders betroffen sind dabei edaphische Varianten von Regenwaldböden mit organischen Auflagen (SILDARRIAGA & WEST, 1986; ANDERSON, 1966; COCKBURN, 1974; ROSE, 1980; WEIDELT & BANAAG, 1982). Großräumige Klimaoszillationen sind für den äquatorialen Regenwald Südasiens durch den Einfluß des „El Niño-Sou-

thern Oscillation“ (ENSO)-Phänomens erklärbar (MACK, 1989; WEISCHET, dieser Band) und bringen zyklische, meist aber auf ein Jahr begrenzte Trockenzeiten mit sich. Das stärkste und bislang am besten beobachtete ENSO-Ereignis fand 1982-1983 statt und führte allein auf Borneo zu ausgedehnten Trocknis-schäden in verschiedenen Regenwaldbiomen und zu außer Kontrolle geratenen Brandrodungsfeuern auf einer Gesamtfläche von über 5 Millionen Hektar (GOLDAMMER & SEIBERT, 1990²).

Die o.a. Holzkohlefunde im Amazonasbecken und ihre Gruppierung in hundertjährige Intervalle reflektieren hingegen langfristige Klimaschwankungen, wie sie für das äquatoriale Tiefland während des Holozän postuliert wurden (VAN DER HAMMEM, 1982; ABSY, 1982). Die Datierungen reichen allerdings nicht bis zum Höhepunkt der letzten Eiszeit zurück (vor ca. 18.000 Jahren), die in den Tropen durch insgesamt kühlere und trockenere Umweltbedingungen charakterisiert war. Zu der Zeit, so die jüngeren Interpretationen von Pollenanalysen aus dem äquatorialen Südamerika, hat sich der tropische Tiefland-Regenwald möglicherweise in Refugien zurückgezogen, während sich auf dem Großteil der übrigen Flächen eine savannenartige Vegetation bildete (HAFFER, 1969; FLENLEY, 1979; PRANCE, 1982; LEWIN, 1984; KAM-BIU LIU & COLINVAUX, 1985; CONNOR, 1986; SALO, 1987; COLINVAUX, 1989; vgl. HOPPE, dieser Band: 36; RIEDE, dieser Band: 106 ff.) Innerhalb und außerhalb der Regenwaldrefugien spielten sich möglicherweise sehr unterschiedliche Prozesse evolutionärer Waldentwicklung und Diversifizierung ab. Während sich in den verbliebenen „Inseln“ des Regenwaldes unterschiedliche, voneinander isolierte floristische und faunistische Populationen entwickeln konnten, war außerhalb die Waldentwicklung durch Störungen wie Trockenis und Feuer charakterisiert. Diese Störungen mögen dazu beigetragen haben, daß der äquatoriale Regenwald sich nicht zu einer artenarmen Klimax entwickelte, in der wenige dominierende Arten sich durchsetzten, sondern in der aufgrund der Störungen auch die Arten immer wieder Fuß fassen konnten, die ansonsten im Verdrängungsprozeß unterlegen gewesen wären. Radiometrische Daten aus der Zeit zwischen 18.000 und 15.000 Jahren vor heute, die dies belegen könnten, liegen aus dem Amazonastiefland nicht vor, da die intensiven Abschwemmungsprozesse die Zeugnisse dieser alten Vegetationsbrände in die Sedimente des Atlantik verlagert haben. Allerdings liegen vergleichbare Daten aus Indo-Malesien vor, wo GOLDAMMER & SEIBERT (1989) im Tiefland-Regenwald von Ost-Borneo quartäre Waldbrandspuren bis zum Jahr 17.510 vor heute zurückdatieren konnten. Diese Daten, die in Zusammenhang mit permanent brennenden oberflächennahen Kohleflözfeuern stehen, unterstützen die Refugien- und Diversitätstheorie.

Die paläoökologischen Betrachtungen implizieren zum einen, daß zumindest ein Teil des Areals der heutigen Tiefland-Regenwälder sehr jung ist. Mit dem Einpendeln der Umweltbedingungen auf das heutige äquatoriale Regenwaldklima sind seit dem Beginn der heutigen Zwischeneiszeit lediglich 6.000 bis 8.000



Abb. 5.1: Brandrodungsparzelle im tropischen Regenwald bei Manaus (Foto: GOLDAMMER). Das Bild zeigt einen „erfolgreichen“ Brand, bei dem der größte Teil der oberirdischen Biomasse vom Feuer konsumiert wurde. Der Großteil der pflanzenverfügbaren Nährstoffe aus der Asche wird abgeschwemmt und ausgewaschen, bevor er von landwirtschaftlichen Pflanzen oder Sekundärvegetation aufgenommen werden kann.

Jahre vergangen. Ob zum anderen die Schlußfolgerung zulässig ist, daß die heutigen anthropogenen Eingriffe in das Ökosystem in Form derzeitig praktizierter Waldumwandlung und Waldverbrennung langfristig ebenfalls „heilbar“ sind, darauf wird am Schluß dieses Beitrages nochmals eingegangen.

Ursachen und Praktiken der heutigen Umwandlung und Verbrennung des Regenwaldes

Die Entwicklung der Besiedlung und der wirtschaftlichen Nutzung des Amazonasbeckens, die nachhaltige Auswirkungen auf das Ökosystem Regenwald mit sich brachte, liegt erst wenige Jahre zurück. Während der portugiesischen und spanischen Eroberung des Raumes war der koloniale Einfluß auf die indigene Bevölkerung erheblich bedeutungsvoller und nachhaltiger als auf das Wald-ökosystem. Auch der Gummi-Boom und die damit verbundene wirtschaftliche Blüte zwischen 1840 und 1910 hatte wenig negative Veränderungen zur Folge, da hier heimische Bäume nachhaltig genutzt wurden (SALATI, 1989¹). Erst seit den 60er Jahren baute sich der Druck auf den Wald auf, der sich in der Bevölkerungsentwicklung der letzten 20 Jahre widerspiegelt; die Bevölkerung stieg in diesem Zeitraum von etwa 2 bis 3 Millionen Einwohnern auf etwa 20 Millionen Einwohner an (SALATI, 1989¹).

Der Anfang der brasilianischen Besiedlungspolitik findet seinen stärksten Ausdruck in der Errichtung der neuen Hauptstadt Brasília und in den Straßenprojekten Belém-Brasília, Transamazônica und Cuiabá-Porto Velho. Drei wesentliche Gründe für die Besiedlung des brasilianischen Amazonasraumes waren dabei ausschlaggebend (FEARNSIDE, 1984): 1) Soziale Vorsorge (Verlagerung von Anwohnern überbevölkerter Zentren, Agrarreform), 2) wirtschaftliche Vorteile für die gesamte Nation (erwartete landwirtschaftliche Überschüsse aus Amazonien, andere natürliche Ressourcen), und 3) strategisch-geopolitische Vorsorge (präventive Besiedelung eines „Vakuums“).

Ursachen der Waldumwandlung

Während der frühe Wanderfeldbau und die Sammel- und Extraktionswirtschaft der indigenen Bevölkerung praktisch keine spürbaren Auswirkungen auf die Waldflächen des Amazonasbeckens hatten, bringen die Straßenprojekte erhebliche Rodungs- und Feuereingriffe mit sich, die im folgenden zusammengefaßt sind.

Holzwirtschaft

Aufgrund der bisherigen Unzugänglichkeit des Großteiles des Amazonasbeckens und der nur selektiv nutzbaren wenigen Holzarten hat die Holzwirtschaft einen im Vergleich zur Tropenwaldexploitation Südostasiens geringen

Bundesstaat	Landfläche km ²	Geschätzte Entwaldung ^{**}	
		km ²	%
Acre	152.589	8.634	5.7
Amapá	139.068	231	0.2
Amazonas	1.558.987	5.150	0.3
Goiás *	285.793	16.768	5.9
Maranhão *	257.451	24.019	9.3
Mato Grosso	881.001	151.766	17.2
Pará	1.227.530	148.111	12.1
Rondônia	243.044	41.251	17.1
Roraima	230.104	3.565	1.6
Zusammen	4.975.567	399.765	8.0

Tab. 5.1: Waldumwandlung in *Amazônia Legal*. Entwaldungsprozent in den einzelnen Bundesstaaten auf der Grundlage der jeweils beiden letzten Waldinventuren in den einzelnen Staaten. Kurzfassung nach FEARNSIDE (1989 b).

*Nur die zu *Amazônia Legal* gehörenden Teile;

**linear projiziert auf das Jahr 1988.

Einfluß auf die Waldumwandlung gehabt (geringere Dichte der kommerziell nutzbaren Arten). Die Marktzugänglichkeit durch den Straßenbau hat aber in der jüngsten Zeit die Ansiedlung von Sägewerken in bislang unbekanntem Ausmaß beschleunigt. Dies betrifft insbesondere das nördliche Mato Grosso, aber auch die laterale Erschließung ausgehend von den Bundesstraßen BR-364 und BR-429 in Rondônia (FEARNSIDE, 1988); stark betroffen durch die Exploitation sind auch die Indianerreservate von Acre und Rondônia.

Wie der Straßenbau hat die Walderschließung durch Holzexploitation („Aufbrechen“ des Waldes) eine erhebliche Sogwirkung auf spontane Landnahme durch Kleinbauern und Landspekulation und ist damit das auslösende Element für die Verbrennung eines nach selektiver Exploitation „wertlos“ gewordenen Waldes.

Landwirtschaft

Besiedlungsprogramme und spontane Migration haben die für die einzelne Siedlerfamilie benötigte Brandrodungsfläche zusammenwachsen lassen. Negative Auswirkungen auf das Regenerationspotential des Regenwaldes ergeben sich nicht nur durch die Großflächigkeit der Eingriffe, sondern auch durch die

Verkürzung der Bracheperiode und damit auch durch die Verkleinerung des Feuerintervalls. In den meisten Fällen kommen die brandgerodeten Flächen nach ein- bis zweijährigem Anbau von Reis und anderen einjährigen Pflanzen nicht in eine Brachephase bzw. Sekundärwaldbildung, sondern werden in Weideland umgewandelt. Die Degradierung des Standortes wird weiterhin durch Bodenabtrag und Einwanderung pyrophytischer Vegetation, wie etwa der Grasart *Imperata brasiliensis*, bestimmt, die sowohl für die Regeneration des Waldes hinderlich als auch für land- und weidewirtschaftliche Zwecke unbrauchbar ist.

Weidewirtschaft und Landspekulation

Der Umwandlung von nicht mehr ertragfähiger Ackerbaufläche in Weideland durch den einzelnen Kleinbauern stehen die großen Waldflächenumwandlungen der Viehzüchter und Landspekulanten gegenüber. Die Weidewirtschaft auf dem Großteil der amazonischen Böden ist allerdings nicht nachhaltig. Untersuchungen aus Rondônia zeigen, daß eine 12 Jahre alte Weide lediglich die Hälfte an verwertbarer pflanzlicher Biomasse produziert, wie eine 3-jährige Weide (FEARN-



Abb. 5.2: Großkahlschlag und Biomasseverbrennung sind Werkzeuge der Landspekulation und einer unterentwickelten Waldbewirtschaftung in den Regenwaldgebieten Südamerikas (Foto: GOLDAMMER).

SIDE, 1988). Dies wird im wesentlichen auf die Invasion nicht verwertbarer Unkräuter, Bodenverdichtung und die Reduzierung pflanzenverfügbaren Phosphors zurückgeführt (vgl. HECHT, 1983). Die gängige Motivation der Waldumwandlung in Weideflächen liegt aber auch nicht in der Fleischproduktion, sondern in dem „legal“ notwendigen Schritt, sich hierüber Landtitel anzueignen und diese im Rahmen der derzeit (noch) angeheizten Bodenspekulation weiterzuveräußern. Die entscheidenden Gewinne bei den Investitionen in Waldumwandlung, kurzfristiger Landwirtschaft und vorübergehender Weidewirtschaft werden erst beim Weiterverkauf des Landes erzielt. Insgesamt wurde dieser Prozeß der Waldumwandlung bisher durch staatliche Finanzhilfen gefördert.

Holzkohle- und Eisenindustrie

Die Exploitation der Eisenerzvorkommen und ihre Verhüttung mit Hilfe von Holzkohle ist eines der größten industriellen Erschließungsprogramme in Pará und Maranhao, die auf ca. 250 Jahre projektiert sind. Im Grande Carajás-Projekt umfaßt das gesamte Entwicklungsprogramm eine Landfläche von etwa 90 Millionen Hektar (Details und Originalquellen bei FEARNside, 1989 a). Die bisherigen Pläne für sieben Roheisenhütten, zwei Hütten für Metallegierungen und zwei Zementfabriken erfordern die Bereitstellung von jährlich 1,1 Millionen Tonnen Holzkohle; die geplante Erweiterung auf 20 Roheisenhütten wird den Bedarf auf 2,4 Millionen Tonnen pro Jahr erhöhen. Hierzu wäre ein jährlicher Einschlag von ca. 72.000 Hektar Naturwald notwendig oder die nachhaltige Bewirtschaftung von 70.000 Hektar Plantagen mit schnellwachsenden *Eucalyptus*-Arten.

Formen der Feueranwendung bzw. Verbrennungsvorgänge

Insgesamt sind die Ursachen für die Waldumwandlung vielfältig. Die Feueranwendung bzw. die Methoden der Biomasseverbrennung lassen sich aus diesen unterschiedlichen Zielsetzungen der Waldumwandlung in vier Kategorien oder auch Feuer-Regime einteilen:

Primärwald

Durch möglichst weitgehende und vollständige Biomasseverbrennung auf der Kahlschlagfläche (gegebenenfalls nach Extraktion der Nutzhölzer) werden landwirtschaftliche Flächen vorbereitet. Aufgrund unzureichender Ausrüstung bzw. fehlender Arbeitskräfte lassen die Kleinbauern häufig einen Teil der Bäume stehen, während die größeren Unternehmen einen kompletten Kahlschlag mit höherer Verbrennungseffizienz herbeiführen können (FEARNside, 1989 b). Von der oberirdischen Biomasse im primären Regenwald (bis zu 300 Tonnen pro Hektar) wird nur ein Teil unmittelbar in gasförmige Verbindungen und Asche überführt. Die nicht verbrannten stärkeren Stämme und die unterirdische

Biomasse werden in den folgenden Jahren abgebaut und in den Kohlenstoffkreislauf gegeben. Bei unerwünscht unvollständiger Verbrennung wird in der folgenden Trockenzeit ein zweiter Verbrennungsvorgang praktiziert.

Sekundärwald

Der Feuereingriff nach einer Bracheperiode ähnelt dem Feuereingriff in den Primärwald. Die verbrannte oberirdische Biomasse ist vergleichsweise geringer, die Vollständigkeit der Verbrennung aufgrund der schwachen Dimensionen des Stammholzes besser.

Weideland

Weideland und nach kurzer Zeit wieder aktivierte landwirtschaftliche Flächen werden in kürzeren Intervallen überbrannt. Beim Weideland beträgt das Feuerintervall meist nicht weniger als 2 bis 3 Jahre (FEARNSIDE, 1990²), da es auf den mittlerweile degradierten und beweideten Standorten einige Zeit dauert, bis sich ausreichend Biomasse gebildet hat, die ein Feuer tragen kann.

Energiewald

Die Umwandlung von Primär- und Sekundärwald der verschiedenen Waldtypen zur Bereitstellung von Energie zur Eisenverhüttung erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt werden die verwertbaren Hölzer in Meilern verkohlt (Pyrolyse), um in einem zweiten Schritt, in der Eisenhütte, verbrannt zu werden. Mit dieser direkten Nutzung der Energie pflanzlicher Biomasse wird der Import fossiler Energieträger, deren natürliches Vorkommen in Brasilien gering ist, vermieden.

Umfang der Rodungen und Vegetationsbrände

Die Erfassung von Daten über den Umfang der Waldumwandlung und -verbrennung im Amazonasbecken war noch vor einigen Jahren mit erheblichen Problemen verbunden. Dies war u.a. auf die Schwierigkeiten der systematischen Erfassung der großen Regenwaldgebiete mit Hilfe von Landsat (MSS/TM) zurückzuführen, die nicht nur eine große Zahl von Szenen erfordert (für die Abdeckung des Amazonasbeckens sind mehr als 200 Landsat-Szenen erforderlich), sondern auch in der geringen Überflughäufigkeit des Satelliten liegen und dem damit verbundenen Risiko von Verdeckung der Vegetation durch Wolken in der regenreichen Zeit oder durch Rauch der Rodungsfeuer in der niederschlagsarmen Zeit (MALINGREAU & TUCKER, 1988). Die vom brasilianischen Institut für Raumforschung (INPE) für 1980 angegebene Größe der bis zu diesem Zeitpunkt erfolgten Waldumwandlung der Region „Amazônia Legal“

(Gesamtfläche ca. 500 Millionen Hektar) von nur 1,55% mag aus diesen Gründen stark unterschätzt worden sein (diese und weitere Daten: vgl. MALINGREAU & TUCKER, 1988; Fearnside, 1989 b, 1990²; KAUFFMANN et al., 1990²).

Eine aktuelle Zusammenstellung der Daten aus verschiedenen neueren Fernerkundungsinventuren in der Region „Amazônia Legal“, die in den einzelnen Bundesstaaten zwischen 1978 und 1987 durchgeführt wurden, zeigt eine Entwaldung von ca. 8% (Tab. 5. 1); eine von der Weltbank durchgeführte Studie (MAHAR, 1988) beziffert die Entwaldung im Jahr 1988 auf bereits 12% der Region.

Ein weiteres Erdbeobachtungssystem, der meteorologische Satellit NOAA-9/AVHRR (*National Oceanic and Atmospheric Administration, Advanced Very High Resolution Radiometer*), ist nicht nur für die Identifizierung unterschiedlicher Vegetation bzw. umgewandelter Waldflächen geeignet (MALINGREAU & TUCKER, 1988), sondern auch für die Lokalisierung aktiver Feuer und die Emissionen aus der Biomasseverbrennung (KAUFMAN et al., 1990²; MALINGREAU, 1990²). Zur Erfassung von Feuern dienen hierbei die 3,7 μm - und 11 μm -Kanäle, die aktive Feuer in einer Größe ab 10×10 m und Schwelbrände ab 30×30 m identifizieren können (KAUFMAN et al., 1990²). Problematisch ist hierbei das Auflösungsvermögen des AVHRR von ca. 1 km^2 , bei dem jedes Pixel bei Erreichen der Sensorschwelle von ca. 320 K bereits ab den o.a. Brandflächen aktiv wird. Unter Berücksichtigung dieser möglichen Überschätzung der Brandflächen sind Korrekturen notwendig (Korrekturfaktor 70%).

Die Erfassung von Waldrodungsfeuern und anderen Biomassebränden auf einer Fläche von etwa der Größe von „Amazônia Legal“ zeigte im Jahr 1987 eine gesamte Brandfläche von 20,4 Millionen Hektar (Vergleich: Landfläche der Bundesrepublik Deutschland 24,9 Millionen Hektar). Hiervon lagen ca. 8 Millionen Hektar in Regionen, die als „geschlossener Primärwald“ definiert waren (Vergleich: Die gesamte Waldfläche der Bundesrepublik Deutschland beträgt 7,3 Millionen Hektar).

Trotz der hohen Unsicherheitsfaktoren dieser Daten aufgrund des Auflösungsvermögens des Sensors und aufgrund der Tatsache, daß sowohl wiederholte Feuer auf Weideflächen als auch Feuer in der saisonalen *Cerrado*-Vegetation erfaßt wurden, werden hier Dimensionen der Waldumwandlung aufgezeigt, die den exponentialen Anstieg der Waldumwandlung in Brasilien bestätigen.

Verbrannte Biomasse und Emissionen

Bei der Verbrennung von Biomasse (organische pflanzliche Substanzen) in tropischer Vegetation (Primärwald und sekundäre Vegetation) entsteht ein Bouquet von gasförmigen Verbindungen aus der Freisetzung und Oxidation von organischem Kohlenstoff und Stickstoff, das in die Atmosphäre eingetragen und dort klimawirksam wird („Treibhauseffekt“). Von den gasförmigen Emissionen



Abb. 5.3: Der Eintrag von klimawirksamen Spurengasen aus der Waldverbrennung in die Atmosphäre stellt einen erheblichen Anteil zur Entwicklung des „Treibhauseffektes“ dar (Foto: C.S.I.R.O.).

aus Biomasseverbrennung ist Kohlendioxid (CO_2) von besonderer Bedeutung, da es insgesamt etwa 50 % der klimawirksamen, weltweit insgesamt anthropogen emittierten und natürlich freigelassenen Verbindungen darstellt. Eine wesentlich höhere Klimawirksamkeit hat Methan (CH_4), da es aufgrund einer relativ geringen biologischen Senke eine längere Verweilzeit in der Atmosphäre hat.

Spurengasemissionen aus Biomasseverbrennungen in den Tropen		Anteil an weltweiten Emissionen *
$\text{CO}_2\text{-C}$	$2,6 \times 10^{15}$ g	≤ 33 %
CO-C	$2,6 \times 10^{14}$ g	11–36 %
$\text{CH}_4\text{-C}$	$3,1 \times 10^{13}$ g	3–13 %
NMHC-C	$3,4 \times 10^{13}$ g	15–52 %
$\text{NO}_x\text{-N}$	$6,0 \times 10^{12}$ g	7–20 %
$\text{N}_2\text{O-N}$	$1,4 \times 10^{12}$ g	4–15 %

Tab. 5.2: Jährliche Emissionen von klimawirksamen Spurengasen aus Biomasseverbrennung in den Tropen und deren Anteil an den gesamten, weltweiten Emissionen (nach HAO et al., 1990²).

*Einschließlich der Emissionen aus fossilen Brennstoffen, NMHC = Kohlenwasserstoffverbindungen außer Methan. Unsicherheiten: $\text{CO}_2 \pm 50$ %, alle anderen Verbindungen ± 40 %.

Bei den in der niederschlagsarmen Zeit zwischen Juli und September 1987 beobachteten Bränden zwischen $6,5^\circ$ und 15° S und 55° und 67° W wurden täglich bis zu 8.000 aktive Feuer registriert (KAUFMAN et al., 1990²). Nach dieser Studie, die in Freiburg 1989 anlässlich des Symposions „Fire in the Tropical Biota“ vorgetragen wurde, wurden bei den insgesamt 240.000 Feuern etwa $1,0 \times 10^{13}$ g Rauchpartikel, $7,0 \times 10^{12}$ g CH_4 , $2,0 \times 10^{14}$ g CO und $1,0 \times 10^{15}$ g CO_2 emittiert. Diese Emissionen stellen einen erheblichen Anteil an der weltweiten Freisetzung von klimawirksamen Spurengasen aus Biomasseverbrennung dar, deren Größenordnung aufgrund neuerer Hochrechnungen von HAO et al. (1990²) beim Freiburger Symposium vorgestellt wurde und hier in Tabelle 2 zusammengefasst ist.

Diese Werte sind insgesamt sogar als konservativ anzusehen und heute eher höher anzusetzen, da sie sich zum großen Teil auf Angaben von Waldflächen und Waldflächenumwandlung der FAO (FAO, 1982) für die 2. Hälfte der 70er Jahre beziehen. Mittlerweile ist die Entwaldungsrate im Amazonasbecken derart angestiegen, daß FEARNside (1986, 1990²) durchaus realistisch zum Schluß kommt, daß bei einer vollständigen Umwandlung des Waldes in „Amazônia

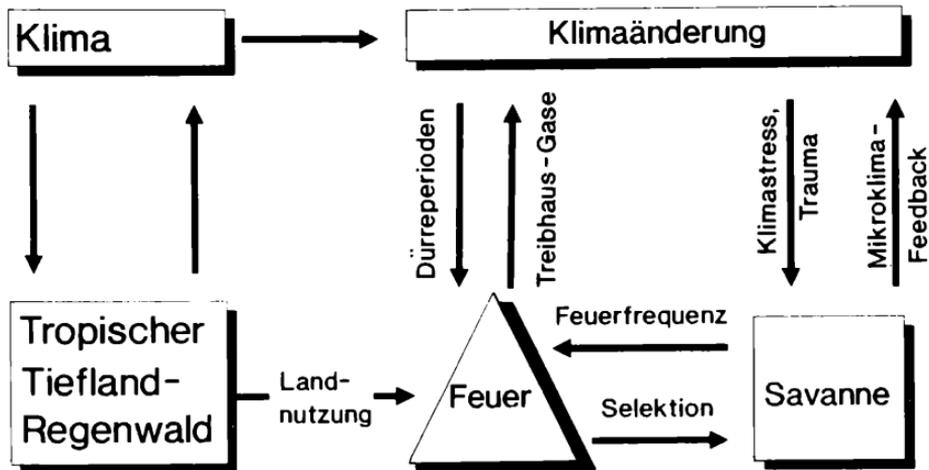


Abb. 5.4: Rolle des Feuers in der Degradation des tropischen Regenwaldes und die Rückkopplung mit klimawirksamen Prozessen.

Legal“ (C-Gesamtvorrat ca. 50×10^{15} g) in Weideland innerhalb der nächsten 50 Jahre jährlich ca. $1,0 \times 10^{15}$ g Kohlenstoff freigesetzt werden.

Es soll an dieser Stelle nicht auf die Kohlenstoffsinken eingegangen werden, die sich nicht nur durch die Bildung sekundärer Vegetation und den möglichen Düngereffekt von CO_2 ergeben, sondern darüber hinaus auch durch Holzkohlebildung und Erosion (Ablagerung in marinen Sedimenten). Denn es ist davon auszugehen, daß der Degradierungsprozeß tropischer Vegetation, der durch direkte anthropogene Eingriffe eingeleitet wird, durch den damit in Gang gesetzten Feuerzyklus verstärkt wird (Abb. 5.4). Dabei wirkt sich Feuer in zunehmendem Maße auch in den Wald- und Savannenlandschaften aus, die kleiner oder nur geringer Nutzung unterliegen (außer Kontrolle geratene, großflächige Brände).

Vegetationsbrände in den Tropen und übergreifende ökosystemare Prozesse

Die Auswirkungen der Vegetationsbrände auf die neuzeitlichen Veränderungen der Atmosphäre ergeben sich aus dem zuvor Gesagten. Hinzu kommen die indirekten Auswirkungen der Vegetationsdegradierung auf das regionale und globale Klima. Die Vernichtung des tropischen Regenwaldes hat starke Folgen auf das regionale Niederschlagssystem. Verschiedene Arbeiten von SALATI und anderen (SALATI et al., 1979; SALATI & VOSE, 1984; MOLION, 1987; SALATI,

1989: 1; vgl. WEISCHET, dieser Band) zeigen, daß der Regenwald um 50 % der Niederschläge durch Evapotranspiration in Form von Wasserdampf an die Atmosphäre zurückgibt und daß mehr als 50 % der Niederschläge aus diesem Recycling des Wassers stammen.

Die Umwandlung des Regenwaldes kann vor allem dann das lokale und regionale Klima ändern, wenn die Umwandlungsflächen immer großräumiger werden. Hinzu kommt die Veränderung einer weiteren physikalischen Komponente, die des Strahlenhaushaltes. Während der tropische Regenwald eine Albedo (Verhältnis Ausstrahlung zu Einstrahlung) von 0,12 bis 0,13 aufweist, erhöht diese sich in einer degradierten Savannenvegetation auf 0,15 bis 0,19 und im (feuer-)degradierten Grasland auf 0,18 bis 0,25. Über degradierte Vegetation ist damit weniger Energie zur Erwärmung der Bodenoberfläche vorhanden, die Zirkulation und die Strahlungsbilanz werden gestört, und eine Abnahme von Wolkenbildung und Niederschlägen ist die Folge (ein Anstieg der Albedo um 0,01 hat eine Reduzierung des Niederschlages von 2 bis 4 % zur Folge).

Ohne verschiedene kontroverse Theorien bzw. Thesen über den Treibhauseffekt und seine möglichen Erscheinungsformen an dieser Stelle zu diskutieren, möchte ich davon ausgehen, daß die globalen Klimamodelle genügend Anzeichen dafür geben, daß wir uns aufgrund der Landnutzungsänderungen und der anthropogenen Veränderungen der Chemie der Atmosphäre bereits am Anfang des ersten Treibhaus-Jahrhunderts befinden (vgl. vor allem SCHNEIDER, 1989; CRUTZEN & MÜLLER, 1989; Deutscher Bundestag, 1988). Die bislang erstellten globalen Klimamodelle (*General Circulation Models*) sind relativ grob und unvollständig, da sie beispielsweise zu weit gerastert sind und die komplexen Wechselwirkungen zwischen Bewölkung und den tiefen, langfristigen Zirkulationen in den Ozeanen noch nicht erfassen können. Gleichwohl ist davon auszugehen, daß sich bei Verdoppelung des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre (bezogen auf ca. 270 ppm zu Beginn der industriellen Revolution und wann auch immer, vor oder nach dem vorausgesagten Zeitraum um 2030 erreicht) die Temperaturen global erhöhen werden. Wie hoch und wie stark die Erhöhung in Verbindung mit extremen und häufigen Trockenisereignissen sein wird, ist regional je nach geographischer Lage, besonders in bezug auf die Landmasse (Kontinentalität), unterschiedlich.

Die Landnutzungsänderungen in den Tropen und Subtropen haben bislang aber bereits weltweit zur Verringerung des gesamten Niederschlages in diesen Klimazonen geführt (KELLY, 1986). Die Desertifizierungsprozesse in den Tropen und den Subtropen, besonders drastisch in der Sahel-Zone, sind das Endstadium einer Entwicklung, die mit dem Feuer-Regime einer Landschaft bzw. eines Vegetationstyps, unter Wechselwirkung aller beeinflussenden natürlichen und anthropogenen Rahmenbedingungen, untrennbar verknüpft ist (GOLDAMMER, 1986). Die durch eine globale Erwärmung weiterhin verstärkte Tendenz der Entstehung xerophytischer und pyrophytischer Vegetation, die Bildung savannenähnlicher Gesellschaften unter mehr saisonalem Klima, der physiologische

Streß und das Trauma des Regenwaldes (Waldkrankheiten, Insekten, Feuer) werden die jährlichen Brandflächen in den Tropen von derzeit etwa 500 bis 1.000 Millionen Hektar weiterhin ansteigen lassen (Abb. 5.1; GOLDAMMER, 1990a; FOSBERG & GOLDAMMER, 1990²; MUELLER-DOMBOIS & GOLDAMMER, 1990²).

Ein Ausblick

Inwieweit der tropische Regenwald, wie der des Amazonasbeckens, auf die anthropogene Herausforderung und die Evolution reagieren wird, ist vorauszu-sehen: Da es, ungleich zu den Eiszeiten der Vergangenheit, im postmodernen Klima keine Refugien mehr geben wird, wird sich die dramatische Reduzierung der biologischen Diversität mit all ihren langfristigen Implikationen beschleunigen.

Gezielte Maßnahmen der Landnutzungsplanung, der Bereitstellung von Energie und anderen natürlichen Ressourcen und letztlich auch der „Steuerung“ des Bevölkerungswachstums sind von hoher Dringlichkeit. Die Einberufung einer nationalen brasilianischen Kommission zur „Verhütung und Kontrolle der Waldverbrennung“ ist ein erster Schritt (vgl. SOARES, 1989), der nach den lang-jährigen Mahnungen von FEARNside (u.a. 1984, 1986, 1988, 1989 a und b, 1990²) eigentlich längst überfällig ist. Auch das Aussetzen der fiskalischen Sub-ventionierung der Waldumwandlung ist eine *ad hoc*-Maßnahme, die zwar zunächst zeitlich begrenzt ist, langfristig aber in eine ökologisch ausgerichtete Ressourcenpolitik Eingang finden muß. Die Bewegung *Nossa Natureza* („Unsere Natur“) muß als nationaler Aufbruch in diese neue Politik allerdings mit hoher Dringlichkeit durch die international auf Brasilien wirkenden Kräfte unterstützt werden. Die für die 90er Jahre erforderlichen internationalen Maßnahmen zum Schutz des Waldes, wie sie in den Zwischenstaatlichen Vereinbarungen des IPCC (*Intergovernmental Panel on Climatic Change*) derzeit projiziert werden, dürften allerdings nicht nur auf ein Credo von Deklarationen der 2. Weltklima-konferenz (1990) beschränkt bleiben. Großräumige oder sogar weltweite Strategie-n und Programme des Waldschutzes und der Vorbereitungen auf das Treib-hausklima, in die Hunderte oder Tausende von Milliarden Dollar investiert werden müssen, bedürfen einer soliden Planung, die durch entsprechende Grundla-genforschung und angewandte Forschung untermauert werden muß. Auch hier bietet sich eine internationale Vereinbarung, das IGBP (*International Geosphere-Biosphere Program*), als Grundlage gemeinsamer Bemühungen an, die die For-schungsprogramme koordinieren und damit verstärken sollen. Die Forschungs-kapazitäten der Tropenländer selbst, die mittlerweile zum großen Teil über qua-lifizierten akademischen Nachwuchs, vor allem in der Forstwissenschaft, ver-fügen, müssen dabei besonders stark in die Forschungsprogramme eingebracht werden.

Die Klima- und Klimaimpaktforschung wird heute noch stark durch die Umweltphysik und Umweltchemie bestimmt. Aus dem zuvor Gesagten ergibt sich aber die Notwendigkeit der Einbringung der terrestrischen (Tropen-) Ökologie ebenso wie die der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften. Die Komplexität der zu lösenden Aufgaben nimmt zu, und somit wird die isoliert arbeitende wissenschaftliche Einzeldisziplin abgelöst von interdisziplinären Arbeitsgruppen. Die weitreichenden Implikationen aus Waldumwandlung und -verbrennung in den Tropen haben daher auch zur Bildung eines internationalen und multidisziplinären Projekts *Impact of Tropical Biomass Burning on the World Atmosphere* innerhalb der IGAC (*International Global Atmospheric Chemistry Programme*) geführt, an dem auch die feuerökologische Forschung der Universität Freiburg beteiligt ist (GALBALLY, 1989). Die „Freiburg Declaration on Tropical Fires“ (1989) hat hierzu klare Stellung bezogen (siehe Annex).

Die in der Bundesrepublik Deutschland zur Verfügung stehenden Finanzmittel zur Tropenökosystemforschung sind vernachlässigbar gering, so daß neue Programme, auch als bisweilen notwendige schnelle Reaktion für Beiträge zu internationalen Vorhaben oder langfristige Schaffung von Forschungseinrichtungen, nur langsam in die Wege geleitet werden können. Das kürzlich aufgelegte Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Mechanismen der Aufrechterhaltung tropischer Diversität“, das sich den wichtigen Fragen der Ursachen und Erhaltungsmöglichkeiten der tropischen Artenvielfalt stellen wird, ist von seinem Gesamtumfang auch nur ein sehr bescheidener Beitrag. Damit ist vorauszusehen, daß die deutsche tropische bzw. globale Ökosystemforschung im internationalen Vergleich sich auch weiterhin nur ungenügend entsprechend entwickeln und auswirken kann.

Danksagung

Der Arbeitsbereich Feuerökologie am Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg wird gleichermaßen durch die Albert-Ludwigs-Universität und die Volkswagen-Stiftung getragen. Beiden Institutionen sei für die nachhaltige Unterstützung dieses in Deutschland noch jungen Forschungsgebietes gedankt.

Angeführte Schriften:

(Die Schriften der im Text mit Hochzahlen markierten Autoren sind in den folgenden Sammelwerken enthalten: ¹ CRUTZEN & MÜLLER, 1989; ² GOLDAMMER, 1990 b).

ABSY, M. L. (1982): Quaternary palynological studies in the Amazon basin. — In G. T. PRANCE, Hrsg.: Biological diversification in the tropics, 67-73, New York (Columbia Univ. Press).

- ANDERSON, J. A. R. (1966): A note on two tree fires caused by lightning in Sarawak. — *Malaysian Forester* 29 (1), 19–20, Kuala Lumpur.
- BRAIN, C. K. & SILLEN A. (1988): Evidence from the Swartkrans cave for the earliest use of fire. — *Nature* 336, 464–466, London-Washington.
- COCKBURN, P. F. (1974): The origin of Sook Plain, Sabah. — *Malaysian Forester* 37 (1), 61–63, Kuala Lumpur.
- COLINVAUX, P. A. (1989): The past and future Amazon. — *Sci. Amer.* 260 (5), 102–108, New York.
- CONNOR, E. F. (1986): The role of Pleistocene forest refugia in the evolution and biogeography of tropical biotas. — *TREE* 1, 165–169, Amsterdam.
- CRUTZEN, P. J., DELANY, A. C., GREENBERG, J., HAAGENSEN, P., HEIDT, L., LUEB, R., POLLOCK, W., SEILER, W., WARTBURG, A. & ZIMMERMANN, P. (1985): Tropospheric chemical composition measurements in Brazil during the dry season. — *J. Atmosph. Chem.* 2, 233–256, Dordrecht.
- CRUTZEN, P. J. & MÜLLER, M., Hrsg. (1989): Das Ende des Blauen Planeten? Der Klimakollaps, Gefahren und Auswege. — 270 S., München (Beck).
- Deutscher Bundestag (1988): Schutz der Erdatmosphäre. Eine internationale Herausforderung. Zwischenbericht der Enquete-Kommission des 1. Dt. Bundestages „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“. — 583 S., Bonn (Universitäts-Buchdruckerei).
- FEARNSIDE, P. M. (1984): Brazil's Amazon settlement schemes. — *Habitat Intl.* 8, 45–61, London.
- FEARNSIDE, P. M. (1986): Summary of progress in quantifying the potential contribution of Amazonian deforestation to the global carbon problem. — In D. ATHIE et al., Hrsg.: *Proc. Workshop Biogeochemistry of Tropical Rain Forests: Problems for Research*, 75–82, Univ. São Paulo-Piracicaba (CENA).
- FEARNSIDE, P. M. (1988): An ecological analysis of predominant land uses in the Brazilian Amazon. — *Environmentalist* 8, 281–300.
- FEARNSIDE, P. M. (1989 a): The charcoal of Carajás: A threat to the forests of Brazil's Eastern Amazon region. — *Ambio* 18, 141–143, Stockholm.
- FEARNSIDE, P. M. (1989 b): Deforestation in Brazilian Amazonia. — In G. M. WOODWELL, Hrsg.: *The Earth in Transition: Patterns and processes of biotic impoverishment*, New York (Cambridge Univ. Press) [im Druck].
- FAO (1982): Tropical forest resources. — *FAO Forestry Paper* 30, 106 S., Rome.
- FLENLEY, J. R. (1979): The equatorial rain forest: a geological history. — 162 S., London (Butterworth).
- GALBALLY, I. E., Hrsg. (1989): International Global Atmospheric Chemistry Programme. A core project of the International Geosphere-Biosphere Programme. — 55 S., Int. Assoc. Meteorology and Atmospheric Physics.

- GOLDAMMER, J. G. (1986): Feuer und Waldentwicklung in den Tropen und Subtropen. – Freiburger Waldschutz Abh. 6, 43–57, Freiburg.
- GOLDAMMER, J. G. (1989): Formation of a new interdisciplinary working group „Fire Ecology“ within the IGBP. A proposal to the IGBP Secretariat. – 9 S., Inst. Forstzool. Univ. Freiburg.
- GOLDAMMER, J. G. (1990 a): Feuer und Waldentwicklung in den Tropen. – Basel-Boston (Birkhäuser) [in Vorbereitung].
- GOLDAMMER, J. G., Hrsg. (1990 b): Fire in the tropical biota. Ecosystem processes and global challenges. – Berlin-New York (Springer) [im Druck].
- GOLDAMMER, J. G. & SEIBERT, B. (1989): Natural rain forest fires in Eastern Borneo during the Pleistocene and Holocene. – *Naturwiss.* 76, 518–520, Berlin-Heidelberg.
- HAFFER, J. (1969): Speciation in Amazonian forest birds. – *Science* 165, 132–137, Washington.
- HAMMEN, VAN DER, T. (1982): Paleocology of tropical South America. – In G. T. PRANCE, Hrsg.: Biological diversification in the tropics, 60–66, New York (Columbia Univ. Press).
- HECHT, S. B. (1983): Cattle ranching in the eastern Amazon: environmental and social implications. – In E. F. MORAN, Hrsg.: The dilemma of Amazonian development, 155–188, Boulder (Westview).
- HUMBOLDT, A. VON (1805–1834): Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 et 1804 par Alexandre DE HUMBOLDT et Aimé BONPLAND. – 30 Bände, Paris (Auszüge in deutscher Übersetzung in „Südamerikanische Reise“, 608 S., Safari-Verlag, Berlin 1979).
- KAM-BIU LIU & COLINVAUX P. A. (1985): Forest changes in the Amazon Basin during the last glacial maximum. – *Nature* 318, 556–557, London-Washington.
- KAUFFMANN, J. B., UHL, C. & CUMMINGS, D. L. (1988): Fire in the Venezuelan Amazon 1: Fuel biomass and fire chemistry in the evergreen rainforest of Venezuela. – *Oikos* 53, 167–175, Copenhagen.
- KELLY, P. M. (1989): Evidence to Enquete-Kommission of the German Bundestag „Preventive Measures to Protect the Earth's atmosphere“. – Mimeo 1989, 11 S.
- LEWIN, R. (1984): Fragile forests implied by Pleistocene pollen. – *Science* 226, 36–37, Washington.
- MACK, F. (1989): Das El Niño-Southern Oscillation (ENSO) Phänomen und die Auswirkungen dadurch bedingter Klimaschwankungen auf die Dipterocarpaceenwälder v. Ost-Kalimantan, Borneo. – Dipl.-Arb. Forstzool. Inst., Univ. Freiburg.
- MAHAR, D. J. (1988): Government policies and deforestation in Brazil's Amazon region. – Environm. Dep. Work. Pap. 7, Washington (World Bank).
- MALINGREAU, J. P. & TUCKER, C. J. (1988): Large-scale deforestation in the southeastern Amazon Basin of Brazil. – *Ambio* 17, 49–55, Stockholm.

- MOLION, L. C. B. (1987): Micrometeorology of an Amazonian rain forest. — In R. E. DICKINSON, Hrsg.: *The physiology of Amazonia*, New York (Wiley).
- MUELLER-DOMBOIS, D. (1981): Fire in tropical ecosystems. — In H. A. MOONEY et al., Hrsg.: *Fire regimes and ecosystem properties*, Proc., 137-176, USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-26, Washington.
- MUTCH, R. W. (1970): Wildland fires and ecosystems: a hypothesis. — *Ecology* **51**, 1046-1051, Durham.
- PRANCE, G. T., Hrsg. (1982): *Biological diversification in the tropics*. — 681 S., New York (Columbia Univ. Pr.).
- RICHARDS, P. W. (1976): *The tropical rain forest*. — 5th ed., (Cambridge Univ. Press).
- ROSE, N. (1980): A persisting misconception about the drought of 1958 in Northeast Brazil. — *Climatic Change* **2**, 299-301, Dordrecht.
- SALATI, E., DALL'OLIO, A., MATSUI, E. & GAT, J. R. (1979): Recycling of water in the Amazonian Basin: An isotopic study. — *Water Resource Res.* **15**, 1250-1258, Washington.
- SALATI, E. & VOSE, P. B. (1984): Amazon Basin: A system in equilibrium. — *Science* **225**, 129-138, Washington.
- SALDARRIAGA, J. G. & WEST, D. C. (1986): Holocene fires in the Northern Amazon Basin. — *Quat. Res.* **26**, 358-366, Washington.
- SALO, J. (1987): Pleistocene forest refuges in the Amazon: evaluation of the biostratigraphical, lithostratigraphical and geomorphological data. — *Ann. Zool. Fennici* **24**, 203-211, Helsinki.
- SANFORD, R. L., SILDARRIAGA, J., CLARK, K. E., UHL, C. & HERRERA, R. (1985): Amazon rain forest fires. — *Science* **227**, 53-55 Washington.
- SCHNEIDER, S. H. (1989): *Global warming*. — 317 S., San Francisco (Sierra Club).
- SETZER, A. W., PEREISA, M. C., PEREISA JR., A. C. & ALMEIDA, S. A. O. (1988): Relatório de atividades do projeto IBDF-INPE „SEQUE“-ano de 1987. — Inst. Pesqu. Espac. (INPE) Publ. No. 4534-RPE/565, 54 S., Sao José dos Campos, S.P. (INPE).
- SOARES, R. (1989): Brazilian forestry agency takes action against forest fires. — In J. G. GOLDAMMER, ed.: *International Forest Fire News* **2**, 2 S., ECE/FAO (Geneva).
- UHL, C., KAUFFMANN, J. B., & CUMMINGS, D. L. (1988): Fire in the Venezuelan Amazon 2: Environmental conditions necessary for forest fires in the evergreen rainforest of Venezuela. — *Oikos* **53**, 176-184, Copenhagen.
- WEIDELT, H. J. & BANAAG, V. S. (1982): Aspects of management and silviculture of Philippine dipterocarp forests. — *Schriftenreihe GTZ* No. **132**, 302 S., Eschborn.

Annex:

Freiburger Erklärung zur Verbrennung und Degradierung des Tropenwaldes

1. Ökologische Auswirkungen tropischer Feuer

Die Verbrennung der Wälder und anderer Vegetation in den Tropen ist ein Zeichen zunehmender Veränderungen der Landnutzung und hat immer deutlicher sichtbare Auswirkungen auf die Umwelt. Die Emissionen der Verbrennung tropischer Vegetation enthalten neben erheblichen Mengen an Kohlendioxid (CO_2) insbesondere auch Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x), Lachgas (N_2O), Methan (CH_4) und andere Kohlenwasserstoffe und große Mengen an Aerosolen. Smog-ähnliche Bedingungen mit Ozon-Konzentrationen, die mit den Bedingungen der hochindustriellen Länder vergleichbar sind, werden über den abgelegensten Regionen der Tropen vorgefunden. Diese Störungen der tropischen Atmosphäre haben derartige Ausmaße angenommen, daß sie auch von Satelliten aus erfaßt werden können. Neben den gravierenden regionalen und überregionalen Umweltschäden, insbesondere der Störung des Wasserkreislaufes, führt die großflächige Waldverbrennung zu einer Beschleunigung des „Treibhaus-Effektes“ und berührt damit auch die Regionen außerhalb der Tropen.

Die Bedeutung und die Konsequenzen der globalen Erwärmung haben wiederum voraussichtlich katastrophenartige Dürreperioden im tropischen Raum zur Folge, die selbst im tropischen Regenwald zu großflächigen Bränden führen. Dies haben die Regenwaldbrände auf Borneo 1982-83 deutlich vor Augen geführt.

Der evolutionäre Einfluß natürlicher Feuer und die Anwendung des Feuers durch den Menschen hat in den Tropen eine Reihe von Wald- und Savannentypen geschaffen, die für eine Land- und Weidewirtschaft von Bedeutung sind und für deren Zusammensetzung und Erhaltung das Feuer eine wichtige Rolle spielt. Auch in den Aufforstungen der Neuzeit ist das gezielt eingesetzte kontrollierte Feuer ein Bestandteil von Maßnahmen des Forstschutzes, die zur Sicherung der Wälder gegen destruktive Großfeuer dienen.

Für lange Zeit und unter geringer Bevölkerungsdichte haben traditionelle Formen von Brandrodungskulturen auch im tropischen Regenwald eine nachhaltige und umweltverträgliche Existenzsicherung von Mensch und Waldlandschaft ermöglicht.

Der ansteigende Bevölkerungsdruck, die Kolonisations- und Transmigrationsprogramme und die derzeitigen marktwirtschaftlichen Bedingungen haben neue Brandrodungskulturen geschaffen, in denen die Feueranwendung in größerem Maßstab (besonders bei der Waldrodung für agroindustrielle Zwecke in Lateinamerika) und in immer kürzer werdenden Abständen erfolgt (wie etwa in den verschiedensten Savannenformationen weltweit). Mit der Veränderung der

natürlichen Feuerzyklen ist die Stabilität des Landschaftshaushaltes in den Tropen in großflächigem Umfang gefährdet.

2. Wo wir stehen

Die konsequente Bekämpfung des Feuers war traditioneller Bestandteil des Waldschutzes in vielen Ländern, auch dort, wo natürliche und anthropogene Feuer ein fester Bestandteil des Ökosystems waren. Heute setzt sich zunehmend die Konzeption des Feuer-Managements durch, die ein gezieltes Durchbrennen der Wälder vorsieht und diese dadurch weniger anfällig für destruktive Schadfeder macht. Auch bestimmte, ökologisch und wirtschaftlich produktive Sukzessions-Stufen der Vegetationsentwicklung werden mit Hilfe des Feuers erhalten. Vielfach werden die Methoden des Feuer-Managements nicht angewendet, weil die Entscheidungen hierüber durch internationale Programme, Berater und Forscher getroffen werden, die mit diesen lokalen Gegebenheiten nicht vertraut sind.

Sowohl die Wissenschaft als auch die Politik muß diesen Umständen mit einem hohen Maß an Sensibilität begegnen. Wenn die Auswirkungen des Feuers als destruktiv erkannt werden, wie etwa das gegenwärtige alarmierende Ansteigen der Waldrodung und -verbrennung in Amazonien, so wäre es falsch, den einzelnen Bauern hierzu zur Verantwortung zu ziehen. Es ist vielmehr wichtiger, die Ursache der Waldvernichtung zu beseitigen, die in der Land-Spekulation und in Steuervorteilen liegen und durch Landnutzungspläne begünstigt werden, die eine Umwandlung des Waldes vorsehen. Den Migrationsströmen landloser Bevölkerung in die unfruchtbaren Regenwaldgebiete, die durch die Ausweitung des Straßenbaus und des Großgrundbesitzes verstärkt werden, muß Einhalt geboten werden. Maßnahmen der Eindämmung der Waldverbrennung müssen auf einem hohen Verständnis der Ursachen aufbauen und den Nutzen des Feuer-einsatzes gegen die Auswirkungen abwägen.

3. Vorgeschlagener Aktionsplan

Grundlagenforschung und Sofortmaßnahmen hinsichtlich der Waldverbrennung in den Tropen sind vordringlich. Unverzügliche Maßnahmen in Bildung und Erziehung müssen langfristig auf eine Veränderung der Einstellung zum Feuer und zur Natur führen. Wenn beispielsweise die Regenwälder des Kongo-Beckens bis jetzt vom Feuer noch relativ unberührt sind, muß dies sorgfältig überwacht werden, da sich die Lage dort ebenso schnell wie in anderen Regionen ändern kann. Hierzu muß ein weltweites Überwachungssystem der Feuer in den Tropen eingerichtet werden. Die Industrienationen können durch intellektuelle und finanzielle Unterstützung der Tropenländer hierzu einen erheblichen Beitrag leisten. Das Internationale Geosphäre-Biosphäre-Programm (IGBP) stellt hierzu eine vielversprechende Plattform für internationale Zusammenarbeit in

feuerökologischer Forschung dar. Der Zwischenstaatliche Ausschuß zum Klimawechsel (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) und die UNEP sollten die Strategie für Aktionen erarbeiten. Dabei ist es wichtig, daß das IGBP seine Ressourcen auf diejenigen großräumigen Ökosysteme konzentriert, die eine besondere Rolle in globalen geochemischen Prozessen spielen.

Ohne daß auf weitere Ergebnisse der Forschung gewartet werden muß, kann viel von dem bestehenden Wissen bereits heute in Handeln umgesetzt werden. Hierzu gehören das Überdenken und die Reformierung der Grundsätze und Programme der internationalen Kreditanstalten und Entwicklungsprogramme, deren Auswirkungen auf die Waldverbrennung und Waldumwandlung sorgfältiger geprüft werden müssen. Die in jüngerer Zeit angestiegenen Kapazitäten der Weltbank, im Rahmen ihrer Maßnahmen Umweltverträglichkeitsprüfungen durchzuführen, sind ein begrüßenswerter und wichtiger Anfang.

Auf nationaler und zwischenstaatlicher Ebene müssen institutionelle Mechanismen entwickelt werden, die die Kosten und Nutzen geänderter Feuer-Management-Konzeptionen gerecht verteilen können. Bei der Formulierung einer „Feuer-Politik“ muß klar definiert werden, wem eine Anwendung und wem ein Verbot des Feuers zugute kommt. Die nationalen Souveränitäten dürfen hierbei nicht berührt werden. Die Interessen der verschiedenen Nationen zeigen aber in die gemeinsame Richtung: Dieser Einhalt der Waldvernichtung liegt nicht nur im langfristigen Interesse der Tropenländer, sondern auch deswegen im Interesse der gesamten Völkergemeinschaft, weil die biologische Diversität und die Atmosphäre weltweit durch das Verbrennen tropischer Wälder bedroht sind.

Freiburg i. Br., den 19. Mai 1989

Unterzeichner:

3. Internationales Symposium Feuerökologie

Anschrift: c/o Dr. Johann Georg Goldammer, Forstzoologisches Institut, Arbeitsbereich Feuerökologie, Bertoldstr. 17, D-7800 Freiburg.

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	S. 143-168	10 Abb.	0 Tab.	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	------------	---------	--------	---------------

6. Ist eine nachhaltige Holznutzung im Amazonas-Regenwald möglich?

von

Rolf Grammel, Freiburg i.Br.

Zusammenfassung

Soll der tropische Regenwald im Amazonas erhalten werden, ist der Konflikt vorgegeben: Der Möglichkeit vollkommener Unterschutzstellung steht der Vorschlag einer nachhaltigen Holznutzung gegenüber.

Die vollkommene Unterschutzstellung hätte den Vorteil, daß alle positiven Eigenschaften des Regenwaldes (Klima, Boden, Nutzung der Waldfrüchte usw.) erhalten werden könnten. Hingegen wäre selbst eine nachhaltige Nutzung mit einer allerdings begrenzten Gefährdung verbunden. Sie hätte u.a. eine Erschließung mit Straßen zur Folge. Damit entstünden Pforten für weitere Waldzerstörungen.

In Zusammenhang mit der Holznutzung stellen sich zwei Fragen: Führt der mit der Ernte des Holzes verbundene Nährstoffentzug zu einer Verarmung der Böden? Gelingt es, eine pflegliche, sanfte Holztechnik zu entwickeln, ohne die Bestände, die Bodenvegetation und den Boden zu zerstören?

Im Gegensatz zu vielen Böden der ostasiatischen Regenwälder findet im Amazonas nur ein geringer Eintrag an Nährelementen statt. Eine nachhaltige Holznutzung ist deshalb auf jährlich 2 bis 3 Kubikmeter je Hektar begrenzt. Eine Bilanz des Nährstoffein- bzw. -austrages zeigt, daß Holzplantagen, die mit der selektiven Nutzung des tropischen Regenwaldes konkurrieren, bei bis zu 20 Kubikmeter je Jahr und Hektar zu schneller Bodenverarmung führen. Die selektive, d.h. einzelstammweise über große Flächen verteilte Ernte des Holzes ist technisch schwierig und teuer. Demgegenüber stehen die hohen Holzwerte (hoher Ausnutzungsgrad!) der z.B. für die Furnierherstellung genutzten Bäume. Die bestehenden Arbeitsverfahren bedürfen einer beträchtlichen Weiterentwicklung im Hinblick auf deren Pfleglichkeit.

Mit größter Vorsicht betrachtet wird die Holznutzung auf kritischen Standorten, wie Hängen, Bergkuppen, regelmäßig überschwemmten Gebieten und in Reservaten. Das Risiko der irreversiblen Zerstörung der Natur ist hier zu groß. Es erscheint vernünftiger, den Wald vollständig zu schützen, entgangene Nutzung zu entschädigen, aber auch eine Überwachung durch eine möglichst neutrale internationale Organisation zu erlangen.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. R. GRAMMEL, Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität, Werderring 6, D-7800 Freiburg i.Br.

Abstract

The tropical forests of Amazonia: Is a sustainable exploitation possible?

Protecting the tropical forests of Amazonia sets up a controversy: The possibility of total nature conservation contrasts with the proposal of a sustained-yield regulation.

The total nature conservation would be favourable because all positive features of the tropical forests (climate, soil, utilisation of forest fruits etc.) could be preserved. On the other side even a sustained utilisation would result in a great risk. For instance the construction of roads would open the forests to further devastations.

Concerning forestry there are two different questions: Will harvesting disturb nutrient balance and degenerate the soils? Is it possible to develop a sustained and soft harvesting technology careful to residual stands, vegetation and soil?

In contrast to the tropical forests of East Asia the input of nutrients in Amazonia is small. Therefore a sustainable exploitation is limited to 2 or 3 cubic meters per year and hectare. Nutrient input/output balances show that cutting rates up to 20 cubic meters achieved on forest plantations that compete with the single stem felling system led to rapid soil-impoverishment. Single stem felling is technically difficult, expensive and mostly raw. In contrast to this the price of selective harvested veneer wood and saw timber is very high. Therefore soft and sustained harvesting systems are to be developed.

Harvesting in reservations and on labil areas like slopes, hill tops and regulary flooded regions requires greatest caution. Here, the risk of irreversible devastations of nature is too high. In this case it would be better to totally protect the forests, to financially compensate lost yields and to control the forests by an independent international organisation.

Resumo

É viável o uso permanente da madeira na floresta amazônica?

A proteção da floresta tropical da Amazônia implica em um dilema: a possibilidade de uma conservação total a natureza contrasta com uma proposta do uso permanente da madeira.

Uma conservação total teria a vantagem de que todas as características positivas da floresta tropical (clima, solo, extrativismo de frutas, etc.) poderiam ser preservadas. Por outro lado, o uso permanente da madeira fica condicionado a um risco maior. Por exemplo, a construção de estradas abriria o espaço para novas devastações da floresta.

Com relação ao uso da madeira colocam-se duas diferentes questões: levará a retirada de nutrientes associada à extração da madeira a uma degeneração do solo? É possível desenvolver uma cuidadosa e amena tecnologia de uso permanente da madeira, sem destruir os depósitos residuais, a vegetação e o solo?

Em contraste com as florestas tropicais do leste asiático, o input de nutrientes na Amazônia é pequeno. Por isso, o uso permanente da madeira deve ser limitada a 2 a 3 m³/ano/hectare. Um balanço da entrada e saída de nutrientes mostra que plantíos de madeira que

concorrem com um extrativismo seletivo da floresta tropical, provocam um empobrecimento mais rápido do solo quando o valor de corte ultrapassa a 20 m³/ano/hectare. O extrativismo seletivo da madeira, ou seja, aquele feito de forma individual em troncos espalhados em grandes áreas, é tecnicamente difícil e dispendioso. Por outro lado, existem madeiras de alto valor (elevado nível de utilização!) usadas por exemplo na fabricação de laminados.

Por isso, os sistemas de uso permanente de madeiras requerem um desenvolvimento com vistas a um tratamento mais cuidadoso. Cuidados maiores devem ser dispensados na extração de madeira em locais críticos, como encostas, cumes de montanhas, áreas regularmente inundadas e reservas. Aqui, o risco de destruição irreversível da natureza é muito grande. Melhor seria proteger a mata integralmente, reconstituir danos anteriores e exigir uma vigilância através de uma organização, na medida do possível, neutra.

Die brasilianische Amazonas-Waldfläche und der Holzeinschlag

Die Entwicklung der Waldfläche

Die zugegebenermaßen äußerst schwierige Entscheidung, ob eine nachhaltige und sanfte Nutzung des Regenwaldes möglich ist, setzt voraus, daß entsprechend große Teile desselben in einem noch möglichst ursprünglichen Zustand vorhanden sind. Die damit verbundene Frage des Ausmaßes der Zerstörung beunruhigt nicht nur die Bevölkerung der nördlichen Industriestaaten. Sie wird mindestens ebenso intensiv in Brasilien selbst diskutiert. Ursache der allseits herrschenden Unsicherheit ist, daß die Medien meist wenig präzise Aussagen vermitteln, beschrieben werden oft Einzelfälle. Andererseits gehen die konkreten Zahlenangaben der sich als fachlich zuständig erklärenden amtlichen Stellen und wissenschaftlichen Institute weit auseinander.

Welche Spannbreite die Aussagen umfassen, zeigen folgende Zahlenangaben: Ausgehend von einer Gesamtfläche von 370 Millionen Hektar beharrt die Weltbank auf einem zerstörten Anteil von 12%. Ein Mitarbeiter des brasilianischen Instituts für Weltraumforschung (INPE, *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Brasília*) veröffentlichte in den *Folhas de Educação e Ciência* (São Paulo, 22. 09. 1988) einen solchen von 9,3%. Ein anderer, amerikanischer Mitarbeiter des INPE nennt 8%, der Umweltstreiter Fabio FELDMAN, der zugleich Mitglied des brasilianischen Parlaments ist, 7%. Das INPE selbst teilt offiziell (Stand 1989) mit, daß insgesamt nur 5,12% Tropenwaldfläche zerstört seien, ein zweifellos verblüffend niedriger Wert. Hierbei geht INPE von einer Gesamtfläche des *Amazônia Legal* von 490 Millionen Hektar aus. *Amazônia Legal* wird dabei als politische Einheit betrachtet, die die Bundesstaaten Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Amapá und Roraima, sowie beträchtliche Teile Tocantins und von Maranhão sowie Mato Grosso umfaßt.

Ein zur Überprüfung der Unstimmigkeiten im Hinblick auf das Entwaldungsprozent eingesetzter Senats-Untersuchungsausschuß des brasilianischen Parla-

ments befaßte sich am 9. Mai 1989 mit den Widersprüchen. Wie berichtet wird, teilten Mitarbeiter der Remote-Sensing-Abteilung des INPE „nüchtern“ mit, die Weltbank habe ältere Einzelangaben hochgerechnet. Der prognostizierte überproportionale Anstieg sei nicht eingetreten. Die anderen hohen Angaben entsprächen genauso wenig der Realität. Die von der meteorologischen Abteilung des INPE mitgeteilten Daten, allein im Zeitraum Mai bis Oktober 1988 seien 20 Millionen Hektar zerstört worden, seien falsch. Die Sensoren der Wettersatelliten würden nicht ausreichend zwischen Wolken und Rauch unterscheiden.

Mitarbeiter des INPE kritisierten andere Informationen mit dem Hinweis, daß nur ihre Abteilung über die allein zuverlässigen Landsat-Aufnahmen (NOAA/AVHRR) verfüge. Die Signale seien im übrigen so schwach, daß nur Stationen der jeweils überflogenen Länder die entsprechenden Daten fehlerfrei abrufen könnten.

Welche Brisanz in diesen unterschiedlichen Angaben steckt, wird an einer Äußerung des ehemaligen Präsidenten José SARNEY deutlich. Er benutzte am 06. 04. 1989 in einer Veranstaltung zum Umweltmaßnahmenpaket *Nossa Natureza* die Gelegenheit, darauf hinzuweisen, daß er die Hetzkampagne der entwickelten demokratischen Länder bedaure, in der Brasilien der atemberaubenden Zerstörung Amazoniens und des weltweiten ökologischen Gleichgewichts beschuldigt wird.

Aufmerksamkeit verdient in diesem Zusammenhang allerdings, daß einflußreiche brasilianische Gruppen auch heute noch nicht bereit sind, auf eine intensivere Nutzung des Amazonas-Regenwaldes zu verzichten. In einem Vortrag vor dem außenpolitischen Ausschuß des Parlaments wies Minister Leonidas PIREZ darauf hin, daß der ökologische Mythos, die Amazonasböden seien grundsätzlich für Landwirtschaft ungeeignet, nicht der Wirklichkeit entspreche: 36 % der Böden wären ohne weiteres landwirtschaftlich nutzbar, 58 % bedürften zwar vorher agrartechnischer Verbesserungen und besonderer Nutzungsmethoden, aber nur 6 % seien tatsächlich ungeeignet. PIREZ: „Der Amazonas ist unser — unter den Kritiken aus dem Ausland verbergen sich Neid und Gier nach unseren Reichtümern“.

Auf die Ursachen der Waldzerstörung einzugehen, ist hier nicht das Thema. Der Mensch war über Jahrtausende hinweg gezwungen, den Wald als Feind seiner Kultur zu bekämpfen. Noch in den 70iger Jahren wurden im Norden Brasiliens nur solche Kolonisten angesiedelt, die sich bereit erklärten, die ihnen zugeordneten Flächen zu säubern, also durch Fällen und Verbrennen der ursprünglichen Baum- und Buschvegetation diese urbar zu machen. Insoweit muß verwundern, daß sich der Amazonas-Regenwald so lange behaupten konnte. Um so größer erscheint aber heute die Gefahr einer schnellen Zerstörung.

Von Interesse sind auch Einzelhinweise. Die am meisten betroffenen Gebiete sind Rondônia, Süd-Pará, die nördlichen Teile des Mato Grosso und insbesondere ein Streifen beiderseits der neuen Teerstraße Cuiabá/Mato Grosso-Porto Velho/Rondônia-Rio Branco/Acre. Es wurde berichtet, daß vor allem in den

Jahren 1987/88 als Folge der Zuwanderung und Besiedlung sich in dieser Großregion eine Feuerwalze von Osten nach Westen bewegte. Zeitweise hätten die Rauchwolken Starts und Landungen auf den örtlichen Flugplätzen verhindert.

Eine wachsende Zahl von Veröffentlichungen in Tageszeitungen und Fachblättern weist darauf hin, daß die Meldungen über die Waldzerstörung auch in Brasilien nicht auf die leichte Schulter genommen werden. Das Umweltbewußtsein wächst insbesondere in den großen Städten des Südens. Zweifel kommen allerdings immer wieder auf, inwieweit man imstande sein wird, gute Absichten und Pläne in die Praxis umzusetzen. Die notwendigen Waldschutzmaßnahmen scheinen einfach nicht kontrollierbar zu sein. Als Beispiel hierzu: Die Bundesforstbehörde IBDF (*Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal/Brasília*) verlangt in einer Verordnung vom Oktober 1987 für jegliche Rodung von Waldflächen im Amazonasgebiet (*Amazônia Legal*) eine vorherige Genehmigung. Im stark betroffenen Staat Rondônia bedroht die regionale Forstbehörde alle Landwirte, die ohne vorherige Genehmigung Flächenbrände anlegen, mit strengen Strafen. Wie soll aber eine wirksame Kontrolle stattfinden, wenn noch vor kurzem dem für 4,2 Millionen Hektar zuständigen Forstaufsichtsbeamten in Alta Floresta nur zwei Mitarbeiter und ein Auto zur Verfügung standen. Alta Floresta ist eine typische Kolonistensiedlung, die seit der Gründung im Jahr 1976 auf über 100.000 Einwohner angewachsen ist. Die zur Anlage der Mais-, Reis-, Kaffee- und Kakao-Kulturen sowie von Rinderweiden notwendigen Rodungen wurden, wie seit Urzeiten üblich, mit dem Feuer vorgenommen.

Die Holznutzung

Nach Angaben der Holzmarktstatistik der FAO produzierte bzw. verbrauchte Brasilien im Jahr 1987 241 Millionen Kubikmeter Holz. Davon waren 27 % (66 Millionen Kubikmeter) Rundholz für Säge-, Furnier-, Zellstoff- und Papierindustrie und 73 % (175 Millionen Kubikmeter) Brennholz und Rohholz für Holzkohle.

Dies bedeutet, daß in Brasilien nahezu 3/4 des eingeschlagenen Holzes der Energieerzeugung dient. Hierbei wurden aus rund 27 Millionen Kubikmeter 5,5 Millionen Tonnen Holzkohle hergestellt, wovon große Teile in der Stahlindustrie Verwendung fanden. Der Holzverbrauch stieg im übrigen in Brasilien von 1976 bis 1987 um 41 %.

Brasilien exportierte, ebenfalls im Jahr 1987 nach einer FAO-Angabe, 1,2 Millionen Kubikmeter tropisches Nutzholz. Der Anteil am Weltmarkt beträgt damit nur 2,8%.

Es bereitet erhebliche Schwierigkeiten, die im Amazonas-Regenwald genutzte Holzmenge zu ermitteln. Insgesamt wurden in Gesamtbrasilien, wiederum im Jahr 1987, 39,9 Millionen Kubikmeter Rundholz für Sägeschnittware und Furniere verwendet. Hiervon entfielen 22 Millionen Kubikmeter auf Nadelholz,

d.h. auf Araukarie (*Araucaria angustifolia*), die, da kein Nadelholz im Regenwald angetroffen wird, abzuziehen sind. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß auch in den südlichen Staaten Brasiliens Laubhölzer wie Imbuia, Canela, Cedro und andere eingeschlagen werden. Dies bedeutet, daß im gesamten Amazonas-Regenwald, wie oben erwähnt, auf rund 370 Millionen Hektar jährlich nur rund 10 bis 15 Millionen Kubikmeter Holz in Form von starken wertvollen Bäumen eingeschlagen werden. Dies entspricht einer Nutzung von rund 0,03 bis 0,04 Kubikmetern je Jahr und Hektar (im Vergleich hierzu: In der Bundesrepublik werden etwa 4 Kubikmeter je Jahr und Hektar eingeschlagen, im Stadtwald Freiburg mindestens 7-8 Kubikmeter). Selbst wenn man eine beträchtliche Menge an nicht verbuchtem Brennholz hinzurechnet, bleibt die insgesamt geerntete Holzmenge gering.

In Übereinstimmung hierzu ist zu vermerken, daß im Amazonas-Regenwald von schätzungsweise 4.000 vorkommenden Baumarten bisher nur rund 2.200 identifiziert wurden. Rund 1.000 dieser erreichen verwertbare Stammstärken über 45 cm Brusthöhendurchmesser (BHD). Gut 300 verschiedene Baumarten werden als wirtschaftlich nutzbar betrachtet, hiervon sind aber nur 50 auf dem Markt, 5 gehen schließlich in den Export.

Fast völlig verschwunden sind im übrigen die Baumarten, die Brasilien berühmt gemacht haben, das Pau Brasil (*Guilandina echenata* SPRENG.), das Bahia-Rosenholz (*Dalbergia variabilis* VOG.), das Pau Marfim (*Aspidosperma* spp.). Auch der Rio Palisander (*Dalbergia nigra* FR. ALL.), Cedro (*Cedrela odorata* L.), Algarobo (*Hymenaea coubaril* L.), Canela (*Ocotea* spp.), Brasil Mahagoni (*Swietenia macrophylla* KING) und Ipé (*Peltogyne venosa* BENTH.) sind selten geworden.

Zusammenfassend ist zur Frage der Zerstörung der Amazonas-Tropenwaldfläche und der Holznutzung auf dieser festzuhalten:

- 1) Der Primärwald ist offensichtlich noch zu großen Teilen erhalten. Es lohnt sich also, sich intensiv mit der Frage seines Schutzes zu befassen.
- 2) Ebenso eindeutig ist, daß er als vermeintlich unerschöpfliche Landreserve derzeit heftigen Angriffen ausgesetzt ist.
- 3) Die Holznutzung ist offensichtlich sehr gering. Hier trifft zu, was einer der Amazonaswaldkenner, G. SPEIDEL (mdl. Mitt.), anschaulich formulierte: Er sprach, was das Amazonasholz anbetrifft, vom „großen Nichts“.
- 4) Fachleute bestätigen darüber hinaus, daß nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität als unbefriedigend bezeichnet werden muß. Wie so oft in Naturwäldern finden sich gute Stämme nur in geringer Zahl und auf große Flächen verteilt.

Aus der Sicht desjenigen, der die Aufgabe hat Holz zu nutzen, läßt sich anhand dieser hier zwangsläufig kurzgefaßten Beschreibung die Aufgabe umreißen: Noch ist eine wesentliche Waldfläche vorhanden, die im derzeitigen Zustand eine allerdings nur armselige Nutzung zuläßt. Andererseits liegt es für ein sich derartig schnell entwickelndes Land wie Brasilien nahe, zu prüfen, ob noch kon-

kurrierende Landnutzungsformen höhere Erträge, Arbeitsplätze und gegebenenfalls auch zusätzliche Deviseneinnahmen versprechen können (vgl. BURGER, 1989).

Der Konflikt: Kompensation für Bannlegung oder nachhaltige Nutzung

Damit ist die Frage gestellt: Unter welchen Bedingungen wäre eine nachhaltige Holznutzung im Amazonas-Regenwald möglich? Bewußt wird beim Versuch einer Beantwortung darauf verzichtet, hier den tropischen Waldbau als nachhaltige Naturwaldproduktion zu behandeln. Begriffe wie Anreicherung (*enrichment*) und andere werden eingehend und qualifiziert in LAMPRECHT (1986) besprochen. Zusätzlich wird auf seine neueste Stellungnahme (LAMPRECHT, 1989) hingewiesen. Im Mittelpunkt soll vielmehr die Frage der Intensität und der Technik der Holznutzung stehen.

In der weltweiten Diskussion um den Schutz und den Erhalt des tropischen Regenwaldes argumentieren, vereinfacht formuliert, zwei Parteien gegensätzlich:

1) Diejenige, die davon überzeugt ist, daß nur ein absoluter Schutz Erfolg verspricht. Man will den Wald in Bann legen, d.h. sich selbst überlassen. Die möglicherweise entgangenen Gewinne sollen in Form einer Miete (*leasing*) kompensiert werden. Um den § 32 des Landeswaldgesetzes Baden-Württemberg vom 04. 04. 85 zur Definition des Begriffes Bannwald zu verwenden:

Bewirtschaftungsmaßnahmen sind nicht erlaubt, anfallendes Holz darf nicht entnommen, Schutzmaßnahmen müssen zugelassen werden. Die Anlage von Fußwegen ist zulässig. Der Begriff „Vertragsnaturschutz“ beinhaltet verwandte Vorstellungen.

2) Die andere Partei, die die Position vertritt, daß der tropische Regenwald nur dann erhalten bleibt, wenn er auch holzwirtschaftlich und zwar nachhaltig genutzt wird. Um den Vergleich zum *leasing* zu ziehen: Bei einer Bewirtschaftung durch Fremde würde es sich um ein Pacht- oder Erbpachtsystem handeln, d.h. unter Einschluß der Fruchtziehung.

In diesem Bild werden Begriffe verwendet, die geradezu Weltanschauungen widerspiegeln. Die Vorstellung der Anhänger der Bannlegung läßt sich anhand einer von OBERNDÖRFER (1989 und in diesem Band) publizierten Stellungnahme, dank seiner brillanten politischen Formulierungskunst fast plakativ definieren: „Nachhaltige Nutzung ist eine noch effektivere Methode der Waldverrichtung als der übliche Raubbau“.

Entsprechend eindrucklich ist seine hier gekürzt wiedergegebene Begründung: Der Kenntnisstand sei für eine nachhaltige Nutzung zu gering, überzeugende Beispiele für diese fehlten oder bewiesen das Gegenteil, die Artenvielfalt ginge als Folge der notwendigerweise zerstörenden Eingriffe verloren, der wirtschaftliche Ertrag wäre zu ärmlich, als daß die Lösung verglichen mit anderen Landnutzungsarten konkurrenzfähig wäre, der Siedlungsdruck sei in der Regel

zu groß, die mit der Holznutzung verbundene Erschließung mit Waldstraßen stelle einen Türöffnereffekt dar, die Wälder würden zugänglich und damit zerstört.

Den Versuch nachhaltiger Nutzung hält OBERNDÖRFER deshalb für einen Holzweg.

Die Zweifel entzündeten sich also an dem Begriff „nachhaltig“. Was wird unter diesem verstanden? Das Prinzip der Nachhaltigkeit gilt in Deutschland seit Jahrhunderten als Glaubenssatz allen forstlichen Handelns. Im Jahr 1713 formuliert H.C. von CARLOWITZ bereits: „... wird derhalben die größte Kunst ... darin beruhen, wie ein sothaner Anbau des Holzes anzustellen ist, daß er eine kontinuierliche, beständige und nachhaltige Nutzung gebe, weilen es eine unentbehrliche Sache ist, ohne welche das Land in seinem Esse nicht bleiben mag“ (cit. in SPEIDEL, 1984). Der Begriff der Nachhaltigkeit wurde von Anfang an umfassend verstanden. Und wie bei vielen späteren Definitionsversuchen zu erkennen ist, beinhaltet er nicht nur die Holzproduktion, sondern alle Sozialleistungen des Waldes.

Auch im tropischen Regenwald gilt dieselbe waldbauliche Vorgehensweise wie bei nachhaltiger Nutzung der Wälder der gemäßigten Breiten: Der Verjüngungsprozeß wird nicht unterbrochen, die Produktion und die Verjüngung erfolgen kontinuierlich, unter- und zwischenständige Bäume sind die herrschenden in der Zukunft, der Normalaufbau, d.h. eine Mischung aller Altersklassen, wird auf kleiner Fläche angestrebt, geringe Vorratsschwankungen sind Zielsetzung, alle waldbaulichen Maßnahmen werden in einem Eingriff zusammengefaßt. Charakteristisch ist, daß nur herrschende Bäume selektiv, d.h. einzeln, ausgewählt entnommen werden, die einen bestimmten Zieldurchmesser überschritten haben. Durch die weitgehende biologische Produktionsautomatisierung und optimale ökologische und bestandesstrukturelle Stabilität kann bei einem Minimum an Eingriffen dieses waldbauliche Ideal erreicht werden (MAYER, 1984; BURSCHEL & HUSS, 1987; WEIDELT, 1989).

Wie sieht diese waldbauliche Vorgehensweise nun in der Praxis aus? Der Autor hält eine Nutzung von 2 bis 3 Kubikmetern je Jahr und Hektar auf großen Flächen des Amazonas-Regenwaldes für möglich. Dies bedeutet, da der Einzelstamm ein Volumen von mehreren Kubikmetern aufweist, daß pro Jahr alle zwei bis fünf Hektar ein Baum entnommen wird (1 Hektar entspricht einer etwas größeren Fläche als ein Fußballfeld). Hierbei erfolgt der Holzeinschlag zweckmäßigerweise so, daß nicht regelmäßig jährlich wiedergekommen wird, sondern daß man in gewissen zeitlichen Abständen konzentrierter nutzt. Bereits hier wird im übrigen deutlich, daß diese selektive Nutzung einzelner Bäume verteilt auf große Flächen keine Zerstörung des Waldes zur Folge hätte und die traditionelle Nutzung von Früchten und sonstigen Waldprodukten, wenn überhaupt, nur geringfügig beeinflusst würde.

Im Hinblick auf den Begriff Nachhaltigkeit wird als entscheidend betrachtet, ob der Náhrelement-Entzug zu einer Verarmung der Standorte führt. Eine hier

vereinfachte Nährelementbilanz gibt hierüber Auskunft. Auf der Einnahmenseite stehen der Stoffbeitrag der Lithosphäre aus Verwitterung, der Eintrag der im Niederschlag gelösten Stoffe, der trockene *fallout* und der Eintrag durch das Grundwasser. Stoffe werden entzogen durch Oberflächen-Abfluß, sowie durch das Sickerwasser und aus dem Boden entweichende Gase, aber auch eben durch die Holznutzung und gegebenenfalls durch die Ernte von Früchten und anderen pflanzlichen Stoffen.

Hier soll nur der Versuch einer groben Bilanz wiedergegeben werden. Zunächst zum Stoffaustrag durch die Holzernte: Von Interesse sind hierbei weniger die Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff, als vielmehr Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium, deren Anteile mit Hilfe der Veraschung bestimmt werden können. Nach Literaturangaben (vgl. WAGENFÜHR & SCHREIBER, 1985) weisen tropische Laubbäume höhere Aschenanteile auf als die europäischen Baumarten. Die Werte liegen zwischen 0,5 und 8 %, wobei die wertvollen Bäume des Amazonas Aschegehalte im unteren Bereich aufweisen. Geht man von einem Wert von 1,5 % aus, bei Trockengewichten von durchschnittlich 700 bis 900 kg/800 kg je Kubikmeter, entspricht dies bei einer Nutzung von zwei bis drei Festmetern je Jahr und Hektar einem Gesamtnährelementzug bei P, K, Ca und Mg von 24 bis 36 kg je Jahr und Hektar. Obwohl verlässliche Untersuchungen fehlen, kann davon ausgegangen werden, daß bei der Entnahme von Stammholz einigermaßen gleich große Anteile, d.h. jeweils 30 bis 40 % auf Kalium und Calcium entfallen, 10 bis 15 % auf Magnesium, der Rest auf Phosphor und sonstige Spurenelemente.

Bezüglich der Dimension des Eintrags stellt STEINLIN (dieser Band: 179) fest, daß im Amazonasbecken an basischen Kationen 35-70 kg Kalium, 40-80 kg Calcium und 15 bis 35 kg Magnesium importiert werden. Dies sind zwar wesentlich geringere Einträge als diese z.B. in Ostkalimantan als Folge größerer vulkanischer Tätigkeit in der Region und größerer Meeresnähe beobachtet werden (vgl. RUHIYAT, 1989), die Gegenüberstellung weist aber eindeutig daraufhin, daß eine Nutzung im Amazonasbecken in einer Größenordnung von 2 bis 3 Kubikmetern Holz je Jahr und Hektar den Anspruch auf Nachhaltigkeit erfüllen würde (vgl. REHFUESS, 1981; WEISCHET, 1981).

Zur weiteren Veranschaulichung soll eine Vorstellung über den Wert der Produktion dieses Umfangs vermittelt werden. Wertvolles Laub-Rundholz der Tropen weist Preise zwischen mehreren hundert und mehreren tausend DM auf. Dies bedeutet, daß auch bei einer flächenbezogenen extensiven Holznutzung, volkswirtschaftlich gesehen, große Werte entstehen. Der hohe Holzpreis ist hierbei weniger darauf zurückzuführen, daß es sich um ein Luxusgut handelt, sondern daß bei großer Stückmasse und guter Holzqualität dank der modernen Furniertechnik ein besonders hoher Ausnutzungsgrad erreicht wird. Aus einem Kubikmeter können weit mehr als 100 Türen beiderseits mit Naturholz beschichtet oder eine Vielzahl von Möbeln mit Naturholzoberfläche versehen werden.

Ohne eine noch eingehendere Analyse vorzunehmen soll zu dem Konflikt „Bannwald (verbunden mit Kompensation des Nutzungsentganges) oder nachhaltige Nutzung“ aus holzwirtschaftlicher Sicht festgehalten werden:

Der Kenntnisstand in bezug auf eine naturnahe, selektive holzwirtschaftliche Nutzung des Regenwaldes ist tatsächlich noch sehr gering. Es wird OBERNDÖRFER (1989 und in diesem Band) zugestimmt, daß eine Bewirtschaftung des Regenwaldes, insbesondere eine Anreicherung mit wertvollen Baumarten, zu einem zunehmenden Verlust an Artenvielfalt führen würde. Darüberhinaus ist am meisten zu befürchten, daß diese Bewirtschaftung den Bau eines Netzes von Waldstraßen erfordert mit der Folge, daß bei höherem Bevölkerungsdruck an diesen *logging*-Holz der Wald an zahlreichen Stellen gleichzeitig brennt.

Auf der anderen Seite spricht ein Vergleich des Aus- und Eintrags an Nährelementen ebenso sehr für eine allerdings begrenzte Nutzung. Der hohe Wert des Produktes würde in vielen Fällen einen nennenswerten Ertrag sichern. Dies muß auch im Zusammenhang mit einer denkbaren gemischten Nutzung gesehen werden, d.h. der erzielte Überschuß aus der Holzernte könnte einen gegebenenfalls nennenswerten Deckungsbeitrag zur Kompensation bei Bannlegung liefern.

Nicht zuletzt aber spricht eine Reihe genereller Gründe dafür, daß es nicht möglich sein wird, den tropischen Regenwald umfassend unter Naturschutz zu stellen:

- 1) Holz ist dank des Wunders der Assimilation ein ewig nachwachsender umweltunschädlich entstehender Rohstoff.
- 2) Holz ist die Rohstoffbasis für die Erfüllung wichtiger Grundbedürfnisse der Menschen wie Wärme, Bauen, Wohnen, Zellstoff, Papier und vieles andere.
- 3) Die tropischen Wälder gehören in der Regel armen Völkern. Diese werden zunächst versuchen, ihre eigenen Ressourcen zu nutzen, nicht aber vermeintliche Almosen annehmen.
- 4) Nicht zuletzt entspricht es einfach nicht menschlicher Art, auf eine mögliche Nutzung zu verzichten.

Einerseits sind Pläne, große Teile des tropischen Regenwaldes in Bann zu legen, sehr verlockend. Andererseits entsprechen ebenso viele und wenigstens ebenso gewichtige Gründe dafür, den Versuch zu machen, einen Teil der betreffenden Wälder nachhaltig zu nutzen.

Holzplantagen als konkurrierende Lösung?

Es liegt nahe zu versuchen, Holz in Konkurrenz zum Primärwald auch auf tropischen Regenwaldböden in plantagenartiger Form anzubauen, d.h. biologisch/technisch/ökonomisch dieselbe Vorgehensweise wie die Landwirtschaft zu wählen (Abb. 6.1 bis 6.4). Ein Vergleich aus der Sicht der Holzerntetechnik zeigt, daß beide Nutzungssysteme entscheidend differieren. Bei der Bewirtschaftung des tropischen Regenwaldes in nachhaltiger und selektiver Form ist zwar



Abb. 6.1: Das buntgemischte Kronendach des tropischen Regenwaldes weist deutlich auf die Schwierigkeiten einer selektiven Holznutzung hin. Die zu erntenden Bäume sind über große Flächen verteilt. Beim Fällvorgang werden konkurrierende Nachbarn niedrigerissen. Die schweren Schlepper oder Raupenfahrzeuge finden nur mühsam ihren Weg zum gefällten Baum.



Abb. 6.2: Eine 7jährige *Eucalyptus*-Plantage auf wüchsigem Standort. Aus der Sicht der Nutzung werden die Vorzüge deutlich: Zu einem festlegbaren Erntezeitpunkt kann eine große, gleichförmige Holzmenge geerntet und einer industriellen Verwendung zugeführt werden.

der Wert des genutzten Holzes in der Regel sehr hoch, auch weisen die Bäume eine große Stückmasse auf, d.h. bei einem Fall- und Transportvorgang können mehrere Kubikmeter Holz in einem Stück geerntet werden. Dem steht aber gegenüber, daß

- 1) die Dichte der Nutzung sehr gering ist und damit die Transportstrecken im Gelände groß sind,
- 2) die große Zahl vor allem junger Bäume das Eindringen in die Bestände erschwert,
- 3) die Böden meist wenig tragfähig sind und eine besondere Transporttechnik verlangen,
- 4) Regenzeiten verhindern, daß ganzjährig gearbeitet wird, mit der Folge einer geringen Auslastung der oft teuren Maschinen,
- 5) die Holzernte arbeitsintensiv bleibt und die menschliche Arbeit außergewöhnlicher Belastung durch Wärme, Strahlung, Luftfeuchtigkeit, Insekten usw. unterliegt,
- 6) die äußere Infrastruktur meist wenig entwickelt ist.

Demgegenüber weist der plantagenartige Betrieb, der durch kurze Umtriebszeiten zwischen 7 und 20 Jahren gekennzeichnet ist (im Vergleich hierzu: Fichte



Abb. 6.3: Kahlschlag eines ebenfalls 7jährigen *Eucalyptus*-Bestandes. Es bieten sich beste Voraussetzungen für hochmechanisierte Holzernsterverfahren. Das Gesetz der Massenproduktion kommt voll zur Geltung.

wird bei uns mit 80-120 Jahren umgetrieben, Eiche mit 150-250 Jahren), Merkmale auf, die sich technisch und ökonomisch besonders günstig auswirken:

- 1) Es wird nur eine Sorte angebaut, mit dem Vorzug der Auflagendegression bei der Ernte, d.h. niedrige Kosten je Kubikmeter.
- 2) Die gesamte Holzmenge wird zu einem einheitlichen Erntezeitpunkt genutzt.
- 3) Bodenbearbeitung erlaubt eine ganzflächige, intensive Unkrautbekämpfung, begünstigt die Pflanzarbeit und den Pflanzenerfolg.
- 4) Die Anwendung von Dünger, Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden wird wesentlich erleichtert.
- 5) Eine Zuchtwahl bis hin zur Anwendung der Gentechnologie wird möglich.
- 6) Auch große Holzindustrien können ganzjährig mit einem gleichartigen Rohstoff versorgt werden.
- 7) Ein schneller Kapitalrückfluß (im Gegensatz zu der außerordentlich langfristigen Festlegung des Kapitals in mitteleuropäischen Wäldern) ermöglicht eine Investitionsentscheidung nach ökonomischen Gesichtspunkten.

Beispielhaft soll eine prosperierende, rund 100.000 Hektar umfassende *Eucalyptus*-Plantage im Raum Belo Horizonte beschrieben werden (Abb. 6.2 bis 6.4).



Abb. 6.4: Die Verarbeitung von *Eucalyptus* in einer Holzkohle-Fabrikationsanlage, errichtet inmitten einer riesigen Holzplantage. Noch wird hier arbeitsintensiv der Energielieferant für die Stahlindustrie erzeugt. Moderne Retortenverfahren sind aber bereits in der Planung.

Bei siebenjähriger Umtriebszeit werden je Hektar und Jahr in der ersten Rotation 27 Kubikmeter, in der zweiten, aus Stockausschlag hervorgegangen, 25 Kubikmeter, in der dritten, ebenfalls aus Stockausschlag, 23 Kubikmeter Holz im Durchschnitt produziert. Die jährlich geerntete Holzmenge von 2,5 Millionen Kubikmeter wird ausschließlich zu Holzkohle verarbeitet, die in der Stahlindustrie Verwendung findet. Der Boden wird ackermäßig bearbeitet. Das Pflanzgut wird, wissenschaftlich betreut, im eigenen Betrieb gezogen. Die Holzernte erfolgt mit hervorragend ausgebildeten und ausgerüsteten Arbeitskräften bei bester Organisation, unter anderem werden die Mitarbeiter täglich mit warmem Essen versorgt. Die Reparatur und Pflege der Maschinen, Geräte und Werkzeuge erfolgt in mobilen, jeweils am Arbeitsort erstellten Werkstätten. Schädlinge traten bisher im wesentlichen nur in Form der Blattschneiderameise auf, deren tiefliegende Nester mit Feuer und Schwert und mit einem speziell entwickelten Insektizid bekämpft werden. Von Fall zu Fall wird entsprechend den Ergebnissen von Bodenanalysen gedüngt.

Neben *Eucalyptus*- wurden in Brasilien in großem Stil Kiefern-Plantagen errichtet, die Weltstandard aufweisende Papier- und Zellstoffindustrien versor-



Abb. 6.5: *Chainsaw-Darwinism*: Mit Hilfe der Motorsägen können tropische Regenwälder in kürzester Zeit genutzt werden. Die Leistung vervielfacht sich gegenüber Handarbeit. Die Investition in Form von Maschinen ist gering.

gen. Die Gesamtfläche der brasilianischen Plantagen überschreitet inzwischen 6 Millionen Hektar.

Es liegt nahe, zu prüfen, ob die wirtschaftlich interessantere Lösung der schnellwachsenden Holzplantagen nicht den tropischen Primärwald ersetzen könnte. Immerhin bliebe die Kulturart Wald erhalten, wenn auch in ökologischer Hinsicht in einer weniger befriedigenden Form. Ein begehrter Rohstoff könnte bei zugestandenermaßen größerem Risiko in großer Menge zur Verfügung gestellt werden.

Glücklicherweise oder auch leider, wie man dies sehen will, existiert eine derartige Beispielplantage in nahezu perfekter Form auch im Amazonas-Regenwald-Raum, das Jarí-Projekt, benannt nach einem linksseitigen Arm des Amazonas in den brasilianischen Bundesstaaten Pará und Amapá. Der deutschstämmige US-Amerikaner Daniel LUDWIG, Ölmilliardär und 1976 bereits über 70 Jahre alt, wollte der Welt beweisen, daß es möglich ist, die Amazonas-Regenwald-Region rationell zu nutzen, einerseits in Form großer, den wechselnden Wasserstand überstehender Reiskulturen und ausgedehnter Weiden für Rinder-Zucht, aber und vor allem in Form einer riesigen, rund 200.000 Hektar umfassenden Holz-

plantage. Mit deren Produkten beabsichtigte er eine Sulfat-Zellstoffindustrie zu versorgen.

Er ließ in Japan zwei Schiffe bauen, das eine trägt eine komplette Zellstoffproduktionsanlage mit einer Kapazität von 240.000 Tonnen pro Jahr, bei einem Holzbedarf von rund 1,5 Millionen Kubikmeter. Im zweiten Schiff wurde eine Energieanlage mit einer Kapazität von 55.000 Kilowatt pro Stunde installiert. Diese sollte zunächst ausschließlich mit dem Holz der für die Plantagen zu rodenden Primärwälder versorgt werden.

Von Spezialisten generalstabsmäßig geplant wurden Straßen und eine Eisenbahn gebaut, ein Flugplatz errichtet, die Stadt Monte Dourado für 30.000 Einwohner erstellt, einschließlich Supermarkt, Funk- und Fernsehstation, Schulen und Krankenhaus. In der besten Zeit wurden mehr als 10.000 Arbeitskräfte beschäftigt und gleichzeitig deren Familien mit allen notwendigen Einrichtungen, z.T. amerikanischen Standards, versorgt.

Die Schiffe wurden über die Amazonasmündung in den Jarí-Fluß gebracht. An dessen Ufern wurden zwei riesige Gruben ausgehoben. Die beiden Schiffe ruhen heute in diesen auf Holzpfählen und sind in Betrieb.

Aus diesem profihaft aufgezogenen Projekt können heute, nach mehrjähriger Arbeit, eine Menge Schlußfolgerungen gezogen werden, einige davon auch im Hinblick auf die Frage einer konkurrierenden Nutzung der Regenwaldböden des Amazonas in Form von Holzplantagen:

- 1) Das Projekt hat bewiesen, daß es möglich ist, den Primärwald zwar mit beträchtlichem Aufwand, aber technisch nahezu problemlos zu roden. Mit Motorsägen, Planierraupen, verbunden mit einer intensiven Erschließung der Wälder mit Waldstraßen, gelang es, riesige Flächen für uniforme Aufforstung zu schaffen.
- 2) Bei der Nutzung der Primärwälder erwies es sich, daß die Qualität des Holzes so schlecht ist wie oft formuliert. Am Jarí wurde versucht, durch Aussortieren der hochwertigen Hölzer den Ertrag zu verbessern. Tatsächlich erwiesen sich nur rund 20 % des Holzes als für anspruchsvollere Zwecke brauchbar.
- 3) Der plantagenartige Anbau, zunächst der Holzart *Gmelina*, erwies sich im Jarí-Projekt als schwieriger als erwartet (Abb. 6.6). Die Baumart mußte gewechselt werden. Vorgezogen werden heute eine tropische Kiefernart sowie *Eucalyptus*.
- 4) Das Projekt erwies sich auch als ökonomisch anfälliger als von den Fachleuten prognostiziert. In Zeiten hoher Zellstoffpreise lief das Projekt gut, in Zeiten der Baisse entstanden beträchtliche Verluste. Insbesondere erwiesen sich die Kosten der Infrastruktur als zu hoch. LUDWIG gab schon vor Jahren vermutlich auf, als sich der Staat Brasilien weigerte, sich an diesen Kosten zu beteiligen.
- 5) Als Hauptmangel muß heute aber gesehen werden, daß die Böden außerordentlich rasch verarmen. Hier wird deutlich, daß der hohe Holzzuwachs und die mit der Ernte verbundene Entnahme von Nährstoffen die Nährelementreserven zerstörten und den Eintrag bei weitem überschreiten. Nur mit Hilfe entspre-



Abb. 6.6: Tropischer Regenwald im Jari-Projekt nach der Nutzung bzw. nach der Zerstörung. Die Fläche wurde abgebrannt und mit einer tropischen Kiefer ausgepflanzt. Deutlich sichtbar wird die schnelle Verarmung des Bodens. Die Humusanteile sind bereits vollständig verschwunden.

chender Düngungsmaßnahmen kann eine gewisse Bodenfruchtbarkeit erhalten bleiben.

Hinzu kommt eine andere Beobachtung: Anstelle der im Primärwald herrschenden Luftfeuchtigkeit verändert sich das lokale Klima tiefgreifend. Während in den ursprünglichen tropischen Regenwäldern der Schweiß fließt, bleibt die Haut auf den riesigen Flächen der Holzplantagen, vor allem während der Pflanz- und Pflegephase, weitgehend trocken. Auch reicht inzwischen das Holz der zu rodenden Primärwälder nicht mehr aus, um die nötige Energie zu erzeugen. Es müssen andere Energiequellen gesucht werden.

Obwohl diese Feststellungen keineswegs vollständig sein können und zum Teil persönliche Eindrücke einfließen, muß als Ergebnis die Vorstellung abgelehnt werden, den Regenwald der Amazonasregion großflächig durch Holzplantagen der beschriebenen Form zu ersetzen. Als die eigentliche Gefahr muß hierbei betrachtet werden, daß als Folge der Ernte großer Holzmengen eine schnelle Verarmung der Böden eintritt. Dies bedeutet aber gleichzeitig, und diese Aussage gilt vor allem für die südlich an die Amazonasregion angrenzenden

potentiellen Waldstandorte, daß überall dort, wo die Böden imstande sind, auf dem Weg der Verwitterung oder der sonstigen Nährelementzufuhr größere Nährstoffmengen anzubieten, Holzplantagen nicht nur vorübergehend eine Lösung darstellen. Hier kommen die guten Eigenschaften der Plantage, insbesondere die Fähigkeit, großen Bedarf in kurzer Zeit befriedigen zu können, voll zum Tragen.

Sanfte Holzernte-Technologie

Eine nachhaltige Holznutzung ist im tropischen Regenwald nur sinnvoll, wenn es gelingt, eine „sanfte“ Erntetechnik zu entwickeln, mit deren Hilfe es möglich ist, ohne ernsthafte Schädigung der zurückbleibenden Bäume, der Bodenvegetation und des Bodens, einzelstammweise, d.h. selektiv zu nutzen.

Daß die Menschen fähig sind, Bäume auch unter schwierigsten Bedingungen und ohne den Einsatz großer Maschinen zu fällen und auf den Markt zu bringen, bewiesen bereits unsere Vorfahren. Im Schwarzwald wurden sog. Holländer-Tannen, beachtliche Bäume mit großen Festmeterinhalten, eingeschlagen, geriest und geschleift, gefahren und geflößt und bis nach Holland und England transportiert. Die Holzexploiteure der heutigen Zeit beweisen ununterbrochen, daß es möglich ist, auch im Regenwald Holz zu ernten (vgl. GRAMMEL, 1988).

Die Exploitation beginnt mit der Prospektion, d.h. in einem ersten Schritt wird mit Hilfe von Luftaufnahmen das Prospektionsgebiet untersucht und auf einer Karte jeder einzelne für die Nutzung in Frage kommende Baum eingetragen.

Die eigentliche Nutzungsphase beginnt mit der Anlage des Waldstraßennetzes. Auf der Basis des Prospektionsergebnisses, einer Geländeanalyse, insbesondere der Wasserführung im Gelände, wird ein aus Haupt- und Nebenstraßen bestehendes Netz sorgfältig geplant.

Von diesen Waldstraßen aus ziehen die Fällmannschaften, in der Regel ausgerüstet mit Motorsägen (Abb. 6.5), in die Bestände und bringen die Bäume zu Fall, trennen die Äste ab und kürzen die Riesenstämme in transportfähige Blöcke (Abb. 6.7).

In einer dritten Phase beginnt man mit schweren Planierraupen einfach Wege in die Bestände zu schieben. Bei der ersten Nutzung bewegen sich die Maschinen geradezu in einem dunklen Tunnel, d.h. unter dem Blätterdach der Büsche und jüngeren Bäume, vorwärts. Über lange Zeit hinweg wurden mit den Planierraupen die Stammabschnitte auch zu den an den Waldstraßen liegenden Lagerplätzen geschleift. Zunehmend werden die Raupen derzeit durch allradgetriebene Spezialschlepper, sogenannte *Skidder*, ersetzt, die eine wesentlich höhere Geschwindigkeit aufweisen (Abb. 6.8.). Auf den Lagerplätzen wird das Holz vermessen, sortiert, gesundeschnitten und z.T. entsplintet.

In einer vierten Phase erfolgt der Abtransport mit schweren LKWs, die Lasten bis zu 60 Tonnen tragen. Das Holz wird an für den Ferntransport geeignete Ein-

richtungen gebracht, beim Amazonasregenwald in der Regel an die Nebenflüsse des Amazonas. Dort beginnt die letzte Phase, das Zusammenbinden zu Flößen, wobei traditionell nicht schwimmende Hölzer an leichtere, schwimmfähige gebunden werden. Die Flöße wandern dann an z.T. Tausende von Kilometern entfernt liegende Holzindustrien oder Handelsplätze (Abb. 6.10).

Das Amazonasgebiet weist, was den Holztransport vom Stock zum Verladeplatz betrifft, eine zusätzliche Schwierigkeit auf. Große Teile des Waldes, 12 % der Fläche, werden während mehrerer Monate überschwemmt. Der Wasserstand dieser Fläche, *Várzea* genannt, kann bis zu 12 m und mehr ansteigen. Hier bleibt nur der Einschlag während der Trockenzeit. Das Holz wird an Ort und Stelle unverzüglich zu Flößen gebunden (*balsas*). Erst mit dem Eintreffen der Flut beginnt der eigentliche Ferntransport. Eisenbahn- und Straßentransport spielen im flußreichen Amazonasgebiet praktisch keine Rolle.

Diejenigen, die den Amazonas-Regenwald vernünftigerweise erhalten wollen, insistieren mit Recht: Kann diese rauhe, ausschließlich ökonomisch ausgerichtete Exploitationstechnik überhaupt und wenn ja, wie verbessert werden?

Bereits beim Fällvorgang beginnt die Auseinandersetzung. Häufig und z.T. heftig wird die Frage diskutiert, ob Motorsägen oder Hand-Fällsägen oder gar Äxte verwendet werden sollen. Es läßt sich nachweisen, daß bei niedrigen Löhnen und Lohnnebenkosten der Gebrauch der Handsäge ökonomisch günstiger ist. Vor allem aber die einheimischen Arbeitskräfte wehren sich gegen diesen Vorschlag. Ist ihnen zuzumuten, ihre Körperkraft bei oft mangelhafter Ernährung unter schwierigsten Arbeitsbedingungen dort einzusetzen, wo dies eine Maschine „problemlos“ in kürzester Zeit bewältigt?

Verständnis muß man allerdings dafür aufbringen, daß eine ostasiatische Zeitschrift die Überschrift „*Chainsaw Darwinism*“ wählte für die Tatsache, daß mit der Motorsäge auch riesige Wälder in kürzester Zeit abgeholzt werden können. Für die Fällung eines mächtigen Tropenbaumes werden nur wenige Minuten benötigt (Abb. 6.5).

Kleinere Probleme sind im Hinblick auf Fällschäden zu erkennen, d.h. daß beim Fällvorgang Nachbarbäume niedrigerissen werden oder abbrechen. Beobachtungen zeigen, daß sich die Lücken in der Regel schnell wieder schließen und sich sogar Vorteile für bisher unterständige, zukünftig herrschende Bäume ergeben. Größere Lücken können im übrigen, wenn diese bei einer intensiveren Nutzung des Primärwaldes entstehen, wie dies in Ostkalimantan z.T. üblich ist, mit den erwünschten Baumarten ausgepflanzt werden. Die Erfolge sind überraschend gut.

Was in bezug auf Fällschäden technisch geleistet werden kann, wird an einer Lösung erkennbar, die in den Auewäldern der Rheinebene angewandt wurde. Mit Hilfe einer speziell entwickelten Kronensprengtechnik wurden den aus dem Mittelwald übernommenen großkronigen Eichen die Kronen abgesprengt. Diese rutschten am Stamm nach unten, ohne daß die umgebende Naturverjüngung in größerem Maße beschädigt wurde. Bei den damals niedrigen Löhnen



Abb. 6.7: Nach der selektiven Nutzung wurden die wertvollen Stammteile an die Waldstraße geschleift. Die Stämme besitzen einen hohen Wert, nicht weil es sich um eine Luxusware handelt, sondern weil die Dimension und die gleichmäßig gute Qualität eine günstige Ausnutzung erlauben. Furniere werden heute bis zu einer Dimension von 0,3 mm gemessen. Dies bedeutet, daß aus 1 Kubikmeter Holz viele Quadratmeter Möbel oder Türoberflächen erzeugt werden können.

erwies sich diese Vorgehensweise als brauchbares Verfahren zum Schutz junger Bäume bei einer ebenfalls selektiven Nutzung.

Besonderes Gewicht kommt dem Arbeitsvorgang des Schleifens der Stämme vom Fällort zu den Lagerplätzen zu. Die Entwicklung einer pfleglichen Gelände-Transporttechnik erweist sich als ausgesprochen schwierig. Aber auch hier kann die bisher übliche Technik weiterentwickelt und verbessert werden. Mit dem Versuch die Fahrbewegungen zu konzentrieren, läßt sich die Verdichtung der empfindlichen tropischen Böden auf kleine Flächenanteile begrenzen. Noch größere positive Effekte sind zu erzielen, wenn der Rückeschlepper sich ausschließlich auf den Fahrtrassen bewegt. Dies bedeutet aber, daß die schweren Stahlzugseile von dort aus von Hand bis zu den gefälltten Bäumen gezogen werden müssen (Abb. 6.9). Dies ist körperlich höchst anstrengend und besonders bei tropischen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit. Bei den derzeitigen unbefriedigenden Lösungen müssen bei dieser Arbeit meist mehrere Arbeitskräfte eingesetzt werden.



Abb. 6.8: Die früher üblichen Planierraupen werden beim Einschlag von starken Tropenwaldbäumen zunehmend durch sog. *Skidder*, d.h. allradangetriebene starke Knickschlepper abgelöst. Diese weisen eine höhere Marschgeschwindigkeit bei geringeren Kosten auf.

Aber auch hier geht die Entwicklung weiter. In Erprobung sind Seilabspulhilfen, die dazu dienen, die Stahlseile auszuwerfen. Dies erleichtert die Arbeit wesentlich. Allerdings muß auch hier das Gewicht des Seiles noch getragen werden.

Nur am Rande soll erwähnt werden, daß die Befahrungsschäden, d.h. insbesondere die gefürchtete Bodenverdichtung, stark abhängig sind von dem vom Fahrzeug ausgeübten Bodendruck (Abb. 6.7). Raupen schneiden hier in der Regel günstig ab. Auch bei Schlepperreifen hat sich eine erfreuliche Entwicklung zu Niederdruck-Niederquerschnittsreifen mit hoher Auflagefläche vollzogen.

Der Mensch versucht auch dort, wo nicht mit Raupe und Schlepper gefahren werden kann, Holz zu nutzen. Verwendung finden in diesen Fällen Seilkrananlagen oder Seilbahnen. Diese sind an sich als pflegliche Technik anzusprechen, wird doch das Holz am Fällort angehoben und erst am Entladeort wieder abgelassen. Seilkrananlagen haben allerdings den Nachteil, daß der Auf- und Abbau viel Zeit qualifizierter Spezialisten erfordert, so daß deshalb von Fall zu Fall der Versuch gemacht wird, die hohen Installationskosten auf eine möglichst große Holzmenge zu verteilen. Gelegentliche zu intensive Nutzung mit nachfolgender



Abb. 6.9: Beim Aufsuchen der gefällten Bäume im Bestand versuchen die Schlepperfahrer, möglichst nahe an diese heranzufahren. Das Ausziehen der starken Drahtseile ist äußerst mühsam und deshalb unbeliebt. Hier besteht u.a. ein Ansatzpunkt für die Entwicklung pfleglicher Arbeitsverfahren. Mit einer Seilwurfvorrichtung könnte die Arbeit erleichtert werden. Die Schlepper müßten nicht mehr an das Holz heranzufahren, sondern könnten ihre Fahrbewegungen auf Maschinenwege konzentrieren.

Zerstörung der Restwälder ist bei der Anwendung dieser Technologie deshalb immer wieder zu beobachten.

Noch stärker in das Spannungsfeld Hochtechnologie und sanfte Holznutzung führt eine andere Überlegung, die durch das Freiburger Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft untersucht wurde. Es ist möglich, mit Hilfe von Hubschraubern auch schwere Lasten in unzugänglichem Gelände zu bewegen, also auch Holz aus dem tropischen Regenwald ohne die Erschließung durch Straßen und Rückewege zu Sammelplätzen zu transportieren. Den Einsatz von Hubschraubern wird man allerdings mit gemischten Gefühlen betrachten. Einerseits ist der technische Einsatz gewaltig. Er verlangt hohe Investitionen, und der Energieverbrauch ist beträchtlich. Direkt negativ beeinflusst wird die Umwelt durch den bei An- und Abflug und beim Aufnehmen der Ladung erzeugten beträchtlichen Lärm. Große Teile der Fauna werden hierbei vertrie-

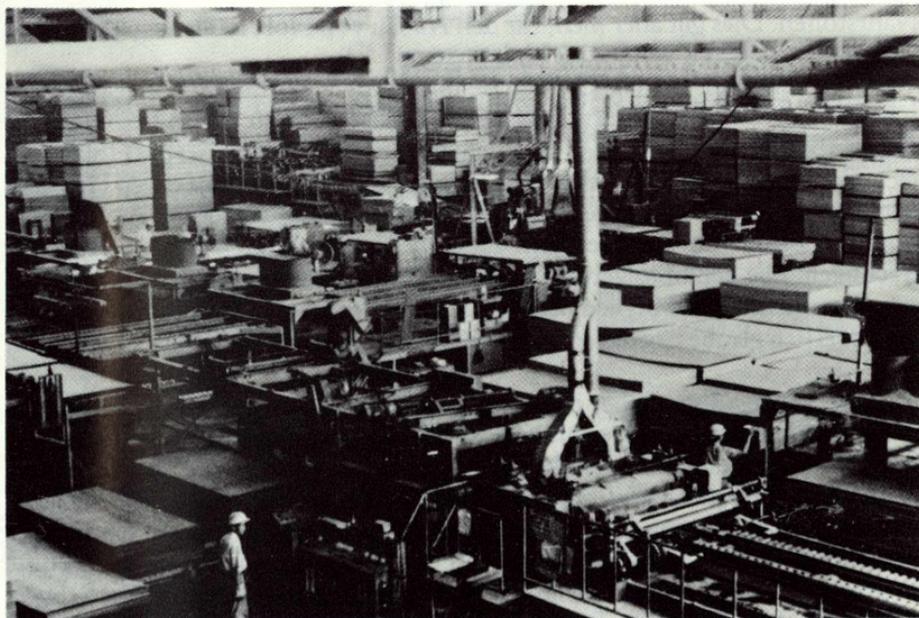


Abb. 6.10: Ein Sperrholz-Großfabrikation in Japan. Verarbeitet werden ausschließlich tropische Hölzer, genutzt in Ostasien. Hier wird deutlich, welche Werte geschaffen werden und welchem Druck deshalb die Regenwälder auch zukünftig ausgesetzt sein werden.

ben. Andererseits zeigte der konkrete Fall uns, daß die Wiederbesiedlung schnell erfolgt.

Nur ergänzend soll darauf hingewiesen werden, daß die großen Waldländer des Nordens schon seit Jahren versuchen, durch die Entwicklung sogenannter *Helistats* oder „leichter als Luft-Transportsysteme“ den Transport von Holz ökonomisch und umweltorientiert zu verbessern.

Nutzung oder Kompensation?

Handfeste Gründe sprechen dafür, daß Holz in großen Teilen des tropischen Regenwaldes, auch des *Amazônia Legal*, nachhaltig, selektiv und sanft nutzbar ist, ohne daß hierbei die gewachsene Struktur dieser Wälder zerstört werden muß. Zwei Aussagen sind von Bedeutung: Einmal überschreitet der Nährlementausttrag bei einer Nutzung von 2 bis 3 Kubikmetern je Jahr und Hektar mit großer Wahrscheinlichkeit im Amazonas-Regenwaldgebiet nicht den Eintrag an

Nährstoffen. Dies gilt aber nicht für den Anbau von Holz in Plantagenform mit wesentlich größeren genutzten Holzmengen.

Zum zweiten ist es möglich, Bäume in selektiver Form, d.h. einzeln, einzuschlagen und an auch entfernter liegende Waldstraßen zu transportieren, ohne daß hierbei ernsthafte Schäden angerichtet werden. Zwar bedarf die Holzertechnik in diesem Bereich weiterer Entwicklung im Hinblick auf deren Pflughigkeit, andererseits würde eine derartige sanfte Nutzung weder die Artenvielfalt noch die Ernte von Früchten und anderen Waldprodukten wesentlich beeinträchtigen. Die Schlußfolgerung deckt sich mit derjenigen Dr. Eleazar VOLPATO, Forstmann und Mitglied der *Fundação pro Natureza*: „*Eu creio, todavia, que é possível* [ich glaube trotz allem, daß diese möglich ist]“ (briefl. Mitt. FUNATURA, 1989).

Diese Aussage ändert aber nichts an der notwendigen Forderung, große Teile des Amazonas-Regenwaldes unter Schutz zu stellen, also in Bann zu legen, wie dies im übrigen die brasilianische Gesetzgebung bereits heute zulassen würde. Als Mindestanspruch betrifft dies die Wälder am Rande der Wasserläufe, Hanglagen, die ein bestimmtes Neigungsprozent überschreiten, und die Gipfellagen der Hügel, ebenso aber auch die durch die Überschwemmungen beeinflusste Baumvegetation, d.h. große Teile der *Várzea*. Selbstverständlich sind die Schutzgebiete der Indios in diese Bannlegung einzubeziehen.

Die Frage, was mit diesen zu bannenden Regenwäldern geschehen soll und vor allem, wie diese in der Praxis geschützt werden könnten, ist noch weitgehend ungeklärt. Dies gilt auch für das Problem, inwieweit ein Anspruch der Waldeigentümer bei Verzicht auf Nutzung entsteht und wie dieser kompensiert werden könnte. Hier ist allerdings nicht die Forstwissenschaft, sondern die Politik gefragt. Brasilianische Waldbesitzer scheinen entgegen den Befürchtungen und auch Aussagen führender brasilianischer Politiker doch bereit zu sein, die Form und die Dimension einer solchen Kompensation zu diskutieren. Die Lösung *Leasing*, d.h. Miete als Ersatz für unsichere Gewinne, scheint attraktiver zu sein, als erwartet werden konnte.

Die benötigten Beträge würden sich, ausgehend von Berechnungen wahrscheinlicher erntekostenfreier Erlöse beim Verkauf des Holzes, in einem Rahmen bewegen, der den Industriegesellschaften nur bescheidene Opfer abverlangen würde. Es ist offensichtlich eher eine Frage des Willens und der Verhandlungswege auf diesem Weg voranzukommen. Bereits vor Jahren wurde vorgeschlagen (GRAMMEL, 1985), eine Art HERMES-Versicherung zugunsten der Wiederaufforstung der riesigen, bereits zerstörten Waldflächen der Tropen und Subtropen einzurichten. Ebenso denkbar wäre es, eine vergleichbare Lösung für den tropischen Regenwald zu entwickeln, mit dem Ziel, die benötigten Mittel für die Kompensation der entgangenen Nutzung als Folge einer großflächigen Bannlegung aufzubringen.

Danksagung

Für die großzügige Unterstützung bei der Vorbereitung des Beitrags wird folgenden Damen und Herren herzlich gedankt: Dr. Eleazar VOLPATO (IBDF/Brasília), Ausschlußmitglied *Funatura* (Brasília), Peter SPLETT (Deutsche Botschaft Brasília), Prof. Dr. Jorge R. MALINOVSKI (Forstwissenschaftliche Fakultät Curitiba/Paraná), Lilian PITA (Curitiba/Freiburg).

Angeführte Schriften:

- BURGER, D. (1989): Tropenholzimportboykott und technische Zusammenarbeit. Forstprojekte und Boykott – ein Widerspruch? – GTZ-Info, 4/89, 19–23, Eschborn.
- BURSCHEL, P. & HUSS, J. (1987): Grundriß des Waldbaus. – 352 S., Hamburg und Berlin (Paul Parey).
- GRAMMEL, R. (1985): Weltfond für Wiederaufforstung. – Holzzentralblatt, 148 (23), 2169–2170, Stuttgart.
- GRAMMEL, R. (1988): Holzernte und Holztransport. Grundlagen. – 242 S., Hamburg und Berlin (Paul Parey).
- FUNATURA (1989): Alternativas ao desmatamento na Amazônia: Conservação dos recursos naturais. – II 7001, Brasília (Et. Gemini Center).
- LAMPRECHT, H. (1986): Waldbau in den Tropen: Die tropischen Waldökosysteme und ihre Baumarten – Möglichkeiten zu ihrer nachhaltigen Nutzung. – 318 S., Hamburg und Berlin (Paul Parey).
- LAMPRECHT, H. (1989): Zu einigen schwerwiegenden Irrtümern über die tropischen Regenwälder. – Forstarchiv, 60, S. 207, Hannover.
- MAYER, H. (1984): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. – 513 S., Stuttgart – New York (Gustav Fischer).

- OBERNDÖRFER, D. (1989): Schutz der tropischen Regenwälder (Feuchtwälder) durch ökonomische Kompensation. - Freiburger Universitätsblätter, 105, 91-117, Freiburg.
- REHFUESS, K. E. (1981): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften, Nutzung. - 192 S., Hamburg und Berlin (Paul Parey).
- RUHIYAT, D. (1989): Die Entwicklung der standörtlichen Nährstoffvorräte bei naturnaher Waldbewirtschaftung und in Plantagenbetrieben in Ost-Kalimantan (Indonesien). - Dissertation Forstwissenschaftliche Fakultät, 206 S., Göttingen.
- SPEIDEL, G. (1984): Forstliche Betriebswirtschaftslehre. - 226 S., Hamburg und Berlin (Paul Parey).
- WAGENFÜHR, R. & SCHEIBER, C. (1985): Holzatlas. - 720 S., Leipzig (VEB Fachbuchverlag).
- WEIDELT, H.J. (1989): Die nachhaltige Bewirtschaftung des tropischen Feuchtwaldes, Möglichkeiten und Grenzen. - Forstarchiv, 60 (3), 100-108, Hannover.
- WEISCHET, W. (1981): Ackerland aus Tropenland - Eine verhängnisvolle Illusion. - Holz Aktuell, 3, 14-33, Reutlingen.

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	S. 169-192	6 Abb.	4 Tab.	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	------------	--------	--------	---------------

7. Andere Möglichkeiten als die Holzproduktion zur Nutzung tropischer Wald-Ökosysteme

von

Hansjürg Steinlin, Freiburg i.Br.

Zusammenfassung

Sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus ökologischen Gründen hat im Amazonasbecken eine nur auf Holzproduktion ausgerichtete, nachhaltige Forstwirtschaft keine großen Chancen. Dies gilt sowohl für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Naturwäldern, als auch für Holzplantagen mit rasch wachsenden exotischen Baumarten. Ebenso sind die Möglichkeiten einer nachhaltigen land- und viehwirtschaftlichen Nutzung begrenzt. Eine Alternative bieten Landnutzungssysteme, die wohl mit menschlich beeinflussten Ökosystemen arbeiten, die aber in ihrer Struktur und ihrer Artenzusammensetzung dem Naturwald möglichst ähnlich sind. Dabei wird angestrebt, durch die gleichzeitige und integrierte Erzeugung verschiedener Produkte den Standort optimal auszunützen, den Export von pflanzlichen Nährstoffen aus dem Ökosystem durch die Ernte möglichst gering zu halten, durch eine dauernde Bodenbedeckung und einen stark gegliederten Bestand von Bäumen und Sträuchern die wasserwirtschaftliche Funktion des Naturwaldes weiter zu erfüllen und gleichzeitig einer möglichst großen Zahl von Pflanzen-, Tier- und Mikroorganismenarten das Überleben zu ermöglichen. Bereits heute bestehen im Amazonasgebiet wegweisende Ansätze zu derartigen Landnutzungssystemen. Um diese weiter zu entwickeln und zu optimieren, sind beträchtliche, gezielte Forschungsarbeiten auf interdisziplinärer Basis notwendig und sollten durch internationale Unterstützung gefördert werden.

Abstract

Alternatives to timber production in tropical forest ecosystems

In the Amazonian Basin the chances for timber production are very limited out of economical and ecological reasons. The same goes for the sustained management of natural forests and plantations with fast growing exotic tree-species. At the same time the prospects of sustained agriculture and ranching are not bright at all in many parts of the

Anschrift des Verfassers:

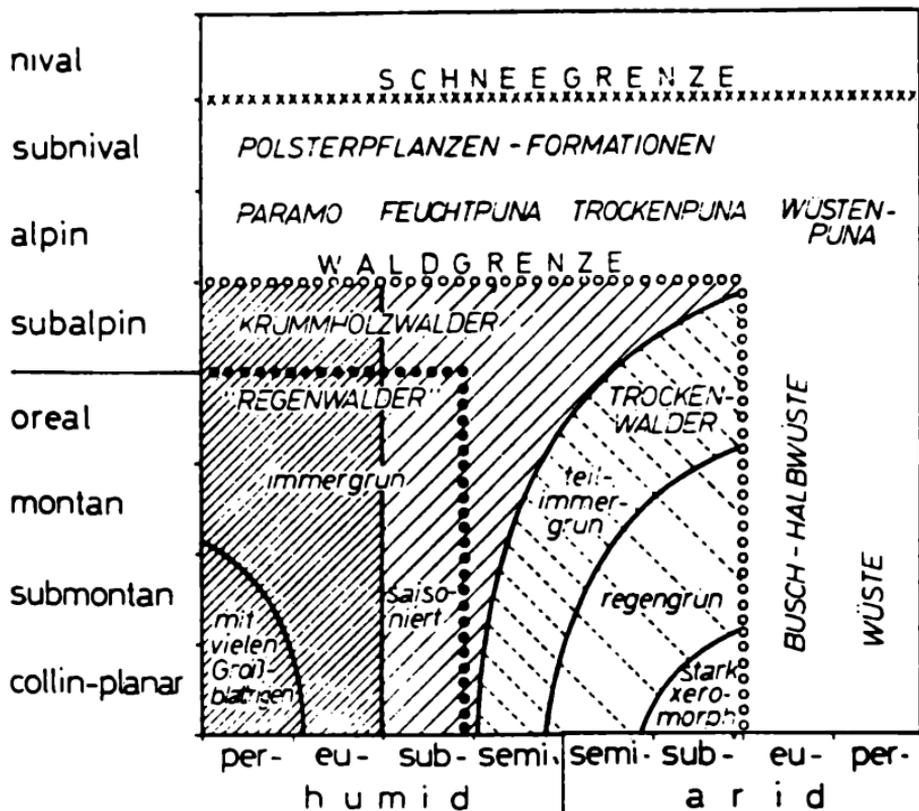
Prof. Dr. H. STEINLIN, Eichhalde 68, D-7800 Freiburg i.Br.

region. There is, therefore, a need for alternative landuse-systems which fit better to the ecological conditions of the region. Such landuse-systems, though influenced by man, should imitate the natural ecosystem as far as possible, especially in view of species-composition and architectural structure. Ecosystems conceived in this way are best suited to guaranty the functioning of the water-cycle and to allow the survival of endangered species. A simultaneous and integrated production of many different goods makes the best use of the limited natural potential of the site. The conservation of soil fertility is the most crucial point in the design of such landuse-systems. The export of nutrients out of the ecosystem should not exceed the input of the same nutrients by atmospheric deposition and weathering of the bedrock. Artificial fertilizers are expensive and not very efficient under Amazonian conditions. Their use should therefore be limited as far as possible. Products of high value per unit and a comparatively low content of phytomass, such as pharmaceuticals, fruits, nuts, oil, wax, rubber etc. suit best for this purpose. There are already some very promising examples of such landuse-systems in Amazonia and they should be further developed and optimized by interdisciplinary research and international cooperation.

Resumo

Outras alternativas além da produção de madeira para o uso de ecossistemas em florestas tropicais

As possibilidades de produção de madeira na bacia amazônica são bastante limitadas, tanto por razões econômicas como ecológicas. Isso não é apenas válido para o manejo duradouro de florestas naturais, mas também para plantações de espécies arbóreas de crescimento rápido. Igualmente, as possibilidades de um emprego permanente da agricultura e da pecuária, também são limitadas. Há, portanto, a necessidade de sistemas alternativos de uso da terra, que se assemelhem à floresta natural na sua estrutura e composição. Tais sistemas de uso da terra, apesar de influenciados pelo homem, deveriam imitar na medida do possível o ecossistema natural, tendo em vista em especial, a composição das suas espécies e a sua estrutura. Ecossistemas assim concebidos, são melhor ajustados para assegurar o funcionamento do ciclo d'água e permitir a sobrevivência de espécies sob ameaça. Uma produção simultânea e integrada de bens variados, permitirá uma utilização otimizada do potencial natural no local. A conservação da fertilidade do solo é o aspecto mais crucial na concepção de tais sistemas de uso da terra. A saída de nutrientes do ecossistema não deveria exceder o *input* desses mesmos nutrientes por deposição atmosférica e intemperismo do substrato rochoso. Fertilizantes artificiais são dispendiosos e não são muito eficientes nas condições da Amazônia e seu uso deveria ser por isso limitado, na medida do possível. Exploração de produtos de alto valor unitário e ao mesmo tempo com um conteúdo de biomassa comparativamente baixo, tais como produtos farmacêuticos, frutos, nozes, óleo, cera, borracha, etc. servem melhor a esse propósito. Já existem alguns exemplos bastante promissores de tais sistemas de uso da terra na Amazônia, que deveriam ser desenvolvidos e otimizados por pesquisa interdisciplinar e cooperação internacional.



Ungefähre maximale Nettoproduktion an Biomasse in Naturwäldern

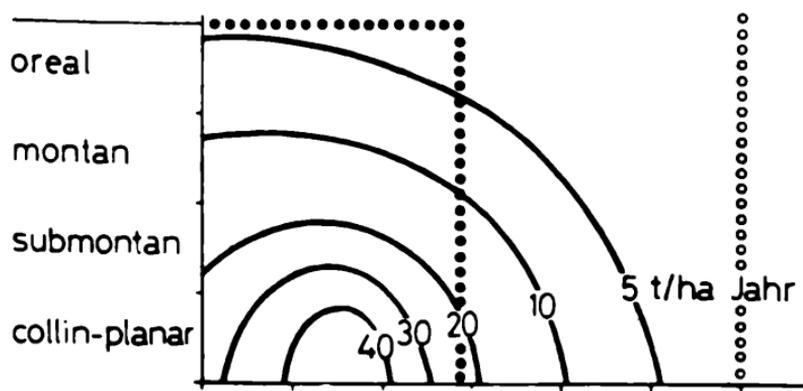


Abb. 7.1: Die Biomasseproduktion in tropischen Wäldern hängt von der Niederschlagsmenge und der mittleren Jahrestemperatur ab. Die höchste Produktivität wird in den nicht extrem feuchten Tieflagen erreicht (nach ELLENBERG, 1984).

Das biologische Produktionspotential der Tropenwälder

Hohe Strahlungsintensität, gute Wasserversorgung und gleichmäßige, hohe Temperaturen bieten günstige Voraussetzungen für die Photosynthese im Verbreitungsgebiet der tropischen Feuchtwälder. Dementsprechend groß ist auch die jährliche Biomasseproduktion in diesen Ökosystemen. Die Nettoproduktion an Biomasse kann unter günstigen Bedingungen 40 Tonnen Trockenmasse pro Jahr und Hektar überschreiten (ELLENBERG, 1984), ist aber stark von Höhe und Verteilung der Niederschläge und, entsprechend der Abnahme der Temperatur, auch von der Höhenlage abhängig (Abb. 7.1).

Die höchste Nettoproduktion finden wir allerdings nicht in den allerfeuchtesten Gebieten; hier ist wegen der fast dauernden Wolken- oder Nebeldecke die Strahlungsintensität geringer als in den etwas trockeneren und sonnenreicheren Gebieten der feuchten Tropen und vor allem der Subtropen. Außerdem sind in den Regionen mit extrem hohen Niederschlägen oft auch die Böden infolge der starken Auswaschung besonders nährstoffarm (vgl. WEISCHET, dieser Band: 72 ff.).

Auch in Gebieten mit hohen Jahresniederschlägen können Trockenperioden vorkommen, die zu einem zeitweiligen Trockenstress der Vegetation führen, wodurch die Biomasseproduktion periodisch reduziert werden kann. Ebenfalls nimmt mit zunehmender Meereshöhe, gleichermaßen wie in der gemäßigten Zone, die Jahresdurchschnittstemperatur ab, und dementsprechend vermindert sich die Biomasseproduktion in der montanen und borealen Stufe.

Bei der Beurteilung der Netto-Biomasseproduktion tropischer Ökosysteme ist außerdem zu berücksichtigen, daß in den feucht-heißen Tropen während der verhältnismäßig langen Nächte die Atmung der Vegetation sehr intensiv ist, wodurch die Nettoproduktion an Biomasse ebenfalls vermindert wird.

Interessant und für unser Thema von Bedeutung ist ferner die Tatsache, daß in den tropischen Feuchtwäldern ein verhältnismäßig weit geringerer Teil der Phytomasseproduktion auf Stamm- und Astholz entfällt. Das zeigt schon ein Blick ins Bestandesinnere (Abb. 7.2 bis 7.4). Im Gegensatz zu den gemäßigten und borealen Wäldern besteht im feuchten Tropenwald ein wesentlicher Teil der erzeugten Phytomasse aus oft sehr großen Blättern, Blüten und Früchten sowie vor allem auch aus Lianen und Epiphyten, die nicht oder nur wenig verholzt sind. Das erklärt sich u.a. dadurch, daß unter den gleichmäßig günstigen Umweltbedingungen der Tropen Bäume weniger auf Speichermöglichkeiten für Wasser und Reservestoffe im Holzkörper angewiesen sind als dort, wo jahreszeitliche Schwankungen mit Frost oder Trockenheit die Bäume zwingen, jeweils zu Beginn der Vegetationszeit aus ihren im Vorjahr gebildeten Reserven rasch wieder einen leistungsfähigen Assimilationsapparat aufzubauen.

So kommt es, daß der laufende Zuwachs an potentiell technisch verwertbarem Holz in einem tropischen Feuchtwald kaum höher ist als in einem mitteleuropäischen Laubwald (WHITMORE, 1975; vgl. Abb. 7.5). Außerdem ist zu beachten,



Abb. 7.2: Im tropischen Feuchtwald ist der ganze Luftraum von Phytomasse erfüllt. Ein beträchtlicher Teil davon besteht aus großen Blättern, Schlinggewächsen und Epiphyten.

daß im tropischen Feuchtwald nur ein Teil des vorhandenen Holzvorrates technisch und wirtschaftlich auch tatsächlich nutzbar ist. Unter der riesigen Zahl von Baumarten, die diese Wälder aufbauen, befinden sich viele Arten, deren Holz technologisch minderwertig ist und daher kaum vermarktet werden kann. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen konzentriert sich die tatsächliche Nutzung auf verhältnismäßig wenige, besonders wertvolle Baumarten. Aber auch bei diesen ist im Naturwald ein nicht unbeträchtlicher Teil der Stämme



Abb. 7.3: Die Phytomasse eines mitteleuropäischen Buchenwaldes ist wesentlich kleiner, der prozentuale Anteil von Stamm- und Astholz dagegen höher.

wegen schlechter Form oder Fäulnis nicht oder nur eingeschränkt verwertbar. Aus allen diesen Gründen bleibt im natürlichen oder vom Menschen nur wenig beeinflussten Feuchtwald die Flächenproduktivität der Wertholzerzeugung verhältnismäßig gering und liegt weit unter jener von Wäldern auf guten Standorten in der gemäßigten Zone (JONKERS & SCHMITT, 1984).

Mit Erfolg wurde an verschiedenen Orten versucht, durch systematische Anreicherung wertvoller Baumarten und intensive Pflegemaßnahmen Natur-



Abb. 7.4: Noch höher ist der Anteil von industriell verwertbarem Stammholz in einem borealen Kiefernwald.

wälder in den feuchten Tropen zu „domestizieren“ und dadurch Qualität und Menge von erzeugtem Wertholz zu steigern (LAMPRECHT, 1986; WEIDELT, 1986 und 1989). Solche Pflegemaßnahmen sind aber in den tropischen Feuchtwäldern sehr aufwendig, weil sich nach einem menschlichen Eingriff die Belichtungsverhältnisse im Bestand ändern und durch den zusätzlichen Lichteinfall eine geradezu explosive Entwicklung von gewissen wirtschaftlich nicht erwünschten Arten und vor allem auch von Lianen einsetzt. Dadurch kann das Aufkommen der gewünschten Baumarten und der Naturverjüngung verhindert oder mindestens so stark beeinträchtigt werden, daß diese durch den menschlichen Eingriff begünstigte Konkurrenzvegetation wiederholt und in kurzen Abständen entfernt werden muß. Das kann entweder mechanisch durch Ausrieb oder aber durch den gezielten Einsatz chemischer Präparate erfolgen. In beiden Fällen sind die Kosten sehr hoch, beim Chemieinsatz besteht zudem ein beträchtliches ökologisches Risiko.

Selbst bei den heute noch geringen Löhnen in Entwicklungsländern sind daher im tropischen Feuchtwald bei nachhaltiger Bewirtschaftung die waldbaulichen Pflegekosten pro Kubikmeter produziertem und verwertbarem Holz mindestens so hoch oder sogar noch höher als in den Wäldern der Industrieländer in

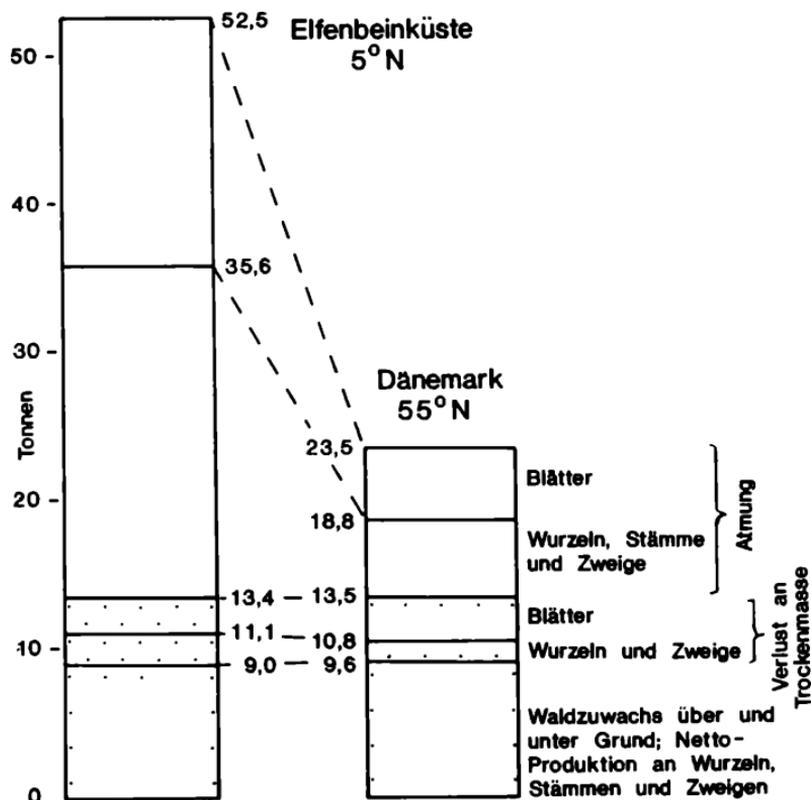


Abb. 7.5: Die jährliche Nettoproduktion von technisch verwertbarem Stammholz ist in einem feuchten Tropenwald nicht höher als in einem mitteleuropäischen Buchenwald (nach WHITMORE, 1975).

der gemäßigten Zone. Da damit zu rechnen ist, daß mit zunehmender wirtschaftlicher Entwicklung und steigendem Lebensstandard auch in den Ländern der Dritten Welt die Arbeitskosten ansteigen werden, erscheint aus wirtschaftlichen Gründen eine systematische waldbauliche Behandlung und nachhaltige Nutzung tropischer Feuchtwälder nur dort möglich, wo verhältnismäßig große Mengen sehr wertvollen Holzes mit entsprechenden Erlösen erzeugt werden können. Dies ist in Südostasien eher der Fall als in Afrika und Südamerika und insbesondere im Amazonasbecken.

Die Bedeutung des Nährstoffexportes bei der Holznutzung

Die Möglichkeiten einer nachhaltigen Holzerzeugung in tropischen Feuchtwäldern sind aber auch aus ökologischen Gründen limitiert. Im Gegensatz zu den Wäldern der gemäßigten und der borealen Zone ist in Ökosystemen des tropischen Feuchtwaldes ein sehr hoher Teil des für die Pflanzen wichtigen Nährstoffkapitals in der Vegetation selbst und nicht im Boden lokalisiert und wird in einem kurzen Kreislauf immer wieder rezykliert (vgl. WEISCHET, dieser Band: 72). Mit Blüten, Früchten, abgestorbenen Blättern, Zweigen und ganzen Bäumen fällt das ganze Jahr hindurch laufend ein beträchtlicher Teil der gebildeten Biomasse zusammen mit den in ihr enthaltenen Nährstoffen auf den Boden. Die dabei entstehende Streuschicht wird durch Insekten, Pilze und Mikroorganismen sehr rasch abgebaut, und die bei diesem Abbau freigesetzten Nährstoffe werden sofort durch die oberflächennahen Wurzeln der Bäume wieder aufgenommen und in den Kreislauf zurückgeführt. Der Boden ist an diesem Vorgang kaum beteiligt.

Vor allem genetisch alte Tropenböden, die gerade im Amazonasbecken sehr große Flächen bedecken, sind äußerst arm an Nährstoffen, und außerdem haben ihre Tonminerale eine für die Adsorption von Nährstoffen ungünstige Struktur und daher eine geringe Austauschkapazität (vgl. WEISCHET, dieser Band: 76). Im Nährstoffhaushalt unterscheiden sich somit die feuchttropischen Waldökosysteme grundsätzlich von den Waldökosystemen der gemäßigten und borealen Zone, wo ein wesentlicher Teil des gesamten Nährstoffkapitals entweder in Form von Rohhumus auf dem Boden aufliegt oder im Boden selbst gespeichert ist. Wird hier der Baumbestand eingeschlagen und das Holz entfernt, genügen diese Nährstoffreserven, um eine neue Waldgeneration aufzubauen. Wird dagegen im tropischen Feuchtwald ein großer Teil der Vegetation entfernt, wird damit auch der größte Teil des gesamten Nährstoffkapitals exportiert, und die Nährstoffreserven des Bodens reichen bei weitem nicht aus, um auch nur annähernd eine ebenso üppige neue Vegetation entstehen zu lassen wie vorher. Wiederholt sich dieser Vorgang, tritt eine progressive Verarmung und Degradation der Vegetation mit einer stark verminderten Produktionsleistung ein.

Besonders prekär ist die Situation bei den wichtigen Pflanzennährstoffen Calcium und Kalium, von denen nach Untersuchungen in Süd-Venezuela 75 bzw. 78 % im Holz, in Wurzeln und Blättern und nur 25 bzw. 22 % im Humus und Boden lokalisiert sind. Beim Phosphor finden wir zwar 79 % des Vorrates im Boden; zu über 80 % handelt es sich dabei aber um schwer lösliche Phosphorverbindungen, die nicht pflanzenverfügbar sind (Tab. 7.1). Daher ist Phosphor in der Regel der produktionsbegrenzende Nährstoff, bei dem Stoffausträge durch Biomassennutzung kaum kompensiert werden können. Die meisten Bäume des tropischen Feuchtwaldes leben jedoch in Symbiose mit bestimmten Mykorrhizen, die in der Lage sind, im Boden fixierten Phosphor in eine lösliche Form zu

überführen und den Bäumen zur Verfügung zu stellen. Mit dem Fällen der Bäume verlieren jedoch diese Mykorrhizen ihre Lebensgrundlage.

Stickstoff dagegen wird primär durch Demineralisation toter organischer Substanz dem Boden zugeführt und vorübergehend in Humuskomplexen im Mineralboden gebunden. Bei Brandrodung entweicht der in den Pflanzenteilen enthaltene Stickstoff zum größten Teil in die Luft. Calcium, Kalium und Phosphor konzentrieren sich dagegen in der Asche und stehen der Nachfolgevegetation kurzfristig in leicht aufnehmbarer Form zur Verfügung, soweit sie nicht durch den Regen ausgewaschen und abgespült oder in so tiefe Bodenschichten verlagert werden, daß sie für die Wurzeln unerreichbar sind.

Auf der Konzentration der leicht aufnehmbaren Nährstoffe in der Asche beruht die vorübergehende Düngungswirkung des Verbrennens der vorhandenen Vegetation. Mit der Ernte der auf diesen Flächen gewachsenen Produkte werden aber beträchtliche Teile der in der geernteten Biomasse enthaltenen Nährstoffe ebenfalls exportiert und damit dem Standort entzogen. Auswaschungsverluste und Export von Nährstoffen bei der Ernte, bei fehlendem Nachschub aus dem Boden, erklären die rasche Abnahme der Fruchtbarkeit schon 1 bis 3 Jahre nach der Brandrodung. Erst durch sehr lange Brachezeiten und eine ungestörte Entwicklung der Sekundärvegetation ergibt sich wieder eine gewisse Nährstoffakkumulation.

Nährstoffprobleme treten auch bei der Umwandlung von Primärwald in kurzumtriebige, großflächige Monokulturen auf. JORDAN (1986) stellte z.B. in Jarí, im Grenzbereich der brasilianischen Bundesstaaten Pará und Amapá gelegen, fest, daß bei der Umwandlung des Primärwaldes durch Stammholzernte und Auswaschung ca. 75 % des Kaliumvorrates, 62 % des Calciumvorrates und 30 % des pflanzenverfügbaren Phosphorvorrates verloren gingen, während die Stickstoffverluste durch Vergasung, Denitrifizierung und Stammholzernte ca. 50 % betragen.

Allerdings tritt während der ersten 10 Jahre nach der Pflanzung bei Holzplantagen auch wieder eine gewisse Stabilisierung der Nährstoffvorräte durch Demineralisation des Schlagabraumes, atmosphärische Zufuhr und Verwitterung ein. So nahmen im erwähnten Untersuchungsgebiet von Jarí innerhalb von 10 Jahren Phosphor und Kalium wieder um je 30 %, Calcium um 25 %, Stickstoff allerdings nur um weniger als 5 % zu (JORDAN, 1986).

Auch die Stoffproduktion in Holzplantagen ist unmittelbar nach der Umwandlung des Primärwaldes dank der Mobilisierung der Nährstoffvorräte zunächst sehr hoch. Am Ende der 1. Umtriebszeit ergab sich in Jarí folgende Verteilung der Biomasse nach Kompartimenten (Tab. 7.2).

Natürlich erreichen die Plantagen während der kurzen Umtriebszeit bei weitem nicht den Biomasse-Vorrat des Naturwaldes. Bei der Kiefer sind es etwa 57 %, bei der *Gmelina* 43 %. Ein großer Teil des bei der Zerstörung des Primärwaldes freigesetzten CO₂ wird daher nicht wieder fixiert und verbleibt in der Atmosphäre. Auffallend ist sodann vor allem der hohe Totholzanteil, vor allem

Nährstoff	Holz %	Wurzeln %	Blätter %	Humus %	Boden %	Gesamt kg/ha
Calcium	56	16	3	19	6	320
Kalium	55	12	11	15	7	375
Phosphor	9	8	2	2	79	310
Stickstoff	21	14	4	11	50	3550

Tab. 7.1: Nährstoffe nach Kompartimenten in einem immergrünen Regenwald (verändert nach JORDAN, 1986).

Waldtyp	Stammholz		Totholz		Streu		Wurzeln		Total	
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Naturwald	400	75	5	1	5	1	120	23	530	100
Gmelina	120	52	75	33	10	4	25	11	230	100
Kiefer	220	69	30	9	20	6	50	16	320	100

Tab. 7.2: Biomasse nach Kompartimenten im Primärwald und in Holzzuchtplantagen (Jarí, Nord-Brasilien) auf feinsandigem Ultisol bei 2.300 mm Jahresniederschlag (verändert nach JORDAN, 1986).

	Entzug basischer Kationen	Eintrag basischer Kationen aus der Atmosphäre	
		Ostkalimantan	Amazonasbecken
K	33,5 kg	227,5 kg	35 – 70 kg
Ca	78,0 kg	192,5 kg	40 – 80 kg
Mg	10,0 kg	70,0 kg	15 – 35 kg

Tab. 7.3: Nährstoffentzug durch Stammholznutzung und Eintrag aus der Atmosphäre während eines Zyklus von 35 Jahren und einer Nutzung von 2,3 Kubikmeter pro Hektar und Jahr (in kg/ha). Verändert nach RUHIYAT (1989) und FÖLSTER (pers. Mitt.) in WEIDELT (1989).

bei *Gmelina*, aber auch bei der Kiefer, der weit über jenem des Naturwaldes liegt. Er ist zum Teil auf die harte Konkurrenz und den Ausscheidungskampf zwischen den gleichaltrigen Bäumen, wahrscheinlich aber auch auf den verzögerten Abbau durch Insekten, Pilze und Mikroorganismen in diesem anthropogenen Ökosystem zurückzuführen. In die gleiche Richtung deutet der in den Plantagen ebenfalls wesentlich höhere Anteil der unzersetzt auf dem Boden liegenden Streu.

Die Gesamtproduktion an Holzmasse (lebendes und totes Stammholz) war in den Plantagenbeständen prozentual etwas höher als im Naturwald. Auffallend ist dagegen der beträchtlich geringere Anteil der Wurzeln in den Plantagenbeständen gegenüber dem Naturwald. Dadurch wird die Filterwirkung des Wurzelsystems wahrscheinlich verringert und die Auswaschung von Nährstoffionen in tiefere, von den Wurzeln nicht mehr erreichbare Bodenschichten verstärkt. Hoher Totholz- und Streueanteil sowie verminderte Wurzelmasse deuten darauf hin, daß die vom Menschen geschaffenen Ökosysteme der Plantagenbestände wahrscheinlich weniger effizient funktionieren als jene des Naturwaldes und damit auch die an sich schon knappen Nährstoffvorräte verhältnismäßig schlecht ausgenutzt werden.

Zu beachten ist auch die Tatsache, daß in den Plantagenbeständen bei den hohen Niederschlagsmengen und auf den in Jari vorherrschenden Feinsandböden der durchschnittliche Gesamtzuwachs infolge der Auswaschung rasch absinkt und schon nach wenigen Jahren nurmehr 5 bis 6 Tonnen pro Hektar und Jahr sowohl bei Kiefer als auch bei *Gmelina* erreicht. Das sind Leistungen, die deutlich unter jenen auf fruchtbaren Böden in Mitteleuropa liegen. Langfristig muß außerdem mit einem weiteren Absinken des Zuwachses gerechnet werden, wenn die durch die Stammholzernte bedingten Nährstoffverluste nicht laufend durch Düngung kompensiert werden. Bei kontinuierlicher Papierholzproduktion wären in Jari bei Eukalyptusplantagen regelmäßige Düngergaben von etwa 400 kg NPK pro Jahr und Hektar notwendig. Bei der gegenwärtigen Praxis einer einmaligen Düngung von 250 kg pro Hektar bei der Pflanzung ist die ohnehin geringe Flächenproduktivität nicht nachhaltig gesichert (JORDAN, 1986).

Diese Zahlen zeigen deutlich, daß im Amazonasbecken auf alten, feinsandigen Böden und bei den hohen Niederschlägen in Plantagen raschwüchsiger Baumarten auch im Vergleich zu den Verhältnissen in der gemäßigten Zone nur bescheidene Zuwachsleistungen erreicht werden und diese außerdem nachhaltig nur durch einen beträchtlichen Einsatz von Dünger gehalten werden können (RUSSEL, 1983). Zu grundsätzlich ähnlichen Ergebnissen kommt RUHIYAT (1989) in seiner Untersuchung von Plantagenbetrieben in Ostkalimantan, obwohl dort dank Meeresnähe und vulkanischer Aktivitäten der Eintrag von basischen Kationen aus der Atmosphäre wesentlich höher ist als im Amazonasbecken. Die Produktionskosten pro Tonne Trockensubstanz werden damit sehr hoch und lassen die Produktion von Holzmasse für eine industrielle Verwertung (Zellstoff, Papier und Platten) als wenig wirtschaftlich erscheinen. Auch der ver-

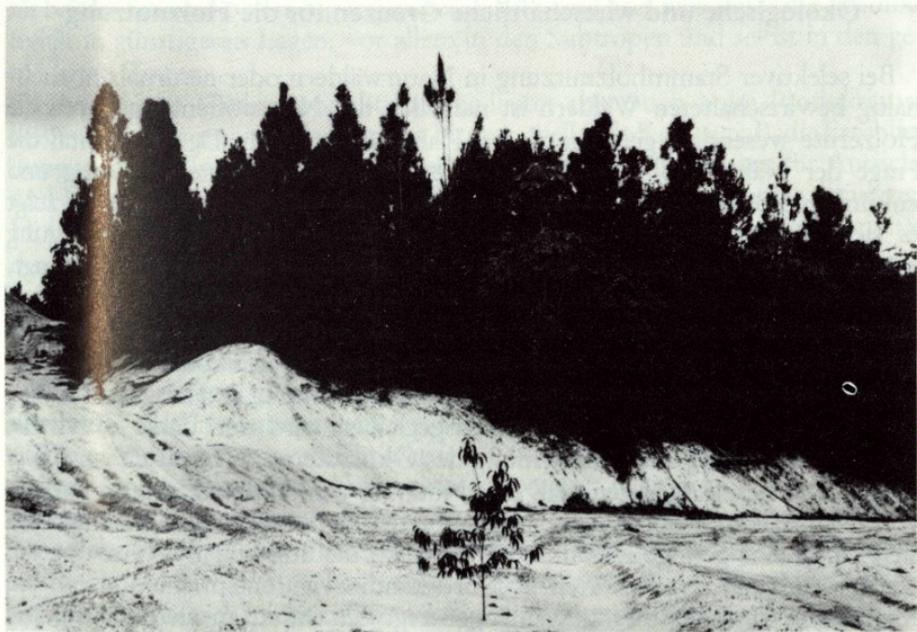


Abb. 7.6: Etwa 8-jährige Kiefernplantation erster Generation nach Primärwald auf sehr armen Sandboden in Jarí (Nordost-Amazonien). Die ohne sehr intensive Düngung erzielbare, nachhaltige Holzproduktion liegt weit unter jener in vielen subtropischen Gebieten und nicht höher als unter mittleren Standortverhältnissen im borealen Wald.

hältnismäßig billige Boden vermag die hohen Kosten von Arbeit und Produktionsmitteln kaum zu kompensieren (Abb. 7.6).

Die hier für große Gebiete des Amazonasbeckens dargestellten Verhältnisse dürfen nicht ohne weiteres auf andere Gebiete übertragen werden. Geologisch junge Substrate mit aus dem Muttergestein stammenden, nährstoffreichen Primärsilikaten, besonders in Gebirgslagen und in trockeneren Gebieten der Tropen und vor allem der Subtropen, erweisen sich für Holzplantagen wesentlich geeigneter, da dort die Böden wegen geringerer Auswaschungsverluste und wegen der weniger intensiven Verwitterung des Ausgangsgesteines wesentlich nährstoffreicher sind als alte Böden in den feuchten Tropen. Ebenso sind Alluvialböden im Überschwemmungsgebiet von Flüssen aus jungen Gebirgen auch in den feuchten Tropen wesentlich günstiger zu beurteilen. Es ist aber fraglich, ob solche Standorte auf die Dauer für die Holzproduktion zur Verfügung stehen oder nicht besser für land- und viehwirtschaftliche Zwecke reserviert werden sollten.

Ökologische und wirtschaftliche Grenzen für die Holznutzung

Bei selektiver Stammholznutzung in Naturwäldern oder naturnahen, nachhaltig bewirtschafteten Wäldern ist natürlich der Nährstoffentzug durch die Holzernte wesentlich geringer als bei Plantagenbetrieben. Dennoch muß die Frage der Nährstoffbilanz auch bei allen Überlegungen zur Nutzung und zukünftigen Bewirtschaftung dieser Wälder berücksichtigt werden. Dabei zeigt es sich, daß gerade im Amazonasbecken die knappe Nährstoffversorgung wesentliche Restriktionen für eine nachhaltige Holzproduktion mit sich bringt.

WEIDELT (1989) zeigt, daß in Ostkalimantan bei der zyklischen Nutzung von jeweils etwa 80 Kubikmeter pro Hektar und einem Nutzungsintervall von 35 Jahren, wie es dem dortigen Regime der indonesischen Selektionswirtschaft entspricht, der Nährstoffentzug durch den laufenden Eintrag von basischen Kationen aus der Atmosphäre mehr als ausgeglichen wird und daher durch die Stammholznutzung keine Verarmung des Ökosystems zu erwarten ist. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß eine Nutzung von 80 Kubikmeter innerhalb von 35 Jahren nur knapp 2,3 Kubikmeter pro Hektar und Jahr entspricht, was an sich schon eine geringe Produktivität darstellt, die ungefähr der Nutzung auf wenig produktiven Standorten in Nordskandinavien entspricht und um ein Mehrfaches unter den Nutzungsmengen liegt, die wir auf mittleren und guten Standorten in Mitteleuropa als normal betrachten.

In unserem Zusammenhang besonders interessant sind die Angaben über Entzug und Eintrag von Nährstoffen aus der Atmosphäre im Vergleich der südostasiatischen Inseln mit dem Amazonasbecken, die die Tabelle 7.3 zeigt.

Diese Zahlen sind in zweifacher Beziehung wichtig. Einmal zeigen sie, daß in den südostasiatischen Feuchtwäldern auch auf alten Böden die Nährstoffversorgung offensichtlich wesentlich günstiger ist als in den meerfernen Gebieten des Amazonasbeckens, aber auch in Zentralafrika und besonders im Zaire-Becken. Die südostasiatischen Feuchtwälder sind also nicht nur dank ihres wertvolleren und leichter zu verwertenden Holzvorrates, sondern auch wegen der potentiell größeren nachhaltigen Holzproduktion den afrikanischen und südamerikanischen Feuchtwäldern wirtschaftlich überlegen. Dank des zwei- bis dreifach höheren Nährstoffeintrages aus der Atmosphäre können dort nachhaltig wesentlich größere Mengen von Stammholz pro Flächeneinheit geerntet werden, ohne daß dadurch Nährstoffengpässe entstehen oder eine künstliche Düngung notwendig wird. Auch in dieser Beziehung ist das Amazonasbecken benachteiligt, und Erfahrungen aus Südostasien können nicht ohne weiteres auf Südamerika übertragen werden.

Diese Zahlen zeigen aber auch, daß in weiten Teilen des Amazonasbeckens nachhaltig kaum mehr als 2 bis 3 Kubikmeter Stammholz pro Jahr und Hektar geerntet werden können, ohne daß eine Bodenverarmung eintritt, die entweder die zukünftigen Produktionsmöglichkeiten beeinträchtigt oder eine zusätzliche Düngung notwendig macht. Die nachhaltig zu erreichende Flächenproduktivität

tät bei der Stammholzerzeugung ist bescheiden und liegt weit unter der Produktivität in günstigeren Lagen, vor allem in den Subtropen und selbst in den gemäßigten Zonen.

Eine geringe Flächenproduktivität bedeutet aber auch hohe Produktionskosten pro Mengeneinheit genutzten Holzes, weil viele Kosten, z.B. die Erschließung und der Unterhalt der Erschließungsnetze sowie die Kosten für Aufsicht und Verwaltung sehr stark von der Fläche und weit weniger von der genutzten Holzmenge abhängen. Eine denkbare Steigerung der Flächenproduktivität durch entsprechende Düngung verursacht sehr hohe Kosten. Sehr rasch wird daher der Punkt erreicht, wo es fraglich erscheint, ob es wirtschaftlich überhaupt sinnvoll ist, jene Investitionen vorzunehmen, die unerlässlich sind, um in dieser Gegend einen nachhaltigen Forstbetrieb aufzubauen.

Wenn überhaupt, so sind solche Investitionen nur dann gerechtfertigt, wenn sehr wertvolles Holz produziert werden kann, bei dem hohe Preise pro Kubikmeter geernteter Masse erreicht werden. Das sind in der Regel Hölzer, die zur Erzeugung preiselastischer Luxusgüter verwendet werden und die einen entsprechenden Seltenheitswert haben. Wie groß auf lange Frist gesehen der Markt für solche Holzqualitäten ist, läßt sich schwer sagen. Sicher ist er nicht unbeschränkt, und ein Überangebot solcher Hölzer könnte sehr wohl zu Preiszusammenbrüchen führen, nicht zuletzt auch, weil südostasiatische Konkurrenten aus den bereits dargestellten Gründen offensichtlich preisgünstiger produzieren können.

Bei der Erzeugung von Massensortimenten, deren technische Eigenschaften nicht besser oder sogar schlechter sind als jene von Hölzern, die in der gemäßigten oder gar in der borealen Zone erzeugt werden, und mit denen sie auf dem Weltmarkt konkurrieren müssen, hat eine auf Nachhaltigkeit angelegte, langfristige Erzeugung von Stammholz im Amazonasbecken kaum eine wirtschaftliche Chance.

Angesichts der geringen Flächenproduktivität und der damit teilweise verbundenen, teilweise davon aber auch unabhängigen, hohen Produktionskosten der Wertholzerzeugung im tropischen Feuchtwald werden sich auch kaum Investoren finden, die bereit sind, sich im Amazonasbecken entsprechend zu engagieren, umsomehr als es sich bei einer nachhaltigen Forstwirtschaft immer um sehr langfristige Investitionen handelt. Wenn schon, scheinen höchstens kurzfristige Investitionen in eine reine Exploitationswirtschaft, ohne Rücksicht auf das zukünftige Schicksal der exploitierten Flächen, attraktiv. Damit würden aber nur neue Zukunftsprobleme geschaffen, die jedem vernünftigen Entwicklungskonzept entgegenstehen.

Die Ergebnisse einer nüchternen Analyse der ökologischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für eine nachhaltige, allein auf die Produktion von Holz orientierte Forstwirtschaft im Amazonasbecken sind somit keineswegs ermutigend und zwingen uns zur Suche nach Nutzungsalternativen, die, entweder allein oder in Kombination mit der Holzproduktion, zu einer hohen Wertschöp-

fung bei möglichst guter Ausnützung des naturgegebenen Produktionspotentials führen und so zur wirtschaftlichen Entwicklung beitragen können (BURGER, 1989).

Solche Alternativen sind aber nur so weit sinnvoll, als dadurch die wichtigen Dienstleistungsfunktionen der Feuchtwälder, insbesondere deren Rolle für den Wasserhaushalt, die Verhinderung der Bodendegradation und Erosion, und nicht zuletzt auch die Erhaltung des genetischen Informationspotentials, nicht beeinträchtigt werden. Diese Funktionen werden vom Naturwald ohne menschliche Nachhilfe bereits in hervorragendem Maße erfüllt, so daß aus dieser Sicht keine menschliche Bewirtschaftung erforderlich ist und eine solche nur dann sinnvoll erscheint, wenn dadurch auf die Dauer die Lebensbedingungen einer stark wachsenden einheimischen Bevölkerung durch bessere Ernährung und die Schaffung produktiver Arbeitsplätze entscheidend verbessert werden.

Alternative Nutzungsmöglichkeiten

Die Suche nach ökologisch und wirtschaftlich den Verhältnissen der tropischen Feuchtwaldregion angepaßten Landnutzungssystemen muß einmal davon ausgehen, daß dem Ökosystem bei der Ernte der Produkte möglichst geringe Mengen an Biomasse entzogen werden, um den damit verbundenen Export von Nährstoffen so gering als möglich zu halten. Das heißt mit anderen Worten, daß die dem natürlichen Standort entsprechende akkumulierte Biomasse mit dem in ihr enthaltenen Nährstoffkapital weitgehend erhalten bleiben soll und nur Produkte entnommen werden, die einen hohen Wert pro Gewichtseinheit Trockensubstanz aufweisen. Außerdem soll durch deren Ernte die Funktion des Ökosystems als Ganzes nur unwesentlich beeinträchtigt werden, d.h. der Nährstoffkreislauf und die Assimilation sollen unverändert weiterlaufen.

Produkte, die diesen Anforderungen entsprechen, sind beispielsweise Früchte und Samen, Rinden, Fasern, pharmazeutisch wirksame Extraktstoffe, Kohlenhydrate, Wachse, Öle, Fette, Farb- und Gerbstoffe, Gummi usw., aber auch tierische Produkte, wie Bienenhonig, Wachs und u.U. Fleisch wild lebender oder domestizierter Tiere. Natürlich findet auch bei deren Ernte ein gewisser Nährstoffexport aus dem Ökosystem statt; solange er aber durch Deposition aus der Atmosphäre kompensiert werden kann, tritt keine Verarmung des Systems ein, und die Produktion dieser Erzeugnisse kann auch ohne zusätzliche Düngung nachhaltig erfolgen.

Besonders günstig sind natürlich Produkte, die vorwiegend aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff aufgebaut sind, da diese Elemente im Ökosystem im Überschuß vorhanden sind und hier keine Mangelsituation entstehen kann. Vermieden werden sollte dagegen eine zu große Entnahme von jenen Elementen, die an sich im Minimum sind und auch aus der Atmosphäre in nur geringem Maße nachgeliefert werden, wie vor allem Phosphor und in vielen Gebieten Calcium.

Wichtig ist auch, daß die am Ende nicht verwertbaren Teile der Ernte, wenn möglich, an Ort und Stelle zurückgelassen oder u.U. nach einem ersten Schritt der Verarbeitung ins Ökosystem zurückgebracht werden, so z.B. Hülsen, Stiele, Pressrückstände usw..

Gerade im Amazonasbecken hat das Sammeln von Produkten, die diesen Anforderungen weitgehend entsprechen, eine sehr lange Tradition (DENEVAN et al., 1984). Die Indianerbevölkerung lebte stets weitgehend vom Sammeln und Jagen, und der Feldbau auf kleinen Parzellen mit Mischanbau verschiedener Pflanzen, wobei auch perennierende Pflanzen eine wesentliche Rolle spielten, bedeutete mehr eine Ergänzung. Später waren Gummi und Paranüsse wichtige Produkte, deren wirtschaftliche Bedeutung weit über die Region hinaus reichte und die sogar auf dem Weltmarkt eine Rolle spielten. Noch heute, und in den letzten Jahren vermehrt, bringt das Sammeln von Gummi und Paranüssen einer beträchtlichen Zahl von Menschen ein zusätzliches oder gar das Haupteinkommen. In Südostasien hat sich die Gewinnung und Verarbeitung von Rattan (*Calamus rotang* L.) als ein wichtiges Produkt aus den Feuchtwäldern entwickelt und verschafft den Ländern beträchtliche Exporterlöse (WEIDELT, 1988). Ähnliches gilt auch für die Ernte und Verarbeitung von Palmherzen (Palmito = *Chamaerops humilis* L.) in Südamerika, auch wenn die Möglichkeiten mit Bestimmtheit noch bei weitem nicht voll ausgeschöpft sind. In einer jüngsten, außerordentlich interessanten Studie haben PETERS et al. (1989) für einen Wald am Rio Nanay, etwa 30 km südwestlich von Iquitos in Peru, versucht, den Wert der Nicht-Holzprodukte zu bestimmen und mit dem möglichen Wert der Holzproduktion zu vergleichen. Es handelt sich um einen typischen Amazonaswald auf relativ unfruchtbarem, weißem Sandboden bei einer jährlichen Niederschlagsmenge von 3.700 mm.

Ein systematisches botanisches Inventar ergab, daß auf einem Hektar Waldfläche 842 Bäume mit mehr als 10 cm Brusthöhendurchmesser vorkamen und daß diese Bäume 275 Arten und 50 botanischen Familien angehörten. Davon produzierten 72 Arten (26,2 %) und 350 Individuen (41,6 %) Produkte, die auf dem Markt in Iquitos verkauft wurden und einen Marktpreis hatten. 7 Zweikeimblättrige und 4 Palmen produzieren eßbare Früchte, eine Art Gummi, und 70 Arten sind auch als Nutzholz verwertbar. Außerdem enthält der Wald eine Reihe von pharmazeutisch wertvollen Arten sowie weitere Produkte, die wohl verwertbar sind, aber heute auf dem Markt noch keine Rolle spielen, oder die so selten sind, daß sie in der Studie nicht näher untersucht wurden.

Die Tabelle 7.4 zeigt die kommerziell wichtigen Produkte, deren jährliche Produktion auf der Untersuchungsfläche sowie den Preis der Produkte auf dem Markt in Iquitos.

Demnach werden pro Hektar des im Detail untersuchten Waldes jährlich Güter im Wert von annähernd 700 US\$ produziert. Nach Abzug der Erntekosten und der Kosten für den Transport bis nach Iquitos verbleibt ein Nettoertrag von rund 420 US\$ pro Hektar und Jahr. Auf Grund dieser Marktwerte, die

Gattung	Art	Anzahl der Bäume	Jährliche Produktion pro Baum	Preis pro Einheit (US\$)	Gesamtwert (US\$)
Aguaje	<i>Mauritia flexuosa</i> L.	8	88,8 kg	10,00 / 40 kg	177,60
Aguajillo	<i>Mauritiella peruviana</i> (BEC.) BURRETT	25	30,0 kg	4,00 / 40 kg	75,00
Charichuelo	<i>Rheedia</i> spp.	2	100 Früchte	0,15 / 20 Früchte	1,50
Leche huayo	<i>Couma macrocarpa</i> BARB. RODR.	2	1060 Früchte	0,10 / 3 Früchte	70,67
Masaranduba	<i>Manilkara quianensis</i> AUBL.	1	500 Früchte	0,15 / 20 Früchte	3,75
Naranjo podrido	<i>Parahancornia peruviana</i> MONACH.	3	150 Früchte	0,25 / Früchte	112,50
Sacha cacao	<i>Theobroma subincanum</i> MART.	3	50 Früchte	0,15 / Früchte	22,50
Shumbillo	<i>Inga</i> spp.	9	200 Früchte	1,50 / 100 Früchte	27,00
Shuringa	<i>Hevea quianensis</i> AUBL.	24	2,0 kg	1,20 / 1 kg	57,60
Sinamillo	<i>Oenocarpus mapora</i> KARST.	1	3000 Früchte	0,15 / 20 Früchte	22,50
Tamamuri	<i>Brosimum rubescens</i> TAUB.	3	500 Früchte	0,15 / 20 Früchte	11,25
Ungurahui	<i>Jessenia batava</i> (MART.) BURRET	36	36,8 kg	3,50 / 40 kg	115,92
Gesamt		117			697,79

Tab. 7.4: Jährlicher Ertrag und Marktwert von Früchten und Latex, die auf einem Hektar Wald in Mishana (Rio Nanay, Peru) erzeugt wurden. Gemessene Fruchterträge für *M. flexuosa*, *J. batava*, *P. peruviana* und *C. macrocarpa*; geschätzte Erträge für andere Baumfrüchte nach Angaben örtlicher Sammler (aus PETERS et al., 1989).

natürlich Schwankungen unterliegen und bei denen nicht feststeht, wie weit sie in Zukunft durch ein größeres Angebot möglicherweise sinken oder durch höhere Nachfrage ansteigen, und unter der Annahme, daß 25 % der Produktion nicht verwertet werden, sondern im Wald verbleiben, errechneten die drei Autoren bei einer Diskontierung mit einem Zinsfuß von real 5 % einen Barwert dieser Produktion in der Höhe von 6.330 US\$ pro Hektar. Eine entsprechende Berechnung für die periodisch anfallenden Holzprodukte ergab einen Barwert von nur 400 US\$. Bei einer gleichzeitigen Nutzung der Nebenprodukte und einer dem laufenden Zuwachs entsprechenden, nachhaltigen Holznutzung erreicht der Barwert 6.820 US\$ pro Hektar, wozu aber die „Nebenprodukte“ über 90 % beisteuern, während der Holzertrag nur knapp 10 % ausmacht. Auch verglichen mit Plantagen raschwüchsiger Baumarten und mit der Viehweide liegen die Werte der Nicht-Holzprodukte aus dem Naturwald um ein Mehrfaches höher.

Wenn auch diese Zahlen mit einigen Unsicherheiten behaftet sind, zeigen sie doch, daß das Potential der feuchten Tropenwälder für die Produktion von Nicht-Holzprodukten beträchtlich ist und jenes der Holzherzeugung bei weitem übersteigt. Wenn man dazu noch berücksichtigt, daß diese Nicht-Holzprodukte ohne Zerstörung oder sogar wesentliche Veränderungen des natürlichen Ökosystems erzeugt werden können, und daß der Wald alle übrigen Funktionen ungeschmälert erfüllen kann, lohnt es sich, bei der Diskussion der zukünftigen Rolle des Amazonaswaldes sich sehr viel intensiver mit derartigen Nutzungsformen zu beschäftigen.

Eine andere, ebenfalls sehr interessante Studie von ANDERSON et al. (1987) befaßt sich intensiv mit der Babassu-Palme (*Orbignya* ssp.), die im Amazonasbecken weit verbreitet ist, ihre größte Bedeutung aber wohl im Staate Maranhão hat. Diese Palme kann sich dank ihrer Schattenverträglichkeit im Stadium der Keimung und der frühen Jugend sowohl im geschlossenen Primärwald als auch auf durch Brand-Ackerbau genutzten Flächen und Viehweiden gut entwickeln. Ihre große Konkurrenzkraft auf Brandflächen beruht darauf, daß nach der Keimung der Wachstumspunkt der jungen Pflanze zunächst unter der Erdoberfläche liegt und so vor dem Feuer geschützt ist. In der dem Brandackerbau folgenden Brachephase kann sie sich dann dank ihres raschen Wachstums sehr stark entwickeln und u.U. fast reine Bestände bilden.

Die Babassu-Palme wird sehr vielseitig genutzt. Das Hauptprodukt sind die stark ölhaltigen Kerne, die sowohl für die Gewinnung von Speiseöl als auch von technischen Ölen und von Futtermitteln Verwendung finden. Aus dem Mesokarp wird aber auch ein Mehl gewonnen, das Palmherz liefert Palmito, und außerdem eignen sich Stämme, Blätter und Fasern zur Herstellung von sehr vielen Artikeln des täglichen Bedarfs und für Bauzwecke. Die regelmäßig absterbenden unteren Palmwedel dienen außerdem als Brennholz und sogar zur Holzkohleproduktion.

Nach Untersuchungen von MAY et al. (1985) in einer Gemeinde in Maranhão leisten die verschiedenen Produkte, die von dieser Palme gewonnen werden kön-

nen, einen wesentlichen Beitrag zum Lebensunterhalt, insbesondere der ärmeren Bevölkerung, und bieten wertvolle Beschäftigungsmöglichkeiten, vor allem für die Frauen. Die vielseitigen Produkte dienen sowohl der Selbstversorgung als auch der Produktion für den Markt und bringen so ein Einkommen.

ANDERSON et al. (1987) sehen gute Möglichkeiten für eine genetische Verbesserung durch systematische Züchtung sowie für den Anbau von Babassu sowohl in Pflanzungen als auch in agroforstlichen Systemen in Kombination mit *shifting cultivation* oder Weidebetrieb.

Im östlichen Amazonasgebiet wurden in den vergangenen Jahren in größerem Ausmaß Dauerkulturen angelegt, deren Produkte ebenfalls den oben aufgestellten Forderungen nach geringem Nährstoffzug bei hohem Wert der Erzeugnisse und dauernder Bodenbedeckung weitgehend entsprechen. Das sind vor allem Pfeffer (*Piper nigrum* L.), Kakao (*Theobroma cacao* L.), Gummi (*Hevea brasiliensis* MUELL. ARG.) und Ölpalme (*Elaeis guineensis*). Allerdings nehmen solche Dauerkulturen mit insgesamt etwa 230.000 Hektar erst rund 1,1 % der gesamten Fläche ein, erbrachten aber bereits im Jahre 1983 nicht weniger als 15,7 % des gesamten land- und forstwirtschaftlichen Produktionswertes (BURGER & FLOHRSCHÜTZ, 1984).

In jüngster Zeit wurde auch damit begonnen, eine beträchtliche Zahl weiterer Dauerkulturen kommerziell anzubauen, wie z.B. die Passionsfrucht (*Passiflora edulis* SIMS.), Guaraná (*Paullinia* sp.), dessen Samen einen vierfach so hohen Koffeingehalt aufweisen wie Kaffee, Paranuß (*Bertholletia excelsia* HUMB. et BONPL.), deren Samen fünf mal soviel Protein enthält wie Kuhmilch, darunter auch essentielle Aminosäuren, Cupuacú (*Theobroma grandiflorum* [SPRENG.] K. SCHUM.) aus der Gattung des Kakao, deren wohlschmeckendes Fruchtfleisch für Säfte und Speisen, die Samen hingegen zur Herstellung weißer Schokolade verwendet werden können, die proteinhaltige Pupunha-Palme (*Bactris gasipaes* H. B. K.) und Urucú (*Bixa orellana* L.), von der ein natürlicher, für Speisen geeigneter roter Farbstoff gewonnen wird.

Mit Sicherheit gibt es noch eine große Zahl von Pflanzen, die im tropischen Feuchtwald heimisch sind und die wertvolle Produkte für die verschiedensten Verwendungszwecke liefern könnten. Leider hat sich aber bisher die pflanzenbauliche Forschung viel zu wenig um neue Arten von möglichen Kulturpflanzen in den Tropen gekümmert, und das große Potential von Pflanzen, für die ein Markt als Pharmazeutika, Nahrungs- und Genußmittel entwickelt werden könnte, ist noch bei weitem nicht ausgenutzt (MYERS, 1983). Die Forschung auf diesem Gebiet muß unbedingt verstärkt werden.

Die Entwicklung neuer Nutzungssysteme für den tropischen Feuchtwald

Nicht nur die floristische Zusammensetzung, sondern auch die Struktur des Ökosystems sollte durch die Nutzung so wenig wie möglich verändert werden. Dadurch wird erreicht, daß der Wasserhaushalt nicht gestört, die Interzeption und die Evapotranspiration erhalten und der Boden vor der direkten Wirkung des Regens und der Besonnung geschützt wird. Außerdem werden auch die Lebensbedingungen für viele der im Naturwald vorkommenden Tier- und Pflanzenarten mit ihren vielfältigen Beziehungen und ihren gegenseitigen Abhängigkeiten im Ökosystem erhalten und das weitere Funktionieren des Systems weitgehend gesichert. Am besten wird dieses Ziel durch eine möglichst vielfältige Mischung perennierender Pflanzen, vor allem von Bäumen und Sträuchern verschiedener Größenklassen, erreicht. Ausgesprochen ungünstig sind dagegen einjährige Pflanzen, bei deren Ernte der Boden mehr oder weniger kahl gelegt wird, und Nutzungssysteme, bei denen periodisch, auch auf kleinen Flächen, die ganze oder der größte Teil der Vegetation entfernt wird.

Landnutzungssysteme, die auf solchen Grundsätzen basieren, unterscheiden sich grundsätzlich von den heute weithin üblichen land- und viehwirtschaftlichen Produktionssystemen, die sich vorwiegend in den gemäßigten Zonen entwickelt haben, und die von dort aus unkritisch in die Tropen verpflanzt wurden. Diese Systeme sind sozusagen ausschließlich auf großflächige, homogene Kulturen einer einzigen Art, mit gleichem Erntezeitpunkt, kurzer Umtriebszeit sowie regelmäßiger Bodenbearbeitung und Düngung ausgerichtet. Damit bieten sie gute Voraussetzungen für eine weitgehende Mechanisierung von Begründung, Pflege und Ernte sowie dank des homogenen Erntegutes auch für die weitere Verarbeitung der Produkte.

Dagegen entsprechen die den besonderen ökologischen Verhältnissen der Tropen angepaßten Systeme viel mehr den von den modernen Landwirten als primitiv betrachteten Technologien der Sammler und Jäger. Auf der gleichen Fläche werden im Idealfall gleichzeitig sehr viele verschiedene Produkte erzeugt. Deren Ernte erfolgt individuell und oft über längere Zeiträume verteilt, die produzierte Menge ist pro Flächeneinheit verhältnismäßig gering, was sowohl die technische Verarbeitung der Produkte als auch deren Vermarktung organisatorisch erschwert und verteuert, soweit sie nicht zur Selbstversorgung dienen und an Ort und Stelle verbraucht werden. Es erstaunt daher nicht, daß sich die agro-technologische Forschung bisher kaum mit derartigen Landnutzungssystemen befaßt hat. Dementsprechend unterblieb bisher auch eine züchterische Verbesserung der für derartige Produkte in Frage kommenden Arten. Außerdem fehlen Kenntnisse über die Ansprüche und den Wachstumsverlauf, die Eigenschaften und die zweckmäßige Weiterverarbeitung oder Lagerung der Produkte sowie oft auch ein einigermaßen funktionierender Absatzmarkt. Auch die land- und forstwirtschaftlichen Beratungsdienste haben sich bisher kaum mit solchen Nut-

zungssystemen befaßt, und viele, an einzelnen Stellen gemachte Erfahrungen fanden keine entsprechende Verbreitung, obwohl es Beispiele gibt, die beweisen, daß unter bestimmten Bedingungen solche Landnutzungssysteme durchaus erfolgreich sein können.

Landnutzungssysteme dieser Art eignen sich kaum für Großbetriebe, dagegen weit besser für Familienbetriebe oder kleine Dorfgemeinschaften. Der Arbeitsaufwand ist verhältnismäßig groß, da aber die pro Flächeneinheit produzierten Mengen nicht sehr groß sind, benötigt auch der selbständige Familienbetrieb eine relativ große Betriebsfläche, um auf die Dauer existieren zu können. Absolute Voraussetzung ist außerdem, daß die Eigentumsverhältnisse am Boden geklärt und gesichert sind. Nur unter dieser Bedingung ist eine auf Langfristigkeit ausgerichtete und nachhaltige Produktion möglich und sinnvoll. Gerade diese Voraussetzung ist aber heute in vielen Gebieten des tropischen Feuchtwaldes nicht gegeben.

Recht günstig sind dagegen die Möglichkeiten, Selbstversorgung mit der Produktion von sogenannten *cash crops* für den Markt zu kombinieren. Die Produktion für den Markt verlangt allerdings auch Zugang zum Markt und eine Marktorganisation, bei der die Produzenten nicht völlig von Zwischenhändlern und Spekulanten abhängig sind, sondern für ihre Produkte auch einen gerechten und angemessenen Preis erhalten.

In den meisten Fällen ist dazu ein Zusammenschluß der Produzenten in irgendeiner Form notwendig, um einerseits eine geordnete Versorgung des Marktes sicherstellen zu können und andererseits die Position der Produzenten zu stärken. Solche Zusammenschlüsse bieten auch die besten Voraussetzungen, um einen Teil der Weiterverarbeitung dezentral durchzuführen und so eine höhere Wertschöpfung und die Schaffung weiterer Arbeitsplätze in der Produktionsregion selbst zu erreichen. Es reicht daher nicht aus, ökologisch und auch wirtschaftlich perfekte Produktionssysteme zu entwickeln, sondern gleichzeitig müssen auch viele organisatorische und gesellschaftliche Fragen gelöst werden.

Natürlich läßt sich in solche Landnutzungssysteme auch die Erzeugung von wertvollem Holz für die verschiedensten Verwendungszwecke einbauen. Auf diese Weise kann die Wertschöpfung pro Hektar Produktionsfläche noch weiter erhöht werden. Holz ist dann aber nur ein Produkt unter vielen, und seine Produktion hat sich dem Gesamtziel, ein optimales Verhältnis zwischen der Wertschöpfung pro Flächeneinheit und dem Einsatz von Arbeit und Betriebsmitteln zur Erreichung dieser Wertschöpfung, unterzuordnen. Wo dieses Optimum liegt, und welche Rolle das Holz im Mix der erzeugten Produkte spielt, muß in jedem einzelnen Falle unter Berücksichtigung der ökologischen und wirtschaftlichen Gegebenheiten bestimmt werden. Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein interdisziplinäres Vorgehen unerlässlich.

Die hier dargestellten Überlegungen zeigen aber auch, daß es durchaus Alternativen zur Nutzung tropischer Feuchtwaldgebiete gibt und die Betrachtung des

Waldes lediglich als Holzproduzent oder gar als Holzreserve gerade unter den gegebenen Bedingungen nicht zum Erfolg führt und allein keinen Beitrag zur Lösung der vielen Entwicklungsprobleme in den betroffenen Regionen bieten kann.

Angeführte Schriften

- ANDERSON, A. B., ANDERSON, E. S. & EWEL, J. J. (1987): People and the Palm Forest: Biology and utilization of Babassu Forest in Maranhão, Brazil. – People and the Tropical Forest. A Research Report from the United States Man and the Biosphere Program 1978 United States Department of State, Washington (NTIS PB 87-115580).
- BURGER, D. (1989): Perspektiven standortgerechter Landnutzung im Amazonasgebiet. – In G. HARTMANN, Hrsg.: Amazonien im Umbruch, Symposium über aktuelle Probleme und dt. Forschungen im größten Regenwaldgebiet der Erde, 387 S., Berlin (Reimer).
- BURGER, D. & FLOHRSCHÜTZ, G. H. (1984): A estrutura do sector agrário da Amazônia oriental: subsidios para planos de desenvolvimento e de pesquisa. – Símposio do Tropico Umido, 1, Belém (EMBRATA-CPATU).
- DENEVAN, W. M. et al. (1984): Indigenous agroforestry in the Peruvian Amazon: Bora indian management of the swidden fallows. – Interciencia, 9(6): 346–357, Caracas.
- ELLENBERG, H. (1984): Ländliche Entwicklung und Ressourcenschonung in der Öko-region „Berggebiete der Tropen und Subtropen“. – Deutsche Stiftung für internationale Entwicklung: Ländliche Entwicklung und Ressourcenschonung – Herausforderung oder Widerspruch? Baden-Baden (Nomos).
- JONKERS, W. B. J. & SCHMIDT, P. (1984): Ecology and timber production in tropical rainforest in Suriname. – Interciencia, 9(5), 290–297, Caracas.
- JORDAN, C. F. (1986): Amazonian rainforests – ecosystem disturbance and recovery. – New York (Springer).
- LAMPRECHT, H. (1986): Waldbau in den Tropen: Die tropischen Waldökosysteme und ihre Baumarten – Möglichkeiten zu ihrer nachhaltigen Nutzung. – 318 S., Hamburg und Berlin (Paul Parey).
- MAY, P. H., ANDERSON, A. B., BALICK, M. J. & FRAZAO, I. M. F. DE (1985): Subsistence benefits from the babassu palm (*Orbignya martiana*). – Economic Botany, 39(2), 113–129, Lancaster.
- MYERS, N. (1983): Tropical moist forest: over-exploited and under-utilized. – Forest Ecology and Management, 6, 59–79, Amsterdam.
- PETERS, C. M., GENTRY, A. H. & MENDELSON, R. O. (1989): Valuation of an Amazonian rainforest. – Nature, 339, 655–656, London-Washington.

- RUHIYAT, D. (1989): Die Entwicklung der standörtlichen Nährstoffvorräte bei naturnaher Waldbewirtschaftung und in Plantagenbetrieben in Ostkalimantan (Indonesien). – Diss. Forstwiss. Fachbereich Universität, 206 S., Göttingen.
- RUSSEL, C. E. (1983): Nutrient cycling and productivity of native and plantation forest at Jarí Florestal, Pará, Brazil. – PhD-thesis, Athens/Georgia (University of Georgia).
- WEIDELT, H. J. (1986): Die Auswirkung waldbaulicher Pflegemaßnahmen auf die Entwicklung exploitierter Dipterocarpaceen-Wälder.- Göttinger Beitr. Land- u. Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen, 19, 166 S., Göttingen.
- WEIDELT, H. J. (1988): Rattan-Anbau in Südostasien – eine ökologisch angepaßte Form der Landnutzung. – Forstarchiv, 59, 145–150, Hannover.
- WEIDELT, H. J. (1989): Die nachhaltige Bewirtschaftung des tropischen Feuchtwaldes – Möglichkeiten und Grenzen.-Forstarchiv, 60, 100–108, Hannover.
- WHITMORE, T. C. (1975): Tropical rainforests of the Far East. – 281 S., Oxford (Clarendon).

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	S. 193–223	7 Abb.	0 Tab.	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	------------	--------	--------	---------------

8. Die indianischen Völker Brasiliens: Hindernisse auf dem Weg zur Erschließung Amazoniens?

von

Günther Schulz, Freiburg i.Br.

„O Brasil não foi descoberto. O Brasil foi roubado [Brasilien wurde nicht entdeckt. Brasilien wurde geraubt]!“

Índio KAIMBÉ

„O que é importante é a nossa vida, o nosso costume. Não podemos deixar nossas coisas para pegar as coisas do branco. Nós tem tudo. Nós tem de lembrar as coisas para não perder o nosso costume [Was zählt ist unser Leben, sind unsere Bräuche. Wir wollen nicht unsere Lebensart aufgeben, um die der Weißen zu übernehmen. Wir haben alles. Wir müssen uns dies immer wieder bewußt machen, um nicht unsere Eigenart zu verlieren].“

WAYROSU, Índio Xavante

Zusammenfassung

Brasilien: Ein Land voller Gegensätze, ein Land so groß wie ein Kontinent, ein Land, das nur von Zeit zu Zeit von der übrigen Welt beachtet wird. Verstärkt allerdings in den letzten Jahren, vor allem im Hinblick auf die Bedrohung Amazoniens. Der vorliegende Beitrag versucht zu zeigen, daß es gerade die wirtschaftlichen Interessen sind, die die Hauptverantwortung an der zunehmenden Zerstörung Amazoniens tragen: Die noch lebenden indianischen Völker sind die Opfer dieser Entwicklung.

Nachfolgend stehen sie im Mittelpunkt. Trotz des ungeheuren wirtschaftlichen Potentials, das Amazonien vor allem im Bereich der Bodenschätze auszeichnet, sollten die indianischen Völker und mit ihnen die Kautschuksammler, nicht dem Ziel materieller Ausbeutung geopfert werden. Beispiele wie das Projekt *Grande Carajás* oder der Plan 2010 belegen allerdings die gegenteilige Intention der politisch und wirtschaftlich Mächtigen. Ein Vergleich mit der Verfassung zeigt, wie Gesetzestext und Realität auseinanderklaffen. Zuletzt gibt die Darstellung der Indianer-Organisationen einen Einblick in den verzweifelten Versuch, ihre indianischen Identität zu erhalten.

Anschrift des Verfassers:

G. SCHULZ, In den Weihermatten 27, D-7800 Freiburg

Abstract

The Indian people of Brazil: obstacles into a development of Amazonia?

Brazil: a country full of contrast, a country as large as a continent, a country to which attention is drawn only from time to time. During the last few years, however, this huge South American state is being observed more and more, especially due to the menace to Amazonia. The following report shows that mainly economic interests are responsible for the increasing destruction of Amazonia. The Indian tribes still living there are the real victims of this development. The following lines will focus on them.

Despite of the tremendous economic potential existing in Amazonia, especially in terms of natural resources, the Indian tribes and with them the caoutchouc-collectors should not be sacrificed to exploitation. Nevertheless, examples like the 'Project *Grande Carajás*' or 'Plan 2010' nevertheless show the contrary intentions of political and economical authorities. A comparison of the constitution gives evidence of the gap between written word and reality. Finally, the essay on Indian organizations gives insight into the Indians' desperate attempt to conserve their identity.

Resumo

Os povos indígenas do Brasil: Obstáculos para o desenvolvimento da Amazônia?

Brasil: terra dos contrastes; um país de tamanho continental; uma nação que de quando em vez recebe a atenção do mundo, mas que nos últimos anos tem estado em evidência pela ameaça que sofre a Amazônia.

A presente contribuição procura mostrar que justamente os interesses econômicos são os principais responsáveis pela progressiva destruição da Amazônia: os povos indígenas que ainda sobrevivem são as vítimas desse desenvolvimento. Por essa razão eles são o centro das atenções.

O imenso potencial econômico da região amazônica, especialmente de seus recursos minerais, não justifica que os povos indígenas e, também, os seringueiros sejam sacrificados em prol da exploração econômica.

Entretanto, exemplos como o Projeto Grande Carajás ou o Plano 2010 são sinais evidentes de uma intenção contrária dos detentores dos poderes político e econômico. Analisando-se os fatos através da Constituição vigente no país, pode-se observar como o texto da Lei e a realidade são coisas distintas.

Enfim, esta contribuição focaliza a tentativa desesperada dos índios, através de organizações indígenas, de preservar a sua identidade.

Einleitung

Amazonien: Das größte Regenwaldgebiet der Welt mit mehr als 7 Millionen km², davon allein 5 Millionen auf brasilianischer Seite, ist bedroht. Gefährdet ist

nicht nur der Wald, laut Weltbank sind in den letzten zehn Jahren 600.000 km² vernichtet worden (*Folha de São Paulo*, 24. 12. 1988; vgl. GOLDAMMER, dieser Band: 126; OBERNDÖRFER, dieser Band: 227 ff.) und damit eine unvorstellbare Artenvielfalt, gefährdet sind ebenso die noch lebenden indianischen Ethnien.

Auch in der Bundesrepublik Deutschland ist in letzter Zeit die Tatsache ins Bewußtsein der Öffentlichkeit gerückt, daß das, was zur Zeit in Amazonien geschieht, letztlich unmittelbare Auswirkungen auf unser Leben hat. Brandrodungen, Abholzung von Millionen Bäumen, die Anlage großer Rinderzuchtfarmen, die Erschließung der Bodenschätze, der Bau riesiger Wasserkraftwerke in Amazonien: All dies hat Eingang in die Berichterstattung der etablierten Medien gefunden. Oft sind es egoistische Motive wie die Sorge um Klimaveränderungen, die ein zunehmendes Engagement für den Schutz des tropischen Regenwaldes bewirken. Die bereits heute von dieser Entwicklung in gefährlichem Ausmaße betroffenen Ureinwohner, die Indianer, spielen nur am Rande eine Rolle. Diese, und nicht die katastrophalen ökologischen Folgen, sollen im nachfolgenden Beitrag im Mittelpunkt stehen.

Von Beginn an verfolgt

Als die Portugiesen im Jahr 1500 das heutige Brasilien entdeckten, lebten nach Berechnungen von Historikern ungefähr 5 bis 7 Millionen Indianer in diesem Land (GOMES, 1988: 16; vgl. SUESS, 1983a: 69–85). Deren Zahl verringerte sich im Laufe der Jahrhunderte mit der fortschreitenden „Erschließung“ und „Kultivierung“ (Abholzung, Zuckerrohranbau, Goldsuche, Kautschukboom) auf 1 Million zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Heute leben etwa 220.000 Indianer in Brasilien. Die Geschichte Brasiliens ist eine lange Geschichte von Völkermorden (MÜNZEL, 1978: 186ff.). Allein in diesem Jahrhundert wurden über 60 Indianervölker in Brasilien ausgerottet. Ihre fortschreitende Vernichtung hängt unmittelbar mit der Entdeckung Amazoniens zusammen: Je mehr Gebiete erschlossen werden, umso weniger Rückzugsmöglichkeiten bleiben den Indianern.

Nachdem Getúlio VARGAS 1940 das Startzeichen für eine Erschließung Amazoniens gegeben hatte, begann die eigentliche Kolonisierung 1964 mit der Machtergreifung durch das Militär. Mehrere Projekte wurden gestartet: Von der „Operation Amazonas“ (1966) über das Programm „Poloamazônia“ (1975) bis hin zum Kolonisierungsprojekt „Polonoroeste“ (1979). Alle Projekte verfolgten das Ziel, die Amazonasregion mit ihrer 4.975.000 km² umfassenden Fläche (*Amazônia Legal*) für eine „Entwicklung“ vorzubereiten, d.h. nach Schaffung einer entsprechenden Infrastruktur durch den Bau von Straßen und Staudämmen die Ausbeutung der Bodenschätze und die Abholzung von Edelhölzern zu ermöglichen. Nachdem seit der Machtergreifung der Militärs die bis dahin mäßige Auslandsverschuldung von 4 Milliarden US\$ innerhalb kurzer Zeit durch Großprojekte auf mehr als 80 Milliarden angestiegen war, versprach man

sich von der Erschließung Amazoniens den Abbau dieser Verschuldung. Zugleich sollte die Kolonisierung Amazoniens die Landkonflikte entschärfen: „Land ohne Volk für ein Volk ohne Land“ lautete der entsprechende Slogan im Jahre 1970. Verschwiegen wurde, daß gerade in Brasilien der Regenwald nicht abgeholzt werden mußte, um Menschen Platz zu verschaffen. Bei 140 Millionen Einwohnern und einer Fläche, die das 35fache derjenigen der Bundesrepublik Deutschland umfaßt, bleibt bei genauer Betrachtung nur eine Ursache übrig: Die ungerechte Besitzverteilung. 4,5 % der Landeigentümer besitzen 81 % der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche, oder, wie CAUFIELD (1987: 56) errechnete: Jedem Einwohner Brasiliens stünden, bei Ausklammerung Amazoniens, vier Hektar Land zu. Noch deutlicher: 152 Betriebe besitzen in Brasilien mehr als 40 Millionen Hektar Land (MÜLLER-PLANTENBERG, 1987: 13). Eine unmittelbare Folge dieser ungerechten Strukturen ist die dramatische Zunahme von Landkonflikten. Aber eine Agrarreform ist in Brasilien politisch derzeit nicht durchsetzbar. Und so sind Kleinbauern, Landlose und nicht zuletzt die Indianer Opfer einer Politik, die sich gestern und heute an den Interessen der wirtschaftlich Mächtigen ausrichtet.

Bevor diese Behauptung belegt wird, sei kurz ein Blick auf die Stellung der Indianer in der brasilianischen Verfassung geworfen.

Indianer in der brasilianischen Verfassung

Als 1985, nach 21 Jahren Militärdiktatur, in Brasilien die *Nova República* („Neue Republik“) ausgerufen wurde, hofften Millionen Brasilianerinnen und Brasilianer auf eine tiefgreifende Änderung der politischen Verhältnisse. Nicht zuletzt wurde auch eine grundlegende Agrarreform erwartet, die den etwa 10 Millionen Familien ohne Land, das bedeutet 30 bis 40 Millionen Menschen, eine Zukunft bieten könnte. Auch die Indianervölker versprachen sich endlich die Einlösung eines 1973 gegebenen Versprechens der brasilianischen Regierung: Die Demarkierung indianischen Bodens innerhalb von fünf Jahren. Stattdessen wurden bis 1987 erst 7,91 % der Indianergebiete rechtmäßig den Indianern zugestanden, d.h. nur 21.000 Indianer hatten ein endgültiges Besitz- und Nutzungsrecht (CEDI, 1987: 13ff.). Die rechtskräftige Vermessung des Landes bedeutet zumindest formal einen juristischen Schutz vor dem Eindringen in Indianergebiete. Die Realität zeigt allerdings, daß dennoch sehr häufig Übergriffe stattfinden.

Nach über einjährigen Beratungen gab sich die „Neue Republik“ 1988 eine neue Verfassung. Darin wurden auch die Rechte der Indianer innerhalb des brasilianischen Staates formuliert. Folgende, für die Indianer sehr günstige Bestimmungen, wurden trotz einer von konservativen Kreisen heftig geführten Medienkampagne aufgenommen:

1) Die Rechte der Indianer an dem Land, das sie seit Generationen bewohnen,

werden anerkannt, ebenso ihre Sozialstruktur, ihre Sitten, Gebräuche, Sprachen und Religionen (Art. 231).

2) Den Indianern steht das exklusive Recht über Boden, Flüsse und Seen ihres Territoriums zu. Der Abbau der Bodenschätze ist von der Zustimmung des Nationalkongresses abhängig. Dieser ist verpflichtet, zuvor die Indianer zu hören (Art. 49/XVI).

3) Die Verfassung verpflichtet den Staat, Indianerland zu vermessen und zu schützen (Art. 231).

4) Indianische Völker können ihre Rechte selbst vor Gericht einklagen (Art. 232). Damit ist die Vormundschaft des Staates, ausgeübt durch die Indianerschutzbehörde FUNAI, über die Indianer abgeschafft.

5) Der Staat ist verpflichtet, indianische Kulturen zu schützen (*Nova Constituição do Brasil*, 1988: 132f.; vgl. GAIGER, 1989).

Verfassungsrecht und Rechtswirklichkeit

Betrachtet man die Situation, in der die noch verbleibenden 180 indianischen Völker Brasiliens mit ihren insgesamt 220.000 Angehörigen gegenwärtig leben, so ergibt sich ein Bild, das durch Stichworte wie Zerstörung, Ausbeutung und Genozid gekennzeichnet ist und in eklatantem Widerspruch zu den genannten Rechtsnormen steht. Jedes dieser Völker ist heute direkt von vielfältigen Gewaltstrukturen betroffen. Straßenbau, Bau von Wasserkraftwerken, aber auch die Abholzung des Regenwaldes und die Ausbeutung der Bodenschätze schreiten tagtäglich voran und machen vor den Lebens- bzw. Überlebensinteressen der Indianer nicht halt.

Dabei gibt es in Brasilien seit langem Organisationen, die für den Schutz der Indianer verantwortlich sein sollen.

Staatliche Indianerschutzorganisationen: SPI und FUNAI

Bereits 1910 wurde der Indianerschutzdienst (*Serviço de Proteção aos Índios*, SPI) von der brasilianischen Regierung ins Leben gerufen. Gegründet von Oberst RONDON verfolgte er das Ziel einer „Befriedung“ der Indianer (vgl. RIBEIRO, 1979: 137ff.). Ende der 50er Jahre kam es durch den Einsatz der Gebrüder VILAS-BOAS zur Einrichtung von Reservaten, deren bekanntestes der *Parque Nacional do Xingú* ist (1961). Was damals als großer Fortschritt für die Indianer empfunden wurde, sieht aus heutiger Sicht durchaus problematisch aus. Statt eine Demarkierung der von den einzelnen Indianervölkern bewohnten

Gebiete in die Wege zu leiten, siedelte man diese nicht selten in neu geschaffene Reservate um, d.h. entfernte sie aus dem ihnen vertrauten Lebensbereich. Zudem zeigt sich in den letzten Jahren immer deutlicher, wie „Zivilisationsprodukte“ wie Taschenlampen, Recorder, Sonnenbrillen und Fahrräder mehr oder weniger ungehindert Zugang in die Reservate finden. Auch läßt sich eine Veränderung der seit Jahrhunderten tradierten Wertvorstellungen beobachten (HARTMANN, 1986: 270ff.).

Nach einer Reihe von Korruptionsskandalen wie Bestechung durch Großgrundbesitzer, Kautschukinteressenten und Holzspekulanten und dem Bekanntwerden von Dynamiteinsatz gegen indianische Dörfer bzw. der Ausgabe vergifteten Zuckers (CAUFIELD, 1987: 23) kam 1967 das Ende für den SPI. Eine offizielle Untersuchungskommission machte skandalöse Entdeckungen: So stellte sich heraus, daß Mitte der 50er Jahre mit Cholera-Bakterien infizierte Kleidungsstücke an Indianer verteilt worden waren (MÜNDEL, 1978: 57). Dahinter stand das Ziel, ganze Landstriche für „indianerfrei“ erklären zu können, um so den Weg für weiße Siedler zu öffnen.

Als Nachfolger des SPI etablierte sich 1967 die *Fundação Nacional de Apoio aos Índios* (FUNAI), die „Nationale Indianerstiftung“. Deren Ziel bestand in einer Erfassung der Indianergebiete bzw. deren Demarkierung und Zuweisung an die Indianer. Allerdings war das Bemühen, die Indianer in die brasilianische Gesellschaft zu integrieren, unverkennbar. Nach wie vor galt als oberstes Ziel, die indianischen Völker zu akkulturieren bzw. zu assimilieren, so daß sie am Ende ihre kulturelle Identität preisgäben und in der nationalen Gesellschaft aufgingen. Ein FUNAI-Slogan lautete: „Der Indianer, ein Brasilianer wie wir“. Demgegenüber warnten Anthropologen wie Darcy RIBEIRO (1979: 446) frühzeitig vor dieser Ansicht: „Brasilianer sein und Indianer sein sind zwei so verschiedene Dinge, daß man nicht einmal im Fall der am stärksten akkulturierten Indianer von einer Assimilation sprechen kann“

Auch die FUNAI, die Ansprechpartner für die Indianer sein sollte, geriet bald ins Zwielficht. Sie stellte Zertifikate über „indianerfreie Gebiete“ im Vale do Guaporé im Bundesstaat Mato Grosso aus, obwohl dort Nambiquaras lebten (ANONYMUS, 1984: 145ff.), oder sie sanktionierte den illegalen Holzabbau wie im Bundesstaat Rondônia, wovon die Urucu-Wau-Wau direkt betroffen waren (vgl. MÜLLER, 1982: 245ff.). Als 1984 der damalige Präsident der FUNAI, Marcos DA FONSECA, seine Aufgabe, die Indianer zu schützen, ernst nehmen wollte, entließ man ihn: Er hatte sich geweigert, ein Gesetz zu unterzeichnen, das die Tätigkeit von Minengesellschaften in Indianergebieten erlauben sollte: „Ich will nicht für einen Völkermord verantwortlich sein“. Die heutige Situation der FUNAI läßt sich so beschreiben, daß die Indianer sie nicht als Ansprechpartner akzeptieren, kein Vertrauen zu dieser Institution besitzen und stattdessen ihre Hoffnung in ihre Selbstorganisation bzw. den CIMI legen. Die FUNAI ist inzwischen abhängig vom Innen- und Wirtschaftsministerium und verliert zunehmend an Bedeutung.

Conselho Indigenista Missionário (CIMI)

Der Indianermissionsrat entstand 1972 aus dem Bedürfnis, die Indianer in ihrem Kampf um die Anerkennung ihres Grund und Bodens zu unterstützen. Der CIMI, angeschlossen an die brasilianische Bischofskonferenz, hatte nie das Ziel, im Gegensatz zur früheren „Missionierungsgeschichte“, einer Bekehrung zum christlichen Glauben. Hauptanliegen des CIMI war und ist, den Forderungen der indianischen Völker zur Seite zu stehen und bei der nationalen Gesellschaft Verständnis und Unterstützung für ihre Forderungen zu erlangen. CIMI setzt sich sowohl für die Demarkierung von Indianergebieten ein als auch für eine Akzeptanz der indianischen Kultur und Lebensweise. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Unterstützung von inzwischen regelmäßig stattfindenden Indianertreffen. Entsprechend seinem kompromißlosen Einsatz für die Indianer ist der CIMI gerade für die wirtschaftlich Mächtigen unbequem. So begann zuletzt im Herbst 1987 eine heftige Kampagne, die von der konservativen Zeitung *O Estado de São Paulo* im Vorfeld der Beratungen über eine Verfassungsgebende Versammlung initiiert wurde. Mit gefälschten Dokumenten, wie inzwischen ein Untersuchungsausschuß feststellte, versuchte die Zeitung, den CIMI in der öffentlichen Meinung zu diskreditieren: Höhepunkt war der Vorwurf, der CIMI stünde an der Spitze einer internationalen Konspiration und beabsichtige die Teilung Brasiliens.

Dennoch fährt CIMI fort, die brasilianische Öffentlichkeit über die tatsächlichen Gegebenheiten und Ereignisse weiter zu informieren. Zum einen durch die monatliche Herausgabe der Zeitschrift *Porantim*, zum anderen durch unregelmäßige Verlautbarungen. Zuletzt in einem dramatischen Appell „Zur Verteidigung des Volkes der Yanomami“:

„Die gegen die Yanomami angewandte Gewalt paßt in den Rahmen der Indianerpolitik der Regierung: Indianische Gemeinschaften werden dermaßen marginalisiert und desintegriert, daß es zum Völkermord kommt. Die offizielle Indianerpolitik arbeitet in den letzten Jahren immer zielstrebigter daraufhin, den Indianern jene minimalen Bedingungen zu entreißen, die ihnen ihre Identität und in vielen Fällen sogar ihr physisches Überleben ermöglichen . . . Zwar wurden die Rechte der Indianer im neuen Text der Verfassung in umfassender und klarer Form gesichert, doch nichts deutet darauf hin, daß die Regierung die Absicht hat, die bis jetzt gültige Indianerpolitik zu verändern...Die Aufteilung des Yanomami-Territoriums in voneinander entfernt liegende Gebiete bedeutet das Todesurteil für dieses Volk“ (CIMI, 1989; vgl. Abb. 8.1).

Die brasilianische Politik sieht in Amazonien vor allem das wirtschaftliche Potential, das es zu nutzen gilt. Dies wird bei einer näheren Betrachtung bereits realisierter bzw. geplanter Großprojekte deutlich.

ISTO É UM ÍNDIO

AJUDE
A EVITAR
ISSO



INFORME-SE

ANAI
Associação Nacional de Apoio ao Índio
Rua Paula Freitas, 23 - 1101
Rio de Janeiro, RJ 22040
Telefone 237-6249

UNI
União das Nações Indígenas
Rua Casubi, 126, Perdizes
São Paulo, SP 05010
Telefone (011) 864-1180

CIMI
Conselho Indigenista Missionário
Ed. Veridiano III, s. 311
Brasília, DF 70.084 - 70.070
Caixa Postal 11-1159
Telefone (061) 225-9457

Abb. 8.1: Mit Plakataktionen versuchen CIMI, ANAI und UNI auf das Schicksal der noch lebenden indianischen Völker aufmerksam zu machen.



Abb. 8.2 (a und b): Als Vorbote einer „Entwicklung“ frisst sich der Straßenbau unaufhaltsam durch den tropischen Regenwald.

Großprojekte in Amazonien

Erschließung durch Straßenbau

Von Anfang an war die Hauptbedrohung für die Indianer der Bau eines Straßennetzes (Abb. 8.2). Am bekanntesten wurde der Bau der *Transamazônica* (ab 1970) und der *Perimetral Norte*, der Bundesstraße 210. Daneben begann die Regierung, weitere Straßen anzulegen, die sogleich auch für Millionen Familien ohne Land neue Hoffnung bedeuteten. Bis heute lockt das 1979 von der brasilianischen Regierung mit Unterstützung der Weltbank finanzierte Kolonisierungsprojekt Polonoroeste noch immer jährlich 100.000 Menschen in den Bundesstaat Rondônia und verringert so den Lebensraum der dort lebenden Indianer. (LUTZENBERGER, 1988: 16).

Vor allem das Volk der Nambikwara wurde vom Bau der Bundesstraße 364 (BR-364), von Cuiabá in Mato Grosso bis nach Porto Velho im Bundesstaat Rondônia, existentiell getroffen: Die Straße, finanziert von der Weltbank, führt direkt durch Nambikwara-Land und bewirkte wesentlich die weitere Dezimierung dieses Volkes. Die Population ging von 10.000 zu Beginn dieses Jahrhunderts auf 800 in unserer Zeit zurück (OPAN/CIMI, 1987: 95 ff.). Die Waimiri-Atroari sind ein weiteres Beispiel. Sowohl der Straßenbau, BR-174 (MAREWA, 1983: 26f.), als auch die Entdeckung der größten Zinnvorkommen Brasiliens sowie das ökonomisch unsinnige Wasserkraftwerk von Balbina (MÜLLER-PLANTENBERG, 1988: 173 ff.) bewirkten einen Rückgang der Bevölkerung von 3.000 Personen im Jahr 1968 auf 350 im Jahr 1988.

Wasserkraftwerke

Die von den Militärs nach 1964 vorangetriebenen Großprojekte erforderten nicht nur die Aufnahme von Finanzmitteln im Ausland, sondern auch die Schaffung einer dafür notwendigen Infrastruktur. Hierbei ist besonders der Bau von Wasserkraftwerken zu erwähnen, als dessen Folge Tausende von Quadratkilometern bewohnten Landes überschwemmt wurden. Ein inzwischen schon beispielhafter Fall ist das Wasserkraftwerk Tucuruí am Rio Tocantins im Bundesstaat Pará (vgl. Abb. 8.3). Mit Auslandskapital erbaut, liefert es seit 1984 Elektrizität für den Bergbaudistrikt Carajás (vgl. HOPPE, dieser Band: 25 f.). Wegen des Stausees mußten 25.000 Menschen ihr Land verlassen, darunter die Indianervölker der Gaviões, Parakaná und Guajajará. Eine Gruppe der Parakaná mußte dabei innerhalb von vier Jahren sechsmal das ihnen zugewiesene Land wieder verlassen und sich neu ansiedeln (MÜLLER-PLANTENBERG, 1988: 202).

Auch ökonomisch gesehen erwies sich Tucuruí als ein Fehlschlag: Die Kilowattstunde kostet die Betreiberfirma *Eletronorte* 2,7 Pence, sie wird jedoch für 1,2 Pence (ALTVATER, 1987: 292) an die Aluminiumwerke *Albras* in Barcarena und *Alumar* in São Luís abgegeben. Diese vom Staat subventionierte Stromerzeugung kostet das Land im Jahr 230 Millionen US\$ (ALTVATER, 1987: 292).

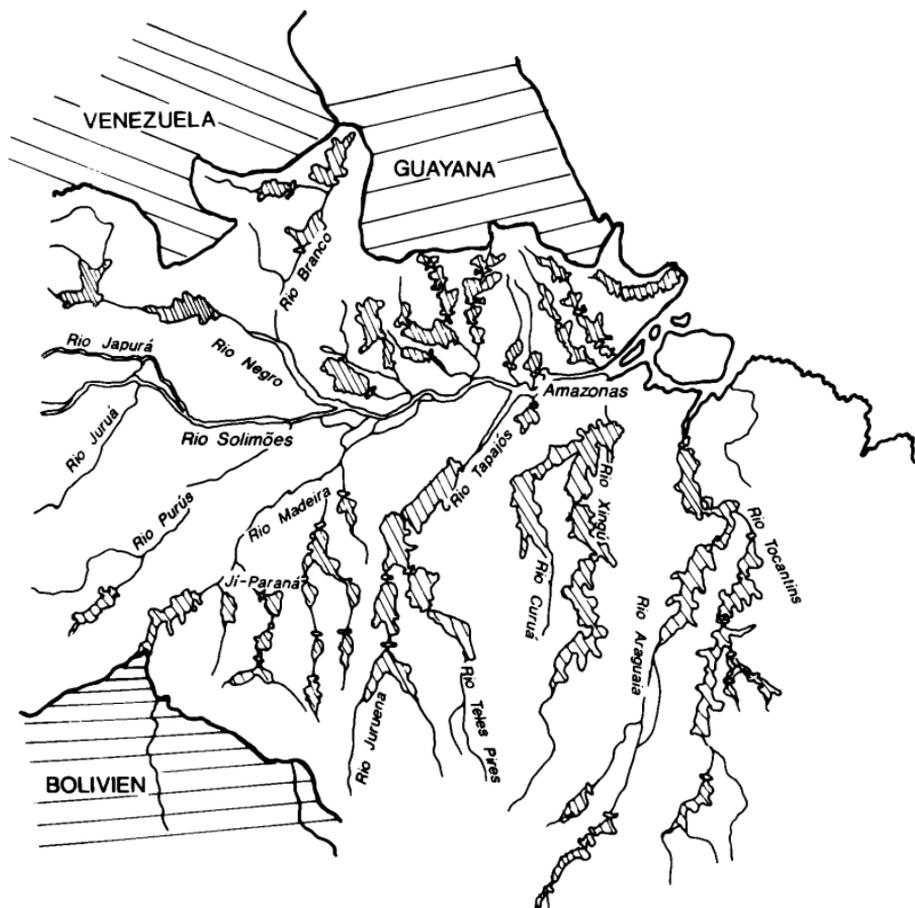


Abb. 8.3: Entwicklungsplan des staatlichen brasilianischen Energieversorgungsunternehmens *Eletrobrás* (1986) für das Amazonasgebiet. Die Gesamtleistung aller Kraftwerke soll 195.000 Megawatt betragen.

Wie bereits das größte brasilianische Wasserkraftwerk Itaipú, so machen sich auch die Kraftwerke Tucuruí bzw. Balbina in der Amazonasregion nicht bezahlt, im Gegenteil: Diese drei Kraftwerke verursachen etwa ein Sechstel der Auslandsverschuldung Brasiliens.

Der Bau von Staudämmen im Amazonasgebiet ist eine ebenso große Bedrohung für die Regenwaldbewohner wie die fortschreitende Vernichtung des Regenwaldes (CPI, 1989). In dem Bemühen um eine eigenständige Energiever-

sorgung, die, als Folge der Ölkrise in den 70er Jahren, ein vordringliches Anliegen der brasilianischen Politik darstellte, führte man kaum Umweltverträglichkeitsstudien durch, und genauso wenig berücksichtigte man die betroffenen Indianer. Auch die Erfahrungen, die mit dem 1964 fertiggestellten Bokopondo-Staudamm in Surinam (dem ersten Staudamm im tropischen Regenwald), gemacht wurden, blieben unbeachtet. Wie damals, als man 1.500 km² Regenwald überschwemmte, ohne zuvor die Biomasse zu entfernen, ging man auch bei dem 1987 in Betrieb genommenen Balbina-Staudamm vor (ALTVATER, 1987: 293). Die ökologischen Folgen sind absehbar: Gärungsprozesse führen unter anderem zu Methangasbildung und einem biologischen Umkippen des Sees. Tausende von Pflanzen und Tieren werden vernichtet, eine beschleunigte Ausbreitung von Wasserhyazinthen findet statt. Stehende Gewässer wiederum bilden günstige Brutstätten für Malaria und Bilharziose.

Ebenso sind die Umsiedlungspläne für die durch den Staudambau betroffenen Indianer bis heute unzureichend. Die von Balbina betroffenen Waimiri-Atroari verloren zwei Dörfer, das Wasser in einigen Flüssen ist bereits jetzt für die Indianer und die Uferbewohner ungenießbar (ANONYMUS, 1987: 6), in weiten Teilen ihres Gebiets ist der brasilianische Konzern *Paranapanema* mit der Erfassung bzw. Ausbeutung der reichhaltigen Zinnvorkommen bereits beschäftigt (CARVALHO, 1982: 119f.; MÜLLER-PLANTENBERG, 1988: 188 f.; HOPPE, dieser Band: 44). Die Waimiri-Atroari, zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch ein Volk mit 6.000 Angehörigen, scheinen, nachdem nun auch noch für sie die Unterstützung durch CIMI-Mitarbeiter wegfällt (diese wurden durch die FUNAI ausgewiesen), einer ungewissen Zukunft entgegenzugehen. Für die noch 350 Waimiri-Atroari ist das Ende vorprogrammiert.

Der Plan 2010

Die u.a. aus Anthropologen, Hochschullehrern, Journalisten, Ingenieuren und Studenten bestehende Pró-Índio-Kommission in São Paulo koordiniert seit 1986 in Brasilien eine Kampagne gegen den Bau der Staudämme am Rio Xingú (Abb. 8.3). Sie fordert einen Planungsstopp, da nicht nur Teile der Stadt Altamira und ein Stück der Transamazônica, sondern auch 408.000 Hektar Land von 7 Indianervölkern überflutet werden sollen (Assurini do Xingú, Areté, Juruna, Kararao, Parakaná do Bom Jardim, Arara, die Xikrim do Bacajá). Diese lebten bisher weitgehend unberührt von „zivilisatorischen“ Einflüssen. Bei einer Umsiedlung würden viele an ihnen bisher unbekanntem Krankheiten sterben, gegen die sie noch keine Abwehrkräfte bilden konnten. Auch den Flußfischern am Rio Xingú ginge ihre Existenzgrundlage verloren. Erfahrungen bei anderen Staudammprojekten wie Tucuruí und Balbina zeigen zudem, wie die Zerstörung des regionalen Ökosystems die Gesundheit der Bevölkerung bedroht (CAUFIELD, 1987: 31; MÜLLER-PLANTENBERG, 1988: 185).

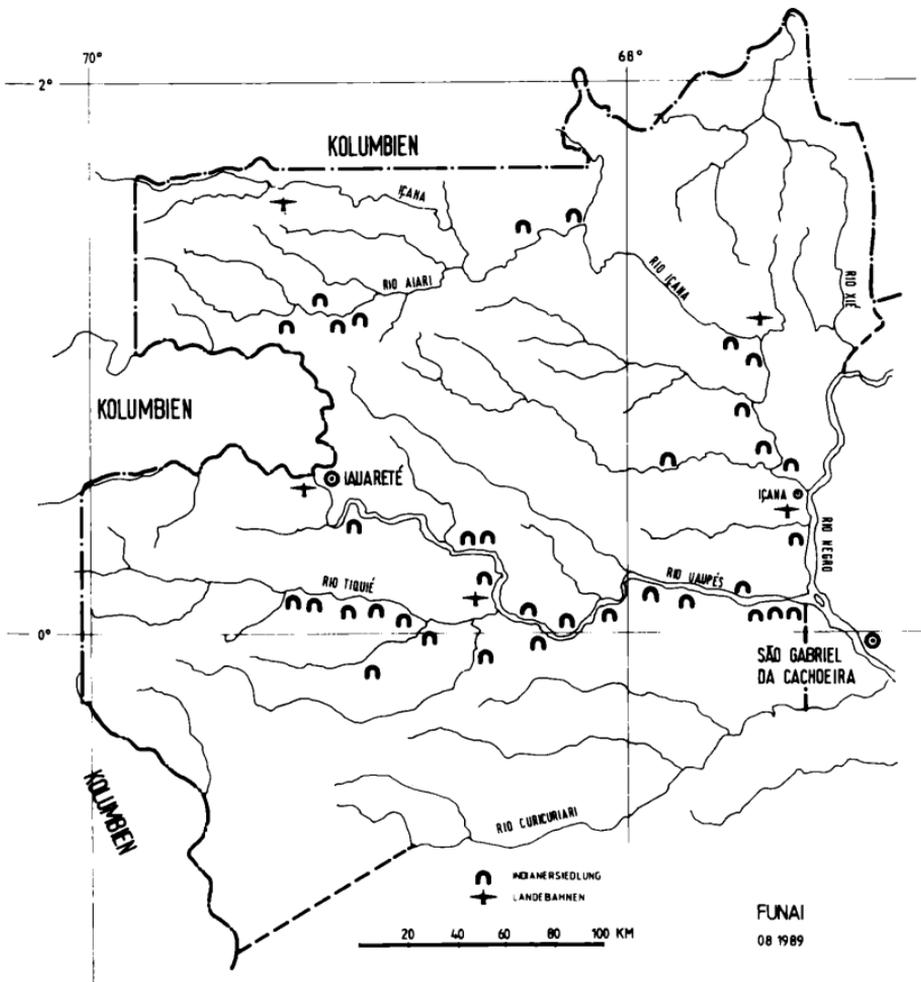


Abb. 8.4: Indianersiedlungen und Flugzeuglandeplätze im Gebiet des Alto Rio Negro in Nordbrasilien (nach FUNAI, 1989; Zeichnung: V. REES, Freiburg).

Das Xingú-Projekt ist Teil des Planes 2010, der den Bau von 165 neuen Wasserkraftwerken vorsieht, und sowohl die Überflutung von 260.000 km² Regenwald (mehr als die Fläche der Bundesrepublik Deutschland) als auch die Bedrohung von 500.000 Menschen bedeutet. Am Rio Xingú sind 5 Staudämme geplant, sowie 2 weitere am Iriri, einem Nebenfluß des Xingú. 18.000 km² Regenwald und die Territorien von 20 Indianervölkern sind hiervon betroffen. Die brasilianische Regierung spricht von dem größten nationalen Projekt bis zur

Jahrhundertwende. Der „Altamira-Komplex“ (Abb. 8.3), bestehend aus zwei Staudämmen, Kararão und Babaquara, soll 17.000 Megawatt Strom produzieren, 30 % mehr als Itaipú, der größte Staudamm Brasiliens. Babaquara würde 5.600 km² Land überfluten, was der zehnfachen Fläche des Bodensees entspricht. Die staatliche Elektrizitätsgesellschaft Eletronorte errechnete Kosten für den Altamirakomplex von 10,6 Milliarden US\$. Als Rechtfertigung dieses Großprojekts verweist *Eletronorte* auf eine sonst drohende Energiekrise. Allerdings: Ausgangspunkt ist die Annahme eines industriellen Wachstums von 10 % und die Ausschließung anderer Alternativen, wie etwa eine bessere Nutzung vorhandener Energiequellen, z.B. durch kleinere hydroelektrische Werke bzw. der Nutzbarmachung der Sonnen- und Windenergie. Dies würde jedoch eine Ausrichtung auf den Kleinverbraucher bedeuten und nicht den Großabnehmer im Auge haben. Die Realität sieht anders aus: Schon für 1995 glaubt man in die Industrieregion Südosten 12.000 Megawatt, in den Nordosten 4.900 Megawatt Strom importieren zu müssen. Diese Energie soll aus den Xingú-Wasserkraftwerken über bis zu 2.600 km lange Überlandleitungen geliefert werden (*Frankfurter Allgemeine Zeitung* vom 29. 12. 1988).

Zu vermuten ist jedoch, daß die erzeugte Energie für die industrielle Ausbeutung von Mineralien durch transnationale Konzerne in der Region Amazonien bereit gestellt werden soll. Die exportorientierte Industrialisierung des Amazonasgebietes wird auf diese Weise weiter vorangetrieben.

Abbau von Bodenschätzen: Das Großprojekt Carajás

Das Anfang der 80er Jahre in Angriff genommene Projekt *Grande Carajás* umfaßt ein Gebiet von 900.000km², was der 3½-fachen Fläche der Bundesrepublik Deutschland entspricht. Nachdem 1967 das größte Eisenerzlager der Welt mit 18 Milliarden Tonnen entdeckt wurde (vgl. HOPPE, dieser Band: 42), war es nur eine Frage der Zeit, wann mit der Erschließung der Rohstoffe begonnen würde. Um dieses Gebiet gesamtwirtschaftlich zu nutzen, plante man zusätzlich die Anlage von Viehzuchtprojekten, Industriezentren, Aluminiumhütten, Stahlwerken und den Bau des Wasserkraftwerks Tucuruí (ALTVATER, 1987: 299 ff.). Mit Angeboten wie Steuerfreiheit für Kapitalerträge für 10 Jahre und „Billigstrom“ gewann man ausländische Konzerne für ein Engagement in Amazonien. Als Ziel galt und gilt bis heute die Verringerung der Auslandsschulden. Dabei finden die 19 indianischen Völker mit ihren etwa 13.000 Angehörigen nur scheinbar Berücksichtigung. So führt die 1985 in Betrieb genommene Eisenbahnlinie Carajás-São Luís (900 km) mitten durch das Gebiet der Gaviões und der Guajajara. Allein vom Erzabbauprojekt sind 14 Ethnien in 42 Dörfern betroffen. Die Weltbank, die sich finanziell mit 300 Millionen US\$ am Carajás-Projekt beteiligte, bestand darauf, daß hiervon 13,6 Millionen US\$ (VIDAL, 1986: 259) für die „Unterstützung der indianischen Gemeinschaften“ verwendet werden müßten

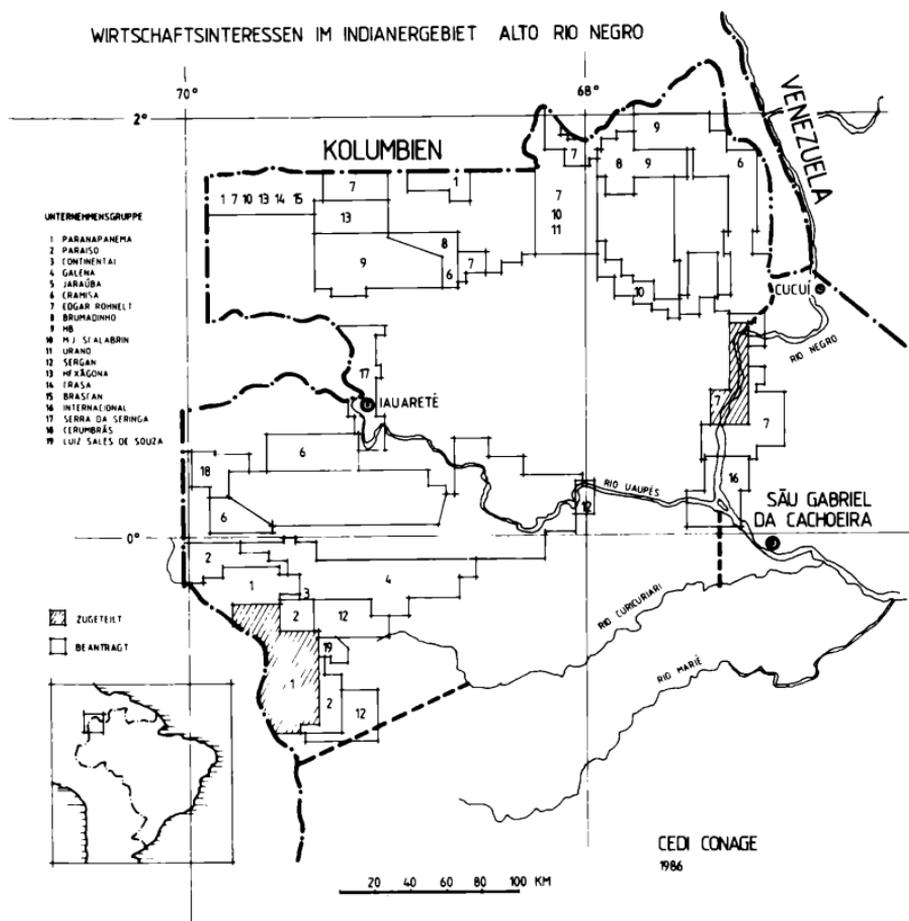


Abb. 8.5: So wie in diesem Gebiet am Alto Rio Negro haben auch in anderen Teilen Amazoniens Bergbauunternehmen Abbau-Konzessionen beantragt bzw. bereits erhalten, ohne daß die dort lebenden Indianer gefragt wurden (nach CEDI/CONAGE, 1986; Zeichnung: V. REES, Freiburg).

(CIMI, 1984: 22; vgl. VIDAL, 1986: 256). Das Ziel des am 6. 7. 1982 zwischen der Indianerschutzbehörde FUNAI und der *Companhia Vale do Rio Doce*, der für den Abbau verantwortlichen Gesellschaft, abgeschlossenen Vertrags bestand indes in der Durchführung einer Umsiedlungsaktion und eines 5-Jahres Plans zur Integration der Indianer: Standardisierte Wohnhäuser und einheitliche Schulen in den neu entstehenden Dörfern sollten diese Integration erleichtern. Daß ein solches Vorgehen gleichbedeutend ist mit der Zerstörung der indiani-

schen Kultur und damit deren Identität, wird in Kauf genommen: Binnen fünf Jahren werden die Indianer „einen Akkulturationsgrad erreicht haben, daß sie als Arbeiter des Projekts assimiliert werden können“ (JOST in HAGEMANN, 1985: 150). Deutlicher kann man es nicht sagen. Aufgrund der von der FUNAI vertretenen, nicht die Belange der Indianer berücksichtigenden Positionen kündigte die Brasilianische Anthropologische Gesellschaft 1984 ihre Mitarbeit im Rahmen des Projekts Grande Carajás auf. Sie sah keine Möglichkeit mehr, für die Indianer noch etwas erreichen zu können und wollte nicht länger als Alibi dienen. Machtlos mußte sie zudem mitansehen, wie Behörden ungehindert Konzessionen für den Abbau von Bodenschätzen in Indianergebieten vergaben. Zwischen 1983 und 1986 wurden 356 solcher Fälle bekannt (MÜLLER-PLANTENBERG, 1988: 418; Abb. 8.5).

Auf die durch dieses Projekt ebenfalls auftretenden, irreparablen ökologischen Schäden wie Abholzung, Verhüttung durch Holzmeiler (der jährliche Bedarf an Holzkohle beträgt 25 Millionen Kubikmeter, was eine Waldfläche von 15.000 km² erfordert), Vernichtung der Artenvielfalt und die Luftverschmutzung durch den Aluminium produzierenden Konzern *Alcoa* kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden (vgl. ALTVATER, 1987:278 ff.; OBERNDÖRFER, dieser Band: 229 ff.).

Das Projekt *Calha Norte*

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts fühlen sich die Militärs für die Indianer „verantwortlich“. So wurde der 1910 ins Leben gerufene *Serviço de Proteção aos Índios* (SPI, Dienst zum Schutz der Indianer) bis zu seiner Auflösung im Jahre 1967 von Militärs geleitet. Seit dem Beginn der Militärdiktatur im Jahre 1964 kam es zunehmend zu einer Annäherung bzw. einem Bündnis zwischen Militärs und Wirtschaft. Die integrationalistische Ideologie der Militärs verband sich mit den Unternehmungen, die an einer gewinnbringenden Ausbeutung Amazoniens interessiert waren. 1986 erfuhr die brasilianische Öffentlichkeit von einem Geheimplan mit dem Titel „Das Projekt Calha Norte (*Projeto Calha Norte*) – Entwicklung und Sicherheit im Norden der Flußläufe des Solimões und Amazonas“. Dieses Projekt, verfaßt von Brigadegeneral Rubens Bayma DENYS, zugleich Generalsekretär des Sekretariats des Nationalen Sicherheitsrats, seit 1988 Sekretariat für den Beirat der nationalen Sicherheit, sah die Sicherung der Landesgrenzen über eine Distanz von 6.500 km auf einer durchgehenden Breite von 150 km vor (Universidade Federal de Santa Catarina, 1987). Betroffen hiervon war die Nordgrenze Brasiliens zu Peru, Kolumbien, Venezuela, Guayana, Surinam und Franz. Guayana. Mit dem Argument, die nationale Sicherheit schützen zu müssen, wurden Sofortmaßnahmen wie eine verstärkte militärische Präsenz, deren sichtbares äußeres Merkmal in der Errichtung von Kasernen, der Anlage von Landepisten und in der Erweiterung des Straßennetzes besteht, eingeleitet.

Weder das Parlament noch die im betroffenen Gebiet lebenden 80.000 Indianer wurden zuvor informiert. So blieb unberücksichtigt, daß z.B. politische Grenzen nicht mit den ethnischen Grenzen vieler Indianervölker übereinstimmen und es bis heute keine Probleme mit den hiervon tangierten Nachbarstaaten gab. Beispielfhaft sei auf die Yanomami verwiesen. Diese leben seit jeher sowohl auf venezolanischer als auch auf brasilianischer Seite.

Zur Rechtfertigung des Projekts führte Rubens DENYS an (*Exposição de Motivos* No. 018/85 vom 19. 6. 1985), es handle sich um unerforschtes Gebiet, welches 14 % des nationalen Territoriums ausmache, man benötige klare Grenzen, um möglichen Grenzkonflikten vorzubeugen, und es bestünde die Gefahr einer marxistischen Infiltration v.a. von Guayana und Surinam aus.

Die militärische Notwendigkeit von *Calha Norte* entbehrt jeder Logik, nicht jedoch die Begleitpläne zur wirtschaftlichen Erschließung und Entwicklung des Amazonasgebiets. Dieses Projekt legt die Basis für eine weitere Durchdringung und wirtschaftliche Erschließung Amazoniens und ist in letzter Konsequenz ein Genozid-Projekt. Die in diesem Gebiet lebenden Indianervölker, darunter die Yanomami, Tikuna, Boré, Tiriyo und Desâna sind direkt betroffen und stellen ein Hindernis bei der „Entwicklung“ der brasilianischen Gesellschaft dar. Der Nationalstaat, dessen Ziel in der Integration der verschiedenen gesellschaftlichen Gruppierungen liegt, sieht keine Notwendigkeit, die indianischen, autonomen Gesellschaften in ihrer Wesensart, ihrem Anderssein zu tolerieren. Im Gegenteil: „Die Leitungselite des Nationalstaates, die sich vorgenommen hat, die nationale Einheitsidentität zu schaffen, will die ethnische, sozio-ökonomische und religiöse Ortsveränderung der Eingeborenenstämme: Wer außerhalb des kapitalistischen Systems lebt, soll nun an der Peripherie dieses Systems integriert werden... Die ökonomische Integration verwandelt die selbstbestimmte, indianische Nation in ein vormundschaftsrechtlich überwachtes Volk, in Kleinbauern oder ausgebeutete Arbeiter. Sie droht den spezifischen Indianer mit Eigennamen (Guarani) in einen «gemeinen» Bürger (Brasilianer) der Nationalgesellschaft zu verwandeln“ (SUESS, 1985: 15).

Welch spürbare Folgen *Calha Norte* für die im Grenzgebiet wohnenden Indianer-Völker hat, zeigt ein von den Betroffenen am 18.11.1987 an die Verfassunggebende Versammlung gerichteter Brief:

„Das Projekt *Calha Norte* mißachtet unsere Dorfgemeinschaften; die Straßen laufen mitten durch unser Land; die offiziellen Schulen zerstören unsere Gemeinschaftsschulen, verachten unsere Sprache, unsere Bräuche, Traditionen und unsere Art zu leben. In Roraima, am Rio Negro und am Alto Solimões kommt es, als Folge des Projekts, zu Morden, willkürlichen Gefangennahmen, Gewaltanwendungen, Umsiedlung von Familien, zum Bau von Kasernen, Verführung und Schwängerung von Indianer-Frauen durch Militärs, Zerstörung unserer Hütten. Das Projekt *Calha Norte* hat bis heute nur Schaden angerichtet und rottet die Indianer-Nationen des Grenzgebiets aus“ (CNBB/CIMI, 1988: 8).

Demgegenüber sieht der brasilianische Botschafter in Bonn, Oscar Soto LORENZO-FERNANDEZ, dies ganz anders: „Ich persönlich sehe in dem Projekt *Calha Norte* keinerlei Bedrohung für die Indianer. Im Gegenteil, das Projekt scheint mir den notwendigen Schutz zu gewährleisten: Drogenhändlern, Schmugglern und anderen kriminellen Elementen muß Einhalt geboten werden; den dort ansässigen Bevölkerungsgruppen muß eine Förderung der Kommunikations- und Verkehrsmittel und ein verbessertes Gesundheitssystem angeboten werden. Eine in Brasilien gebräuchliche Redewendung besagt, daß man kein Omelette braten kann, ohne Eier aufzuschlagen. Es ist eben nicht möglich, ein Wasserkraftwerk oder eine Fernstraße zu bauen, ohne einen bestimmten Personenkreis damit in bestimmter Weise zu beeinträchtigen“ (*Brasilien-Rundbrief*, Nr. 30, März 1989: 23).

Trotz nationaler wie auch internationaler Proteste ist das Projekt inzwischen weitgehend ausgeführt. Auch die Indianer wurden berücksichtigt: Ein Drittel der Soldaten in den neu entstandenen Grenzstationen sind Indianer.

Sehr eindringlich schilderte die Abgeordnete Beth AZIZE in einem Gespräch mit der Tageszeitung *Folha Popular* am 22.4.1989 ihre Eindrücke von diesem Projekt:

„Ich besuchte die von *Calha Norte* betroffenen Gebiete und kam in Kontakt mit verschiedenen indianischen Dörfern der Yanomami, Tukano und der Curipacos. Dabei konnte ich feststellen, daß die FUNAI in dieser Gegend so gut wie nicht präsent ist, die Indianerposten sind geschlossen, die FUNAI-Verantwortlichen lassen sich nicht sehen und die Indianer sterben massenweise an Infektionskrankheiten, ohne jegliche medizinische Unterstützung. . . Die Indianer sterben vor Hunger. . . Dennoch sind sie friedfertig und naiv und zeigen den habgierigen Goldsuchern sogar die Stellen in ihrem Gebiet, wo Gold zu finden ist.“

1989 fand *Calha Norte* sogar eine Ergänzung in dem Plan PROFFAO (*Programa de Desenvolvimento da Fronteira da Amazônia Ocidental*, Entwicklungsplan der Grenze Westamazoniens). Entlang der Grenze mit Peru und Bolivien ist es auch hier das Ziel, die wirtschaftliche Ausbeutung voranzutreiben und an das industrialisierte Brasilien „Anschluß“ zu finden (*O São Paulo* vom 2. 6. 1989; LOEBENS, 1989: 10).

Es hat den Anschein, als würde der Ethnozid bewußt in Kauf genommen, um einen wirtschaftlichen Fortschritt zu erreichen.

Das Beispiel der Yanomami

Das neben den Tikuna zahlenmäßig stärkste Indianervolk, die Yanomami, lebt in den Staaten Amazonas und Roraima an der Grenze zwischen Brasilien und Venezuela. Eine von der *Comissão para a Criação do Parque Yanomami* (CPPY, Kommission zur Schaffung eines Yanomami-Parks) durchgeführte

Untersuchung ergab, daß auf der brasilianischen Seite etwa 8.000 Yanomami in annähernd 200 Dörfern wohnen. Neben vielfältigen Dialekten lassen sich vier verschiedene Sprachen ausmachen: Yanam, Yanomam, Yanomamö, Sanuma (CIDR, 1989: 8f). Seit Jahrtausenden leben die Yanomami in einem ökologischen Gleichgewicht mit der Natur (PREZIA, 1987; BUSH et al., 1989). Mit dem Eindringen in ihr Gebiet durch den Bau der *Perimetral Norte* (Bundesstraße BR-210) im Jahr 1973 begann der Kontakt mit den Weißen, und in der Folgezeit traten dort bis dahin unbekanntes Krankheiten auf (AZEVEDO, 1989: 27f). Zudem kam in den 80-er Jahren mit dem Eindringen der Goldsucher eine weitere „Gefahrenquelle“ auf die Yanomami zu. Bis Mitte 1989 befanden sich nicht nur mehr als 50.000 Goldsucher in ihrem Gebiet, vielmehr sind oftmals als Folge des von den Goldsuchern (*garimpeiros*) verwendeten Quecksilbers ganze Flüsse ohne Leben, d.h. fallen als Nahrungsquelle aus (ANONYMUS, 1989; CIDR, 1989: 24 f.).

Den Goldsuchern werden alsbald brasilianische und internationale Firmen nachfolgen und Amazonien in ihren Besitz nehmen. 363 Anträge auf Genehmigung zur Erzschröpfung auf Yanomami-Gebiet liegen der Bundesbehörde für Erzgewinnung bereits vor. Das entsprechende Gebiet betrifft eine Fläche von 3.745.000 Hektar, was 37 % des Yanomami-Territoriums bedeutet (BLUME et al., 1990: 21).

Die Yanomami am Catrimani-Fluß

Am Yanomami-Volk läßt sich beispielhaft die Bedrohung der Indianer durch eine Erschließung aufzeigen.

Am Catrimani-Fluß leben 365 Indianer in 12 Dörfern, darunter die Wakathautheri, Rotiptheri, Hewenahiptheri und die Xoaki. Im Zentrum ihres Lebens steht das Gemeinschaftshaus, die *maloca*, in welchem sie als Großfamilie leben. Angebaut werden bis heute die traditionellen Pflanzen, d.h. verschiedene Arten von Bananen und Maniok wie z.B. *macaxeira*. Erst seit 1965 kamen Ananas, Zuckerrohr, Goiaba, Mais und Reis hinzu. Des weiteren leben die Indianer von der Jagd in einem 190 km² großen Gebiet. Bis 1973, dem Baubeginn der *Perimetral Norte* (BR-210), verwandte man Tongeschirr. Heute besitzt jede Familie vier Aluminiumgefäße (zwei, um Wasser aus dem Fluß zu holen, zwei zum Kochen), Tonbehälter finden keine Verwendung mehr. Nach drei bis vier Jahren verlassen die Indianer ihre Felder und bearbeiten eine neue Fläche, so daß sich der zuvor genutzte Boden wieder erholen kann. Auch wenn das neue Feld direkt an das alte anschließt, wird eine neue *maloca* gebaut (CIDR, 1988: 48).

Kontaktaufnahme mit den Indianern

Erste Kontakte mit den Indianern wurden 1965 von den Missionaren Padre Giovanni CALLERI und Padre Bindo MELDOLESI hergestellt. Am Ufer des Catri-

mani errichteten sie die Catrimani-Mission (CIDR, 1988: 66). Bereits ein Jahr später bauten die Wakathautheri ihre *maloca* in der Nähe der Mission. Bedeutend wurde die Missionsstation für die Indianer, als 1973 der Bau der *Perimetral Norte* begann. Diese sollte direkt durch Yanomami-Gebiet führen.

Zivilisationskrankheiten

1974 grassierten unter den Indianern die ersten Grippe- und Gelbfieberepidemien. Nachdem das damals für die Kolonisierung zuständige staatliche Institut (*Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agraria*, INCRA) einen Teil der Straße, der sich auf Indianergebiet befand, zu Kolonisierungszwecken freigab, reduzierte sich die Population drastisch. Mehr als 80 Indianer starben in drei Jahren, und ohne die Missionare, die durch Impfaktionen versuchten, das Schlimmste zu verhindern, wäre die Zahl der Todesfälle noch höher gewesen. Wie alle Indianervölker waren auch die Yanomami gegenüber den von Straßenbauarbeitern und Kleinbauern eingeschleppten Krankheiten ohne Abwehrkräfte hilflos. Trotz fortschreitender Kolonisierung fand seit Anfang der 80er Jahre keine weitere Dezimierung der Indianer statt. Ursache hierfür war nicht etwa eine verantwortungsbewußtere Indianerpolitik bzw. Schutzmaßnahmen seitens der Indianerbehörde FUNAI, sondern die Arbeit der Missionare. Diese erreichten, daß alle Indianer entlang der *Perimetral Norte* und in der näheren Umgebung gegen Masern, Tetanus, Keuchhusten, Diphtherie, Meningitis, Gelbfieber und Tuberkulose geimpft wurden. 1977, nach der zweiten Masernepidemie, war die Anzahl der Indianer am Catrimani Fluß auf 269 zurückgegangen, 1985 war die Population wieder auf 365 angestiegen.

Bis Ende August 1987, als die Missionare von der FUNAI ausgewiesen wurden, erhielten kranke Yanomami medizinische Hilfe bei der Mission durch eine ausgebildete Krankenschwester und alle zwei Monate stand ein Arzt zur Verfügung. In besonders schweren Fällen brachte man die Kranken in das Krankenhaus nach Boa Vista.

Nicht nur neue Krankheiten machten den Yanomami zu schaffen, sondern auch andere negative Folgeerscheinungen der Kontakte mit den eindringenden Kolonisatoren (Bauern, *fazendeiros*, *garimpeiros*, Arbeiter): Die Indianer begannen, Uhren, Radios, Plattenspieler usw. zu verlangen; Alkoholkonsum wurde zur Gewohnheit; das bisher am allgemeinen Wohlergehen ausgerichtete Gemeinschaftsdenken wich einer zunehmend egoistischen Grundhaltung, d.h. an erster Stelle stand jetzt die Situation innerhalb des eigenen Familienverbandes.

Die einzige Möglichkeit, einen weiteren Verfall der Yanomami-Kultur zu verhindern, besteht in der Demarkierung des den Yanomami zustehenden Bodens. Eine solche Demarkierung wurde seit 1968 mehr als zwanzig Mal verlangt, von der brasilianischen Regierung jedoch immer wieder verworfen. Als die CCPY 1979 der FUNAI ein Projekt zur Schaffung eines Yanomami-Parks vorlegte, setzte von seiten verschiedener Politiker, Unternehmen und Goldgräber der

Bundesstaaten Amazonas und Roraima eine Protestflut ein, die statt der Errichtung eines Yanomami-Parks die Kolonisation entlang der BR-210 ermöglichte. Ab 1983 drangen Tausende von *garimpeiros* in zwei Gebiete im Norden und Osten des Catrimani-Flusses ein. Im August 1987 verzeichnete man 20.000 Goldgräber in dieser Region, 1989 befinden sich bereits mehr als 50.000 im Bundesstaat Roraima (Abb. 8.4). Weder die Politiker noch die Bundespolizei unternahmen bisher etwas, um das weitere illegale Eindringen in Indianergebiet zu verhindern. Im Gegenteil: Der Gouverneur von Roraima, Romero JUCA, einst FUNAI-Präsident, begrüßt ausdrücklich die Aktivitäten der Goldsucher. Den Goldsuchern werden alsbald brasilianische und internationale Firmen nachfolgen und Amazonien in ihren Besitz nehmen (siehe Abb. 8.5).

Viele *garimpeiros* sehen indes in den Indianern keine Menschen, sondern stellen diese auf die Stufe von Affen (*Véja* vom 18. 1. 1989). Demzufolge ist es kein Verbrechen, gegen sie auch gewaltsam vorzugehen. Adalberto da Silva SANTOS, ein Goldgräber, schreibt in seinem Tagebuch:

„Goldsucher Goiano da XUCA begann über die Konflikte zwischen den Indianern und den *garimpeiros* zu erzählen, die sich zwischen dem 5. und 12. August am Alto Parima und am 17. und 23. September sowie dem 3. Oktober am Rio Auraris ereigneten. Goiano sagte, daß hierbei mehr als 150 Indianer getötet worden sind. All dies wurde totgeschwiegen, obwohl sich gerade in dieser Region eine Patrouille der Militärpolizei befand. Sie wurde von einem Leutnant oder Unteroffizier kommandiert, der auf den Namen MOTA hörte. Es begann, so Goiano, damit, daß die Indianer Manoel LUIZ, mit dem er zusammenarbeitete und an allen Ereignissen teilnahm, verboten, auf ihrem Gebiet zu schürfen. Unbeirrt machte dieser jedoch weiter. Nachdem die Indianer ihn nochmals 2 bis 3mal ermahnt hatten, kamen sie, und während ihr Häuptling mit Manoel LUIZ sprach, begann dessen Leibwächter eine Schießerei. Dies war am 5. August. Nach diesem Vorfall wurde der Gefährte Goiano von Manoel LUIZ an die Schürfstelle von Rubens nach Venezuela geschickt, um dort zu bleiben, bis die Situation sich wieder beruhigt hätte. Als er zurückkehrte, ging er zu Fogo BRABO, wo kurze Zeit zuvor drei Goldsucher von den Indianern gefangen und aus ihrem Gebiet hinausgeworfen worden waren. Aus Trotz gingen sie nach Boa Vista, sammelten dort eine größere Gruppe um sich, kehrten nach Fogo Brabo zurück und zerstörten die *maloca*. Im Schürfgebiet von Tarzan wurden nicht nur erwachsenen Männer sondern auch Frauen und Kinder getötet. Es war ein richtiges Massaker. Die Gründe für solche Auseinandersetzungen sind in Übereinstimmung mit dem, was Goiano erzählte, eigentlich immer die gleichen: Der Widerstand der Indianer gegen die Gegenwart der Goldsucher in ihrem Gebiet und das Verhalten einiger Goldsucher, die aus Angeberei oder aus Prinzip solange provozieren, bis es Probleme gibt. Goiano erzählte auch, daß jener Leutnant oder Unteroffizier MOTA, von den Anführern des Massakers (Manoel LUIZ, Fogo BRABO, Tarzan und Jeremias) ungefähr zwei Kilogramm Gold für

die Versorgung mit Waffen, Munition und als Schweigegehd erhielt“ (BLUME et al. 1990: 16).

Unaufhaltsam geht der Genozid am Volk der Yanomami weiter. Daran ändert auch der am 18. 11. 1988 gefaßte interministerielle Beschluß nichts, den einmal vorgesehenen Yanomami-Park in 19 Zonen und zwei nationale Forstgebiete zu zerstückeln, im Gegenteil: So wird zusätzlich zu den bereits tätigen Goldgräbern, den Holzhändlern und Bergbauunternehmen das Eindringen in Yanomami-Land ermöglicht. Die vorgesehenen 19 Inseln umfassen zudem nur ein Drittel des traditionell von den 8.000 Yanomami bewohnten Territoriums, auf das sie, laut Artikel 231 der neuen Verfassung, Anspruch haben.

Die Bedeutung der Catrimani-Mission

Seit 1965 betrieben die Missionare keine Evangelisierung im Sinne von Katechese. Ihre Hauptaufgabe sahen sie in den Bereichen Gesundheitsvorsorge und Alphabetisierung sowie in der Vorbereitung auf eine Kontaktaufnahme mit den „Zivilisierten“. Dahinter stand die Absicht, den Yanomami ein Überleben als Volk zu ermöglichen: Sie sollten den Wert ihrer eigenen Kultur erkennen und befähigt werden, den „Lebensstil der Zivilisierten“ kritisch hinterfragen zu können. So bestand das bei der Alphabetisierung verwendete Unterrichtsmaterial ausschließlich in den Mythen, den Geschichten und der Geschichte der Yanomami. Nur das Wissen um ihre eigene Kultur läßt sie die Grundlagen ihrer Existenz erkennen, damit sie bei dem unvermeidbaren Kontakt mit den Weißen ihre eigene Identität bewahren können. Zu bedenken ist jedoch, daß die Indianer, um ihren Lebensstil erhalten bzw. weiterentwickeln zu können, in einer sich verändernden Umwelt, viel Zeit und Unterstützung benötigen. Um so mehr traf sie, was 1987 geschah. Als am 15. 8. 1987 Goldsucher im Gebiet des Rio Couto de Magalhaes, in der Nähe des FUNAI-Postens Paapiú, in Yanomami-Gebiet eindrangen und vier Indianer töteten, wurde sogleich die Diözese von Roraima für dieses Massaker verantwortlich gemacht. Obwohl die Catrimani-Mission über 170 km vom Paapiú Gebiet entfernt liegt und sich hier nie Missionare aufhielten, verfügte die FUNAI die Ausweisung und somit das Ende der seit 22 Jahren andauernden Missionsarbeit. Einflußreiche ökonomische Kräfte hatten erreicht, was sie schon lange beabsichtigten (CIDR, 1989: 71).

Nach dem Verlassen der Mission kam es wieder verstärkt zum Ausbruch von Krankheiten, v.a. von Bronchitis und Malaria. Die FUNAI, die die Betreuung der Kranken übernahm, schickte innerhalb von zwei Monaten insgesamt 13 Personen, darunter einen Anthropologen, Krankenpfleger, Ärzte in die Mission. Keiner beherrschte die Sprache der Yanomami bzw. war mit deren Kultur vertraut. Inzwischen bietet die Station ein trostloses Bild: Einzelne Gebäudeteile sind zerstört, Geräte und Fahrzeuge verrotten, die Dieselvorräte verbrauchten die FUNAI-Vertreter, ohne sie zu erneuern, Impfstoff verdarb, da der Kühl-

schrank nicht benutzt wurde, und Kinder können nicht mehr geimpft werden. (CIDR, 1989: 74)

Carlo ZACQINI, der selbst über 20 Jahre mit den Yanomami lebte, bevor auch er ausgewiesen wurde, zur augenblicklichen Situation der Yanomami: „In Bezug auf den Rest des Yanomami-Gebietes gibt es weiterhin nur sehr traurige Nachrichten. Einige Indianerdörfer, die sich in der Nähe der Mündung der Parima- und Mucajái-Flüsse befinden, sind schon verlassen. Man trifft dort keine Yanomami mehr. In verschiedenen anderen Dörfern sind sämtliche Kinder gestorben. In den Gebieten von Olomai und Waika wurden indianische Frauen gekauft, um die Goldsucher zu vergnügen. Im Mucajái-Flußgebiet lassen sich indianische Frauen für eine Packung Kekse mit *garimpeiros* ein. Hunger, Geschlechtskrankheiten und Schnaps gehören in diesem Gebiet überall zum täglichen Leben. Am 11. August wurden zwei oder drei Yanomami in der Nähe des Indianerpostens der FUNAI und vor der Calha Norte-Kaserne in Surucucus umgebracht. Die Gewalt herrscht überall in Roraima und niemand unternimmt etwas, um dem Treiben ein Ende zu bereiten“ (*Brasilien-Rundbrief 33*, Dezember 1989: 17f.).

Indianische Organisationen

Die Bildung einer indianischen Widerstandsbewegung ist aus verschiedenen Gründen sehr schwer: Neben dem auf das eigene Volk fixierten Denken ist allein die Tatsache, daß die indianischen Völker in ca. 180 Ethnien und fast genau soviele Sprachen aufgeteilt sind, ein nicht zu unterschätzendes Problem. Jedes Volk verfügt über eine eigene Identität, d.h. innerhalb der Ideologien, der Tradition, Kultur und Religion gibt es erhebliche Unterschiede. Begriffe wie politische Organisation und Bündnisse sind ihnen fremd.

Erst 1974 kam es zu vereinzelt Versammlungen von Häuptlingen, den *líderes* und *caciques*. So begegneten sich die Kaingang (Süden) und die Tukanos (Norden) zum ersten Mal. Eines der ersten größeren Treffen fand in São Miguel statt, als sich 77 Vertreter von 8 Indianervölkern vom 16. bis zum 18. April 1977 zusammenfanden. Im Mai desselben Jahres bildete sich im Süden, im Bundesstaat Rio Grande do Sul, die *Associação Nacional de Apoio ao Índio* (ANAI, Nationale Vereinigung zur Unterstützung der Indianer). Sie sieht ihr Ziel in der Schärfung des öffentlichen Bewußtseins für die Belange der Indianer und ihrer Forderungen. Ebenso wie bei CCPY arbeiten hier engagierte weiße Brasilianer mit.

Die Indianer selbst kamen im Juni 1982, durch Unterstützung des CIMI, zum 1. Nationalen Treffen der indianischen Völker Brasiliens zusammen: Über 200 Delegierte aus 48 Stämmen und aus 19 Bundesstaaten einigten sich auf eine gemeinsame Interessenvertretung: die *União Nacional de Índios* (UNI, Union der Indianernationen). Ihre Hauptforderungen lauteten: Anerkennung der kul-

turellen Selbständigkeit, Forderung nach Demarkierung indianischen Bodens, Anerkennung der indianischen Selbstbestimmung. Sich selbst stellte man die Aufgabe, die Öffentlichkeit über die wahren, bedrohlichen Lebensumstände aufzuklären und besser zu informieren. In einer Erklärung prangerte die UNI anlässlich einer Konferenz über Indianer und Multinationale Konzerne in Washington die Bedrohung durch diese Unternehmen an (*Multinational Monitor*, 3. Jg. Nr. 12/Dez. 1982). Seither konnte sie sich öfters Gehör verschaffen und auch einzelne Erfolge verzeichnen: So wurde 1984 die Streichung eines Passus im Bürgerlichen Gesetzbuch erreicht, der bis dahin die Indianer für „absolut unfähig“ erklärte. An ihrer Stellung als Unmündige veränderte sich jedoch nichts. Erst mit der Verabschiedung der Neuen Verfassung im Jahre 1989 änderte sich diese Sichtweise.

Neben der UNI gibt es weitere regionale, indianische Zusammenschlüsse, wie CIR (*Conselho Indígena de Roraima*), ACITRUT (*Associação das Comunidades Indígenas de Taracua, Rio Uaupés e Tiquié*) und dem *Conselho Geral da Tribo Ticuna*.

Der Haupterfolg indianischer Zusammenschlüsse liegt zweifellos in der zunehmenden Artikulation der Indianervölker anlässlich der immer größer werdenden Bedrohung und ein selbstbewußteres Auftreten in der Öffentlichkeit. So trafen sich vom 17. bis 21. 4. 1989 in Manaus 52 Indianerhäuptlinge aus 23 Nationen zur 1. Versammlung der Indianer Amazoniens, um ihr Vorgehen angesichts der trotz Verfassungsartikel stärker werdenden Bedrohung v.a. durch den Bau von Wasserkraftwerken miteinander abzusprechen. Der Erfahrungsaustausch kreiste immer wieder um die gleichen Probleme: Die FUNAI wurde beschuldigt, Druck auf die einzelnen Indianerhäuptlinge auszuüben und zu versuchen, Uneinigkeit in die einzelnen Indianervölker hineinzutragen. Ein weiterer, immer wiederkehrender Punkt war die Nicht-Demarkierung indianischen Bodens (ROSHAH, 1989: 3). Das weltweites Aufsehen erregende Treffen in Altamira vom 21. bis 26. 2. 1989 wegen der geplanten Wasserkraftwerke am Xingú und den damit für die Indianer verbundenen Folgen ist ein weiteres Beispiel der zunehmenden indianischen Artikulation (LEAO, 1989: 3f.).

„Zusammen mit ihren Verwandten aus vielen Regionen Brasiliens und der Welt erklären die indianischen Nationen des Xingú, daß unsere Mutter Natur respektiert werden muß. Wir empfehlen, die Flüsse, die Wälder, unsere Geschwister, nicht zu zerstören. Wir haben die Ablehnung des Baus der Wasserkraftwerke am Xingú und an anderen Flüssen des Amazonas beschlossen, denn sie bedrohen Indianer und Uferbewohner. Lange Zeit hat der weiße Mann unsere Gedanken und den Geist unserer Vorfahren mißachtet. Unser Land beherbergt die heiligen Orte unseres Volkes, es ist die Heimat unseres Schöpfers, und als solche darf sie nicht vergewaltigt werden. Während dieser Begegnung der indianischen Völker des Xingú haben wir beschlossen, die Maßnahmen der Regierung zu überwachen, um weitere Zerstörungen zu verhindern. Wir möchten unsere Kräfte mit denen des Parlaments und des brasilianischen Volkes ver-

einen, um gemeinsam diese wichtige Region der Welt, unsere Territorien, zu schützen.“ Altamira, 24. 2. 1989 (*O São Paulo*, März 1989).

Zuletzt bildete die Zusammenkunft von mehr als 300 Vertretern aus 67 Indianervölkern, in Brasília vom 12. bis zum 14. September 1989, ein Novum in der brasilianischen Geschichte. Erstmals kamen Vertreter verschiedener Indianervölker zusammen, um sich gemeinsam für ein anderes indianisches Volk einzusetzen: den Yanomami.

Die Indianerpolitik 1988/1989

Auch ein Blick auf die Indianerpolitik der letzten zwei Jahre zeigt, daß die Indianer vor einer sich beschleunigenden Ausrottung stehen. Daran ändern auch die wohlklingenden Verfassungsartikel wenig, im Gegenteil: Es scheint, als betreibe Brasília eine Politik der Öffnung der letzten indianischen Gebiete und sei es nur, indem das Eindringen in diese Territorien, wie in Roraima, stillschweigend geduldet wird. Auch das im April 1989 verkündete Programm *Nossa Natureza* (Unsere Natur) ändert daran nichts. In diesem Programm ist die Errichtung von Naturschutzgebieten und Indianerreservaten ebenso vorgesehen wie die



Abb. 8.6: Über 450 Flugzeuge stehen auf dem Flughafen von Boa Vista bereit, um *garimpeiros* (Goldsucher) auch auf Indianerland abzusetzen.

Gründung einer Umweltstiftung, ein Exportverbot für Tropenholz und die Streichung von Steuervorteilen für Rinderzuchtprojekte in Amazonien. An einer Umsetzung dieser Ziele in die Praxis ist zu zweifeln. Auf dem Hintergrund der bisherigen Erfahrungen ist die Funktion des Programms die Beruhigung einer in zunehmendem Maße besorgten Weltöffentlichkeit angesichts der rapide fortschreitenden Zerstörung Amazoniens.

Die Realität ist indes eine andere: Bis Mitte 1988 waren erst 33 Millionen Hektar indianischen Landes vermessen (CEDI, 1987: 12). Das Projekt *Calha Norte* ist weitgehend durchgeführt und erfuhr durch PROFFAO eine Ergänzung (LOEBENS, 1989: 10). Das Industriegebiet Carajás wird weiter ausgebaut. So sollen in den nächsten Jahren 26 Gußeisenfabriken entstehen. Ihr Brennstoff ist der Wald, der zuvor in Holzkohle umgewandelt wird. Jährlich erfordert dieses Vorhaben 25 Millionen Kubikmeter. Die Brandrodungen gehen unvermindert weiter. 28 Indianer wurden 1988 ermordet, darunter 14 Tikuna, die den Interessen eines Holzunternehmers im Wege standen. Der Auftraggeber, Castelo BRANCO, ist heute noch auf freiem Fuß (CDPAS, 1988: 40ff.; CPT, 1988: 48). Das Eindringen von *garimpeiros* in den Bundesstaat Roraima hält weiter an. Landepisten entstehen ohne Genehmigung. Auf dem Flughafen von Boa Vista stehen über 450 Kleinflugzeuge, die ständig neue Goldsucher im Urwald absetzen (CCPY/CEDI/CIMI, 1989: 24; Abb. 8.6).

Inwiefern die Regierung tatsächlich ernsthaft versucht, dies alles jetzt durch den Einsatz des Militärs zu verhindern, wie in letzter Zeit zu hören war, bleibt abzuwarten. Das brasilianische Bundesgericht hatte die Anwesenheit der Goldsucher auf Yanomami-Gebiet im Oktober 1989 für nicht rechtmäßig erklärt.

Schlußfolgerungen

Die Ausweisung der Missionare, das Zulassen des Eindringens von Goldgräbern in Indianergebiete, die Verwirklichung von Großprojekten, der Straßenbau, das Fällen von Edelhölzern, die Subventionierung von Rinderzuchtprojekten, die Landzuteilungen an Kleinbauern, die Macht der Bergbaukonzerne: All dies scheint unaufhaltsam auf das Ende der indianischen Völker hinzuführen. In immer kleiner werdende Reservate abgeschoben, erhalten sie als „exotische“ Überbleibsel einer vergangenen Zeit ein Gnadenbrot.

Betrachtet man die im Titel dieses Beitrages gestellte Ausgangsfrage, so zeigen die angeführten Beispiele deutlich, daß die Indianer einen Störfaktor im gegenwärtigen „Entwicklungsprozeß“ Brasiliens darstellen. Im Gegensatz zum 16. Jahrhundert, als zumindest die Arbeitskraft der Indianer benötigt wurde, ist der Indianer heute überflüssig. Und nicht nur das: Er stellt ein Hindernis dar.

Die Vernichtung seiner physischen Existenz und Kultur ist nur vermeidbar, wenn in allernächster Zeit grundlegende Maßnahmen ergriffen werden:

- 1) Demarkierung indianischen Bodens gemäß den im Erlaß der FUNAI No. 1817 vom 18. 1. 1985 festgelegten Grenzen.
- 2) Impfaktionen zum Schutz vor eingeschleppten Krankheiten.
- 3) Ausweisung aller *garimpeiros*, die in Indianergebiete eingedrungen sind, verbunden mit Angeboten, die den Goldsuchern ein menschenwürdiges Leben gestatten (CNBB/CIMI, 1988 b: 17).
- 4) Indianisches Mitspracherecht bei der Frage, wie die indianische Kultur und Lebensweise trotz zunehmender Kontakte mit Nicht-Indianern erhalten werden kann. Denn, so SUESS (1987: 35): „Es gibt kein tribales Überleben mehr“.
- 5) Genügend Zeit für die Indianer, um sich auf die sich verändernde Situation einstellen zu können. Dazu ist es unerlässlich, daß zumindest ein Teil der Indianer die Sprache der nationalen Gesellschaft beherrscht. Nur so wird es ihnen möglich sein, eine gesicherte Existenz zu erreichen (Abb. 8.7).

Andererseits sollten Vertreter der nationalen Gesellschaft so sensibilisiert sein, daß sie den Wert und die Bedeutung indianischer Kulturen zu erkennen in der Lage sind. Für Agrarwissenschaftler gibt es beispielsweise einen großen Fundus, den es zu entdecken und zu erkennen gilt: Herkömmliche Bebauungsmethoden des Regenwaldes schlagen fehl, von den Indianern lassen sich dagegen die verantwortliche Nutzung und der verantwortliche Umgang lernen (CAUFIELD, 1987:



Abb. 8.7: Vom „Fortschritt“ bereits weitgehend eingeholt: Macuxi-Indianerin mit ihren Kindern.

114f.). Der Wanderfeldbau indianischer Völker hat sich als die an die ökologischen Gegebenheiten Amazoniens optimal angepasste Lebensweise erwiesen (WARWICK, 1980: 44). Zusammen mit Flußfischern, Paranaußsammlern und Kautschukzapfern leben die Indianer im tropischen Regenwald angepaßt an die Natur (vgl. STEINLIN, dieser Band).

Die Wahrung der indianischen Identität, eine Überlebenschance der indianischen Völker, wird es nur dann geben, wenn, neben internationaler Solidarität, ein Bündnis aller marginalisierten Gruppen in Brasilien zustande kommt. Kleinbauern, Kautschukzapfer, Landlose, Arbeiter, *favelados*, Indianer: Sie alle verbindet das Verlangen nach einem menschenwürdigen Leben. Erreichbar ist dies nur durch eine grundlegende Änderung der politischen Konstellation, deren erste Maßnahme in einer konsequenten Durchführung einer Agrarreform bestehen müßte. Damit einhergehend, und hier sind vor allem die US-amerikanische und die europäischen Regierungen gefordert, müßte unbedingt eine Lösung der Verschuldungsproblematik gefunden werden. Beides scheint allerdings nach der Wahl des konservativen Collor DE MELLO zum brasilianischen Präsidenten am 17. 12. 1989 ausgeschlossen.

„Nossa luta continua: Faz 500 anos que nós estamos lutando! Nesse tempo, poucos brancos entenderam nós. Poucos brancos viram que nós temos direitos. O direito da nossa TERRA. O direito da nossa LINGUA. O direito da nossa CULTURA. O direito dos nossos COSTUMES. O direito do nosso GOVERNO [Unser Kampf geht weiter: Seit 500 Jahren kämpfen wir! Während dieser Zeit verstanden uns nur wenige Weiße. Wenige Weiße sahen, daß wir Rechte haben. Das Recht auf unser LAND. Das Recht auf unsere SPRACHE. Das Recht auf unsere KULTUR. Das Recht auf unsere SITTEN. Das Recht auf SELBSTBESTIMMUNG]“.

PAXEPYTYGY, Indio Tapirapé

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich nicht versäumen, mich beim *Centro de Informação da Diocese de Roraima* und hier besonders bei Dom Aldo MONGIANO, João SAFFIRIO, Guilherme DAMIOLI und meinem Freund Carlos ZACQUINI zu bedanken. Zugleich gilt mein Dank dem *Conselho Indígena de Roraima*, dem CIMI und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Zeitschriften *Porantim* und *Mensagem*, sowie all jenen Indianern, Kleinbauern, Goldsuchern und Kautschuksammlern, die mir Einblicke in ihre harte Lebenswirklichkeit ermöglichten.

Angeführte Schriften:

- ALTVATER, E. (1987): Sachzwang Weltmarkt. — 382 S., Hamburg (VSA).
- ANONYMUS (1984): Índios: uma história — com seus heróis — de luta pela sobrevivência. — Retrato do Brasil, 13, 145–149, São Paulo.
- ANONYMUS (1987): Grupo Paranapanema polui rios e ameaça os Waimiri-Atroari. — Porantim, 99, 6 S., Brasília.
- ANONYMUS (1989): Mercúrio: A vida pede socorro. — Mensageiro, 56, 11–14, Belém.
- AZEVEDO, D. (1989): O perigo do extermínio. — Tempo e Presença, 40, 24f., São Paulo.
- BLUME, H., HEES, W. & SCHULZ, G. (1990): Goldsuche — Tod und Zerstörung in den Wäldern von Roraima. — 30 S., Freiburg (Brasilien-Initiative).
- BUSH, M. B., PIPERNO, D. R. & COLINVAUX, P. A. (1989): A 6000 year history of Amazonian maize cultivation. — Nature, 340, 303–305, London-Washington.
- CARVALHO, DE (1982): Waimiri Atroari — a história que ainda nao foi contada. — 142 S., Brasília (Selbstverlag).
- CAUFIELD, C. (1987): Der Regenwald. — 333 S., Frankfurt (Krüger).
- CCPY, Comissão para a Criação do Parque Yanomami/CEDI/CIMI (1989): Roraima: O aviso da morte. — 48 S., São Paulo.
- CDPAS, Centro de Documentação e Pesquisa do Alto Solimões (1988): A lagrima Ticuna é uma só. — 87 S., Benjamin Constant (CDPAS).
- CEDI, Centro Ecumênico de Documentação e Informação (1987): Terras indígenas no Brasil. — 147 S., São Paulo (CEDI).
- CIDR, Centro de Informação da Diocese de Roraima (1988): O crepúsculo do povo Yanomami. — 93 S., Boa Vista (CIDR).
- CIDR (1989): Garimpo — Morte e destruição nas matas de Roraima. — 31 S., Boa Vista (CIDR).
- CIMI, Conselho Indigenista Missionário (1984): Indianische Völker und das Großprojekt Carajás. — Brasilien-Dialog, 1/1984, 3–25, Mettingen.
- CIMI (1989): Zur Verteidigung des Volkes Yanomami. — Brasilien-Rundbrief, 30, 10–16, Freiburg.
- CNBB, Conferência Nacional do Bispos do Brasil/CIMI (1988 a): Os povos indígenas e a Igreja Missionária neste crucial momento histórico. — 12 S., Brasília.
- CNBB/CIMI (1988 b): Em defesa do povo Yanomami. — 17 S., Brasília.
- CPI, Comissão Pró Índio (1989): As hidrelétricas do Xingu e os povos indígenas. — Mensageiro, 58, 5–10, Belém.
- CPT, Comissão Pastoral da Terra (1989): Conflitos no campo — Brasil 1988. — 79 S., Goiânia.

- GAIGER, J. M. G. (1989): Direitos indígenas na Constituição Brasileira de 1988. — 24 S., Brasília (CIMI).
- GOMES, M. P. (1988): Os índios e o Brasil. — 237 S., Petrópolis (Vozes).
- HAGEMANN, H. (1985): Hohe Schornsteine am Amazonas. Umweltplünderung, Politik der Konzerne und Ökobewegung in Brasilien. — 186 S., Freiburg (Dreisam-Verlag).
- HARTMANN, G. (1986): Xingú. Unter Indianern in Zentral-Brasilien. — Ausstellungskatalog zur einhundertjährigen Wiederkehr der Erforschung des Rio Xingú durch Karl von den Steinen, 323 S., Berlin (Staatl. Museen Preuß. Kulturbesitz/D. Reimer).
- LEAO, E. (1989): Nao à hidrelétrica de Kararaô. — Porantim, 116, 3f., Brasília.
- LOEBENS, G. F. (1989): Militarização da Amazônia: PROFFAO (Programa de Desenvolvimento da Fronteira da Amazônia Ocidental), mais um programa a serviço do grande capital. — Porantim, 119, 10, Brasília.
- LUTZENBERGER, J. (1988): Um holocausto biológico. — Tempo e Presença, 236, 15–19, Rio de Janeiro.
- MAREWA (1983): Resistência Waimiri-Atroari. — 32 S., Itacoatiara.
- MÜLLER, E. (1982): Indianer in Lateinamerika. — 284 S., Wuppertal (Hammer).
- MÜLLER-PLANTENBERG, C., Hrsg. (1988): Indianergebiete und Großprojekte in Brasilien. — 527 S., Kassel (ladok).
- MÜNDEL, M., Hrsg. (1978): Die indianische Verweigerung. — rororo aktuell, 4274, 235 S., Reinbeck (Rowohlt).
- MUSEU NACIONAL (1987): Terras indígenas no Brasil. — 148 S., Rio de Janeiro (Universidade Federal de Rio de Janeiro).
- Nova Constituição do Brasil (1988), 172 S., Rio de Janeiro (Gráfica Auriverde).
- OPAN/CIMI, Hrsg. (1987) Índios em Mato Grosso. — 136 S., Cuiabá (CIMI).
- PREZIA, B. A. (1987): Amazônia: Quatro mil anos de história. — Porantim, 96 (Beilage), 1–4, Brasília.
- ROSHAH, J. (1989): A Amazônia indígena se organiza. — Porantim, 118, 3, Brasília.
- RIBEIRO, D. (1977): Os índios e a civilização. — 430 S., Petrópolis (Vozes).
- SCHWARTZMANN, S. (1988): Desenvolvimento, meio ambiente e povos indígenas. — Tempo e Presença, 230, 11–13, Rio de Janeiro.
- SUESS, P. (1983a): Integrationsmord in Amazonien. Die Indianerfrage vor einer Endlösung? — Lateinamerika-Jahrbuch, 7/1983, 69–85, Hamburg.
- SUESS, P. (1983b): Anderssein, Integration, Widerstand. — Brasilien-Dialog, 3/1985, 6–25, Mettingen.
- SUESS, P. (1987): „Die Indianer sind heute ungeschützt als sie es je waren . . .“ Interview mit der Brasilieninitiative Freiburg e.V.. — Brasilien Rundbrief, 23/24, 25–37, Freiburg.

- Universidade Federal de Santa Catarina (1987): O Projeto Calha Norte: A política de ocupação de espaços no país e seus impactos ambientais. – 17 S., Florianópolis.
- VIDAL, L. B. (1986): A questão indígena. – In J. M. G. DE ALMEIDA JR., Hrsg.: Carajás: Desafio político, ecologia e desenvolvimento, 222–264, São Paulo (Editora Brasiliense).
- WARWICK, E. K. & CLEMENT, C. R. (1988): Methoden der Pflanzenzüchtung bei den Indianern Amazoniens. – In: Amazonien – eine indianische Kulturlandschaft (Ausstellungskatalog), 47–70, Kassel (ladok).

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	S. 225-261	0 Abb.	0 Tab.	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	------------	--------	--------	---------------

9. Schutz der tropischen Regenwälder (Feuchtwälder) durch ökonomische Kompensation

von

Dieter Oberndörfer, Freiburg i.Br.

Zusammenfassung

In einem ersten Abschnitt gibt der Verfasser einen Überblick über den Stand, die wichtigsten Folgen (Artenverlust, Bodenerosion, Klimaschäden, Völkermord) und die Ursachen der Waldzerstörung (Besiedelung, Holzexploitation, Elektrizitätsgewinnung, Bodenschätze und Bevölkerungsdruck).

In einem zweiten Abschnitt setzt sich der Verfasser mit dem forstwirtschaftlichen Konzept des Schutzes der tropischen Feuchtwälder durch eine „nachhaltige“ forstliche Nutzung auseinander sowie mit den Maßnahmen, die im sogenannten „Tropenwaldaktionsplan“ (FAO = *Food and Agriculture Organization*, Weltbank und WRI = *World Resources Institute*) vorgesehen sind. Das Konzept der „nachhaltigen Nutzung“ hat sich in der Programmatik und Praxis der deutschen Entwicklungshilfe durchgesetzt. Die für den Schutz der Feuchtwälder bewilligten bedeutenden Finanzmittel der Entwicklungshilfe wurden überwiegend zur Förderung des Tropenwaldaktionsplans genutzt. Beides, das Konzept der „nachhaltigen Nutzung“ und der Tropenwaldaktionsplan, werden daher eingehend vom Verfasser erörtert. Er vertritt die Ansicht, daß eine nachhaltige forstliche Nutzung der Regenwälder lediglich ihre Vernichtung durch Brandrodung fördert, in der monetären Kostenbilanz zwangsläufig defizitäre Ergebnisse zeitigen und auch wegen der Komplexität der ökobiologischen Systeme der Feuchtwälder scheitern muß. Der Verfasser zeigt ferner, daß der Tropenwaldaktionsplan nur zu einem geringen Teil als Beitrag zur Erhaltung der Regenwälder konzipiert und in die Praxis umgesetzt wird. Der Erfolg der speziell für die Erhaltung der Regenwälder geplanten Vorhaben ist fragwürdig.

In einem dritten Abschnitt macht der Autor Vorschläge zum Schutz der tropischen Feuchtwälder durch ökonomische Kompensation und Schuldenerlaß, die über die von ihm früher zur Diskussion gestellten Überlegungen hinausgehen.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. D. OBERNDÖRFER, Seminar für Wissenschaftliche Politik der Universität,
Rempartstraße 15 IV, D-7800 Freiburg.

Abstract

Protection of the tropical rain forests through economic compensation

In the first section the author outlines the present situation and the most important consequences (dying of species, soil erosion, climatic changes, genocide) and the causes of forest destruction (settlement, exploiting of timber, generation of electricity, natural resources and pressure of population).

Next, the author discusses the concept of forest management to protect tropical rain forests through 'sustainable exploitation' as well as the measures proposed by the FAO, the World Bank and the World Resources Institute in the so-called 'Tropical Forest Action Plan'. The concept of 'sustainable exploitation' has been accepted as part of the programme and practice of German development assistance. The substantial funds granted (through development assistance) for the protection of the tropical forests were utilized mainly for the promotion of the 'Tropical Forest Action Plan'. Hence, the author discusses the concept of 'sustainable exploitation' and the 'Tropical Forest Action Plan' in some detail. He takes the view that 'sustainable exploitation' of the rain forests merely encourages their destruction through the slash and burn technique, is bound to be a financial disaster and prove a failure because of the complexity of the eco-biological systems of the tropical rain forests. Moreover, the author shows that the 'Tropical Forest Action Plan' is not primarily concerned with the conservation of the rain forests. It is doubtful whether the projects planned specifically for the conservation of the rain forests will be successful.

Finally, the author recommends measures for the protection of the tropical rain forests through compensation and debt remission that are more comprehensive than those hitherto suggested by him.

Resumo

Proteção das florestas tropicais úmidas por compensação econômica

O autor, numa primeira seção, descreve numa visão atualizada, as mais importantes conseqüências (destruição de espécies, erosão dos solos, danos climáticos, genocídio) e causas da destruição das florestas (colonização, exploração de madeira, produção elétrica, riquezas minerais e pressão populacional).

Numa segunda seção, o autor se contrapõe ao conceito da engenharia florestal de proteção das florestas tropicais úmidas através do seu „uso permanente“ por silvicultura, bem como, às medidas previstas no chamado „Plano de Ação das Florestas Tropicais“ (FAO = *Food and Agriculture Organization*, Banco Mundial e WRI = *World Resources Institute*). O conceito do uso permanente conseguiu estabelecer-se na programática e prática da ajuda alemã para o desenvolvimento. Os amplos recursos financeiros literados para ajuda para o desenvolvimento visando a proteção das florestas úmidas, foram utilizados principalmente para a promoção do Plano de Ação das Florestas Tropicais. Ambos, o conceito do uso permanente e o Plano de Ação das Florestas Tropicais, são por isso discutidos pormenorizadamente pelo autor. O autor defende o ponto de vista de que o uso duradouro das

florestas tropicais por silvicultura simplesmente promove a sua destruição através das queimadas, devendo fracassar, tanto por produzir resultados que são financeiramente deficitários, quanto pela complexidade do sistema ecobiológico. Adiante, o autor mostra que o Plano de Ação das Florestas Tropicais foi sómente em uma pequena parcela concebido e aplicado na prática, no sentido de contribuir para a preservação das florestas tropicais. O êxito do especialmente planejado propósito de preservar as florestas tropicais é discutível.

Em uma terceira seção o autor faz sugestões para a proteção das florestas tropicais úmidas através de compensação econômica e dispensa das dívidas, partindo de reflexões já anteriormente colocadas à discussão pelo mesmo.

Einleitung

Der Autor verfaßte im Frühjahr 1988 für das Bundeskanzleramt eine Studie über den „Schutz der tropischen Regenwälder durch Entschuldung“. Die Studie fand weite öffentliche Resonanz, zum Teil aber auch aggressiven Widerspruch von seiten einiger Forstwissenschaftler, einiger für Umweltschutz und Forsthilfe zuständiger Beamter und der Phalanx der Holzimporteure. Im folgenden Beitrag nimmt der Autor Stellung zu diesen Reaktionen.

Die Vernichtung der Regenwälder, ihre Folgen und Ursachen

Die Vernichtung

Tempo und Umfang der Zerstörung

Noch um die Jahrhundertwende waren etwa 12 % der Erdoberfläche von tropischen Regenwäldern bedeckt. Im Jahre 1980 waren es nur noch 6 bis 7 %. Von dem verbliebenen Gebiet von 1,2 Milliarden Hektar befanden sich 57 % in Mittel- und Südamerika, 25 % in Asien (Hinterindien und Südostasien) und 18 % in Afrika (West- und mittelafrikanische Äquatorstaaten). Auf der Grundlage der bisherigen Zerstörungsraten wurde angenommen, daß innerhalb der nächsten 30 Jahre alle verbliebenen tropischen Regenwälder schwer „beschädigt“ (*degraded*) und innerhalb von 50 Jahren ganz „vernichtet“ sein werden (MYERS, 1980: 108). Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, daß sich die Beschädigungsraten und das Vernichtungstempo kontinuierlich beschleunigen. Die Prognosen über das Tempo und den Umfang der Vernichtung der tropischen Regenwälder müssen daher korrigiert werden. Die Angaben über den derzeitigen Umfang der Regenwaldflächen berücksichtigen auch nicht den Zustand ihrer Erhaltung. Lücken im Primärwald als Folge von Brandrodung oder Holzeinschlag begrünen sich häufig wieder mit Sekundärwald. Dieser Sekundärwald, manchmal nur Buschwald, ist sehr viel artenärmer. Die Bestände unberührten Primärwaldes

sind in vielen Gebieten zu einer Residualgröße geworden. Dies gilt insbesondere für die Feuchtwaldregionen Südostasiens. Nach einer Schätzung waren Anfang der 80er Jahre von dem verbliebenen Gesamtareal von 1.200 Millionen Hektar nur noch 672 Millionen Hektar im Naturzustand, unberührt von Axt und Feuer (LANLY, 1982). Eine andere Schätzung besagt, daß es „möglicherweise nur noch 300 Millionen Hektar unberührten tropischen Regenwalds“ gibt (ZAHORKA, 1987).

Regionale Entwicklungen

Die Vernichtung geht in den einzelnen Tropenwaldregionen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit voran. In Afrika finden sich Großflächen tropischen Feuchtwaldes vor allem noch in Zaire wegen verkehrstechnischer Unzugänglichkeit, z.T. handelt es sich auch um Sumpfwälder (STEINLIN, 1985). Die großen Bestände der Elfenbeinküste (ursprünglich 15 Millionen Hektar) wurden seit der Unabhängigkeit bis auf geringe Restbestände durch Holzeinschlag und Besiedlung vernichtet (PRETZSCH, 1987 und 1989). Das „Wirtschaftswunder“ der Elfenbeinküste, das mit dem Export von Edelhölzern nach Europa und der dadurch möglich gewordenen Vermehrung der Anbauflächen für tropische Agrarprodukte finanziert worden war, hat seinen Glanz verloren. Die Elfenbeinküste ist heute ausweglos verschuldet. Eine ökologische Katastrophe für die neu erschlossenen Gebiete kündigt sich an. Ghana und Nigeria sind zu Holzimportländern geworden. Die Primärwälder Liberias wurden in den letzten Jahren in großem Umfang durch Holzeinschlag dezimiert und dadurch für Besiedlung durch Brandrodung geöffnet (BMZ-aktuell, 1989: Anhang 2,4). Besonders bedroht von Holzeinschlag und Besiedlung sind die Feuchtwälder Südostasiens. Die 2,5 Millionen km² Feuchtwälder Südostasiens (ohne Papua-Neuguinea) sind seit 1900 auf weniger als ein Viertel der ursprünglichen Fläche, auf 600.000 km², geschrumpft (*Far Eastern Economic Review*, 12. 1. 1989: 34). Die meisten der verbliebenen Wälder sind „beschädigt“. Auf den Philippinen gibt es Restgebiete von Primärwald nur noch in unzugänglichen Gebieten. Thailands Bestände sind erschöpft. Wegen der dramatischen ökologischen Folgen der Waldvernichtung – Erosion, Erdbeben, Überschwemmungen (HIRSCH, 1987; RÜLAND, 1989: 42) – wurden dort jetzt Holzeinschlagsverbote erlassen (*Development and Cooperation*, 1989). Durch jüngste Vereinbarungen mit den burmesischen Militärs und der kambodschanischen Regierung sollen die bislang unangetasteten Waldbestände Burmas und Kambodschas den Bedürfnissen der neu aufgebauten Holzverarbeitenden Industrie Thailands geopfert werden (WRFM = *World Rain Forest Movement* 31. 5. 1989, Nation/Bangkok 15. 2. 1989; so auch ein für Holzbewirtschaftung zuständiger hochrangiger thailändischer Wissenschaftler, Ministerialbeamter und politischer Amtsträger im Gespräch mit dem Verfasser). Dieses von der westlichen Öffentlichkeit bisher nicht wahrgenommene Ziel war

eine wesentliche Ursache für die „kooperative“ Neuorientierung der thailändischen Politik gegenüber Burma und Kambodscha. Die Feuchtwaldbestände Süd- und Mittelamerikas sind ebenfalls von sich schnell beschleunigender Beschädigung und Vernichtung bedroht. Von der natürlichen Waldfläche des brasilianischen Amazoniens im Umfang von 3,9 Millionen km² waren 1975 erst 0,7 % gerodet. Nach Satellitenbildern betrug der Anteil gerodeter Fläche 1978 2,0 %, 1980 3,2 %, 1984 5,2 % (200.000 km²) und stieg bis Mitte 1988 auf 15,4 % (600.000 km²). Zuletzt sollen allein im Jahre 1988 Feuchtwälder auf einer Fläche von 270.000 km², d.h. mehr als das Gebiet der Bundesrepublik, durch Brandrodung vernichtet worden sein (KOHLEPP, 1989; MAHAR, 1988).

Die Folgen

Artenverlust

Nach bisheriger „konservativer“ Schätzung gibt es auf der Erde etwa 5 Millionen biologische Arten. Obwohl die tropischen Regenwaldgebiete nur 6 bis 7 % der Erdoberfläche bedecken, sind in ihnen 40 bis 50 % aller biologischen Arten beheimatet. Die Hochrechnungen des amerikanischen Zoologen Terry L. ERWIN, der als erster systematisch die Artenvielfalt im Kronendach des Amazonaswaldes untersuchte, beziffern die Zahl der biologischen Arten mit 30 Millionen. Danach wären in den tropischen Regenwäldern etwa 90 % aller biologischen Arten beheimatet (RIEDE, 1987 und dieser Band: 98 ff.). Mit dem tropischen Regenwald stirbt unwiederbringlich das größte Artenreservoir der Erde. Unabhängig davon, welche der oben erwähnten Schätzungen zutreffen, ist der Artenvernichtungsprozeß in den Feuchtwäldern eine erdgeschichtlich epochale Katastrophe für die biologische Artenvielfalt (vgl. WILSON, 1989; RIEDE, dieser Band). Damit geht auch der wichtigste genetische Ressourcenschatz für Landwirtschaft und Medizin verloren. Wildpflanzen könnten die Züchtung neuer, gegen Schädlinge, Krankheiten und klimatische Schwankungen resistenter Kulturpflanzen ermöglichen. In den Regenwäldern gibt es zahlreiche bislang wirtschaftlich nicht genutzte Pflanzen und Tierarten, mit denen die Ernährung der Weltbevölkerung nachhaltig verbessert werden könnte (vgl. STEINLIN, dieser Band). Experten behaupten, die Zahl der für die Grundernährung der Weltbevölkerung bisher genutzten Pflanzen (z.B. Kartoffeln, Hülsenfrüchte) könne durch neue Arten aus den Regenwäldern verdoppelt werden (BOLDT, 1988). Von elementarer Bedeutung ist die Artenvielfalt der Regenwälder für die Zukunftswissenschaft Gentechnologie. Mit jeder ausgestorbenen Art geht eine Vielzahl genetischer Informationen verloren.

Bodenerosion

Trotz der üppigen Vegetation sind die Böden der meisten Feuchtwälder nährstoffarm (vgl. WEISCHET, dieser Band). Rund 80 % der Nährstoffionen befinden sich in der Vegetationsmasse selbst (u.a. Selbstdüngung durch verrottendes Laub). Sie werden gebunden durch Wurzelpilze. Durch die Abholzung wird der in sich geschlossene Nährstoffkreislauf unterbrochen. Vorhandene Mineralien werden wegen der geringen Speicherkapazität der Böden schnell ausgewaschen. Bei einer Bebauung mit Kulturpflanzen verarmen die Böden innerhalb weniger Jahre (WEISCHET, 1980: 13ff. und dieser Band). Mehr als 50 % der Niederschläge werden von den tropischen Regenwäldern durch Selbstverdunstung erzeugt. Der durch die Passate herangebrachte Regen wird bei großflächigen Rodungen nicht mehr vom Wald gespeichert und durch Verdunstung kontinuierlich wieder abgegeben. Die Niederschläge in einem Umkreis von mehreren hundert Kilometern gehen daher sehr stark zurück. Periodisch auftretende Überschwemmungen und Dürreperioden mit Austrocknung der Flüsse sind die Folge. Das nicht mehr gespeicherte, sondern an der Oberfläche abfließende Wasser trägt die Böden ab. Bäche und Flüsse reißen die Erde mit sich und lagern sie weit entfernt wieder ab. Dadurch wird wiederum die Überschwemmungsgefahr vergrößert. Zugleich verschlammten Speicherseen und Kraftwerke. In bewaldeten Gebirgsregionen der Elfenbeinküste z.B. betrug die Bodenabtragung pro Jahr und Hektar nur 0,03 Tonnen. Nach den Rodungen stieg sie auf 90 Tonnen pro Hektar (*Ecologist*, 1987: 130). Als Folge der Vernichtung der ehemals riesigen Regenwälder der Elfenbeinküste gibt es dort nunmehr länger anhaltende Trockenperioden mit starken Staubwinden. Aus der Abfolge von versengender Hitze in der Trockenzeit, die die Mikroorganismen in der Erde abtötet, und sintflutartigen Niederschlägen in der Regenzeit sagen einige Beobachter für Amazonien riesige „Staubwüsten“ voraus (SIOLI, 1987: 134).

Globale Klimaschäden

Der Umfang der Auswirkungen der Regenwaldvernichtung auf das Weltklima ist wissenschaftlich noch umstritten. Der tropische Regenwald bindet jedenfalls Milliarden von Tonnen Kohlenstoff, der bei der Rodung durch Verbrennung oder Verrottung zu Kohlendioxid oxidiert. Dieses Kohlendioxid verstärkt den globalen Treibhauseffekt. Auch die Hitze und die Ascheemissionen aus großflächigen Brandrodungen tragen dazu bei (vgl. GOLDAMMER, dieser Band). Die Erwärmung der Atmosphäre führt zu einer weltweiten Verschiebung der Klimazonen. Als Folgen dieses Katastrophenszenarios werden genannt: Abschmelzung der Polkappen durch Aufwärmung und Anhebung des Meeresspiegels, Überflutung weiter Küstengebiete vor allem Nordamerikas und Europas sowie eine drastische Verringerung der Regenfälle und damit der landwirtschaftlichen Produktion in den gemäßigten Zonen Nordamerikas und Europas.

Völkermord

Durch die Zerstörung der tropischen Feuchtwälder werden das Leben und die kulturelle Identität der Waldbewohner gefährdet, die dort traditionell ökologisch angepaßt als Jäger, Sammler oder Kleinbauern lebten. Entweder gehen sie an den von Siedlern oder Arbeitern eingeschleppten Krankheiten zugrunde (aus Brasilien wird berichtet, daß in vielen Fällen bis zu 90 % der Stammesgruppen binnen weniger Jahre an Seuchen wie Grippe, Masern oder Geschlechtskrankheiten gestorben sind) oder sie werden mehr oder weniger gewaltsam immer tiefer in den verbleibenden Dschungel abgedrängt, bis sie endlich auf die von der anderen Seite vordringende „Zivilisation“ stoßen. Für diejenigen, die überleben, bedeutet dies das Ende ihrer traditionellen Arbeits- und Lebensformen (LUTZENBERGER, 1987: 158). Dieser Völkermord wird in manchen Ländern durch staatlich geförderte Umsiedlungen der Ureinwohner beschleunigt (zur Bedrohung der Indianer Amazoniens durch wirtschaftliche Großprojekte vgl. die umfassende Darstellung von MÜLLER-PLANTENBERG, 1988, sowie SCHULZ, dieser Band).

Die Ursachen

Der Verfasser beschränkt sich hier auf die Darstellung einiger weniger Ursachen. Da jede Ursache weitere Ursachen, vor allem im gesellschaftlich-politischen Bereich, hat, können Ursachenanalysen leicht ohne Steigerung ihrer Erklärungskraft ausufern. Dabei können die wirklich wichtigen Ursachen der Waldzerstörung, z.B. auch die kommerzielle Holzexploitation, überaus wirksam mit „Fakten“ zugeschüttet werden. Einen sehr guten Überblick über „Ursachen der tropischen Waldrodungen“ gibt der „Zwischenbericht der Enquête-Kommission“ (1989: 529–531).

Besiedlung und landwirtschaftliche Nutzung

Bei den Möglichkeiten der Besiedlung und landwirtschaftlichen Nutzung von Feuchtwäldern muß nach Regionen differenziert werden. Die erdgeschichtlich sehr alten Böden des Amazonasbeckens sind, von einigen Schwemmlandgebieten abgesehen, extrem nährstoffarm. Eine etwas bessere, aber insgesamt ebenfalls schlechte Qualität haben die tropischen Böden Afrikas. Ausnahmen (WEISCHET, 1980: 29) bilden Schwemm- und Hochlandgebiete sowie vulkanisch gedüngte Böden vor allem in Südostasien (Java, Philippinen) und Mittelamerika (Costa Rica, Nicaragua). Die Düngung durch erodiertes Vulkangestein, Vulkanasche oder Schwemmland-sedimente ermöglicht eine z.T. sehr intensive landwirtschaftliche Nutzung abgeholzter Flächen, erleichtert die Wiederaufforstung oder sogar auch den Anbau tropischer Hölzer in großem Umfang (in Java: Teakholz; in Malaysia: Gummibäume, Ölpalmen u.a.). Zugleich finden sich aber

auch in Südostasien die typischen großflächigen nährstoffarmen Tropenwaldböden (z.B. in Zentralkalimantan, regional auch in Java, den Philippinen, Sarawak und Malaysia).

Die extreme Nährstoffarmut der Böden des Amazonasbeckens (FITTKAU, 1971: 35ff.; WEISCHET, dieser Band) äußert sich in der sehr schlechten Qualität der Hölzer, einer im Vergleich mit Südostasien und auch Afrika geringeren Quantität der Biomasse sowie der einzelnen Arten pro Hektar. Die Artenvielfalt Amazoniens ist einzigartig. Sie wird als Anpassung der biologischen Evolution an die erdgeschichtlich alten, geochemisch exzessiv verarmten Böden interpretiert (FITTKAU, 1973: 321ff.). Durch die Artenvielfalt wird das Überleben des Biosystems gesichert. Die Armut der Böden wird dadurch veranschaulicht, daß es in Amazonien, dem Ursprungsland des Gummibaums, einer überaus anspruchslosen Baumart, im Unterschied zu Malaysia nicht gelungen ist, Gummibaumplantagen anzulegen. So haben sich auch die Erträge der neu aufgebauten Viehgroßfarmen und anderer Arten des Agrobusiness schnell verringert. Diese Unternehmen mußten daher z.T. wieder aufgegeben werden. Die Düngung mit der Asche verbrannter Bäume erlaubt Brandrodungssiedlern ein bis zwei Ernten, dann muß weitergezogen und erneut „gebrannt“ werden. Eine Regeneration und Neubewaldung der Böden ist bei kleinflächiger Rodung mit langer Brache, wie sie von den traditionellen Bewohnern vieler Feuchtwaldgebiete ökologisch angepaßt praktiziert wurde, möglich. Die Regeneration wird jedoch bei großflächiger Rodung durch die starke Auswaschung und Abtragung der Böden im Zweitakt heißer Dürreperioden und wolkenbruchartiger Regenfälle verhindert. Die Böden werden nicht mehr durch die Schirm- und Schwammfunktion der Wälder geschützt. Wenn die Feuerwalze der Brandrodungen die Feuchtwaldbestände erschöpft hat, werden die Siedler wieder zu landlosen Bauern. Übrig bleiben unfruchtbare Wüsten, in denen, wie auch in anderen Feuchtwaldgebieten, selbst Aufforstung durch Eukalyptusmonokulturen wenig erfolgversprechend ist: „Erfolgreiche Beispiele aus den eigentlichen feuchten Tropen fehlen weitgehend, und die Zahl der Mißerfolge dürfte heute überwiegen“ (STEINLIN, 1988: 55).

Solche Prognosen sind längerfristig auch für die Feuchtwälder West- und Äquatorialafrikas und die nicht durch Sedimente gedüngten Waldflächen Süd- und Südostasiens wahrscheinlich. Zwar gelang auf den besseren Böden Westafrikas, z.B. in Ghana und der Elfenbeinküste, der Aufbau einer bäuerlichen tropischen Landwirtschaft. Nach der Abholzung werden aber auch hier die Böden ausgewaschen. Die Bodenerosion dynamisiert sich, Klimaschäden sind vorprogrammiert. In Zentralkalimantan sowie in anderen großen Gebieten Südostasiens, Afrikas und Amazoniens sind die Böden schon nach ein bis zwei Ernten erschöpft und müssen wieder aufgegeben werden (Südostasien/Afrika: ANDREAE, 1977: 121; Asien anschaulich: WILLEMSEN, 1988).

Die Besiedlung der Wälder erfolgt in der Regel durch unkontrollierte, „wilde“ Landnahme in der Form von Wanderfeldbau mit zerstörerischer Brandrodung

(CHAMBERS, 1969; NELSON, 1972; OBERNDÖRFER, 1984a: 14). Zur Gewinnung von Siedlungsraum für landlose Bauern, zur Entschärfung der Forderungen nach Landreform sowie zur Sicherung der nationalen Souveränität über bislang menschenleere Gebiete haben einige Regierungen behördlich geplante und geförderte Großbesiedlungen von Feuchtwäldern durchgeführt oder sie durch Straßenbau vorbereitet. Die bekanntesten Beispiele hierfür sind die Umsiedlung von 3,5 Millionen Javanern nach Sumatra und Kalimantan (*Transmigrasi*), der Bau der Transamazônica durch die brasilianische Regierung (KOHLHEPP, 1981 und 1983) sowie die großen Siedlungsprogramme Thailands (ANGEL, 1985) und Malaysias (KÜHNE, 1986). Die Sicherung nationaler Souveränitätsansprüche durch amtlich geförderte Besiedlung ist ein Motiv, das in den amtlichen Dokumenten meist nicht genannt wird, in vielen Fällen aber eine wichtige Rolle spielt (zur Bedeutung dieses Motivs für die Besiedlung Amazoniens durch Brasilien und die Amazonasanliegerstaaten vgl. KOHLHEPP, 1983; generell für die Besiedlung „leerer Räume“ OBERNDÖRFER, 1982b und 1984a).

Kommerzielle Holzexploitation

Wesentlich zur Zerstörung der tropischen Feuchtwälder hat in den letzten drei Dekaden die Holzexploitation für den Export tropischer Edel- und Nutzhölzer beigetragen. Dies wird von einigen Forstwissenschaftlern immer wieder unter Verweis auf die „viel schlimmeren Schäden“ durch bäuerliche Rodung oder andere Nutzungsarten verharmlost und relativiert (so z.B. BRUENIG, 1989; LAMPRECHT, 1989). Diese Defensivstrategie zur Rechtfertigung der Holzexploitation ist schwer nachvollziehbar angesichts ihrer auch statistisch nachweisbaren großen Bedeutung für die Schrumpfung der Primärwälder Südostasiens und Westafrikas (statistische Daten und Zeitreihen: STEINLIN, 1987 und 1988). Dies um so mehr, als die Edel- und Nutzhölzer Kalimantans, Sarawaks, der Philippinen, der Elfenbeinküste oder Gabuns, um nur einige Beispiele zu nennen, von den Konzessionären keinesfalls unter Berücksichtigung forstwissenschaftlicher Kriterien im Sinne einer „nachhaltigen Nutzung“ bewirtschaftet, sondern fast überall in brutalem Raubbau ausgehauen oder, wie es auch heißt, „abgesahnt“ werden. Dabei werden bis zu 50 % des Areals „verwüestet“ (PRETZSCH, 1989). Wegen Erschöpfung der Bestände fallen heute schon die Philippinen und die Elfenbeinküste als Lieferanten in weitem Umfange aus. Übrig bleiben biologisch verarmte Sekundärwälder, in die nun die Siedler eindringen und sie vollends zerstören. Um zu beweisen, daß die Bedeutung der kommerziellen Einschläge für den Export nur einen marginalen Anteil an der Zerstörung der Feuchtwälder habe (und daher angeblich toleriert werden könne), wird gewöhnlich auf Brasilien verwiesen. Obwohl der Anteil Amazoniens an der Feuchtwaldzone der Erde fast 50 % betrage, sei der Anteil Brasiliens am Tropenholzexport verschwindend gering (laut BRUENIG, 1989, beträgt er 3,0 %). Wäh-

rend durch Brandrodung jährlich Hölzer im Werte von 40 Milliarden US\$ vernichtet würden, betrage der Wert der Holzexporte Brasiliens „nur“ 1 Milliarde US\$ (LAMPRECHT, 1989). Gewiß, der Holzexport Brasiliens spielt wegen der schlechten Qualität der Hölzer Amazoniens und hoher Transportkosten vorläufig im globalen Tropenholzexport nur eine geringe Rolle. Dennoch ist der Holzeinschlag für den Export und den hohen Eigenbedarf (z.B. Zellulose) auch in Brasilien wegen seiner Sekundärfolgen für die Besiedlung, wegen seines Türöffnereffekts, eine wichtige Ursache der Waldzerstörung. Gerade die Unzugänglichkeit ist der wichtigste Selbstschutz der Feuchtwälder gegen Besiedlung: *„The borderline between untouched tropical forests and the steadily advancing zone of deforestation is the borderline of physical accessibility“* (SCHMITHÜSEN, 1989: 28). Durch den Bau von Straßen und Schneisen für den Holzeinschlag und Holztransport, durch die anhaltende Suche nach den letzten, häufig nur noch in abgelegenen Regionen auffindbaren Edel- und Nutzholzbeständen werden auch in Amazonien durch die Holzexploitation immer größere, bisher unzugängliche Feuchtwälder für die Besiedlung geöffnet. Und schließlich: Selbst wenn die kommerzielle Nutzung für den Export und andere Formen der Zerstörung in Brasilien nur einen wenig bedeutenden Rang hätte, wird sie damit schon gerechtfertigt oder tolerierbar? Mord ist sicher ein schwerwiegenderes Delikt als Diebstahl, dennoch sichert der Gesetzgeber mit gutem Grund den Bürger auch gegen Diebstahl. Sollte man nicht umgekehrt fordern, die Nutzung für Exporte wegen ihres für den brasilianischen Wirtschaftskoloß relativ geringen monetären Wertes und ihres dennoch unbestreitbar bedeutenden Zerstörungseffektes einzustellen? Um Schäden durch den Holzeinschlag zu verharmlosen, werden hier Faktoren herausgestellt, die, wie z.B. Brandrodung in einigen, keineswegs aber allen Ländern, noch Schlimmeres bewirken. Irreführend sind auch die globalen Quantifizierungen. So schätzt MYERS (1980: 108) den Anteil des kommerziellen Raubbaus an der Feuchtwaldvernichtung generell auf 20 %, BRUENIG (1989: 5) beziffert ihn ohne nähere Belege „nur“ auf 10 %, der Anteil der Besiedlung an der Vernichtung wird von ihm mit 60 %, der der Industrialisierung, z.B. durch Speicherseen, mit 30 % angegeben. Tatsächlich aber variieren Komposition und Stärke der einzelnen Zerstörungsursachen von Land zu Land. Der Primäreffekt kommerziellen Holzeinschlags und sein Sekundär- oder Türöffnereffekt für vermehrte Brandrodungsbesiedlung können statistisch nicht exakt auseinanderdividiert und quantifiziert werden. Als Gesamtergebnis bleibt: Der kommerzielle Einschlag für Exporte ist zweifellos eine wichtige Ursache der Feuchtwaldzerstörung. Demgegenüber schreibt BRUENIG (1989: 10f.) mit der ihm eigentümlichen erfrischenden Bestimmtheit: „Die Ursachen für diese Zerstörung (der Feuchtwälder, d. Verf.) liegen in verschiedenen und sehr unterschiedlich gewichtigen Bereichen – im Tropenholzexport aber mit Sicherheit nicht.“ In seiner stichwortartigen, langen Auflistung echter „Ursachen“ von Waldzerstörung erwähnt BRUENIG hingegen sogar die „Waldvernichtung und Verbrennung im Kriegsfall, Beispiel Vietnam“ (zur Bedeutung der Holzexploitation in den verschiedenen

Regionen und ihren Sekundärfolgen vgl. die ausgewogene Darstellung STEINLINS, 1983: 328).

Zur Rechtfertigung der forstlichen Nutzung der Feuchtwälder wird von der Holzlobby hartnäckig behauptet, der Holzeinschlag für den Export von tropischem Edel- und Industrieholz sei gesamtwirtschaftlich und entwicklungspolitisch eine wichtige, ja unverzichtbare Quelle für Deviseneinnahmen. Dies ist pure Interessentenpropaganda, für die es in den meisten tropischen Holzexportländern keinen oder nur einen sehr schwachen Realitätsbezug gibt. Von Malaysia und Indonesien abgesehen, auf die 1986 75 % (STEINLIN, 1988: 57) des Weltexports tropischer Nutzhölzer entfielen (z.T. Teakholz oder Gummiholz aus Anbau), ist der Anteil der tropischen Holzexporte am Außenhandel der übrigen Lieferländer gering und könnte durch Entwicklungshilfe, Schuldenerlaß oder Handelserleichterungen kompensiert werden. Auch der Vergleich des Wertes des Holzexportes mit dem Gesamtwert der Exporte und der volkswirtschaftlichen Leistungskraft der Lieferländer veranschaulicht die relativ geringe entwicklungspolitische Bedeutung der Deviseneinnahmen aus Tropenholzexporten (auch für Indonesien!). Da der Tropenholzexport aus Südostasien und Afrika wegen der Erschöpfung der Bestände stark rückläufig ist, wird sich seine Bedeutung als Devisenquelle weiter verringern. Nach STEINLIN (1988) beträgt der Anteil der Tropenhölzer am Weltholzeinschlag derzeit 8,6 %. Bis zum Jahr 2000 wird sich die Zahl der tropischen Holzexportländer von 33 auf weniger als 10 und der Exportwert tropischer Hölzer auf nur noch 2 Milliarden US\$ verringern (*Far Eastern Economic Review*, 12. 2. 1989). Der Stellenwert des Tropenholzexports als Devisenquelle für Lateinamerika ist, wie erwähnt, schon jetzt wegen der Transportkosten und schlechten Qualität des Holzes marginal. Bei den Legitimierungen des kommerziellen Einschlags aus angeblich wichtigen Deviseneinnahmen wird ferner nicht berücksichtigt, daß für die Bestimmung des Nettowertes die hohen Investitionskosten der Holzexploitation vom Bruttowert der Erlöse abgezogen werden müssen (Maschinenparks für Straßenbau, Transport, Einschlag und Lohnkosten für ausländische Experten). Unter Berücksichtigung der Investitionen und anderer Ausgaben flossen nach einer Berechnung bis zu 60 % der Deviseneinnahmen der Elfenbeinküste aus den Holzexporten wieder ins Ausland ab (PRETZSCH, 1989). Da die Vergabe von Holzlizenzen und der Holzexport unter den Herrschaftseliten der Exportländer ein bevorzugter Sektor schneller persönlicher Bereicherung sind, nähert sich vermutlich die behauptete „wichtige“ entwicklungspolitische Bedeutung der Deviseneinnahmen in den meisten Fällen nach Abzug der auf ausländische Konten überwiesenen Bestechungsgelder und der für den persönlichen Konsum verwandten Einnahmen der Nullgrenze: Dazu vermerkt STEINLIN (1988: 15): „Holzeinschlag und Holztransport im Tropenwald sind kapital- und energieintensiv. Maschinen und Treibstoffe müssen in der Regel aus dem Ausland eingeführt werden . . . Die verhältnismäßig bescheidenen Gewinne aus der Naturwaldexploitation werden in der Regel nicht für Zwecke der Land- und Forstwirtschaft

schaft eingesetzt, sondern weitgehend dem ländlichen Raum entzogen und versickern zum größten Teil über teilweise zweifelhafte Kanäle in den Ballungszentren für Konsumausgaben oder wenig produktive Anlagen. In vielen Fällen sind die volkswirtschaftlichen Kosten der Waldzerstörung wesentlich höher als die erzielten Gewinne aus der Waldnutzung“.

Für die meisten Kosten-Nutzen-Analysen des Tropenholzexports und auch für die Vorschläge für eine forstwissenschaftlich fundierte „nachhaltige Nutzung“ der tropischen Feuchtwälder gilt, daß sie die politische Realität, die überall vorfindbare enge Verflechtung von Politik und Wirtschaft, ausblenden. Sie werden daher zwangsläufig zu theoretischen Sandkastenspielen. So ist etwa die Kontrolle der Abmachungen mit den Konzessionären über die Zahl der Bäume, die pro Hektar eingeschlagen werden dürfen, schon vor Ort schwierig. Die staatliche Aufsicht über die meist weit abgelegenen Einschlagsgebiete ist gering, sofern sie überhaupt wahrgenommen wird. Sie kann durch Bestechung leicht unterlaufen werden. Die Konzessionäre geben sich bei den zuständigen Behörden in den Hauptstädten die Klinke in die Hand. Wer sich an die Abmachungen hält, muß damit rechnen, daß der Nachfolger die Konzession für die noch nicht ausgehauenen Bäume zu günstigeren Bedingungen erhält, da die Erschließung zum Teil schon vom Vorgänger finanziert wurde. „Die Namensliste der Holzkonzessionäre Sabahs, Sarawaks und selbst Kalimantan liest sich wie ein Who is Who der politischen Eliten“ (*Far Eastern Economic Review*, 12. 1. 1989). Von Thailand bis Guatemala werden Holzkonzessionen in der Regel nicht nach volks- oder forstwirtschaftlichen Gesichtspunkten, sondern nach politischem und wirtschaftlichem Einfluß der Interessenten vergeben. So ist der Umwelt- und Tourismusminister des malaysischen Bundesstaates Sarawak mit 100.000 Hektar Waldbesitz einer der größten Holzkonzessionäre des Landes (OTTERBEIN, 1988). Den Regierenden des Bundesstaates Sabah wird vorgeworfen, fast die gesamte Waldfläche mit zweifelhaften Methoden in ihren Besitz bzw. den ihrer Verwandten und Geschäftspartner gebracht zu haben (NGAU et al., 1987). Da die meist zeitlich befristeten lukrativen Holzkonzessionen vor allem an politische Verbündete vergeben werden und die politischen Machtkonstellationen sich schnell ändern können, geben die Konzessionäre der schnellen und intensiven Ausbeutung den Vorzug vor einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Waldflächen oder vor relativ umweltschonenden selektiven Fällmethoden. So wird über die südostasiatischen Länder berichtet, daß die gefällte Holzmenge im Vorfeld von Wahlen mit verlässlicher Regelmäßigkeit dramatisch zunimmt.

Die Abholzung der Feuchtwälder und die auf sie folgende Besiedlung wird durch den Sog der Absatzmärkte in den Industriestaaten und einigen Schwellenländern in Gang gehalten. Allein Japan importiert, bei strenger Schonung der eigenen Bestände, mehr als das Vierfache der Europäischen Gemeinschaft (ZAHORKA, 1987: 50f.: für 1985 Japan = 13,4 Millionen m³, EG = 3,0 Millionen m³; STEINLIN, 1988: 48: Anteil Japans, Taiwans und Südkoreas am globalen Tropenholzimport = 52 %). Vorschläge zum Verbot von Importen unverarbei-

teter Tropenhölzer müßten daher, um effektiv zu sein, die ostasiatischen Importländer und auch einige Schwellenländer, die in letzter Zeit zunehmend Tropenholz eingeführt haben, miteinschließen. Ein Importverbot für unverarbeitete Hölzer aus tropischen Feuchtwäldern ist aber nicht nur eine Frage der Effizienz, sondern hat auch eine moralisch-symbolische Funktion für die politische Willensbildung in den Einfuhrländern. Durch Importverbote für die Bundesrepublik oder die Europäische Gemeinschaft würde ein wichtiger Beitrag zur Bewußtmachung der weitreichenden negativen biologischen, ökologischen und klimatischen Auswirkungen der Feuchtwaldvernichtung geleistet. Auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten wäre ein solches Importverbot für die Bundesrepublik und die Europäische Gemeinschaft nicht von Nachteil. Der Anteil der Tropenhölzer am Holzkonsum der Bundesrepublik beträgt nur 3 % (BMZ-aktuell 1988: 10). Für Gesamteuropa ist er noch niedriger. Arbeitsplatzverluste für die einheimische Holzverarbeitende Industrie wären nicht zu befürchten. Das „fehlende“ Tropenholz kann leicht aus einheimischer Produktion oder durch Lieferungen und Veredelung von Hölzern aus gemäßigten Zonen ersetzt werden. Eine eventuelle Verknappung von Holz und ein Anstieg der Holzpreise in Europa würden Anreize für die in Mitteleuropa problemlose Aufforstung stillgelegter Felder und für verstärkte Anstrengungen zur Bekämpfung des Waldsterbens schaffen. Wegen des derzeitigen Raubbaus in den Wäldern Skandiaviens und der Bundesrepublik, hier als Folge der Waldschäden, könnte auch ein sparsamerer Verbrauch der Ressource Holz unvermeidlich werden.

BRUENIG (1989: 51) befürchtet in seiner Studie, einer Schrift der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, von einem Importverbot für die Liefer- und Importländer ausschließlich Schlimmes. Es gibt da für ihn kein „wenn und aber“. In dem langen und wirklich umfassenden Negativkatalog findet sich auch die Prognose: „Holz steht bei vielen Verwendungsbereichen in hartem Wettbewerb mit anderen Stoffen, z.B. Kunststoffe, Metalle, Beton. Deshalb ist nicht anzunehmen, daß eine Preiserhöhung oder Verbrauchseinschränkung bei Tropenholz eine entsprechende Zunahme bei der Verwendung heimischer Hölzer nach sich ziehen würde. Insbesondere im Fensterbereich – hier wird der größte Teil des in der Bauwirtschaft verwendeten tropischen Laubschnittholzes eingesetzt – würden Kunststoffhersteller gerne einen zusätzlichen Marktanteil übernehmen, wenn auf Tropenholz verzichtet würde. Die damit verbundenen ökologischen Nachteile sind bekannt. Ein Ersatz durch nordische Kiefer würde das ökologische Problem nur von einer sensitiven Region auf eine andere, mindestens ebenso sensitive Region verschieben.“ Zum Schutz der nordischen Kiefer sollen also Tropenhölzer importiert werden, zumal uns bei einem Tropenholzimportverbot Fensterrahmen und Gartenzäune aus Kunststoff drohen. Gegenüber dieser Schreckensvision ist zu sagen: Wenn Kunststoffersatz tatsächlich ökologisch nachteilig ist, könnte der Gesetzgeber ja etwas dagegen tun. Abschließend heißt es dann (BRUENIG, 1989: 54): „In Anbetracht der volkswirtschaftlichen Nebenwirkungen eines Boykotts in den Tropenländern und der

geringen Wirkung für den Schutz des Tropenwaldes ist es sinnvoll, Tropenhölzer auch weiterhin für solche Verwendungszwecke einzusetzen, bei denen ihre positiven Eigenschaften, wie vor allem natürliche Dauerhaftigkeit, gute Be- und Verarbeitung oder dekorative Eigenschaften ihre Verwendung aus materialtechnischen Gründen vorteilhaft und zweckdienlich erscheinen lassen.“ Dekorative Eigenschaften machen also die Verwendung „zweckdienlich“.

Speicherseen zur Elektrizitätsgewinnung

Speicherseen zur Elektrizitätsgewinnung in tropischen Feuchtwaldgebieten Afrikas und Lateinamerikas waren bisher in der Gesamtbilanz kostspielige Fehlinvestitionen mit katastrophalen ökologischen Folgeschäden. Die Speicherseen verschlammen nahezu überall in kurzer Zeit. Damit geht ihre Energieerzeugungskapazität schnell zurück. Durch die starke tropische Sonneneinstrahlung und geringe Wassertiefe wärmen sie sich rasch auf. Verfaulende Biomasse, starker Algen- und Pflanzenwuchs verwandeln sie in Kloaken (so z.B. der brasilianische Tucuruí-Speichersee). Das säurehaltige Wasser zerstört die Dämme und Maschinenanlagen. Darüber hinaus werden die Speicherseen zu gefährlichen Krankheitsherden für die Bewohner des Umlands (Malaria, Bilharziose u.a.). Trotz der negativen Erfahrungen mit Speicherseen wurden von der brasilianischen Regierung 125 neue Speicherseen in Feuchtwaldgebieten mit einer Staufläche von insgesamt 100.000 km² geplant (GESTER, 1989: 6ff.). Von Vertreibung betroffen sind 70.000 Indianer aus 40 Stämmen, die dort Zuflucht fanden. Die Weltbank hat im Frühjahr diesem Projekt wegen ökologischer Bedenken die Finanzierung versagt.

Erschließung von Bodenschätzen

Ein besonderes Problem für den Schutz der Feuchtwälder ist die Erschließung bedeutender Bodenschätze. Wohl in jedem Land wird sie auch bei großen Umweltfolgeschäden aus wirtschaftlichen und politischen Gründen nicht verhindert werden können. Dennoch sollten nach Möglichkeit die ökologischen Folgeschäden und auch deren ökonomische Kosten begrenzt werden. Gerade in den Formen der Erschließung von Bodenschätzen zeigt sich in Brasilien und auch anderen Entwicklungsländern, daß die ökologische Bedeutung der Vernichtung von Feuchtwäldern in den politischen Entscheidungen immer noch nicht hinreichend berücksichtigt wird. Ein Beispiel hierfür sind die Pläne zur Eisenförderung im Carajás-Gebiet im östlichen Amazonien (vgl. HOPPE, dieser Band: 42). Im Carajás-Projekt soll aus einer Eisenerzlagerstätte, angeblich ist es die größte der Welt, Eisen mit Hilfe von Holzkohle verhüttet werden. Die Holzkohle soll zunächst aus den Wäldern in der Umgebung der Erzlagerstätte und später aus neu angepflanzten Eukalyptuswäldern gewonnen werden. Dabei würden in der ersten Ausbauphase in 20 Eisenschmelzanlagen (Endstufe 30) für die Produktion der Holzkohle jährlich jeweils „nur“ etwa 700 km² Naturwälder

abgeholzt werden. Zur kontinuierlichen Produktion der Holzkohle aus Eukalyptusholz müßte eine Fläche von 7.000 km² (Ambio, 1989: 141ff.) und nach anderer Berechnung (KOHLEHEPP, 1989) sogar von 26.000 km² bepflanzt werden. Weitere ebenso große Flächen mußten oder müssen für den Bau von Straßen, einer Eisenbahn zum Atlantik von 890 km Länge und anderer Infrastrukturen abgeholzt werden. Dabei ist der Effekt des Zustroms von land- und arbeitssuchenden Siedlern nicht einberechnet. Durch die Eisenschmelze in Carajás soll ein Gebiet Ostamazoniens im Umfang von 900.000 km², der Fläche Frankreichs und der beiden deutschen Staaten zusammen, „wirtschaftlich“ erschlossen werden. Auf dem Weltmarkt aber gibt es ein Überangebot an Roh-eisen und Steinkohle. Aus den riesigen Kohlevorkommen Kolumbiens oder anderer Steinkohleexporteure, für die es derzeit keinen ausreichenden Absatz gibt, könnte in Carajás, wie überall sonst, Eisen preiswerter mit Steinkohle verhüttet werden. Auch eine Verhüttung an traditionellen Standorten außerhalb der Feuchtwaldgebiete (z.B. São Paulo-Region) wäre ökonomisch vertretbar. Wegen der hohen Preise für hochwertige Holzkohle auf dem Weltmarkt ließen sich durch den Holzkohleexport eventuell sogar bessere Gewinne als mit dem Export des kaum absetzbaren Roheisens erzielen (NITSCH, 1989). Damit soll nicht der Anbau von *Eucalyptus* zur Holzkohleerzeugung empfohlen, sondern lediglich auf die volkswirtschaftliche Problematik des Unternehmens hingewiesen werden.

Bevölkerungsdruck

Von den Befürwortern der Holzexploitation wird mit steter Regelmäßigkeit argumentiert, daß die Vernichtung der Feuchtwälder primär eine unvermeidliche Folge der Bevölkerungsexplosion und der mit ihr verbundenen Suche eines wachsenden Anteils der Bevölkerung nach neuem Siedlungsraum sei. Von wenigen Ausnahmen abgesehen (z.B. Java, Thailand, Madagaskar), gibt es den hier suggerierten direkten und zwingenden Zusammenhang zwischen Bevölkerungsvermehrung und Feuchtwaldbesiedlung nicht. In fast allen Entwicklungsländern vollzieht sich heute ein gigantischer Migrationsprozeß in die urbanen Räume, wodurch die Landbevölkerung nicht nur im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung, sondern vielfach auch schon in absoluten Zahlen zurückgeht, insbesondere in Afrika und Lateinamerika. Auch durch Verbesserung der Lebensverhältnisse in den Dörfern kommt er nicht zum Stillstand. Soziale Dynamisierung, höhere Bildung und steigende Ansprüche (*rising expectations*) durch Anhebung des Lebensniveaus lösen neue Mobilitätsschübe aus. Aus der Forschung zur Verstädterung in der Dritten Welt ist bekannt, daß selbst das Leben in städtischen Elendsvierteln wegen der besseren Versorgung mit essentiellen Infrastrukturen (Wasser, Elektrizität, Bildungs- und Freizeitangebot) und wegen der vielen Überlebensnischen im informellen Sektor (z.B. illegaler Kleinhandel und Dienstleistungen) attraktiver sein kann als das Verbleiben auf dem Land. Gerade aber

die Lebensbedingungen des Siedelns in Feuchtwäldern sind wegen der Gefährdung durch tropische Krankheiten bei extrem schwerer körperlicher Arbeit, fehlender medizinischer Versorgung und unzureichender oder einseitiger Ernährung „mörderisch“ (OBERNDÖRFER, 1982b und 1984a). In Ländern mit dynamischen Volkswirtschaften oder halbwegs akzeptablem Lebensniveau in den Städten ist daher der Besiedlungsdruck auf die Feuchtwälder, soweit es ihn überhaupt gibt, gering. Beispiele hierfür sind die Volksrepublik Kongo, Gabun und Malaysia. Zu Malaysia bemerkt KÜHNE (1986: 521): „Landerschließung auf der Grundlage riesiger Entforstungsprojekte erwies sich wegen des überwältigenden Sogs der urbanen Zentren als unnötig. Viele Agrostädte waren von Beginn an Fehlschläge“. An der Elfenbeinküste wanderte die überschüssige einheimische Landbevölkerung aus den traditionellen Siedlungsgebieten in die Städte ab. In den riesigen Holzeinschlagsgebieten ließen sich vorwiegend Einwanderer bzw. „Wirtschaftsflüchtlinge“ aus den von Austrocknung betroffenen Sahelländern nieder (PRETZSCH, 1987 und 1989). Die ehemaligen Waldbewohner, die ihre traditionellen Lebensgrundlagen aus der Waldnutzung verloren (z.B. Sammeln), verarmten.

Daß Feuchtwaldgebiete für Siedler erst durch Verarmungsprozesse unterschiedlicher Verursachung attraktiv werden, zeigt gerade das Beispiel Brasilien. Der Bau der Transamazônia Anfang der 70er Jahre war als Ersatz für die ausgelebene Landreform gedacht. Sie wurde zunächst nur in sehr geringem Umfang für Siedlungszwecke genutzt (KOHLEPP, 1981 und 1983). Der Siedlungsdruck auf die brasilianischen Feuchtwälder setzte in großem Umfange erst mit dem Zusammenbruch des brasilianischen Wirtschaftswunders als Folge der Erdölpreiserhöhungen bei fehlenden einheimischen Ölressourcen seit Ende der 70er Jahre ein. Trotz der nachlassenden Absorptionskraft der Städte und der zunehmenden Verelendung in ländlichen Regionen blieb die Zahl der Siedler im Verhältnis zu Gesamtbevölkerung und Zahl verarmter und landloser Bauern gering. In Amazonien leben auch heute nur 15 Millionen Menschen; davon 80 % in städtischen Siedlungen, nur 3 Millionen sind Siedler (Anhörung Enquete-Kommission 7./8. 6. 89). Bei einer kontinuierlichen Wirtschaftsentwicklung und effektiven Landreformen hätten 3 Millionen Siedler in einem Land der Größe und Bevölkerungszahl Brasiliens (Gesamtbevölkerung = 141 Millionen) in Großstädten oder in ländlichen Gebieten außerhalb der Feuchtwaldregionen attraktivere Überlebensmöglichkeiten finden können. Wohl nur wenige wären in die „grüne Hölle“ der Feuchtwälder abgewandert. Allein in den riesigen hochmechanisierten Zuckermonokulturen Südbrasilien, die für die Erzeugung heute längst zu teuer gewordenen Treibstoffs aufgebaut wurden, hätten für die 800.000 Feuchtwaldsiedler Rondônias und anderer Amazonasgebiete Siedlungsraum und menschenwürdigere Lebensbedingungen geschaffen werden können. Allerdings wurde in Brasilien wie auch in anderen Ländern (z.B. den Philippinen) die Verelendung der bäuerlichen Bevölkerung durch Landvertreibungen und den Aufbau von „Agrobusiness“ in Großplantagen und Viehfarmen noch verstärkt.

Landzuteilung aus dem in Brasilien vorhandenen riesigen Großgrundbesitz außerhalb der Feuchtwaldzone hätte die Verelendung auf dem Land verhindern können.

Der Schutz der tropischen Regenwälder vor Besiedlung hängt daher gerade bei starker Bevölkerungszunahme ganz wesentlich von den politischen Entscheidungen über die nationalen Wirtschafts- und Agrarstrukturen, von der Qualität der Verwaltungsorganisation und den internationalen Handelsbeziehungen ab (Weltmarktpreise für Exporte, Handelsschranken etc.). Durch eine innovative Wirtschaftspolitik und eine komplementäre Sozialpolitik, also z.B. Landreform, könnten in vielen Ländern die notwendigen Arbeitsplätze für landlose Bauern und potentielle Feuchtwaldsiedler in Industrie und Handel, im Dienstleistungsbereich und informellen Sektor und in der Landwirtschaft geschaffen werden. Der Siedlungsdruck auf die Feuchtwälder, stets ein Symptom für extreme Verarmung, würde abgefangen. Dies setzt allerdings wirtschaftliche und politische Gesundungsprozesse voraus, die im Rahmen der ausweglosen Überschuldung der Feuchtwaldstaaten Lateinamerikas und Afrikas, für Asien sind die Philippinen zu nennen, nicht erwartet werden können.

Schutz der Regenwälder durch nachhaltige Nutzung und Tropenwaldaktionsplan?

Nachhaltige Nutzung

Von Forstwissenschaftlern, internationalen Organisationen (FAO, Weltbank) und Durchführungsorganisationen der nationalen Entwicklungshilfe (z.B. GTZ, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit; vgl. BURGER & FALLER, 1989) wird mit großem Engagement das Konzept einer „nachhaltigen (d.h. dauerhaften, d. Verf.) Nutzung“ propagiert. Durch dieses Konzept sollen großflächige Gebiete des Feuchtwaldes vor weiterer Besiedlung und Zerstörung geschützt und gleichzeitig ihre Artenvielfalt erhalten werden (vgl. GRAMMEL, dieser Band).

Die Grundidee ist: Entwicklungsländer können nur dann ein Interesse an der Erhaltung der Regenwälder haben, wenn diese wirtschaftlich wertvoll sind und ihre Exploitation auch langfristig möglich ist. Um ein Bild zu gebrauchen: Die Milchkuh wird nicht geschlachtet.

Der wissenschaftliche Nestor der Tropenforstwirtschaft und einer forstlichen „nachhaltigen Nutzung“ in der Bundesrepublik Deutschland ist Hans LAMPRECHT. Er hat die Ausführungen des Verfassers zum Schutz der Tropenwälder (OBERNDÖRFER, 1989) „nachhaltig“ kritisiert. Der Kritik LAMPRECHT_s (1989) merkt man den Ärger an, daß ein fachfremder Sozialwissenschaftler es wagte, in das eigene, als Besitzstand beanspruchte „Revier“ einzubrechen. Teile seiner Kritik beruhen auf Mißverständnissen und unterschiedlichen Wertsetzungen

(Ausbeutung durch Nutzung *versus* Konservierung zum Artenschutz). Der zentrale Punkt der Kritik – fehlende Realitätsnähe des Lösungsvorschlages „Schutz durch Entschuldung“ – kann an das Konzept des Rezensenten – „Schutz durch nachhaltige Nutzung“ – zurückgegeben werden. Der Verfasser erkennt die Bemühung des Rezensenten um Objektivität und Fairness an, innerhalb der Grenzen, die letzterem durch sein Konzept nachhaltiger Nutzung gesetzt werden. Die Rezension wurde dem Verf. von ihrem Autor zugesandt. Sie soll im Forstarchiv erscheinen.

LAMPRECHT's These 3 (1984: 100) lautet: „Die Umwandlung der Regenwälder zu volkswirtschaftlich wertvollen Gütern ist ein unentbehrliches Mittel... zu ihrer Erhaltung. Es darf als sicher gelten, daß Produktionswälder welche nachhaltig wertvolle Rohstoffe erzeugen, sich wesentlich leichter vor Zugriffen irgendwelcher Interessenten schonen lassen als solche, die keinen oder nur gelegentlich geringen Nutzen bringen“

Nachhaltige Nutzung heißt, daß der Wald durch forstlich verträglichen Ausschlag von Anbeginn wirtschaftlich genutzt und gleichzeitig die Zahl der nutzbaren Hölzer pro Hektar sogar noch kontinuierlich bis hin zur Entstehung eines „erntereifen Wirtschaftswaldes“ (LAMPRECHT, 1989) vermehrt wird, sich dabei aber nur die zahlenmäßige Zusammensetzung der Arten ändert und somit die Artenvielfalt im großen und ganzen erhalten bleibt. „Die Eingriffe dienen sowohl der Ernte als der Bestandsverbesserung und Nachwuchssicherung“ (LAMPRECHT, 1989). Verbesserung und Nachwuchssicherung sollen nach LAMPRECHT (folg. Zitate nach LAMPRECHT, 1984) erreicht werden u.a. durch sogenannte „Anreicherungs-systeme“ mit „Aushauung von Schneisen“ und „Auspflanzung standorttauglicher Wertarten“, durch „Verbesserungshiebe“, d.h. durch „wiederholten Einschlag zur systematischen Begünstigung der besten Individuen in der vorhandenen Bestockung,“ sowie durch „gelenkte Naturverjüngung wertvoller Arten“. Hier soll eine allmähliche Auflockerung des Altholz-Kronendachs und eine Naturverjüngung durch wertvolle Arten erreicht werden. Vorausgehen soll die Erstellung von Flächennutzungsplänen auf der Grundlage einer exakten Erforschung der Böden, des Klimas und der jeweiligen biologischen Ökosysteme.

Das Konzept der „nachhaltigen Nutzung“ richtet sich sowohl gegen den Raubbau durch Holzkonzessionäre als auch gegen die Schaffung von großflächigen Bioservaten oder von Monokulturen. Der Schutz großflächiger Bioservate wird als unrealistisch angesehen, „da die Regierungen aus ihnen kurz- und langfristig keinerlei wirtschaftlichen Nutzen ziehen“ könnten. Der „Wirtschaftswald“ sei als Mischwald den „öko-biologisch labilen Monokulturen“ überlegen. Er erlaube ferner der einheimischen Bevölkerung auch weiterhin traditionelle Formen der Nutzung wie z.B. das Sammeln von Nüssen oder die Gewinnung von Wildgummi. Die ursprüngliche Artenvielfalt bleibe in weitem Umfange erhalten.

Das dargestellte Konzept einer „nachhaltigen Nutzung“ der Feuchtwälder

und ihrer kontinuierlichen „Überführung“ in „erntereife“ Wirtschaftswälder ist nach unserer Ansicht ein extrem unrealistischer „Holzweg“, der die noch verbliebenen intakten Feuchtwälder eher gefährdet als schützt. Konzepte der Forstwirtschaft aus den gemäßigten Zonen (z.B. „Plenterung“) werden auf die tropischen Feuchtwälder ohne Berücksichtigung der dort damit verbundenen biologischen, bodenkundlichen, wirtschaftlichen und politischen Probleme übertragen. Dieses negative Urteil wird im folgenden begründet.

Biologie und Böden der Feuchtwälder

Die Ökosysteme und die ineinander vernetzten komplexen biologischen Reproduktionssysteme der Artenvielfalt in den sehr unterschiedlichen Mikrozonen der Feuchtwälder wurden von der Biologie bisher kaum erforscht. Die meisten Arten sind nicht bekannt, geschweige denn registriert oder beschrieben. Dieser geringe Erkenntnisstand wird auch von engagierten Befürwortern einer „nachhaltigen Nutzung“ eingeräumt:

„Die tropischen Regenwälder sind wissenschaftlich weitgehend unerschlossen, unerforscht und vernachlässigt worden. Wirklich fundierte Fachkenntnisse und Erfahrungen sind Mangelware.“ (BRUENIG, 1989: 31).

„Unter den mannigfaltigen Ursachen dieser Tatsache (gemeint ist die fehlende nachhaltige Nutzung «auf großen Flächen», d. Verf.) ist eine der entscheidenden das erschreckende Defizit an biologischem, ökologischem, waldkundlichem und waldbaulichem Grundwissen über die tropische Regenwald-Ökologie und die oft beinahe unübersehbare Zahl ihrer Baumarten“ (LAMPRECHT, 1984: 101).

Angesichts dieses Wissensstandes ist es schlechthin ungläubwürdig, daß die schweren Eingriffe einer nachhaltigen Nutzung in die Biotope und Ökosysteme der Feuchtwälder (Straßen, Schneisen, Niederreißen anderer Bäume beim Fällen, Abtransporte und Nachpflanzungen) nicht mit schweren Schädigungen der Artenvielfalt, Artenzusammensetzung und Regenerationsfähigkeit der Feuchtwälder verbunden sein sollen. Vor allem die gezielte Veränderung der biologischen Zusammensetzung durch Nachpflanzungen zur Vermehrung wertvoller Hölzer ist ohne eine drastische Dezimierung der Artenvielfalt nicht vorstellbar. Und wer weiß denn, wo, was und wie in den tausendfachen Mikrozonen der Feuchtwälder mit ihrer oft ganz unterschiedlichen Fauna und Flora erfolgreich nachgepflanzt werden kann? Schon geringe Abweichungen im Mineralgehalt der Böden, in der Zusammensetzung der biologischen Arten und in den Klimabedingungen können weitreichende Konsequenzen für Erfolg oder Mißerfolg haben. Die Störung des ökologischen Gleichgewichts z.B. kann eine Vermehrung gefährlicher Schädlinge gerade für die „gewünschten“ Nutzhölzer auslösen. Bei der Erhaltung der Feuchtwälder geht es im übrigen nicht nur um Bäume, sondern um eine Unzahl anderer biologischer Arten. Durch Eingriffe werden Glieder aus den systemisch miteinander verflochtenen Reproduktionsketten herausgebrochen. Damit werden die Überlebenschancen anderer Arten

gefährdet. Um zu wissen, welche Bäume wirklich nachwachsen, in welcher Weise sich die Artenkomposition der Feuchtwälder verändert, welche Artenverluste dabei eintreten und welche Konsequenzen bei Störungen des öko-biologischen Gleichgewichts befürchtet werden müssen, wäre der Erfahrungsschatz einer intensiven, finanziell und zeitlich aufwendigen Forschung erforderlich. Hierfür mangelt es, bezogen auf die überdimensionalen Aufgaben, an dem erforderlichen Heer von Tropenforstbiologen, Geographen, Bodenkundlern und Forstwissenschaftlern. Auch der Zeitfaktor ist von großer Bedeutung. Bis der notwendige „Forschungsstand“ erreicht sein wird, ist der Gegenstand der Forschung häufig wegen der irreversiblen Zerstörung schon nicht mehr vorhanden.

Für den möglichen Erfolg einer „nachhaltigen Nutzung“ wird vor allem das australische Queensland als Paradebeispiel genannt (Anhörung Enquête-Kommission 7./8. 6. 1989 und LAMPRECHT, 1989). Zur Anhörung war eigens ein Vertreter des *Rainforest Centre Queensland* eingeladen worden und anwesend. Auf den Vorbildcharakter Queensland wegen einer angeblich zu beobachtenden Beschleunigung der Evolution bzw. einer „rapiden Vermehrung der Arten“ machte ein von dem Demonstrationseffekt des Beispiels besonders begeisterter Anhänger der nachhaltigen Nutzung aufmerksam (Stachanowleistungen der Evolution!). Ein Besuch von Mitgliedern der Enquête-Kommission im Musterland Queensland war zum damaligen Zeitpunkt beabsichtigt.

Dieser Beleg für die Erfolgchancen nachhaltiger Nutzung hat die Wirkung einer wissenschaftlichen Irreführung. Die Feuchtwälder Queensland haben nämlich „beispiellos fruchtbare Schokoladeböden“ (KAISER, 1963: 254) und sind daher völlig untypisch. Der Regenerationsprozeß nach Einschlägen und Nachpflanzungen mit wertvollen extraktiven Nutz- und Edelhölzern hat einzigartige Voraussetzungen. Sie finden sich nicht einmal in vulkanisch stark gedüngten Böden Südostasiens. Ohne Bedrohung durch Siedlungsdruck wird in Queensland die Arbeit seiner hochqualifizierten Forstwirtschaft und Wissenschaft durch die Behörden geschützt und gefördert. Dies sind Faktoren, die es in den Feuchtwaldländern, mit Ausnahme Festland-Malaysias, nirgendwo gibt. Andere von Anhängern der „nachhaltigen Nutzung“ genannte Länder haben atypische, fruchtbare Böden und klimatische Sonderbedingungen (Vulkanböden und Höhenlagen) oder befinden sich außerhalb der eigentlichen Feuchtwaldzonen „Immergrüner Wälder“. In einem der genannten Beispielländer (BRUENIG, 1989: 1), der Volksrepublik Kongo, wurden nicht Feuchtwälder, sondern Savannen mit Kiefern und Eukalyptus aufgeforstet. Beispiele aus Amazonien mit seinen extrem armen Böden, fast die Hälfte der Feuchtwaldzone der Erde, werden nach unserer Kenntnis nicht genannt. Hier und in den anderen typischen Feuchtwaldgebieten mit armen Böden (ca. 90 % der Feuchtwaldzone) hat eine nachhaltige Nutzung mit Regeneration und Anreicherung der Bestände bis hin zum „erntereifen Wirtschaftswald“ keinen Erfolg. Die Böden lassen dies nicht zu:

„Ein erheblicher Teil der Ökosysteme und Standorte im tropischen Feucht-

wald (ist) von Natur aus so beschaffen, daß sie für jegliche Nutzung von Holz und Boden ungeeignet und daher von jeder anderer Nutzung ausgeschlossen werden sollten, außer für den Natur- und Biotopenschutz sowie Klima-, Wasser- und Bodenschutz" (BRUENIG, 1989: 32).

LAMPRECHT (1989), nennt Queensland, Trinidad, Nigerien und Südostasien als Beispiele für Projekte nachhaltiger Nutzung. Auch Trinidad ist ein irreführendes Belegbeispiel. „Die üppige Vegetation“ wird durch „Verwitterungsprodukte der Schiefer- und Kalkgesteine“ ermöglicht. Die Forstwirtschaft der von den Engländern aufgebauten und hinterlassenen Forstverwaltung hat also wegen der vergleichsweise reichen Böden unvergleichlich bessere Voraussetzungen als in den typischen Feuchtwaldgebieten (SKOTSCH, 1929: 79; GIACOTTINO, 1977: 197ff. und 231ff.). Die Feuchtwälder Trinidads wurden schon in britischer Zeit zum Schutz des Wasserhaushaltes der Insel geschützt und in begrenztem Umfang forstlich bewirtschaftet.

BRUENIG (1989: 1) beruft sich auf Fallbeispiele aus Mexiko, Kongo, Kamerun, Malaysia und den Philippinen, die bei einer Tagung der DSE (Deutsche Stiftung für internationale Entwicklung) mit 68 Wissenschaftlern, Praktikern und Vertretern internationaler Organisationen in Feldafing am 16.-20. 1. 1989 präsentiert wurden. Durch sie und Ausführungen in einer angekündigten Publikation würden „die mehr allgemeinen Feststellungen“ seiner Studie „mit Fakten“ „untermauert“. Daß diese Beispiele möglicherweise nicht beweiskräftig sind, zeigt das Beispiel Kongo (keine Feuchtwaldaufforstung). Auch bei den anderen „Beispielen“ sind Überraschungen möglich, so haben z.B. die Feuchtwälder Mexikos in Yucatan Kalkböden.

BRUENIG möchte von den 500 Millionen Hektar noch intakten Primärwäldern die Hälfte, also 250 Millionen Hektar, zu Bioservaten machen. Für die andere Hälfte hält er ohne nähere Begründung eine „nachhaltige Nutzung“ bis zu einem solchen Umfange möglich, daß aus ihr der gesamte zukünftige Holzbedarf tropischer Länder gedeckt werden kann (1,5 bis 1,8 Milliarden Kubikmeter Rohholz). Damit ergibt sich ein unerschöpflicher Bedarf für auswärtige forstwirtschaftliche Expertisen. Die Disziplin darf den Anbruch eines „goldenen“ Zeitalters erwarten.

Wirtschaftlicher Ertrag, Umweltschäden, Besiedlungseffekt und politisch-administrative Rahmenbedingungen

Hinsichtlich des wirtschaftlichen Ertrags, der Umweltschäden, des Auslöser- und Türöffnereffekts für Besiedlung und der Realitätsferne zu den (eigentlich) erforderlichen politisch-administrativen Rahmenbedingungen gelten für eine „nachhaltige Nutzung“ all die kritischen Bemerkungen, die zu den Folgen der Holzexploitation durch Raubbau, d.h. durch Ausschlag aller kommerziell nutzbaren Hölzer pro Areal, gemacht wurden (vgl. S. 233 ff.). Unter einigen Aspek-

ten ist die nachhaltige Nutzung sogar eine noch effektivere Methode der Waldvernichtung als der übliche Raubbau.

Wir gehen der Reihe nach vor: Wie gezeigt wurde, ist der Raubbau für die betreffenden Länder gesamtwirtschaftlich wenig bedeutend, bringt aber auch bei Berechnung des tatsächlichen Nettoerlöses den Konzessionären und Lizenzgebern attraktive Gewinne. Bei nachhaltiger Nutzung werden sich ähnliche Erträge nur auf atypischen besseren Böden und auch hier nur in langen Zeiträumen erzielen lassen. Bis der „erntereife Wirtschaftswald“ gewachsen ist, muß vielleicht 50 Jahre oder noch länger gewartet werden. Ist dies ein „attraktives“ Geschäft für die am Holzeinschlag beteiligten politischen Eliten? Sicher nicht. In der Zwischenzeit sind die Ernteerträge pro Hektar notwendigerweise geringer, es werden ja viel weniger Bäume gefällt, als bei Raubbau. Bei einer nachhaltigen Nutzung müssen ferner die Sach- und Personalkosten höher sein als bei dem üblichen Raubbau durch Konzessionäre (für große Flächen: Wegebau, Transport und Einschlag sowie langfristige Unterhaltung eines teuren, schnell korrodierenden und reparaturanfälligen Maschinenparks, höherer Lohnkostenanteil, teure und schwierige Nachpflanzungen). Würden, wie behauptet wird, bei nachhaltiger Nutzung tatsächlich „mit einem Schlag die Kosten sinken und die Gewinne steigen“ (BRUENIG, 1989: 24), wäre diese Nutzungsform von den Holzkonzessionären längst übernommen worden und nicht ein Geheimrezept forstwissenschaftlicher Literatur geblieben. Wenn in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten (vgl. GRAMMEL, dieser Band: 165) eine nachhaltige Nutzung vorgeschlagen wird, bei der durch den Abtransport des geschlagenen Holzes mit Hubschraubern der Wegebau und das mit ihm stets verbundene Einsickern von Brandrodungssiedlern vermieden werden sollen, ist auch hier die monetäre Kosten-Nutzenbilanz mit Sicherheit negativ. Bei Vermeidung des Straßenbaus müßte der Transport von Hölzern mit Helikoptern in den unerschlossenen Feuchtwaldgebieten über riesige Entfernungen erfolgen und wäre daher extrem kostenintensiv. Dies um so mehr, da auch bei diesem Nutzungskonzept zur Begrenzung der biologischen Schäden nur sehr wenige Bäume pro Areal geschlagen und abtransportiert werden sollen.

Die Ursache dafür, daß das Konzept der nachhaltigen Nutzung bisher nicht angenommen wurde, sieht BRUENIG (1989) im derzeitigen niedrigen Niveau seiner Disziplin in der Bundesrepublik und in der Verwirrung der Öffentlichkeit durch eine demagogische und polemische Publizistik. Er holt dabei unter der Überschrift „Das besondere deutsche Handicap“ weit aus und hält auch eine energische Lösung bereit (54): „Jahrzehntelanger kritikloser Positivismus, Technikgläubigkeit und Bevorzugung «praxisorientierter» Experimente statt ernsthafte problemorientierter Forschung bei der Entwicklungshilfe in den Tropen zeigen sich in der heutigen Situation als schwere Fehler und wirken sich nachteilig für die Bundesrepublik aus. Die Bundesrepublik ist in der sich abzeichnenden ökologischen und sozialen Katastrophe gefordert, es fehlen aber fundiertes Wissen und ausreichender Sachverstand. Der im internationalen Vergleich schlimme

Rückstand in der tropenökologischen Forschung und damit im Zusammenhang stehend der im Vergleich zur Situation in den USA, Großbritannien, Niederlande und Frankreich große Mangel an ernstzunehmenden Wissenschaftlern und Praktikern mit fundierten Kenntnissen stellt die Handlungsfähigkeit der Bundesrepublik in Frage.“ BRUENIGS Lösung: „Es gilt auch hier das Wort von MdB Christian LENZER am 13.02.89 in Bezug auf Umweltforschung: «Aber nicht möglichst strenge Vorschriften, sondern echte Problemlösungen sind Zeichen erfolgreicher Politik»“. Hätte er diese Forderung nicht auch an seine eigenen Lösungsvorschläge anlegen sollen?

Daß „nachhaltige Nutzung“ zwangsläufig kostenintensiver als die jetzt von den Konzessionären praktizierten Exploitationsmethoden sein muß, zeigt der neuerdings von den Leitern der Abteilung Wald und Forst in der GTZ (BURGER & FALLER, 1989: 22) vorgeschlagene Tropenholzimportboykott für Hölzer aus kommerziellen Einschlägen. Sie befürworten diesen Boykott, da andernfalls die aus nachhaltiger Nutzung stammenden Hölzer wegen ihrer höheren Produktionskosten nicht konkurrenzfähig seien: „... liegt gerade eine besondere Schwierigkeit der Einführung nachhaltiger Nutzungsverfahren des Tropenwaldes darin, daß das so zwangsläufig unter höheren Kosten erzeugte Holz zu solchem aus destruktiver Waldnutzung nicht konkurrenzfähig ist. Ein selektiver Tropenholzimportboykott, der sich nur gegen Holz aus nicht nachhaltig bewirtschafteten Wäldern richtete, würde die Chancen der Einführung nachhaltiger Waldbewirtschaftung wesentlich erhöhen.“

Da bei „nachhaltiger Nutzung“ zur Deckung der Investitionskosten möglichst große Flächen genützt werden müssen, werden die Umweltschäden und der Öffnungseffekt für Besiedlung weit größer sein als bei Raubbau auf begrenzten Flächen an der noch unerschlossenen Waldfront. Auch wenn es gelänge, mit Methoden der nachhaltigen Nutzung den Zerstörungseffekt für die Flora und Fauna pro Einschlagfläche um 30 bis 50 % zu verringern (BRUENIG, 1989: 24), bliebe gegenüber einem „normalen“ Schädigungsanteil von 40 bis 50 % im traditionellen Raubbau immer noch ein Beschädigungseffekt von 25 bis 35 %, der sich aber wegen der beabsichtigten und notwendigen Nutzung großer Flächen stark summiert. Da eine nachhaltige Nutzung nur mit hochqualifiziertem Forstpersonal möglich ist, das vor allem im Bereich der durchführenden mittleren und unteren Chargen in den Ländern selbst fast nirgendwo vorhanden ist (zur geringen Effizienz der Verwaltung OBERNDÖRFER, 1981: 13 ff.), kann sie nur mit teuren ausländischen Experten praktiziert werden (jährliche „durchschnittliche“ Kosten eines Experten der deutschen Technischen Hilfe = 240.000 DM). Die geforderte nachhaltige Nutzung von 250 Millionen Hektar (BRUENIG, 1989: 25) veranschaulicht die überdimensionierten Kosten des geforderten überdimensionierten Programms. Eine „nachhaltige Nutzung“ würde, wie die Forderungen der GTZ-Experten nach einem Importboykott für Holz aus normalem Einschlag plastisch veranschaulichen, primär Defizite „produzieren“. Demgegenüber wäre die Null-Lösung, die Belassung der Wälder als Reservate in ihrem

Naturzustand, die billigere Alternative. Und wo gibt es die Regierungen, politischen Eliten und Behörden, die die erforderlichen hochqualifizierten Förster gegen Siedler und andere politisch gefährliche „Nutzungen“ schützen und ihre Arbeit fördern? BRUENIG (1989: 24 und 40) fordert einen „kompetenten Forstdienst, der ausreichende politische Rückendeckung hat“. Gleichzeitig beklagt er, „daß die Forstbehörden in der Regel gegen die Holz-Mafia in den Ländern machtlos sind“. So ist z.B. wegen der bekannten Qualität der Politik und Verwaltung Liberias auch von den dortigen Projekten der deutschen Technischen Hilfe für eine „nachhaltige“ Forstwirtschaft keinerlei Nachahmungseffekt zu erwarten, ja im Gegenteil, sie werden die neuerdings durch den kommerziellen Holzeinschlag sich ausbreitende Brandrodung verstärken helfen (BMZ-aktuell 1988: Anl. 2, 4ff.). Da die Gewinne aus Holzexploitation bisher meist nicht für produktive Investitionen zum Aufbau der Wirtschaft und für Veränderungen der gesellschaftlichen Strukturen verwandt wurden, bleibt auch hier offen, inwieweit der eventuelle Ertrag für sinnvolle wirtschaftliche und soziale Investitionen Verwendung finden würde. Diese Frage stellt sich freilich in vielen Bereichen der Entwicklungshilfe. Es mag sein, daß es mit ausländischer Hilfe im Rahmen günstiger Sonderbedingungen, z.B. besseren Böden, in diesem oder jenem Vorzeigeprojekt gelingt, die Zahl verwertbarer Hölzer pro Areal zu vermehren - wobei mögliche Schäden für die Artenvielfalt der Wälder hier einmal außer Betracht bleiben sollen. Zum Schutz der großen Feuchtwälder Amazoniens, Afrikas und Asiens aber ist das Konzept der nachhaltigen Nutzung kontraproduktiv und mit dem Schutz ihrer Artenvielfalt nicht vereinbar.

Dies führt uns zu der merkwürdigen Schizophrenie in der emotional hoch aufgeladenen Argumentation der „Verfechter“ einer „nachhaltigen Nutzung“. Sie präsentieren akribische Analysen, in denen gezeigt wird, daß die Ursachen der Waldzerstörung Siedlungsdruck, Wirtschaftsinteressen, fehlende Landreformen, weltwirtschaftliche Rahmenbedingungen, unfähige und korrupte Behörden und vieles mehr sind. Ferner werden Vorschläge zu einer Kompensation für unterlassenen Raubbau und andere zerstörerische Formen der Waldnutzung unter Berufung auf die „tatsächlichen“ Ursachen der Waldzerstörung als utopisch abqualifiziert. Bei dem eigenen Konzept der Rettung durch nachhaltige Nutzung aber hört das Denken auf. Die selbst angeführten „Ursachen“ existieren jetzt nicht mehr. Einerseits wird über die fehlenden Kenntnisse der Biologie und Ökologie der Feuchtwälder geklagt, andererseits wird von angeblich fundiertem Wissen über die mittel- und langfristigen Folgen von Eingriffen ausgegangen. Alles ist möglich - auch das Überspringen der zuvor selbst geschilderten handfesten wirtschaftlichen und politischen Realität.

Also doch: Die Forderungen nach einer nachhaltigen Nutzung der immer noch riesigen Feuchtwälder sind „theoretische Sandkastenspiele ohne Realitätsbezug“, allerdings gefährliche Spiele wegen ihrer möglichen langfristigen negativen öko-biologischen und wirtschaftlichen Konsequenzen. Die Verwirklichung „nachhaltiger Nutzung“ durch konkrete Maßnahmen hat eine weitere, von

ihren Befürwortern wohl nicht gewollte, ihr aber immanent eingebaute Konsequenz. Die „Nutzung“ läuft auf ein gewaltiges Arbeitsbeschaffungsprogramm für ausländische Expertise hinaus (OBERNDÖRFER, 1986: 32ff.; daselbst insbesondere auch zur Verflechtung der Interessen der Geber und ihrer Durchführungsorganisationen als Hindernis für die Korrektur entwicklungshemmender Projekte). Wie bei anderen Bereichen der Entwicklungshilfe werden wegen der handfesten Eigeninteressen der Helfer (Gutachten, Gutachterreisen, hohe Expertengehälter, Forschungsfinanzierung) die Maßnahmen leicht zu Selbstläufern, die auch dann noch fortgesetzt werden, wenn sich der erhoffte Erfolg nicht einstellt. Die Alibis für ausbleibende Fortschritte bei der Zielverwirklichung – angeblich in der Zukunft doch noch erreichbare Erfolge, bereits getätigte Investitionen sollen nicht verlorengehen – lassen Kurskorrekturen wie in anderen Entwicklungsprojekten nur geringe Erfolgchancen. Auch an kostspieligen Vorzeigeprojekten ausländischer Experten wird es nicht fehlen. Ihre Zukunft nach dem Abzug der Experten ist prognostizierbar: Es bleiben den „begünstigten“ Ländern teure Entwicklungsruinen.

Der Tropenwaldaktionsplan – Vernachlässigung des Schutzes der Primärwälder und ihrer Artenvielfalt

Der Tropenwaldaktionsplan (TWA oder TFAP = *Tropical Forestry Action Plan*) wurde im Auftrag der Welternährungsorganisation FAO vom World Resources Institute (WRI) in Kooperation mit dem Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen (UNDP) und der Weltbank erarbeitet. Der Tropenwaldaktionsplan wird jetzt von einer Arbeitsgruppe (*Task Force*) der FAO implementiert, an der FAO, WRI und Weltbank beteiligt sind. Im TWA wird ein Investitionsprogramm von 8 Milliarden US\$ zur Rettung der tropischen Wälder vorgeschlagen. Mit tropischen Wäldern sind nicht nur die Feuchtwälder, sondern auch subtropische Wälder und offene Wälder oder Baumbestände in Trockengebieten gemeint. Neben einem umfangreichen Programm von Forschungsprojekten (länder- und sektorbezogene Studien) sowie Programmen zum Aufbau von forstwissenschaftlichen Forschungseinrichtungen und Ausbildungsstätten sind Investitionen von ca. 5,3 Milliarden US\$ für Maßnahmen vorgesehen, davon 1,9 Mrd US-\$ für „Feuerholz- und Agroforstwirtschaft“ (z.B. Projekte zur Verringerung des Brennholzkonzsums, zur Wiederaufforstung und Landnutzung mit ökologisch angepaßten Formen der Agroforstwirtschaft), 1,2 Milliarden US\$ für „Landnutzung in gebirgigen Wasserursprungsgebieten“ (Verhinderung weiterer Abholzung und Erosion durch Aufforstung und ökologisch angepaßte Landnutzung), 1,64 Milliarden US\$ zum „Waldbau für industrielle Nutzung“ (Aufbau von Holzgroßplantagen, eventuell auch in der Form von „Wirtschaftswäldern“) und 0,55 Milliarden US\$ für „Konservierung“ (Einrichtung von Biosphäreservaten in Feuchtwäldern zum Schutz ihrer Artenvielfalt).

Das Investitionsprogramm soll jeweils zur Hälfte durch Entwicklungsbehörden bzw. internationale Finanzierungsorganisationen (Weltbank) und durch die nationalen Regierungen bzw. durch bilaterale Entwicklungshilfe finanziert werden. Die Verdienste des Tropenwaldaktionsplans liegen vor allem in den vorgeschlagenen Maßnahmen zur sicher auch wichtigen Wiederaufforstung und anderen ökologisch wünschenswerten Formen der Landnutzung in subtropischen Gebieten und Savannen. Hier gibt es in der Tat bewährte Methoden ökologisch angepaßter Landnutzung. Wiederaufforstung hat z.T. gute Erfolgschancen. Sinnvoll sind auch die länder- und sektorbezogenen Studien. Der Kritik internationaler Umweltorganisationen, die Einzelmaßnahmen des TWA seien nicht mit einer ökologischen Gesamtplanung und insbesondere nicht mit den Projekten der Weltbank abgestimmt, suchte die Weltbank durch den Aufbau einer ökologischen Stabsabteilung, durch die Einrichtung von Umweltreferaten in den Regionalabteilungen und eine stärkere Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte bei der Kreditvergabe Rechnung zu tragen. Wie die Verweigerung der Kredite für die in Brasilien geplanten Stauseen oder für weitere Großsiedlungsprojekte in den Feuchtwäldern Kalimantans zeigt, ist dies in einigen Fällen geschehen. Bei den Feuchtwäldern liegt ein Schwerpunkt des TWA auf *management for industrial use* (1,64 Milliarden US\$). Aus dieser Rubrik können eventuell auch Projekte „nachhaltiger Nutzung“ finanziert werden. Hauptsächlich sind jedoch Großplantagen für Monokulturen beabsichtigt. Ihre bio-ökologische Labilität ist bekannt, und ihr Erfolg „in eigentlichen Feuchtwaldgebieten“ wird bestritten (STEINLIN, 1988). Jedenfalls ist der hier vorgeschlagene Weg mit dem Ziel der Erhaltung der Artenvielfalt nicht vereinbar. Wenig erfolgversprechend ist auch eine Nutzung abgeholzter Flächen ehemaliger Feuchtwälder, von Sekundärwäldern oder sogar von Feuchtwäldern selbst durch Agroforstwirtschaft (vgl. OBERNDÖRFFER, 1989: 19). Der eigentliche Schwachpunkt des Tropenwaldaktionsplans ist der geringe Stellenwert des Schutzes der Artenvielfalt. Von den Gesamtinvestitionen für praktische Maßnahmen sind nur 0,54 Milliarden US\$ für die Schaffung von Bioreservaten vorgesehen, d.h. 10% der Gesamtinvestitionen für Maßnahmen (für Brasilien nur 7%). Eine inzwischen von UNDP im Auftrag der FAO durchgeführte Studie zeigte, daß bisher sogar nur 2% der Investitionen für die Schaffung von Bioreservaten verwandt wurden (Anhörung Enquête-Kommission 7./8. 6. 89). Die starke Kritik an der Vorrangigkeit kommerzieller Nutzung tropischer Wälder gegenüber ihrem Schutz durch Bioreservate scheint inzwischen in der FAO zu einem Prozeß des Umdenkens geführt zu haben. Die Schaffung von Bioreservaten für Feuchtwälder soll nun Vorrang haben (Anhörung Enquête-Kommission 7./8. 6. 89, so der anwesende Vertreter der FAO im Gespräch mit dem Verfasser). In den letzten drei Jahren soll 1 Milliarde US\$ aus multilateraler und bilateraler Hilfe im Rahmen des TWA zur Bekämpfung der weiteren Zerstörung tropischer Wälder investiert worden sein: „Niemals zuvor war jedoch die Zerstörungsrate größer gewesen“ (*Far Eastern Economic Review*, 12. 1. 1989).

Wegen des Mangels geeigneter Fachkräfte in den Entwicklungsländern für die Durchführung der geplanten Projekte, in Anbetracht des gewaltigen Investitionsvolumens des TWA in Höhe von 8 Milliarden US\$ und des relativ kurzen Zeitraums von 5 Jahren für „Ausgaben“ („Pipelineproblematik“) muß befürchtet werden, daß auch hier ein „Arbeitsbeschaffungsprogramm“ für ausländische Expertise erstellt wird. Im TWA, an dem sich auch die Bundesrepublik speziell für den Schutz tropischer Feuchtwälder finanziell beteiligt hat, wird die Hilfe überwiegend in der Form zwar billiger, aber langfristig eben doch rückzahlbarer Kredite gewährt. Damit wird auch durch den TWA die Schuldenlast längst überschuldeter Länder vermehrt. Für die Erhaltung der Feuchtwälder selbst kann der TWA keine Lösung sein. Wie dargestellt, sind nur Bruchteile des Finanzierungsvolumens der Erhaltung von Feuchtwäldern gewidmet.

Schutz der Feuchtwälder durch ökonomische Kompensation

Die Priorität: Erhaltung der Artenvielfalt

Gegenüber den meisten anderen Problembereichen des Umweltschutzes hat die Erhaltung der tropischen Feuchtwälder sachlich und zeitlich einen vorrangigen Stellenwert. Durch ökologisch verträgliche Formen des Wirtschaftens und des Verbrauchs, durch neue Techniken, neue umweltverträgliche Produkte (z.B. biologisch abbaufähige Kunststoffe), Änderungen im Konsumverhalten und in den Lebensformen können viele Umweltschäden begrenzt und reduziert werden. Verschmutztes Wasser kann beispielsweise wieder gesäubert, vergifteter Boden entsorgt und die Luft von weiteren Schadstoffemissionen entlastet werden. Mit der Zerstörung der tropischen Feuchtwälder hingegen werden Millionen von Arten unwiederbringlich vernichtet. Bei einer Wiederaufforstung, falls sie überhaupt Erfolgchancen hat oder durch wissenschaftlich-technische Fortschritte ermöglicht wird, kann die frühere Artenvielfalt nicht mehr „wiederhergestellt“ werden. Beim Schutz der Regenwälder geht es nicht nur um den großen materiellen Wert des ökonomischen Potentials der Artenvielfalt ihrer biogenetischen Ressourcen oder um die Vermeidung von Erosion und Klimaschäden, sondern auch um die Rettung einer in vielen Millionen Jahren der Erdgeschichte gewachsenen Schöpfung. Die Zeit für Rettungsaktionen läuft schnell ab. Sofortige und schnell wirksame Maßnahmen sind notwendig.

Priorität muß die Erhaltung der wenigen noch intakten Primärwälder haben. Erforderlich ist die Schaffung großflächiger Bioreservate, für die im TWA einleuchtende Vorschläge gemacht wurden, z.B. Schaffung von Pufferzonen. Die Bioreservate selbst können auch weiterhin mit traditionellen ökologisch angepaßten Formen der Nutzung, z.B. Sammeln und kleinflächige Brandrodung,

von ihren bisherigen Bewohnern genutzt werden. Da die geforderte forstliche Nutzung riesiger Feuchtwaldflächen, nach BRUENIG (1989) 2,5 Millionen km², also mindestens die Hälfte der noch intakten Primärwälder, überhaupt nichts bringt, müßte dieser Vorschlag akzeptabel sein. „Degradieren“ d.h. beschädigten Primärwäldern muß die Möglichkeit der Regeneration gegeben werden. In den an die Feuchtwälder angrenzenden, bereits gerodeten Flächen sollte eine Aufforstung versucht werden, trotz aller geäußerten Bedenken gegen ihren Erfolg. Sekundärwälder, manchmal sogar in der Form von Monokulturen, verhindern weitere Bodenerosion, Klimaschäden und die Entstehung biologischer Wüsten. Sie haben auch eine Schutzfunktion für die verbleibenden Feuchtwälder. Dies alles setzt voraus, daß die weitere Besiedlung zum Stillstand gebracht wird. Der Selbstschutz der Feuchtwälder, ihre Unzugänglichkeit, darf nicht durch unnötigen weiteren Straßen- und Wegebau verringert werden. Auch wegen ihres Türöffnereffekts muß die Holzexploitation, die vor allem der Bereicherung der politischen Eliten gedient hat, eingestellt werden. Andere ökologisch fragwürdige Formen wirtschaftlicher Nutzung, wie z.B. der Bau von Speicherräumen, müssen unterlassen werden. In Ländern mit starkem Siedlungsdruck erhält die Schaffung ökonomischer Alternativen für die Siedler einen zentralen Stellenwert.

Es handelt sich hier um ein Maximalprogramm, das sicher nicht in vollem Umfange eingelöst werden kann. Bedeutende Bodenschätze z.B. wird man unter dem Druck wirtschaftlicher Interessen und Zwänge erschließen, selbst wenn dabei wertvolle Flächen noch intakten Primärwaldes vernichtet werden. Aber auch schon begrenzte Erfolge würden eine internationale Großaktion rechtfertigen.

Schutz durch ökonomische Kompensation

Der Schutz der Feuchtwälder gegen weitere Zerstörung hat nur bei massiven ökonomischen Kompensationen durch das Ausland eine Chance. Die Kompensationen müssen so attraktiv sein, daß sie von den politischen Eliten akzeptiert werden müssen, da eine Ablehnung im In- und Ausland mit nachhaltigem politischem Legitimationsverlust verbunden wäre. Die Kompensationen müssen ferner auf die Wiederbelebung der Volkswirtschaften in den derzeit ausweglos überschuldeten Feuchtwaldstaaten Lateinamerikas und Afrikas abzielen. Nur so können die politischen und wirtschaftlichen Zwänge abgebaut werden, die jetzt die Ursache der langfristig zerstörerischen Nutzung sind. Kompensiert werden müssen die möglichen kurzfristigen wirtschaftlichen und politischen Mitnahmegewinne einer Ausbeutung durch Besiedlung, Holzeinschlag und andere Arten wirtschaftlicher Nutzung. Der politische Entscheidungsspielraum der Regierungen für die Durchsetzung ökologischer Ziele, deren langfristiger wirtschaftlicher

Nutzen ja nicht unmittelbar wahrgenommen werden kann, ist in den hochverschuldeten und armen Feuchtwaldstaaten Lateinamerikas und Afrikas noch stärker durch kurzfristige politische und ökonomische Zwänge eingeeengt als in den reichen Industriestaaten. Maßnahmen gegen die langfristigen Folgen der Waldzerstörung – Artenvernichtung, Völkermord, Bodenerosion und regionale und globale Klimaschäden – haben ohne Kompensation gegen den Druck politischer und wirtschaftlicher Tageszwänge keine Chance auf politische Durchsetzung. Das große ökonomische Potential der Artenvielfalt und der Genressourcen der Regenwälder muß erst durch die Wissenschaft erschlossen werden. Gewinne aus der Genforschung, aus der Findung neuer Wirkstoffe oder aus Züchtungserfolgen fließen zunächst einmal den Patentinhabern und Lizenzvergebern in den Industriestaaten zu.

Die notwendige Kompensation muß, um politisch wirksam zu werden, durch eine Großaktion der reichen Industriestaaten aufgebracht werden. Die Kompensation muß zunächst am derzeit drängendsten Problem der Entwicklungsländer ansetzen, nämlich bei der Entlastung von erdrückender, alle Eigenanstrengungen vereitelnder Überschuldung. Nur wenn ein Ausweg aus der Schuldenfalle geöffnet wird, nur wenn der Kapitalabfluß durch Tilgungs- und Zinszahlungen und die Flucht des einheimischen Kapitals wegen des Vertrauensverlustes in die eigenen wirtschaftlichen Entwicklungschancen zum Stillstand gebracht werden, können sich die Volkswirtschaften der Schuldnerländer erholen. Die Verarmungsprozesse würden angehalten werden. Durch die Schaffung von Arbeitsplätzen im Sekundär- und Tertiärsektor würden weit attraktivere Lebensmöglichkeiten geboten als jetzt durch das Siedeln im Urwald. Solange die Überschuldung die Bewilligung neuer Kredite und damit die wirtschaftliche Entwicklung und die notwendige Schaffung von Arbeitsplätzen im sekundären und tertiären Sektor behindert, können die Schuldnerländer auch mit gezielten finanziellen Zuwendungen für Umweltschutz nicht dafür gewonnen werden, von der bisherigen zerstörerischen Ausbeutung ihrer natürlichen Ressourcen abzusehen. Der Verzicht auf ökologischen Raubbau setzt die Überwindung des derzeit wichtigsten Entwicklungshemmnisses voraus: der Überschuldung.

Der vom Verfasser aus Anlaß des Weltwirtschaftsgipfels 1988 in Toronto an anderer Stelle vorgeschlagene Schuldenerlaß und Tausch von Schulden gegen Umweltschutz (OBERNDÖRFER, 1989) wäre die derzeit wichtigste und wohl wirksamste Form von Maßnahmen für die Rettung der Feuchtwälder. Um Schuldentausch handelt es sich, wenn Schulden auf dem Sekundärmarkt zu hohen Nachlässen aufgekauft (bolivianische oder brasilianische Schuldtitel werden z.B. mit Rabatten von 90 % bzw. 53 % angeboten) und gegen Umweltschutzmaßnahmen in einheimische Währung getauscht werden. Die Modalitäten des Schuldentausches für Umweltschutz (*debt for nature swap*) wurden von amerikanischen Umweltschutzorganisationen entwickelt (zu den verschiedenen Modellen des Schuldentausches und ihren Techniken, z.B. Verhinderung inflationärer Wirkungen, vgl. OBERNDÖRFER, 1989: 21ff.).

Diese Kompensation durch Hilfe zur Entschuldung müßte durch weitere Kompensationen ergänzt werden, so z.B. durch Senkung der Zollschränken für Exporte aus Entwicklungsländern, erhöhte Entwicklungshilfe oder unspezifischen Schuldenerlaß bei dringenden Notfällen. Je nach Einzelfall könnte die Kompensation in der Form eines „Kompensationsmenües“ (OBERNDÖRFER, 1989: 37) erfolgen, also z.B. durch Handelserleichterungen + Entwicklungshilfe + Schuldennachlaß.

Da in der Gesamtschuldenlast gerade der ärmsten Entwicklungsländer der Anteil der Bankforderungen gering ist, müssen Möglichkeiten zu einer Entschuldung gerade auch für Forderungen aus der bilateralen und multilateralen Entwicklungshilfe gesucht werden. Auch für bilaterale und multilaterale Schuldtitel sollte die Möglichkeit einer Entschuldung oder Umschuldung in längere Laufzeiten zu niedrigeren Zinssätzen im Austausch für Umweltschutz geschaffen werden. Die Bundesrepublik Deutschland hat im Schuldenerlaß für „ärmste Länder“ – allerdings ohne Forderungen der wünschenswerten und annehmbaren, zumindest symbolischen Gegenleistungen – eine Vorreiterrolle gespielt. Die Verbindung von effektivem Umweltschutz und effektiver Entschuldung ist nur mit Hilfe neuer Institutionen möglich. In diesem Sinne forderte der amerikanische Kongreß 1988 im Bewilligungsgesetz für auswärtige Maßnahmen „neue Institutionen“ für Entschuldung und Umweltschutz (vgl. hierzu und zu den folgenden Ausführungen OBERNDÖRFER, 1989: 33-44). Auch bei den Verhandlungen über die Kapitalaufstockung der Weltbank wurde im Kongreß eine neue internationale Behörde zum Schuldenaufkauf und -tausch für Umweltschutz vorgeschlagen. Im gleichen Sinne forderte Dr. Mostafa K. TOLBA, der Direktor von UNEP (*United Nations Environmental Program*), für die Erhaltung der tropischen Feuchtwälder eine „Kompensation durch Schuldennachlaß“ mit Hilfe eines internationalen Trustfonds. Vom Verfasser und anderen wurde für die weltweite Koordinierung und Implementierung eines Schuldennachlasses, Schuldentausches und anderer Maßnahmen zum Schutz der Feuchtwälder eine Institution nach dem Muster der internationalen Atomenergiebehörde vorgeschlagen. Ihre Aufgabe wäre nicht nur Planung und Management des Schuldennachlasses und Schuldentausches für Umweltschutz, sondern auch die Kontrolle der mit den nationalen Behörden vereinbarten Maßnahmen zum Schutz der Regenwälder. Die Weltbank ist als Großgläubiger gerade der armen Schuldnerstaaten nur innerhalb enger Grenzen befähigt, diese Aufgaben wahrzunehmen. Für das besonders schwierige Problem der administrativen Überwachung des Schutzes der Feuchtwälder vor weiterer Zerstörung sollten der zuletzt von Galal MAGDI, dem UNEP-Vertreter für Indonesien, zur Diskussion gestellte Vorschlag des *Leasing* von Tropenwäldern durch Geberländer ernstgenommen und die technischen und rechtlichen Fragen seiner Verwirklichung überprüft werden. Die Geberländer könnten leistungsfähige Forstschutzprogramme und Verwaltungen in den von ihnen treuhänderisch geleasteten Gebieten aufbauen. Durch Präsenz vor Ort würde Raubbau eher identifizierbar und erkennbar als

durch die einheimischen örtlichen Behörden, die aus naheliegenden Gründen häufig eine Politik des Nicht-Hinsehens verfolgen. Neben Kompensationen durch Schuldenerlaß, Schuldentausch, Entwicklungshilfe und Handelserleichterungen wären Importbeschränkungen oder -verbote tropischer Rundhölzer weitere mögliche Beiträge zum Schutz der Regenwälder. Der Nutzen eines selektiven „Tropenholzimportboykotts“ gegen Hölzer, die aus Raubbau gewonnen wurden, wird inzwischen ja auch von den maßgeblichen Forstexperten der deutschen Technischen Hilfe anerkannt. Analog zum Washingtoner Artenabkommen über das Verbot des Importes von Ausrottung bedrohter Pflanzen und Tiere müßte einem internationalen Abkommen zur Beschränkung oder zum Verbot des Importes tropischer Hölzer politische und administrative Breitenwirkung verschafft werden. Ein solches Abkommen hätte auch wegen der vergleichsweise geringen und durch Erschöpfung der Bestände stark rückläufigen Bedeutung der tropischen Edelhölzer eine Chance. Tropische Hölzer können durch schnell nachwachsende Hölzer aus gemäßigten Klimazonen ersetzt werden. Für die Exportländer selbst wären Importbeschränkungen oder -verbote nur auf dem Hintergrund der zuvor erwähnten Kompensationen annehmbar.

Bei dem hier dargestellten Kompensationsmodell konnte auf technische Details, im besonderen auf schwierige Fragen einer effektiven Kontrolle des Waldschutzes vor Ort, nicht eingegangen werden. Einige von ihnen wurden an anderer Stelle erörtert (OBERNDÖRFER, 1989: 21-34). Unsere Vorschläge sollen hier lediglich den Weg weisen, der wohl die einzige Erfolgchance zu einem effektiven Schutz der tropischen Feuchtwälder gegen weitere Zerstörung in sich birgt. Auch in den Entwicklungsländern selbst mehren sich die Stimmen, die eine „Bezahlung“ für unterlassene Nutzung fordern. Die Aussichten, daß es zu der notwendigen Großaktion der reichen Industriestaaten für eine politisch wirksame Kompensation zum Schutz der Feuchtwälder kommt, sind angesichts des enttäuschenden Verlaufs der internationalen Entschuldungsdiskussion gering geworden. Der Grundgedanke, Kompensation für Umweltschutz, wird aber zukünftig mit zwingender Notwendigkeit in vielen anderen ökologischen Bereichen globaler Reichweite Anwendung finden. So etwa bei den Problemen der Luft-, Fluß- und Meeresverschmutzung. Arme und z.T. noch weiter verarmende Entwicklungsländer können den Umstieg auf teure, umweltschonende Produktions- und Lebensformen zur Bekämpfung von Umweltschäden mit weltweiten Auswirkungen ohne ausländische Kompensation und Hilfe nicht schaffen. Ähnliche Formen der Kompensation gibt es in der Agrarpolitik vieler Industriestaaten, wenn Stilllegungen landwirtschaftlich genutzter Flächen aus ökologischen Gründen staatlich kompensiert werden. Vermutlich werden langfristig auch Maßnahmen gegen grenzübergreifende Umweltschäden wie Gewässer- und Luftverschmutzung in den osteuropäischen Nachbarstaaten nach ähnlichem Muster durchgeführt werden. In die Richtung eines globalen ökologischen Lastenausgleichs gehen auch jüngste Vorschläge von Altbundeskanzler Helmut

SCHMIDT auf Einberufung eines ökologischen Weltgipfels zur Schaffung einer internationalen Ökologiebehörde und eines ökologischen Ausgleichfonds in Höhe von 50 Milliarden US\$.

Nationale Souveränität und globaler Umweltschutz

Die zunehmende internationale Diskussion über die Verknüpfung von Schuldennachlaß und Schutz der tropischen Feuchtwälder, die u.a. durch die Vorschläge Bundeskanzler KOHLs 1988 auf dem Weltwirtschaftsgipfel in Toronto in Gang kam, löste heftige negative Reaktionen des brasilianischen Präsidenten SARNEY und von Vertretern anderer Amazonasanliegerstaaten aus. Forderungen nach einem Schutz der tropischen Feuchtwälder des Amazonasbeckens vor weiterer Zerstörung wurden als Verletzung der nationalen Souveränität und Würde abgelehnt. Sie seien heuchlerisch und unmoralisch, da die reichen Industriestaaten ihre eigenen Umweltprobleme selbst gröblich vernachlässigten, ja in vielen Sektoren, so z.B. bei der Luft- und Meeresverschmutzung, Hauptverursacher seien. Diese Kritik fand eine starke Resonanz. Vor allem die Holzlobby machte sich mit Passion zum Sprecher nationaler Souveränität: Jedes Land habe das Recht, nach eigenem Gutdünken über seine Wälder zu verfügen.

An der obigen Kritik ist sicher richtig, daß die entwickelten Länder selbst die größten Umweltschäden von globaler Wirkung verursachen und bei ihrer Bekämpfung bisher versagt haben. Die ökologischen Fehlentwicklungen in den Industriestaaten der nördlichen Hemisphäre, insbesondere ihre Beiträge zur Luftverschmutzung, haben in der Tat eine weit größere Bedeutung für die Erwärmung der Erdatmosphäre als die Feuchtwaldzerstörung. Eine solche Kritik kann aber nur von grundsätzlich anderen normativen Positionen her – Schutz der Schöpfung und globale Überlebensverantwortung – und nicht aus der Perspektive unantastbarer nationaler Souveränität geübt werden. Zu fragen ist hier auch, ob nationale Souveränität nicht erst in Verbindung mit nationalem Interesse einen sinnvollen Inhalt erhält. Liegt der zerstörerische Raubbau an den Feuchtwäldern aber wirklich im nationalen Interesse der Amazonasländer? Hätte z.B. ein Angebot auf Reduktion der derzeitigen Schuldenlast Brasiliens von 120 Milliarden US\$ um die Hälfte im Tausch gegen den Verzicht auf eine weitere, langfristig auch unökonomische Zerstörung seiner Feuchtwälder nicht nationalen Interessen Brasiliens entsprochen? Ein solches Angebot wäre auch im wohlverstandenen Eigeninteresse der Gläubiger gewesen. Da sie sich den Bankrott des Schuldners nicht leisten können, wäre der Schuldennachlaß jetzt noch eine Konzession gewesen, die im Tausch für Umweltschutz hätte gegeben werden können, langfristig aber auch ohne Gegenleistungen unvermeidlich werden wird, wenn sich der politische und soziale Sprengstoff des Bankrotts auswirkt. Nun, das großzügige Angebot wurde nicht gemacht und der monetäre Wert der von Präsident Sarney zitierten nationalen Würde nicht getestet.

Die Berufung der Amazonasanliegerstaaten auf die Unantastbarkeit ihrer nationalen Souveränität gibt Anlaß, den Nationalstaatsgedanken auf seine Tragfähigkeit für die Welt von heute und morgen zu überprüfen. Der klassische Nationalstaatsgedanke ist überholt. Er entstand im 19. Jahrhundert in einer Welt relativ schwacher wirtschaftlicher Verflechtung, geringer räumlicher Mobilität und Kommunikation zwischen den Staaten und ihren Menschen. Heute wird die Welt immer kleiner. Sie wächst in sich ständig beschleunigendem Tempo zu einer Einheit zusammen. Die räumlichen Distanzen schrumpfen. Die modernen Verkehrsmittel und Medien, z.B. Satelliten- und Videofernsehen, machen die nationalen Grenzen durchlässig und schleifen sie ab. Zugleich werden durch die Verdichtung der wirtschaftlichen Verflechtungen die überlieferten nationalen Souveränitätsvorstellungen immer unzeitgemäßer.

Dies gilt erst recht in Ansehung der wachsenden Bedeutung grenzüberschreitender und globaler, die Überlebensfähigkeit der Menschheit selbst bedrohender Umweltschäden. Der Schutz wichtiger Ressourcen, hier der Feuchtwälder und ihrer Artenvielfalt, und die Erhaltung der Bewohnbarkeit der Erde können nicht mehr den beliebigen Entscheidungen nationaler Behörden überlassen werden, zumal die existentiellen Gefährdungen der Bewohnbarkeit durch neue Techniken in Zukunft eher noch zunehmen. In der Ökologie zeichnen sich die neuen großen Verteilungskämpfe und Konflikte des 21. Jahrhunderts ab. Die mit ihnen verbundenen Herausforderungen können nicht mehr nationalstaatlich, sondern nur durch gemeinsames Handeln und Übernahme globaler Verantwortung bewältigt werden (SCHMIDBAUER, 1989). Die Rettung der Feuchtwälder liegt im Interesse der Menschheit. Angebliche oder tatsächliche nationale Interessen müssen zu ihren Gunsten zurückgestellt und damit verbundene Nachteile in einer Gemeinschaftsaktion der Staaten, die über die erforderlichen Mittel verfügen, kompensiert werden.

Angeführte Schriften:

- ANDREAE, B. (1977): Agrargeographie. Strukturzonen und Betriebsformen in der Weltwirtschaft. – 332 S., Berlin (De Gruyter).
- ANGEL, S. (1985): Where have all the people gone? Urbanization and counterurbanization in Thailand. – 14 S., Bangkok (Manuskript liegt dem Verf. als Kopie vor).
- BMZ-aktuell (1988): Erhaltung der tropischen Regenwälder. – Nov. 1988, 28 S. + 2 S. (Anl. 1) + 10 S. (Anl. 2), Bonn.
- BOLDT, K. (1988): Das größte vom Menschen angerichtete Desaster. – epd-Entwicklungspolitik, 4/88, 11–12, Frankfurt.

- BRUENIG, E.F. (1989): Die Erhaltung, nachhaltige Vielfachnutzung und langfristige Entwicklung der Tropischen Immergrünen Feuchtwälder (Regenwälder). – 73 S. (mit Anhang), überarb. u. erg. Fassung v. 20. 4. 1989, Hamburg (Institut für Weltforstwirtschaft und Ökologie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft).
- BRUNDTLAND, G.H. (1989): Unsere gemeinsame Zukunft – Für ein Klima des Wandels. – In Stiftung Umwelt und Frieden, Hrsg.: Die Umwelt bewahren. Die globale Umweltkrise als neue Dimension von Sicherheitspolitik. Ökologische Argumente für eine Wende in der Internationalen Politik, 21–33, Saarbrücken (Breitenbach).
- BURGER, D. & FALLER, M. (1989): Tropenholzimportboykott und Technische Zusammenarbeit: Forstprojekte und Boykott – ein Widerspruch? – GTZ Info, 4/89, 19–23, Wiesbaden.
- CHAMBERS, R. (1969): Settlement schemes in tropical Africa. A study of organizations and development. – XXV + 294 S., London (Routledge & Kegan Paul).
- Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit (1989): Schutz der Erdatmosphäre. Eine internationale Herausforderung. Zwischenbericht der Enquêtekommission des 11. Deutschen Bundestages „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ mit Plenardebatte vom 9. 3. 1989, 2. erw. Aufl., 618 S., Bonn.
- The Ecologist (1987): A plan to save the forests (editorial). – 17, 130–133, London.
- FAO-UNEP (1981): Tropical forest resources assessment project (In the framework of the Global Environment Monitory System-GEMS), ISBN 92-5-101090-0.
- FEARNSIDE, P.M. (1989): The charcoal of Carajás: A threat to the forest of Brazil's eastern Amazon region.- *Ambio*, 18, 141–143, Stockholm.
- FITTKAU, E.J. (1971): Ökologische Gliederung des Amazonasgebiets auf geochemischer Grundlage.- *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, 20/21, 35–50, Münster.
- FITTKAU, E.J. (1973): Artenmannigfaltigkeit amazonischer Lebensräume aus ökologischer Sicht. – *Amazoniana*, 4, 321–340, Kiel.
- GESTER, M. (1989): Power plants and politics in Brazil: the many causes of forest destruction in the Amazon. – *Development and Cooperation*, 3/1989, 6–8, Baden-Baden.
- GIACOTTINO, J.C. (1977): Trinidad et Tobago. Étude géographique, Tome 1. – Thèse présentée devant l'Université de Bordeaux, 1399 + XIV S. + 5 Faltkarten, Universität Bordeaux.
- HIRSCH, P. (1987): Deforestation and development in Thailand. – *Singapore J. Tropical Geography*, 8, 129–138, Singapore. (2)
- HURST, P. (1987): Forest destruction in South East Asia. – *The Ecologist*, 17, 170–174, London.
- KAISER, B. (1963): Naturschutz in Australien, Neuseeland und auf den Kerguelen, Idee und Verwirklichung. – *Wiss. Veröff. dt. Inst. Länderkunde N.F.*, 19/20, 243–265, Leipzig.

- KOHLHEPP, G. (1981): Probleme der Erschließung, Besiedlung und wirtschaftlichen Entwicklung Amazoniens. – *Staden-Jahrbuch*, 29, 73–90, São Paulo.
- KOHLHEPP, G. (1983): Amazonien – Entwicklung wohin? Zur Problematik regionaler Entwicklungsstrategien und räumlicher Erschließungsprozesse. – *Spixiana Supplement*, 9, 179–196, München.
- KOHLHEPP, G. (1989): Die Vernichtung der tropischen Regenwälder Amazoniens, Zur Problematik von Regionalentwicklung und Umweltpolitik in der Dritten Welt. – *Eichholz-Brief (KAS)*, 1/1989, 36–53, Melle.
- KÜHNE, D. (1986): Vielvölkergesellschaft zwischen Dorf und Metropole, Forstentwicklung und neue Wege der Urbanisation in Malaysia (1970-1980). – *Schriftenr. Inst. Asienkunde*, XVIII + 538 S., Wiesbaden (Harassowitz).
- LAMPRECHT, H. (1984): Problematik und Folgen der forstlichen Nutzung tropischer Regenwälder.- *Spixiana Supplement*, 10, 97–101, München.
- LAMPRECHT, H. (1986): Waldbau in den Tropen: Die tropischen Waldökosysteme und ihre Baumarten – Möglichkeiten zu ihrer nachhaltigen Nutzung. – 318 S., Hamburg und Berlin (Paul Parey).
- LAMPRECHT, H. (1989): Besprechung und kritische Stellungnahme zu: OBERNDÖRFER, D. (1989): Schutz der tropischen Regenwälder durch Entschuldung. - Manuskript 9 S. liegt dem Verf. vor (Veröffentlichung im Forstarchiv angekündigt).
- LANLY, J.P. (1987): Tropical forest resources.- *FAO Forestry Paper*, 30, 106 S., Rom.
- LOHMANN, L. (1989): Thailand imposes logging ban. – *Development and Cooperation*, 3/1989, 10–11, Baden-Baden.
- LUTZENBERGER, J. (1987): Who is destroying the Amazon rainforest? – *The Ecologist*, 17, 155–160, London.
- MAHAR, D.J. (1989): Government policies and deforestation in Brazil's Amazon region. – 56 S., Washington (World Bank).
- MÜLLER-PLANTENBERG, C., Hrsg. (1988): Indianergebiete und Großprojekte in Brasilien. – VIII + 527 S., Kassel (Gesamthochschulbibliothek).
- MYERS, N. (1980): The present status and future prospects of tropical moist forests. – *Environmental Conservation*, 7, 101–114, Genf.
- NELSON, M. (1972): The development of tropical lands: policy issues in Latin America. – Baltimore (John Hopkins Univ. Pr.).
- NGAU, H., APOI, T.J. & LING, C.Y. (1987): Malaysian timber: exploitation for whom? – *The Ecologist*, 17, 175–179, London.
- NITSCH, M. (1989): Die Rolle der internen politisch-administrativen Strukturen und der externen Geldgeber bei der Zerstörung tropischer Wälder – der Fall des brasilianischen Amazoniens. – 30 S., Kiel (unveröff. Vortragsmanuskript).

- OBERNDÖRFER, D. (1981): Thesen zur Verwaltungsforschung und Verwaltungshilfe für die Dritte Welt. — In D. OBERNDÖRFER, Hrsg.: *Verwaltung und Politik in der Dritten Welt: Problemskizze, Fallstudien, Bibliographie*, 13–27, Berlin (Duncker & Humblot).
- OBERNDÖRFER, D. (1982a): Politik und Verwaltung in der Dritten Welt. Überlegungen zu einer neuen Orientierung. — *Politikwissenschaft und Verwaltungswissenschaft, Politische Vierteljahresschrift, Sonderheft*, 13/1982 (23), 447–457, Opladen.
- OBERNDÖRFER, D. (1984a): Querschnittsanalyse „Ländliche Siedlungswesen“. — 71 S. (mit Anhang), Bonn (Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit).
- OBERNDÖRFER, D. (1984b): Wohnungsbau für die Armen in der Dritten Welt, 3 Teile, Teil I: Überblick und Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse. — Studie erstellt im Rahmen eines Forschungsprojektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft, 42 S. (MS Arnold-Bergstraesser-Institut).
- OBERNDÖRFER, D. (1986): Entwicklungspolitik im Umbruch, Ein Überblick über Fragestellungen und Probleme. — In D. OBERNDÖRFER & T. HANF, Hrsg., *Entwicklungspolitik*, 11–45, Stuttgart (Kohlhammer).
- OBERNDÖRFER, D. (1989): Schutz der tropischen Regenwälder durch Entschuldung. Perspektiven und Orientierungen. — *Schriftenr. Bundeskanzleramt*, 5, 76 S., München (Beck).
- OBERNDÖRFER, D., ROHRMOSER, K., SCHNEIDER, W. & SPÄTH, W. (1982): Landwirtschaftliche Siedlungsvorhaben in der Küstenregion Kenia. — *Evaluierungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaftliche Zusammenarbeit*, 64 S. (Band I) + 55 Anlagen (Band II), Bonn.
- OBERNDÖRFER, D. & RÜLAND, J. (1984): Slum- und Squattersanierung in der Dritten Welt. — In M. von HAUFF & B. PHISTER-GASPARY, Hrsg.: *Entwicklungspolitik*, 1984, 219–234, Saarbrücken/Fort Lauderdale (Breitenbach).
- OTTERBEIN, K. (1988): Ein Plan zur schnellen Zerstörung des Regenwaldes? Die Welt-Regenwaldbewegung hält den Weltbank-Aktionsplan für den falschen Weg. — *epd-Entwicklungspolitik*, 4/88, 15–21, Frankfurt.
- PRETZSCH, J. (1987): Die Entwicklungsbeiträge von Holzexploitation und Holzindustrie in Ländern der feuchten Tropen dargestellt am Beispiel der Elfenbeinküste. — *Schriftenr. Inst. Landespflege Univ. Freiburg*, 11, 323 S., Freiburg.
- PRETZSCH, J. (1989): Der Beitrag der Holzexploitation und des Holzexports zur allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung von Tropenländern. — *Freiburger Universitätsblätter*, 105, 77–90, Freiburg.
- RIEDE, K. (1987): Es wird weitergeholt. — *Die Zeit*, 6. 2. 1987, S. 66, Hamburg.
- RÜLAND, J. (1989): Another Asian miracle economy in the making? Thailand's prospects for becoming a NIC in the nineties. — *Aktuelle Informationspapiere zu Entwicklung und Politik*, 14, V + 51 + 10 S., Freiburg (Arnold-Bergstraesser-Institut).
- SCHMIDBAUER, B. (1989): Wer überleben will, muß ökologisch denken. Globale Aspekte der Ökologie. — In: *Gemeinsam überleben. Wirtschaftliche und politische, ökolo-*

gische und soziale Ansätze zur Überwindung globaler Probleme. Eine Welt. Texte der Stiftung Entwicklung und Frieden.

- SCHMITHÜSEN, F. (1989): Tropical forest conservation and natural resources protection: political issues and policy considerations. — Arbeitsber. Fachber. Forstökön. Forstpolitik Inst. Wald- und Holzforschung, 9, 30 S., Zürich.
- STOLI, H. (1987): The effects of deforestation. — *The Ecologist*, 17, 134–138, London.
- SKOTSCH, I. (1929): Die Inseln Trinidad und Tobago. Landeskundliche Darstellung einer britischen Kolonie. — Diss. phil., 79 S., Leipzig.
- STEINLIN, H. (1983): Die Waldressourcen der Erde. — *Freiburger Universitätsblätter*, 80, 21–37, Freiburg.
- STEINLIN, H. (1985): Zur Forstpolitik tropischer Entwicklungsländer — dargestellt am Beispiel der Republik Zaire. — *Allg. Forst und Jagdzeitung*, 156 (8), 173–175, Frankfurt.
- STEINLIN, H. (1987): Kommerzielle Nutzung und Export von Holz aus tropischen Feuchtwäldern. — *Allg. Forst und Jagdzeitung*, 158, 50–55, Frankfurt.
- STEINLIN, H. (1988): Tropische Waldnutzung — Raubbau oder nachhaltige Forstwirtschaft? — In E. BUGMANN, Hrsg.: *Tropische Regenwälder — Grüne Höllen — Reisschüsseln der Erde — Rote Wüsten?* — Publ. Ostschweiz. Geogr. Ges. N.F., 3, 29–53, St. Gallen.
- STEINLIN, H. & PRETZSCH, J. (1984): Der tropische Feuchtwald in der internationalen Politik. — *Holz-Zentralblatt*, 138, 19 S., Opladen.
- UHLIG, H. & RIETHMÜLLER (1986): Die Wandlung tropischer Ökosysteme durch Landerschließung und *cash-crop*-Anbau im Bergland Zentral-Thailands. — *Geoökodynamik*, 7, 243–266, Darmstadt.
- WEISCHET, W. (1980): Die ökologische Benachteiligung der Tropen. — 2. Aufl., 127 S., Teubner.
- WILMENSEN, R. (1988): Der Dschungel brennt. Zum Beispiel Indonesien: Über die langsame Vernichtung des zweitgrößten Urwalds der Erde. — *Die Zeit*, 6. 6. 1988, S. 44, Hamburg.
- WILSON, E.O. (1989): Bedrohung des Artenreichtums. — *Spektrum der Wissenschaft*, November 1989, 88–95, Heidelberg.
- World Rain Forest Movement (1989): Urgent Action: save Burma's forest and the forests of Indochina. - Malaysia, Penang 31/5/89.
- ZAHORKA, H. (1987): Die ökologischen Funktionen des tropischen Regenwaldes und des Weltklimas. — *epd-Entwicklungspolitik Materialien*, V/1987, 40–51, Frankfurt.
- Zwischenbericht der Enquête-Kommission des Deutschen Bundestags Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre (1989): Schutz der Erdatmosphäre. Eine internationale Herausforderung. — 2. Aufl.

Anschriften von Gruppen und Gesellschaften, die sich mit den tropischen Regenwäldern oder den Folgen ihrer Erschließung beschäftigen (die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit):

- Aktionsgemeinschaft Solidarische Welt e.V., Hedemannstr. 14, 1000 Berlin 61.
- amnesty international, Heerstraße 178, 5300 Bonn 1.
- Arbeitsgemeinschaft Regenwald und Artenschutz e.V., Postfach 531, 4800 Bielefeld 1.
- Arbeitsgemeinschaft Tropische und Subtropische Agrarforschung e.V., Hans-Böckler-Straße 5, 5300 Bonn 3.
- Brasilien-Initiative Freiburg e.V., In den Weihermatten 27, 7800 Freiburg.
- Brasilien Nachrichten, An der Illoshöhe 30, 4500 Osnabrück.
- Bundeskongreß entwicklungspolitischer Aktionsgruppen, Nernstweg 32-34, 2000 Hamburg 50.
- Bund für Umwelt und Naturschutz e.V., Im Rheingarten 7, 5300 Bonn.
- The Conservation Foundation and World Wildlife Fund, 1250 24th Street, Washington D.C. 20037, USA.
- Deutsche Gesellschaft für Tropenökologie, c/o Zoologische Staatssammlung, Münchenhausenstraße 21, 8000 München 60.
- Earthwatch, 680 Mount Auburn Street, P.O.Box 403, Watertown, MA 02272, USA.
- Friends of the Earth, 26-28 Underwood Street, London N1 7JQ, England.
- Gaia Foundation, 18 Well Walk, London NW3, England.
- Gesellschaft für bedrohte Völker, Postfach 2024, 3400 Göttingen.
- Gesellschaft für ökologische Forschung e.V., Frohschammerstraße 14, 8000 München 40.
- GRAEL, Rainbow Group of the European Parliament, Building Belliard, 97-113 Rue Belliard, 1040 Bruxelles, Belgien.
- Greenpeace e.V., Vorsetzen 53, 2000 Hamburg 11.
- Institut für Brasilienkunde, Sunderstr. 15, 4532 Mettingen.
- Institut für Ökologie und angewandte Ethnologie e.V., Lockhütter Str. 141, 4050 Mönchengladbach 1.
- Oro Verde, Bodenstedtstraße 4, 6000 Frankfurt/Main 70.
- Projektgruppe „Ökologie und Entwicklung“, Gesamthochschule Kassel, Nora-Platiel-Straße 5, 3500 Kassel.
- Projekt Tropischer Regenwald e.V., c/o GEO/Verlag Gruner + Jahr, Postfach 30 20 40, 2000 Hamburg 36.
- ProRegenwald e.V., Frohschammerstraße 14, 8000 München 40.
- Rainforest Action Network, 300 Broadway, San Francisco, CA 94133, USA.
- Rainforest Information Centre, P.O. Box 368, Lismore 2480, Australien.
- Regnskovsgruppen Nepenthes Danmark, c/o Center for Humanøkologi, Århus Universitet, Finlandsgade 26, 8200 Århus N, Danmark.
- Rettet den Regenwald e.V., Pöseldorfer Weg 17, 2000 Hamburg 13.
- Survival International, 310 Edgware Road, London W2 1DY, England.
- Tropenwaldgruppe Robin Wood, Nernstweg 32, 2000 Hamburg 50.
- Umweltzentrum Tübingen e.V., Arbeitsgruppen und Initiativen für die Natur, Neckarhalde 16, 7400 Tübingen.
- Verein zur Förderung von Landwirtschaft und Umwelt in der Dritten Welt (VFLU) e.V., Mainzer Straße 14, 6501 Stadecken-Elsheim 2.
- WWF Worl Wide Fund for Nature, 1196 Gland, Schweiz.
- Zoologische Gesellschaft für Arten- und Populationsschutz e.V., Franz-Sem-Straße 14, 8000 München 70.

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	80	S. 263	Freiburg 1990
-----------------------------------	----	--------	---------------

Chronik der Gesellschaft 1989

Vorstand, auf der Mitgliederversammlung am 23. 11. 1989 gewählt:

Erster Vorsitzender:	Dr. Andreas Hoppe
Zweiter Vorsitzender:	Prof. Dr. Bernhard Metz
Schriftführer:	Prof. Dr. Thilo Bechstädt
Bibliothekar:	Dr. Hansjürgen Maurer
Schriftleiter:	Prof. Dr. Hugo Genser
Rechner:	Prof. Dr. Thilo Bechstädt

Bewegungen im Mitgliederstand:

Mitgliederzahl am 1. 1. 1989	= 249
Ausgeschiedene Mitglieder	= 5
Neue Mitglieder	= 12
Mitgliederzahl am 31. 12. 1989	= 256

Tausch:

Die „Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i.Br.“ wurden mit 700 wissenschaftlichen Körperschaften des In- und Auslandes getauscht. Die Zeitschriften der Tauschpartner erhält die Universitätsbibliothek Freiburg i. Br.

Bilanz 1989

Einnahmen:

1. 1. 1989: Saldovortrag	= 18.073,01 DM
Mitgliederbeiträge	= 2.420,-- DM
Verkauf von „Berichten“	= 58,-- DM
Staatszuschuß für „Berichte“	= 4.000,-- DM
Industriespenden und Zinsen	= 2.137,02 DM
	26.688,03 DM

Ausgaben:

Druckkosten	= 11.584,60 DM
Postgebühren	= 200,60 DM
Kosten für Verwaltung, Spesen, Bankgebühren etc.	= 774,20 DM
	12.559,40 DM
Saldo per 31. 12. 1989	= 14.128,63 DM

Sachlich richtig und festgestellt
Freiburg i. Br., den 16. 2. 1990

(F. FLECHLER, Rechnerin der Gesellschaft)

und geprüft von:

(Prof. Dr. H. GENSER)

(DIPL. RER. POL. ADELBERT VOGT)
(Steuerberater)



AMAZONIEN

Wir brauchen die Öffnung über das Amazonasgebiet zu unseren Nachbarn. Eine Einmischung in die Erschließung dieses Gebietes verletzt die nationale Souveränität und Würde Brasiliens. Sie ist heuchlerisch und unmoralisch, da die Industriestaaten ihre eigenen Umweltprobleme selbst gröblich vernachlässigen.

José Sarney

Zu fragen ist, ob nationale Souveränität nicht erst in Verbindung mit nationalem Interesse einen sinnvollen Inhalt erhält. Liegt der zerstörerische Raubbau an den Feuchtwäldern aber wirklich im nationalen Interesse der Amazonasländer?

Dieter Oberndörfer