

AGRARKOLONISATION UND BODENNUTZUNGSPROBLEME IM ORIENTE ECUADORS

Mit 8 Abbildungen, 5 Tabellen und 1 Beilage (V)

GERHARD GEROLD und NORBERT LANFER

Summary: Agricultural settlement and land utilization problems in the Oriente of Ecuador

Since fossil oil extraction and production began in the Oriente of Ecuador, the road infrastructure in the rainforest region of Coca has been developed intensively. Consequently, since 1964 continuous migration of day-labourers and small farmers from the Sierra and Costa and concomitant spontaneous colonisation of the Amazonian lowlands have taken place. According to satellite image analysis (Landsat-TM), rainforest clearing has been assessed at a rate of 4% p.a.. In the project region of Coca 80% of the main land use systems are dominated by cattle ranching and coffee plantations. The small scale farming systems using slash and mulch ignore the diverse land use potentials of the rainforest. Therefore rainforest conversion often takes place on soils with low fertility, resulting in low sustainable production and income. Soils with higher potential for crop production are often used only extensively; this is due to insufficient knowledge about intensification of land use systems, insufficient maintenance of permanent crops (coffee, cocoa) and lack of financial support or credit possibilities among small land owners. In relation to the relief differentiation the pedoecological analysis shows significant physical and chemical soil properties. Accordingly, potential of soil utilisation can be ranked as follows: *Andic Eutropepts* > *Andic Dystropepts* > *Tropaquepts* > *Typic Udivitrands* > *Typic and Oxid Dystropepts*.

With respect to the major nutrients the nutrient contents of fresh leaves of the predominant plants (coffee, cocoa, banana, pasture grass) confirm the differentiation of soil fertility with widespread P-deficiency. Land use problems can be regionalized in relation to soil quality differentiation and plant nutrient analysis for a better land use planning. A long-term use seems to be possible, especially on the lower and higher plateau. The yield could be increased by a specific cultivation of the permanent cultures, the cultivation within agro-forest systems with increased agrobiodiversity, the deployment of *café* and *cacao clonal*, the rejuvenation of old plots of land, as well as fertilisation and, to a certain extent, mulching. An effective co-operation of the state departments in charge of regional development planning (INEFAN, INIAP and INDA), with a controlled colonisation policy, could offer the colonists a secure future and limit the quickly progressing conversion of the rainforest. An increased protection of the biodiversity and a reduction of the CO₂-emissions in a global context is connected to this. But the reality looks different. The central government has not been paying much attention to the needs of the colonists. Moreover, the state department for regional development planning of the region is constantly lacking finances and personnel. The high fluctuation makes the problems even worse. Therefore, a change of the situation cannot be expected in the near future, although the colonists wish to make their lives and the economic situation better.

Zusammenfassung: Mit dem Beginn der ersten erfolgreichen Erdölbohrungen und der damit verbundenen nachfolgenden infrastrukturellen Erschließung kam es zu einer kontinuierlichen Zuwanderung landloser Siedler aus der Sierra und der Costa in den Oriente Ecuadors. Schätzungen, vor allem durch satellitenbildgestützte Auswertungen, ergeben eine jährliche Entwaldungsrate von ca. 4%. Rinderhaltung und Kaffeeanbau dominieren zu 80% die landwirtschaftlichen Betriebssysteme der Untersuchungsregion. Unkenntnis der Siedler über das regional unterschiedliche natürliche Nutzungspotential des Raumes und standörtlich nicht angepasste Landnutzungssysteme führen allzu oft zu einer Regenwaldkonversion auf Böden von nur geringem Nutzungspotential und ökonomischer Rentabilität. Böden mit einem höheren Nutzungspotential werden dagegen nur unzureichend genutzt, oft auch wegen mangelnder Kenntnisse zur Intensivierung der Bodennutzung und Kreditvergabe an die Kleinbauern. In Abhängigkeit vom Relief zeigen die Bodenanalysen signifikante chemische und physikalische Werte auf. Dementsprechend kann das Bodenpotential wie folgt eingestuft werden: *Andic Eutropepts* > *Andic Dystropepts* > *Tropaquepts* > *Typic Udivitrands* > *Typic und Oxid Dystropepts*.

Die Nährstoffausstattung der Böden auf unterschiedlichen pedomorphologischen Einheiten spiegelt sich in den Blattnährstoffgehalten der Hauptkulturpflanzen (Kaffee, Kakao, Banane) und der Weidegräser wider. Dabei zeigt sich im gesamten Untersuchungsgebiet ein P-Defizit. Bodennutzungsprobleme lassen sich daher über die Differenzierung der Bodenqualität wie Blattnährstoffgehalte für die Landnutzungsplanung regionalisieren. Eine langfristige Nutzung erscheint vor allem auf dem tiefer- und höherliegenden Plateau möglich, wobei sich die Erträge durch ein gezieltes Bewirtschaften der Dauerkulturen, dem Anbau in Agroforstsystemen mit erhöhter Agrobiodiversität, dem Einsatz von *café* und *cacao clonal*, der Verjüngung überalterter Parzellen sowie einer angepassten Düngung und Mulchen steigern lassen würden. Eine effektivere Kooperation der zuständigen staatlichen Behörden für Raumplanung (INEFAN, INIAP und INDA) mit einer gelenkten Kolonisationspolitik könnte den Kolonisten eine sichere Zukunft bieten und die rasch fortschreitende Regenwaldkonversion einschränken. Damit verbunden ist im globalen Kontext ein erhöhter Schutz der Biodiversität und eine Reduzierung der CO₂-Emissionen. Realität ist jedoch, dass die Zentralregierung den Bedürfnissen der Kolonisten im Oriente bislang nur wenig Beachtung schenkt, und die zuständigen staatlichen Behörden für Raumplanung in der Region unter permanenten Finanz- und Personalmangel verbunden mit hohen Fluktuationen leiden. Daher ist in absehbarer Zukunft keine Änderung der derzeitigen Situation zu erwarten, obwohl die Kolonisten mittlerweile den starken Wunsch haben, ihre Lebens- und Wirtschaftssituation zu verbessern.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Wie in den meisten Tropenländern, so erfolgt auch in Ecuador die Besiedlung und damit die Landnahme im Tieflandsregenwald spontan und ohne erkennbare staatliche Lenkung. Das Fortschreiten der Kolonisationsfront wird dabei maßgeblich durch den Straßenbau der Erdölförderindustrie gesteuert. Die Eröffnung neuer Siedlungsräume durch den Straßenbau und die Hoffnung vieler Kolonisten auf ein eigenes Stück Land, das ihnen und ihren Familien eine bessere Zukunft ermöglicht, führt seit Erschließung der Amazonasprovinzen (Oriente) zu einem steten Zuzug von neuen Kolonisten (Tab. 1). Dies belegen auch die Zahlen des jährlichen mittleren Bevölkerungsanstiegs (1982–1990), der im Landesdurchschnitt 2,3%, in der Sierra 1,9%, in der Costa 2,5% und in der Amazonasregion 4,4% be-

reiten für eine ökonomisch-ökologisch nachhaltige Inwertsetzung.

Ziel der vorliegenden Studie ist es aufzuzeigen, wie sich die Agrarkolonisation im ecuadorianischen Amazonastiefland entwickelt hat, welche Strategien die Kolonisten im ruralen Raum in der Landnutzung anwenden, ihre Erwartungen an die Zukunft und mit welchen Problemen ihre landwirtschaftliche Produktion verbunden ist. Dabei spielt das Naturraumpotential und seine Leistungsfähigkeit bezüglich einer agrarwirtschaftlichen Nutzung eine grundlegende Rolle. Eine besonderes Augenmerk wird dabei auf die regional differenzierten pedoökologischen Bedingungen gelegt, wobei die Bestimmung von Blatt Nährstoffen als eine integrierte Methode zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit der pedomorphologischen Einheiten bezüglich unterschiedlicher Kulturpflanzen verwendet

Tabelle 1: Entwicklung der absoluten Bevölkerungszahl im Oriente Ecuadors

| The increase in population in Ecuador's Oriente | | | | | | |
|---|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Jahr | 1950 | 1962 | 1974 | 1982 | 1990 | 2000* |
| Bevölkerung | 46.471 | 74.913 | 173.469 | 263.797 | 372.533 | 468.565 |

* Die Daten für das Jahr 2000 wurden anhand der jährlichen Wachstumsraten zwischen 1982 und 1990 für das Jahr 2000 von INEC geschätzt

Quellen: CONADE-UNFPA 1989 und INEC 2001

trug. Die Zahlen zum Wachstum der urbanen und ruralen Bevölkerung (Tab. 2) im nationalen Vergleich und zwischen den drei großen Naturräumen Costa (Küstenbereich), Sierra (Andenbereich) und Oriente, zeigen die Bedeutung des Amazonastieflandes als neuen Siedlungsraum für die schnell wachsende ecuadorianische Bevölkerung, die sich in den Jahren zwischen 1950 (3,3 Mio. Einwohner) und 1990 (9,9 Mio. Einwohner) verdreifacht hat. Liegt der Zuwachs der urbanen Bevölkerung nur um den Faktor zwei höher als in den anderen Regionen Ecuadors, so ist für den ruralen Raum ein Faktor von fünf zu verzeichnen, mit dem eine entsprechende Rodungsaktivität einhergeht.

Ein Grundproblem bei der Landnahme und -nutzung im Amazonastiefland besteht in der Unkenntnis der Kolonisten über die ökologischen Besonderheiten der Region und ihren Einschränkungen und Möglich-

werden kann (STIETENROTH 1999). Letztlich werden Ansätze zu einer verbesserten Landnutzung aufgezeigt, die eine höhere und nachhaltige Flächenproduktivität ermöglichen, wodurch die ökonomische Situation der Kolonisten verbessert und die rasch fortschreitende Regenwaldkonversion in extensiv genutzte Landnutzungsflächen vermindert werden kann.

2 Methodik

Die Klassenbildung der in der Untersuchungsregion vorkommenden Betriebssysteme basiert auf der von ANDREAE (1964) entwickelten Klassifikationsmethode der Intensitätswägezahlen, wobei das betriebswirtschaftliche Gewicht anhand der relativen Höhe eines standardisierten Arbeitsaufwandes für jeden Produkti-

Tabelle 2: Prozentualer Anstieg der ruralen und urbanen Bevölkerung im Oriente im Vergleich zur Costa, Sierra und dem Landesdurchschnitt (1982–1990)

The percentage of the increase of the rural and the urban population in comparison with the Costa, Sierra and the country's average (1982–1990)

| Costa | | Sierra | | Oriente | | Land | |
|-------|-------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|
| Rural | Urban | Rural | Urban | Rural | Urban | Rural | Urban |
| 0,67 | 3,85 | 0,6 | 3,58 | 3,58 | 7,06 | 0,63 | 3,79 |

Quelle: PUCE-ORSTOM-INEC-IPGH 1997, 28, geändert

onszweig festgelegt wird. Die sich daraus ergebenden Intensitätswägezahlen sind dann miteinander vergleichbar, sofern bei den untersuchten Betrieben von einem annähernd gleichen Technisierungsgrad ausgegangen werden kann. Da die Variationsbreite des Arbeitsaufwandes für die einzelnen Betriebszweige in der Untersuchungsregion sehr groß ist, wurde der von BRANDES u. WOERMANN (1971) eingeführte Bestimmungsfaktor der „Flächenanteile“ zur Ermittlung der Intensitätswägezahlen verwendet. Dazu wurden die einzelnen Produktionszweige der untersuchten Betriebe nach ihren prozentualen Anteilen an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche differenziert. Gemäß den jeweiligen Intensitätszahlen werden die drei bedeutendsten Betriebszweige abgestuft in Leit-, Begleit- und Zusatzbetriebe. Erreicht ein Betriebszweig mehr als zwei Drittel des Gesamtbetriebsgewichts, dann wird er als Leitbetrieb definiert. Erzielt der Betriebszweig weniger als zwei Drittel des gesamten betriebswirtschaftlichen Gewichts, dann wird der im relativen Betriebsgewicht folgende Produktionszweig als Begleitbetrieb bezeichnet. Erreicht der dritt wichtigste Produktionszweig mehr als ein Zehntel des Gesamtbetriebsgewichtes, dann gilt er als Zusatzbetrieb.

Die Befragung der Bauern zu ihrem Anbauverhalten (Was wird wie und warum angebaut?), zur Rinderhaltung (Wie und warum werden Rinder gehalten?), Vermarktung (Was wird wie und wo vermarktet?), Beratung und Weiterbildung (Gibt es eine bzw. wird sie gewünscht?), Migration (Gründe, Erwartungen, Enttäuschungen, Aussichten?) und zum Überbau (Organisation, Landbesitz, Kreditwesen) erfolgte durch strukturierte Fragebögen und halbstrukturierte Interviews. Techniken, die in der empirischen Sozialforschung angewendet werden (LAMNEK 1995).

Die Erfassung der Bodendifferenzierung in der Untersuchungsregion wurde zum einen durch Pürckhauereinschläge entlang von Transekten und zum anderen mittels Catenen entlang von Hängen durchgeführt. Zur genaueren Kennzeichnung der Hauptbodentypen wurden 1,20 m tiefe Leitprofile angelegt und gemäß der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG-BODEN 1994) aufgenommen. Die Analyse der horizontweise genommenen Bodenproben erfolgte im geoökologischen Labor des Geographischen Instituts in Göttingen, wobei die leichtveränderlichen Gehalte an Phosphor (P), Nitrat (NO_3) und Ammonium (NH_4) vor Ort mit dem MARTON-Feldlabor am Tag nach der Probennahme im Gelände ermittelt wurden. Die Bestimmung der Bodentypen erfolgte abschließend anhand der Profilbeschreibungen und der Ergebnisse aus den bodenchemischen und -physikalischen Laboruntersuchungen über die US-Soil-Taxonomy (USDA

1994). Die Bodentypen wurden nach der US-Soil-Taxonomy benannt, da sie in Lateinamerika mehrheitlich angewendet wird und so eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Gebieten ermöglicht. Zum leichteren Verständnis der Bodentypen ist in der Tabelle 3 ein Vergleich zur deutschen und FAO-Klassifikation wiedergegeben. Es ist jedoch zu bedenken, dass es sich bei den Bodennamen der US-Soil-Taxonomy um großteils „künstlich“ zusammengesetzte Namen handelt, die nur schwer in die Bodentypennamen der deutschen und FAO-Systematik zu übersetzen sind.

Die Bestimmung der Blattnährstoffgehalte erfolgte durch die Entnahme von Blättern desselben physiologischen Alters. So wurden sowohl beim Kaffee als auch beim Kakao die ersten vier vollentwickelten Blätter eines Zweiges im unteren und oberen Kronenbereich entnommen. Bei Banane, *Palma africana* und Yuca entsprechen hoch bzw. tief sitzende Blätter direkt einem geringeren bzw. höherem Alter. Aufgrund der Blattgröße bei *Palma africana* und Banane wurde lediglich der Mittelteil der Blätter beprobt (vgl. SHARFUDDIN 1990). Zur Bestimmung der Blattnährstoffgehalte der Weidegräser wurde der gesamte oberirdische Pflanzenteil beprobt. Zum gleichen Zeitpunkt wurden in jeder untersuchten Parzelle Oberbodenmischproben von 0-30 cm Tiefe aus 15 Einstichen gewonnen. Die Beprobungstiefe von 30 cm entspricht dabei dem Bereich, in dem die Pflanzen ihre Hauptwurzelmasse ausgebildet haben und den größten Teil ihrer Nährstoffe aufnehmen. Die Flächenauswahl zur Beprobung der Pflanzen erfolgte nach folgenden Gesichtspunkten:

- Lage auf unterschiedlichen pedomorphologischen Einheiten,
- angebaute Kulturpflanzen sowie Anbaumethode (Rein- oder Mischkultur, Einsatz von Dünge- oder Schädlingsbekämpfungsmitteln),
- Nutzungsdauer und Nutzungsgeschichte und
- Kooperationsbereitschaft der Finceros.

Die Auswertung der Blattnährstoffgehalte erlaubt eine sorgfältige Erfassung potentieller Defizite oder Überversorgungen. Häufig werden in der Literatur unterschiedliche Bezeichnungen für bestimmte Schwellenwerte verwendet. In der vorliegenden Studie werden die Bezeichnungen „defizitär“, „niedrig“, „optimal“ und „hoch“ verwendet, die den Ernährungszustand der Pflanze in qualitative Bereiche einordnen. Damit wird den Empfehlungen der IFA (1992) und von MUNSON a. NELSON (1990) gefolgt. Nach der Klassifikation der IFA (International Fertilizer Association) muss bereits im „niedrigen“ Bereich mit Ertragseinbußen gegenüber dem „optimalen“-Zustand gerechnet werden. Selbst wenn eine Pflanzung weitgehend im Optimalbereich liegt, kann jedoch der Mangel nur eines

Tabelle 3: Korrelation der US-Soil-Taxonomy mit den Klassifikationen nach FAO und der Bundesrepublik Deutschland

The correlation of the US-Soil-Taxonomy with the classifications according to FAO and the Federal Republic of Germany

| US-Soil-Taxonomy | FAO | Bundesrepublik Deutschland |
|--------------------------------|-------------------|----------------------------|
| Oxic Dystropept (Inceptisols) | Haplic Ferralsol | Ferralit |
| Typic Dystropept (Inceptisols) | Dystric Cambisols | Braunerde |
| Aquic Dystropept (Inceptisols) | Dystric Gleysol | Pseudogley |
| Andic Dystropept (Inceptisols) | Dystric Cambisol | Braunerde |
| Andic Eutropept (Inceptisols) | Eutric Cambisol | Braunerde |
| Aquic Eutropept (Inceptisols) | Gleyic Cambisol | Braunerde |
| Typic Udivitrands (Andisols) | Vitric Andosol | Lockerbraunerde |
| Tropaquepts (Inceptisols) | Dystric Gleysol | Pseudogley |

Quellen: AG-BODEN (1994), BAILLY a. NIEDER (1997) und USDA (1994)

Elementes ertragslimitierend wirken. Der als „defizitär“ bezeichnete Bereich läßt in der Regel schon äußerlich einen Mangel erkennen (Nekrosen oder Chlorosen). Eine Exzessgefahr besteht bei „hohen“ Elementkonzentrationen, es kann zur Behinderung der Aufnahme anderer Elemente kommen. Grundlage einer Beurteilung sind Literaturvergleichswerte für jede Kulturpflanze. Sofern nicht anders vermerkt, werden die Definitionen der IFA (1992) verwendet. Zur Beurteilung der Pflanze/Boden-Interaktionen wurde dem Ansatz von SHEPPARD a. EVENDEN (1990) und WYTTENBACH a. TOBLER (1998) gefolgt. Sie ermitteln „*plant-to-soil concentration ratios*“, wobei die Bildung der Quotienten der Gesamtgehalte in Pflanze und Boden in Bezug gesetzt werden.

3 Ölprospektion und Agrarkolonisation im Oriente (Coca)

Waren die ersten Versuche zur Kolonisierung des ecuadorianischen Amazonastieflandes im 16. Jahrhundert durch die spanischen Konquistadoren auf der Suche nach dem sagenhaften El Dorado und im 17. Jahrhundert durch religiöse Orden (Franziskaner, Jesuiten, Dominikaner) zur Missionierung der Indigenas noch zum Scheitern verurteilt, so änderte sich dies, als der Oriente das Interesse internationaler Ölgesellschaften weckte (SALAZAR 1989). Im Jahr 1923 wurden durch die Leonard Exploration Company in der subandinen Zone, in der Region des Gran Sumaco Vulkans, erste geologische Untersuchungen im Hinblick auf Erdölvorkommen durchgeführt. Mitte der 30er Jahre wurde mit der Konzessionsvergabe für Erdölbohrungen im Oriente begonnen. Dabei wurden bis zu 10 Mio. Hektar an einzelne Gesellschaften vergeben. Die ersten Probebohrungen blieben jedoch bis 1967 erfolglos. In diesem Jahr führte das Konsortium Texaco-Gulf in der Nähe der Stadt Lago Agrio die erste erfolgreiche Bohrung durch (FUNDACION NATURA 1996). Sie war der Auslöser für eine spontane, nicht

staatlich gelenkte Kolonisation des Oriente. Wurden während der ersten Bohrphase das Personal und die Maschinen noch mit Hubschraubern in die Bohrgebiete befördert, so wurde 1969 mit dem Bau der Vía Interamazonica begonnen, die 1972 fertiggestellt wurde. Gleichzeitig dient sie als Infrastrukturbasis für die Pipeline, die die wichtigsten Erdölfelder des Oriente (Lago Agrio, Shushufindi und La Joya de los Sacha) mit der Sierra, aber vor allem mit den Erdölraffinerien in der Costa (Esmeraldas und La Libertad) verbindet.

Mit der infrastrukturellen Erschließung Amazoniens bot sich ein Ventil für die wachsenden Probleme in der Costa und Sierra (Bevölkerungszuwachs, Dualismus der Besitzverhältnisse von Latifundien und Minifundien). Die Inbesitznahme von Land im Oriente erfolgte spontan und planlos. Neben den Landlosen aus der Sierra und der Costa nahm im Laufe der Zeit der Arbeitskräftebedarf der Ölindustrie durch verstärkte Mechanisierung immer stärker ab, so dass die daraus resultierenden Arbeitslosen entweder in den Städten von Lago Agrio, Shushufindi und Coca Dienstleistungen anboten oder sich als Finceros niederließen (BARRAL 1983; HICKS 1990; HIRAOKA a. YAMAMOTO 1980; MERA a. WILSON 1984; PADILLA 1980; SICK 1988). Durch den Wandel im Beschäftigungsverhältnis in der Ölindustrie, aber insbesondere durch die Öffnung des Oriente durch den Straßenbau sind heute lediglich noch 10% der aktiven Bevölkerung dieser Region in einer Erdölgesellschaft tätig und 60% im landwirtschaftlichen Bereich (INEFAN-GTZ 1993).

Zur Organisation der räumlichen Ordnung des Besiedlungsprozesses und der Regionalentwicklung nach Beginn der Erdölförderung wurde 1978 das Instituto Nacional de Colonización de la Región Amazónica Ecuatoriana (INCRAE) als Nachfolgeinstitution des Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización (IERAC) gegründet. IERAC gründete 1972 als erste staatlich gelenkte Initiative Shushufindi (KOHLEPP u. WALSBURGER 1987). Dabei wurde jedem Siedler ein Stück Land von 50 ha zugewiesen, das eine



Abb. 1: Spontane Regenwaldkolonisation entlang der Hauptpiste und der ersten „línea“ (Luftbild vom 31. 10. 1985)
 Quelle: Instituto Geográfico Militar, Quito

Spontaneous colonisation along the main road and the first “línea” (Aerial picture form 31.10.1985)

Breite von 250 m und eine Länge von 2.000 m aufwies. Dies ist bis heute eine typische im Oriente vorzufindende Parzellenstruktur. Der Luftbildausschnitt von 1985 zeigt den Beginn einer zweiten Erschließungslinie („línea“) parallel zur Hauptpiste in der Nähe von Coca (Abb. 1 u. 2). Dies führte zu einer linienhaften Besiedlung entlang der Straßen und Pisten mit mehreren parallelen Siedlungsstreifen im Abstand von 2 km. Heute sind bereits in der „sechsten Linie“ Siedler anzutreffen. Die Verbindung zur 10 km entfernten

Hauptstraße erfolgt über Trampelpfade. Folglich ist mit zunehmender Entfernung zur Straße die Vermarktung vor allem transportintensiver landwirtschaftlicher Produkte (Banane, Yuca), mit zudem relativ niedrigen Marktpreisen, stark eingeschränkt. Ferner sind auf den schmalen Parzellen Bodentypen, Hangneigung und Vegetationsverhältnisse sehr unterschiedlich. Da meist der von der Straße weiter entfernt liegende Teil der Grundstücke nicht gerodet wurde, ergibt sich ein sich wiederholendes Muster parallel zur Straße von Anbau-

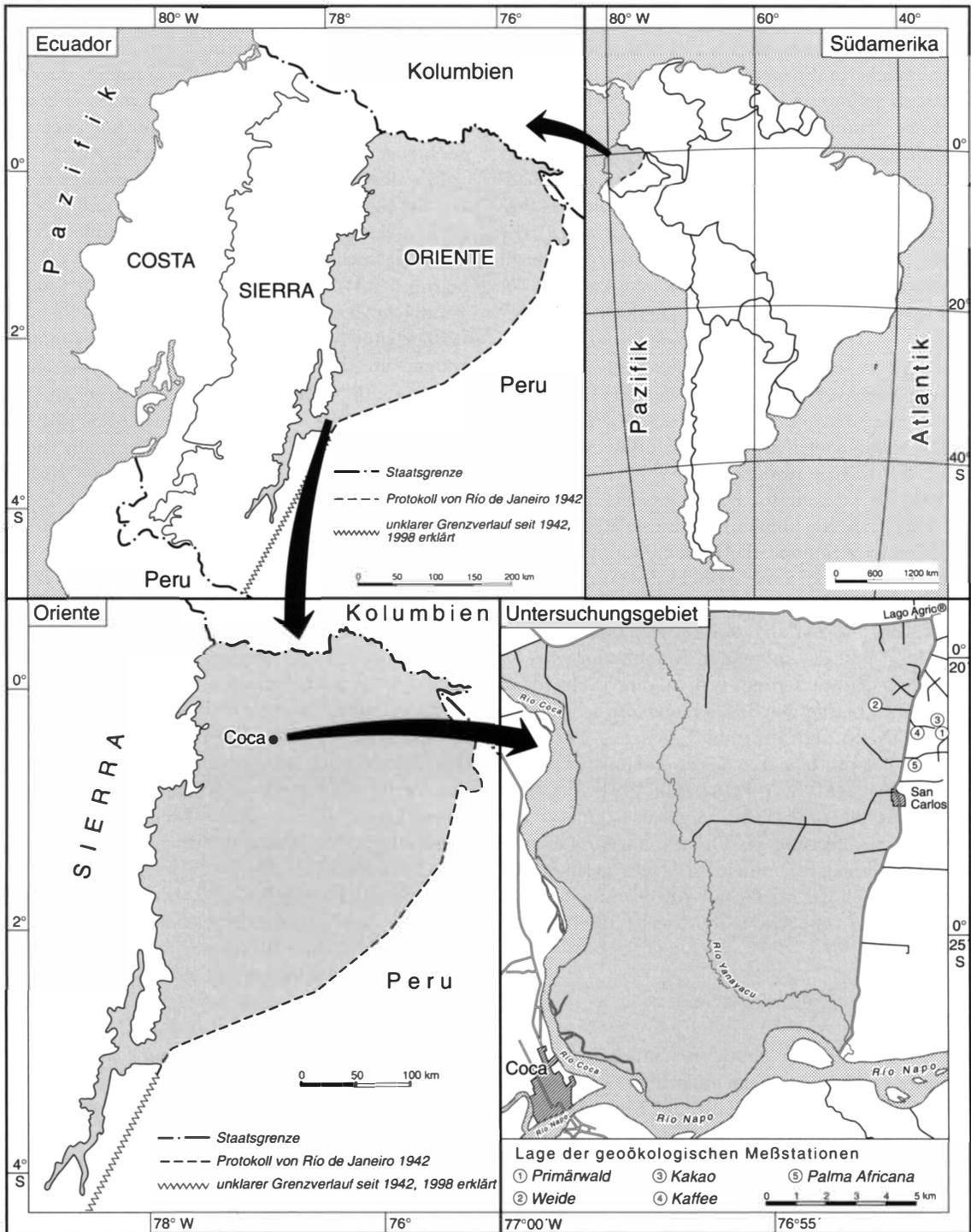


Abb. 2: Lage des Untersuchungsgebietes

Quelle: LANFER (1999a)

Investigation site

parzelle und Wald für jede Linie. Eine sehr starke Fragmentierung des Regenwaldes war die Folge (Beilage V).

Das Projekt in Shushufindi sollte auf Genossenschaftsbasis geführt werden, was von den Siedlern aber nicht angenommen wurde. Das Projekt wurde 1981 offiziell beendet. Die Folge ist seitdem eine hohe Fluktuation und verstärkte spontane Landnahme der Siedler. Mit ähnlichen Problemen waren zwei weitere Projekte in Payamino und San Miguel behaftet. Die Genossenschaftsidee konnte sich grundsätzlich nicht durchsetzen. Insbesondere die Kolonisten aus der Sierra waren zuvor schon zu 40% Besitzer einer kleinen Finca gewesen und fühlten sich in ihrer freien Entscheidung über die Nutzung ihrer Finca zu stark eingeschränkt. Des Weiteren fehlten dem INCRAE die notwendigen finanziellen Mittel und das Personal, um eine sinnvolle, staatlich gelenkte Kolonisation durchzuführen. Die Folge war, dass das INCRAE seinen Aufgabenbereich veränderte. Die besetzten Landstücke werden jetzt im Nachhinein legalisiert. So erfolgt bis zum heutigen Zeitpunkt die Landnahme im Oriente Ecuadors un gelenkt und spontan (BROMLEY 1981; EASTWOOD 1993; HICKS 1990; KOHLHEPP u. WALSBURGER 1987; NAVAS a. LARA 1978; TAALE a. GRIFITHS 1995). Mit der spontanen Kolonisation vorwiegend durch Zuwanderung vom andinen Hochland (HICKS 1990) betrug der Bevölkerungszuwachs in den Provinzen Napo und Sucumbios zwischen 1974 und 1990 über 6% pro Jahr (Landesdurchschnitt 2,3% pro Jahr nach SOUTHGATE a. WHITAKER 1994). Bei einer mittleren Bevölkerungsdichte von 3,5 E/km² ist der Anteil der Bevölkerung im Oriente an der Gesamtbevölkerung Ecuadors immer noch sehr gering (2%), wobei der Anteil der ländlichen Bevölkerung 60–80% je nach Kanton ausmacht (INEFAN-GTZ 1993).

4 Entwicklung der Regenwaldkonversion

Die Rodung der zur landwirtschaftlichen Nutzung vorgesehenen Flächen erfolgt aufgrund der ganzjährig hohen Niederschläge im "Slash and Mulch-System". Brandrodung wird im ecuadorianischen Amazonastiefeland nicht durchgeführt. Ein grundsätzliches Problem der stattfindenden spontanen Landnahme und fehlenden Regionalplanung ist die Vernachlässigung des natürlichen Nutzungspotentials der Region. Die von den Ölgesellschaften gebauten Straßen dienen der Erdölprospektion und -förderung. Dementsprechend wird der Verlauf nicht den vorherrschenden Relief- und Bodenverhältnissen angepasst. Das heißt, dass die Landnahme von aus der Sierra oder Costa eingewanderten Siedlern, die nicht mit den ökologischen Ver-

hältnissen des Oriente vertraut sind, oft auf Böden mit nur einem geringen Landnutzungspotential stattfindet. Die Folge ist, dass die Siedler schon nach wenigen Jahren ihr Grundstück wieder verlassen und weiterziehen. Zudem werden ihnen keine Kenntnisse über ökologisch angepassten Landbau vermittelt.

Mit einem Vergleich (Change Detection) der Landsat TM Satellitenbildszenen von 1986 und 1999 wurden die Veränderungen in der Regenwaldbedeckung in der Untersuchungsregion erfasst (Beilage V). Danach betrug der Waldverlust mit 4.874 ha 21,9% der Gesamtfläche des Untersuchungsraumes (22.299 ha). Ein Waldgewinn durch das Aufwachsen von Sekundärwald konnte auf 763 ha (3,4%) verzeichnet werden. Die Waldveränderungsmaske zeigt, dass vor allem entlang der Hauptpisten die Restwaldflächen verschwunden sind und insgesamt eine weitere Fragmentierung des Regenwaldes eingetreten ist. Typisch für die Region ist infolge der Erdölerschließungspisten und der spontanen, un gelenkten Kolonisation ein heterogenes Mischnutzungsmosaik mit Waldrestflächen.

Die Forschungsstation Napo Payamino des Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), das für landwirtschaftliche Forschungsfragen und Beraterfunktionen in der Region zuständig ist, ist sowohl personell als auch finanziell schlecht ausgestattet. Es wird eher die Schließung als die Förderung der Station erwägt. Dies liegt nicht zuletzt darin begründet, dass der Oriente nach wie vor im Machtkampf zwischen der Sierra und der Costa wenig Beachtung von den zuständigen Stellen in Quito erfährt. Die einzige Ausnahme bildet die Erdölförderung, die den Kolonisationsprozess auslöste. Die häufig nicht angepasste Wirtschaftsform der Siedler und eine jährliche Abholzungsrate von ca. 4% (WHITAKER a. COLYER 1990) lassen tiefgreifende Beeinträchtigungen des labilen Ökosystems im Oriente mit überregionalen Auswirkungen befürchten. Konnte durch den Einsatz der Landsat TM Satellitenbilddaten im Zeitvergleich die Entwaldungsrate eindeutig bestimmt werden, so war eine Identifikation der unterschiedlichen Anbausysteme nicht möglich. Das komplexe Landschaftsgefüge im Untersuchungsraum mit unterschiedlichen Altersstadien, vorwiegend kleinen Nutzungseinheiten (< 0,2 ha) und den vielfältigen Mischnutzungen auf einer Parzelle erschweren die digitale Klassifikation der Nutzungssysteme durch Satellitenbildinterpretation.

5 Klima- und Vegetationsdifferenzierung

Die äquatornahe Lage des Untersuchungsgebietes (Abb. 2) mit ganzjährigem Zenitalregen (Maximum im

Frühjahr und Herbst) bedingt eine hohe Jahresniederschlagssumme von ca. 3.200 mm (Abb. 3). Die Monatssummen liegen über 150 mm. Dadurch ergibt sich sowohl nach der klimatischen ($N - pV$), der klimaökologischen ($N - pET$), der landschaftsökologischen ($N - pLV$) als auch nach der agrarklimatischen Wasserbilanz ($N - 0,4 pV$) ein ganzjährig perhumides Klima. Aufgrund der hohen Niederschlagssummen und der damit verbundenen positiven Wasserbilanz resultiert ein permanenter Sickerwasserstrom mit Bodenfeuchtwerten über oder nahe der Feldkapazität für den größten Teil des Jahres. Das Bodenfeuchtereime gehört damit zum "perudic moisture regime" (USDA 1994).

Die Luftfeuchtemittel liegen im Monatsmittel über 89% und im Jahresmittel bei 91%. Bei einer Jahresmitteltemperatur von 25,4 °C beträgt die Jahresamplitude an der Station Coca 2,1 °C (Abb. 3). Die Tagesschwankung der Temperatur liegt je nach Bewölkungsgrad bei 6–7 °C. Entsprechend hoch mit geringer Schwankung liegen die Bodentemperaturen (24–27 °C). Ab 70 cm Bodentiefe fehlt jegliche Tagesschwankung (Bodentemperaturregime „isohyperthermic“, USDA 1994). Die potenzielle Evapotranspiration ist klimatisch vor allem vom Strahlungsinput abhängig und weist zu den Zenitständen der Sonne die höchsten monatlichen Verdunstungsraten auf (Abb 3). Die Verdunstung wurde anhand der "slightly modified Penman equation" nach DOORENBOS a. PRUITT (1988) bestimmt.

Die mittlere tägliche Globalstrahlung variiert im Vergleich von bewölktem Tag zu Strahlungstag zwischen 1.500 und 5.600 W/m². Entsprechend variiert die pET (Weide, vgl. Abb. 4) von 1 bis 7 mm pro Tag. Erste Auswertungen der experimentellen Messungen an den 5 geoökologischen Messstationen (Abb. 2) zeigen, dass ca. ²/₃ der Strahlungsbilanz bei den Nutzungssystemen (Weide, Kaffee und Palma Africana) in den latenten Wärmestrom umgesetzt werden. In den fühlbaren Wärmestrom fließt ca. ¹/₃ der Nettostrahlung und in den Bodenwärmestrom ca. 2–5% (LANFER 1999). In der Abbildung 5 sind die Strahlungsströme exemplarisch für die Messstation in der Palma africana-Plantage dargestellt.

Vegetationsklimatisch gehört die Untersuchungsregion nach KÖPPEN (1918; 1923; 1931; 1936) zum Afh-Klimatyp (tropisches Regenwaldklima ohne eine ausgeprägte Trockenzeit), nach TROLL u. PAFFEN (1964) zum Jahreszeitenklima VI (Regenwaldgürtel) und nach LAUER u. FRANKENBERG (1978; 1988) zur hydrothermischen Klimaregion I/12 der Warmtropen (A2) und nach HOLDRIDGE (1947; 1966; 1987) zur Vegetationsformation „sehr feuchter tropischer Wald“. Alle Klassifikationen haben gemein, dass sie die Vegetation des Untersuchungsraumes nur sehr allgemein

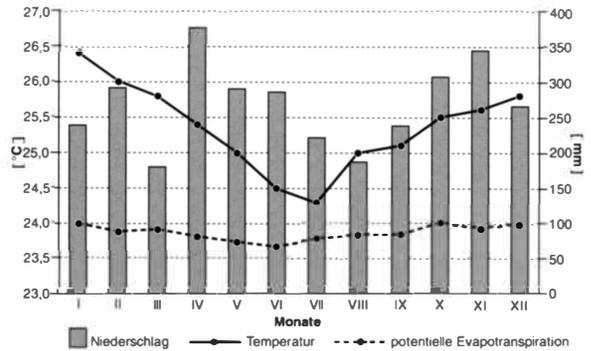


Abb. 3: Klimadiagramm der Station Coca

Quelle: INAMHI (1977–1985) u. eigene Berechnungen

Climatic conditions in Coca

beschreiben und nicht weiter differenzieren. Detaillierter, jedoch auch ohne die Nennung dominanter Arten, wird die Vegetationsgliederung von HETTLER et al. (1996) beschrieben. In Abhängigkeit von Relieflage und Hydromorphie bezeichnet er den Regenwald des Plateau- und Hügellandes als „bosque de tierra firme“, den Regenwald mit saisonaler Überflutung als „bosque estacionalmente inundado“ und den grundwasser-geprägten Sumpfwald als „bosque permanente inundado“. Nach ihrer Artenzusammensetzung gehören die ecuadorianischen Regenwälder am Ostrand der Anden zu den artenreichsten der Erde (pleistozäne Regenwaldrefugien nach VAN DER HAMMEN 1991).

6 Landnutzungssysteme im Kolonisationsgebiet von Coca

Die große Mehrheit der in den Provinzen Napo und Sucumbios (Kantone Coca, Lago Agrio, Loreto, Sacha, Shushufindi) befragten Siedler (127 Betriebe, KERN-BECKMANN 1998) kamen aus dem andinen Hochland (72%), während 18,9% aus der Küstenregion stammen und lediglich 5,5% der „Finceros“ im Oriente geboren wurden. Kenntnisse über die regionalen ökologischen Anbaubedingungen sind entsprechend gering. Die Neusiedler versuchen, sich als Kleinbauern zu etablieren, um sich selbst versorgen zu können (vor allem mit Yuca, Mehlbanane, Mais und Reis). Gleichzeitig bauen sie Marktfrüchte an (Kaffee und Kakao) oder betreiben Rinderhaltung. Die Flächennutzung auf der Finca ist entsprechend heterogen und kaum geplant (verstreute Nutzungspartellen von 500 m² bis 1,5 ha). Zwischen Betriebsgröße und Nutzungsfläche bestehen daher erhebliche Diskrepanzen, bedingt vor allem durch das mangelnde Kolonisations- und Bodenrecht von INCRAE und IERAC (bis

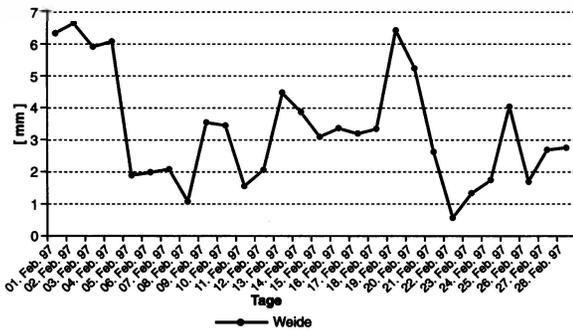


Abb. 4: Variabilität der potenziellen Evapotranspiration im Weidesystem

Quelle: LANFER (1999), verändert

Variability of potential evapotranspiration in pasture

1997), beschränkte Arbeitskraftkapazität (Familienbetriebe, z.T. Tagelöhnerinsatz) sowie fehlendes Kapital zur Nutzungsintensivierung (KERN-BECKMANN 1998).

So beträgt zwar die Betriebsfläche bei ca. 30% der Fincas über 50 ha, eine Nutzfläche über 50 ha wiesen 1998 jedoch nur 10% der Betriebe auf. Dabei handelte es sich immer um Rinderhaltungsbetriebe. Bei den Betrieben mit der Leitkultur Kaffee (32% der Betriebe) liegt die genutzte Fläche unter 20 ha (25% unter 10 ha). Als Leitkultur ist der Anbau von Kaffee und Kakao unter unregelmäßig stehenden Schattenbäumen verbreitet. Dazu kommt die Rinderhaltung (Fleischproduktion) auf den größeren Fincas, die von den meisten Bauern als rentabelstes Produktionssystem angesehen wird. Im Durchschnitt werden 1–1,5 Rinder pro ha gehalten. Nach den Erhebungen von KERN-BECKMANN (1998) konnten anhand von 127 untersuchten Betrieben folgende Leitbetriebssysteme im Untersuchungsgebiet identifiziert werden:

- zu 32% Rinderhaltung mit Mischanbau in Hausgärten,
- zu 5% Rinderhaltung mit Kaffeeanbau als Begleitbetriebszweig,
- zu 17% Rinderhaltung mit Kaffeeanbau als Begleitbetriebszweig und Mais, Reis und Kakao im Mischanbau als Zusatzbetriebszweig,
- zu 7% Kaffeeanbau mit Mischanbau in Hausgärten,
- zu 9% Kaffeeanbau mit Rinderhaltung als Begleitbetriebszweig,
- zu 14% Kaffeeanbau mit Rinderhaltung als Begleitbetriebszweig und Mais, Reis und Kakao im Mischanbau als Zusatzbetriebszweig.

Damit dominieren die Rinderhaltung mit 54% und der Kaffeeanbau mit 30% der Fläche die landwirtschaftliche Nutzung in der Region. 16% der Fläche

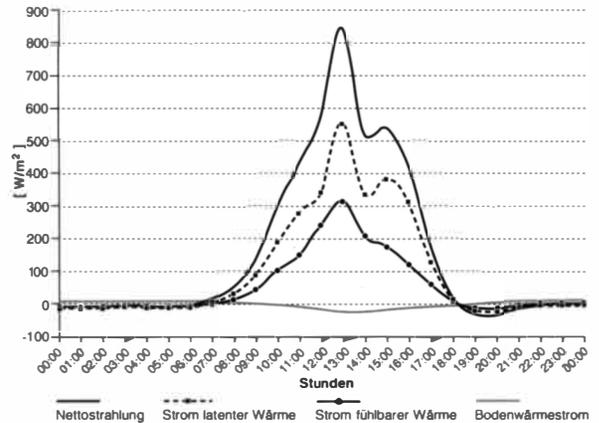


Abb. 5: Exemplarische Darstellung der Energieströme in der Palma africana am 3. Dezember 1996. Die Berechnung der Energieströme erfolgte nach der Energiebilanzgleichung wobei die BOWEN-Ratio nach SVERDRUP (1936) bestimmt wurde. Es bedeuten Rn (Nettostrahlung), LE (Strom latenter Wärme), H (Strom fühlbarer Wärme) und G (Bodenwärmestrom)

Quelle: LANFER (1999)

Examples of energy fluxes within the Palma africana on December 3rd, 1996. The estimation of energy fluxes is done according to the energy balance equation using the BOWEN-Ratio which was determined according to SVERDRUP (1936). The meaning of the abbreviations is Rn (net radiation), LE (latent heat flux), H (sensible heat flux) and G (soil heat flux)

weisen keine eindeutige Leitkultur auf. Hier überwiegen verschiedene Mischanbausysteme mit Kaffee, Banane, Kakao, Yuca, Reis, Mais und Rinderhaltung. Neueste Entwicklung (seit Ende 1998 / Anfang 1999) ist die Anlage von Fischbecken (Tilapia und Cachama) zum Verkauf auf den regionalen Märkten und zur Verbesserung der eigenen Ernährung.

Zur Deckung des Eigenbedarfs werden vorwiegend Yuca und Mehlbanane angebaut. Für die Kleinbauern könnte über Kaffee- und Kakaokulturen das Betriebs-einkommen gesteigert werden. In Züchtung und verbessertem Anbau liegt u.a. eines der derzeitigen Hauptarbeitsfelder der Forschungsstation Napo-Payamino und der zugehörigen Granja San Carlos des INIAP in der Region. Nach den Deckungsbeitragsrechnungen von KERN-BECKMANN (1998) war die Mehrzahl der Kaffeeanbaubetriebe trotz niedrigem Ertragsniveau von 21 dt/ha/a mit einem Bruttoproduktionswert von 515,- DM/ha/a und die Rinderhaltungsbetriebe mit eigener Jungbullen-zucht (ohne Zukauf) mit 469,- DM/ha/a rentabel. Während die Neusiedler (unter 10 Betriebsjahre) aufgrund von Kapitalmangel vor allem mit Kaffee-pflanzungen und Subsistenzkulturen beginnen,

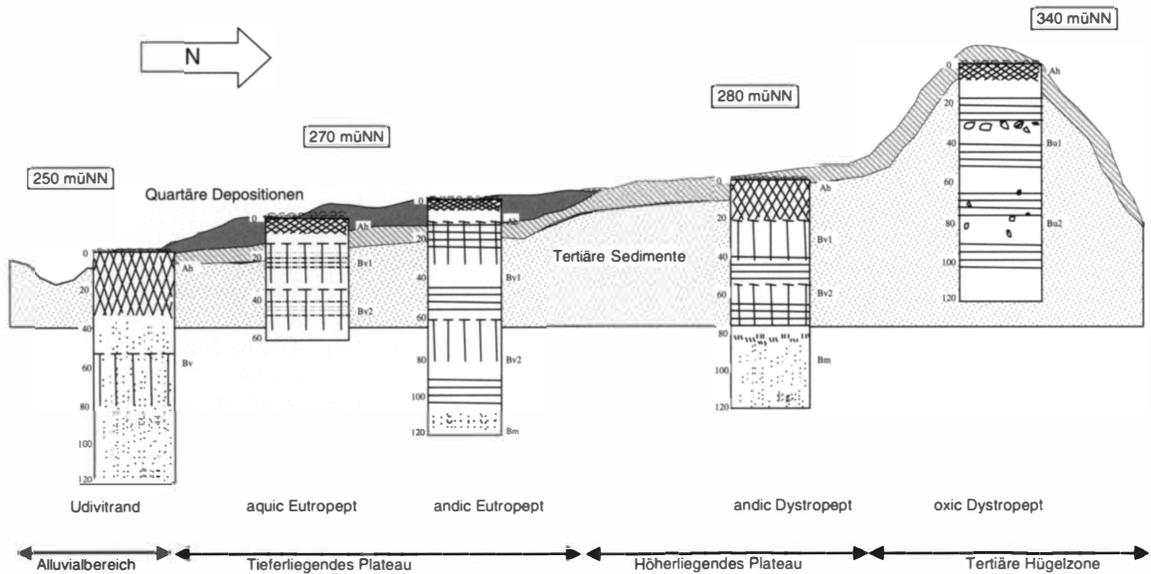


Abb. 6: Schema der Relief und Bodendifferenzierung

Quelle: GEROLD u. SCHAWÉ (1999), verändert

Relief and soil differentiation scheme

haben vor allem ältere Siedler mit ehemaligem Verdienst in der Erdölwirtschaft Weideflächen gekauft und betreiben vermehrt Rinderhaltung. Die Erwartungen der Neusiedler bestehen in:

- Ausreichender Nahrungsmittelproduktion für die Familie (7–8 Familienmitglieder),
- Erwirtschaftung von Bargeldüberschüssen für Zukäufe,
- Ermöglichung von Rinderhaltung,
- Mischanbau zum betriebsinternen Risikoausgleich,
- Nutzung der Familienarbeitskräfte,
- Erhaltung unbegrenzter Bodenproduktivität.

Wie in zahlreichen anderen Amazonaskolonisationsprojekten (HECHT 1982, KOHLHEPP 1989; 1995) traten jedoch sehr schnell Probleme seitens der Bodenfruchtbarkeit und Stabilisierung einer dauerhaften Landnutzung auf. Kenntnisse der indigenen Bevölkerung wurden nicht berücksichtigt. Eine Übersichtsbodenkarte des Oriente (Mapa morfo edafológico, Provincia del Napo, ORSTOM 1983) fand bei der Landnutzungsplanung durch INCRAE und IERAC keine Anwendung. Neben den pedoökologischen Problemen der Bodennutzung sind Probleme im Pflanzenbau und in der Vermarktung der Produkte bei den Kleinbauern gegeben:

- Überregionale Vermarktung aufgrund der schlechten Infrastruktur und des Siedlungssystems („lineas“) sowie hoher Transportkosten und geringem Ansehen der Produkte aus dem Oriente schwierig.

- Abhängigkeit von fahrenden Händlern, die häufig die Gewichte fälschen und unter Marktpreis kaufen.

- Schlechter Pflegezustand der Kulturen und unzureichende Kenntnisse über geeignete Fruchtfolgen und Anbaurotationen, da die Siedler aus der Küste und dem Hochland mit anderen geökologischen Rahmenbedingungen stammen.

- Die Größe der Nutzparzellen variiert zwischen 50 m² und 1,5 ha mit sehr geringer Mechanisierung.

- Kapitalmangel mit geringem Einsatz von Düngung und Pflanzenschutzmitteln.

Gegenwärtig werden im Untersuchungsgebiet von Coca (Abb. 2) weiterhin Waldflächen gerodet. Die Rodungskosten betragen dabei 1997 für ein Hektar ca. 600.000 Sucres (ca. 300,- DM). Aufgrund der ganzjährig hohen Niederschläge wird von den Kleinbauern das „Slash and Mulch-System“ angewandt. Die Nachteile des sonst üblichen Brandrodungsfeldbaues in anderen Regenwaldregionen, mit hohen gasförmigen Nährstoffverlusten und erhöhter schneller Nährstoffauswaschung, treten dabei nicht auf.

7 Bodendifferenzierung und pedoökologische Nutzungsprobleme

Die Bodendifferenzierung im Andenvorland von Coca ist abhängig von der jüngeren Reliefentwicklung mit der Alluvialsedimentation der Tieflandsflüsse Río Coca und Río Napo. In einer Höhenlage zwischen 250

Tabelle 4: Charakteristische Eigenschaften der vorherrschenden Bodentypen

Characteristic properties of the predominant soil types

| Reliefeinheit | Ausgangssubstrat | Dominante Bodentypen | Eigenschaften der Bodentypen |
|-------------------------|---|--|---|
| Tertiäres Hügelgebiet | pleistozäne, fluviale Depositionen auf tertiären Sedimenten | Oxic Dystropepts Typic Dystropepts Aquic Dystropepts | Tongehalt 50–65% Ton-Schluffverhältnis > 0,1 Stoneline 20 cm Tiefe phys. Gründigkeit > 1,20 m pH 3,8 [KCl] geringe Basengehalte BS < 50% Hohe Al-Toxizität |
| Höherliegende Terrasse | pleistozäne, fluviale Depositionen | Andic Dystropepts | Tongehalt 55–75% Duripan 40–80 cm phys.Gründigkeit 40–80 cm pH 4-4,8 [KCl] mittlere Basengehalte BS > 50% Geringe bis mittlere Al-Toxizität |
| Tieferliegende Terrasse | holozäne, fluviale Depositionen | Andic Eutropepts | Ausgeglichenes Korngrößenverhältnis Phys. Gründigkeit > 1,20 m pH 5–6,1 [KCl] hohe Basengehalte BS > 50% |
| Alluvialbereich | alluviale Depositionen des Río Napo | Tropaquepts | Ausgeglichenes Korngrößenverhältnis Phys. Gründigkeit 60 cm pH 3,9 [KCl] mittlere Basengehalte BS > 50% Mittlere bis hohe Al-Toxizität |
| Alluvialbereich | Alluviale Depositionen des Río Coca | Typic Udivitrands | Sandgehalt > 80% Phys. Gründigkeit > 1,20 m pH 5,4 [KCl] geringe Basengehalte BS > 50% Hohe Totalgehalte |

Quelle: GEROLD u. SCHAWÉ (1999), verändert

und 350 m üNN gliedert sich das Relief in die jungen Alluvialbereiche, in zwei Plateaubereiche und ein fluvial dicht zerschnittenes Hügelland (Abb. 6). Mit der Reliefdifferenzierung ist ein unterschiedliches Alter der Pedogenese verbunden, die in Verbindung mit der regionalen Varianz der fluvialen Decksedimente (Verlagerung der Hochflutbetten, Einfluss vulkanischer Aschen) zu einem kleinräumigen Wechsel der Bodentypen führt (DRUIVENVOORDEN a. LIPS 1995; GEROLD u. SCHAWÉ 1999). Aufgrund der durchgeführten Boden-transecte ist eine flächenhafte Bodencharakterisierung entsprechend den Reliefeinheiten und der hydrologischen Beeinflussung (Grundwasserstand, Alluvialbereich) möglich. Die Böden sind entsprechend der jungen Bodenentwicklung auf den spätpleistozänen bis holozänen Decksedimenten des oberen Amazonasgebietes den Inceptisols bzw. den Andisols zuzuordnen.

Die vorherrschenden Bodentypen nach den Reliefeinheiten sind (Abb. 6):

- Tertiäres Hügelgebiet: oxic, typic, aquic Dystropepts,
- Höherliegendes Plateau: andic Dystropepts,
- Tieferliegendes Plateau: andic, aquic Eutropepts,
- Alluvialbereich: Tropaquepts, typic Udivitrands.

Vom Alluvialbereich über die höheren Plateaus bis zum tertiären Hügelgebiet ist eine Abnahme der pH-Werte, eine Zunahme der Tongehalte (B-Horizont), eine Verringerung der Basengehalte (BS unter 50%) und bei den Dystropepts der Hügelzone eine deutliche Al-Toxizität gegeben (Tab. 4).

Mit Ausnahme der jüngeren Alluvialböden mit ausgeprägt sandiger Textur (Udivitrands) dominieren Böden von lehmiger bis toniger Textur mit einem Polyeder- und Prismengefüge. Da bei ganzjährig hohen

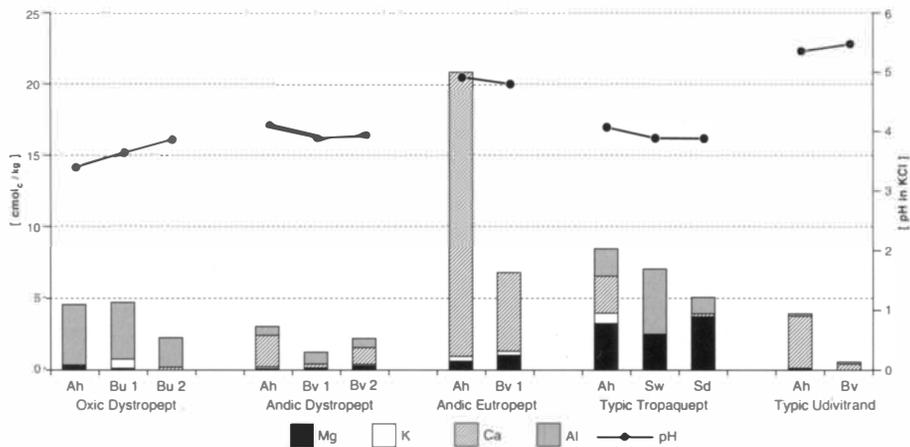


Abb. 7: Effektive Kationenaustauschkapazität und pH-Wert der Bodenleitprofile

Quelle: GEROLD u. SCHAWÉ (1999)

Effective cation exchange capacity and pH-values of the main soil profiles

Niederschlägen Sickerwasserüberschuss und hohe Bodenfeuchten gegeben sind, kommt der Luftkapazität der Oberböden eine besondere Bedeutung zu. Sauerstoffmangel aufgrund hoher Grundwasserstände oder Stauwassereinfluss prägen daher weite Bereiche. Aufgrund der geringen Luftkapazität von 3–8% bei hohen Tongehalten von meist über 50% gehören vor allem die Dystropepts der tertiären Hügelizele (Mittelhangbereich und Hangfußzone) und des höheren Plateaus dazu! Die Durchwurzelbarkeit wird zusätzlich durch eine hohe Al-Sättigung von über 60% bei den oxic und andic Dystropepts eingeschränkt (Wurzelfilz in 0–20 cm Tiefe). Reliefbedingt in der Hügelizele und im zerschnittenen oberen Plateaubereich führt Staunässe im Hangfußbereich (aquic Dystropepts) zu Nutzungseinschränkungen. Bodenphysikalisch am günstigsten sind aufgrund der Porenstruktur (100–120 mm nFKW_e, mittlere bis hohe Luftkapazität) und der Tiefgründigkeit die andic Eutropepts einzustufen.

In Abhängigkeit von Humusgehalt und -qualität, Sorptionsleistung und pH-Niveau wird vielfach die Bodenfruchtbarkeit bewertet. Mit Ausnahme der tertiären Hügelizele (2,8%) liegen die Humusgehalte im Oberboden mit durchschnittlich 6% sehr hoch, was auf zeitweilige Staunässe (verzögerte Mineralisation) und die Rodungsart (slash und mulch) ohne Brennen mit zurückgeführt werden kann. Gekoppelt mit der organischen Substanz (Bestimmtheitsmaß 96%, STIETENROTH 1999) liegen die Stickstoffgesamtgehalte ebenfalls mit 0,25–0,65% sehr hoch (Ah-Horizont). Entsprechend den Humusgehalten, der vulkanischen Beeinflussung der Pedogenese und dem Bodenalter (Reliefeinheiten) besitzen die Bodeneinheiten im A- und

B-Horizont deutlich unterschiedliche Werte der effektiven Austauschkapazität (Abb. 7).

Die Dystropepts im Hügelizele sind stark versauert (pH-Niveau 4,0) und weisen mit unter 5 cmol_c/kg im A_h-Horizont eine sehr geringe Austauschkapazität auf. Mit einer Al-Sättigung von über 60% ist eine Ertragslimitierung für die meisten Kulturpflanzen gegeben (Toxizitätsgefährdung, P-Fixierung). Die höchste effektive Austauschkapazität im A_h-Horizont besitzen die andic Eutropepts im tieferliegenden Plateaubereich mit bis zu 20 cmol_c/kg bei hoher Ca-Belegung. Da die Mg-Sättigung im Austauschkomplex bei den vulkanisch beeinflussten Böden mit noch unvollständiger Tonneubildung in Richtung Halloysit (GEROLD u. SCHAWÉ 1999; WADA a. KAKUTO 1985) sehr gering ist, ist mit Werten von über 5 beim Ca/Mg-Verhältnis ein Antagonismus zu Lasten der Mg-Verfügbarkeit gegeben. Die Tropaquepts als jüngere Bodenentwicklungen im Alluvialbereich besitzen eine ausgeglichene Kationenbelegung mit hohen Mg-Gehalten im Oberboden und zu geringen Ca-Gehalten im Unterboden. Die Versauerung (hohe Al-Sättigung) der Böden ist bereits weit fortgeschritten. Das ist ein charakteristisches Merkmal der Tropaquepts nach VAN WAMBEKE (1992). In der gleichen Reliefeinheit mit sehr geringem Verwitterungsgrad im B_v-Horizont (Fe_o/Fe_d = 7) besitzen die Typic Udivitrants bei Sandgehalten von über 80% sehr geringe Austauschkapazitäten im A_h-Horizont (< 5 cmol_c/kg).

Während im Untersuchungsgebiet im Oberboden nach PAGEL et al. (1982) bei Mg die kritischen pflanzenverfügbaren Gehalte (< 60 mg/kg) nicht unterschritten werden und bei K nur bei den Typic Udivi-

trands (< 80 mg/kg), sind ausreichend hohe Ca-Gehalte (> 800 mg/kg) nur bei den Andic Eutropepts gegeben. Sowohl in der tertiären Hügellzone (Ca/Mg < 3) wie im Plateaubereich bei den andic Eutropepts (Ca/Mg > 5) treten für die Pflanzenernährung nachteilige Ionenantagonismen auf. Bei einem Ca/Mg-Verhältnis > 5 wird nach LANDON (1991) insbesondere die Mg-Verfügbarkeit erschwert, bei einem Ca/Mg-Verhältnis < 3 die Ca-Aufnahme der Pflanzen. Gilt die Phosphorversorgung in vielen tropischen Regionen als kritisch (KAUFFMAN et al. 1998), so besitzt die Untersuchungsregion insgesamt ungewöhnlich hohe P-Gesamtgehalte und zum Teil auch pflanzenverfügbare Gehalte. Wie Abbildung 8 zeigt, korreliert Pt mit dem Humusgehalt. Die P_{550} -Werte belegen, dass Phosphor hauptsächlich organisch gebunden langfristig pflanzenverfügbar vorkommt.

Das Nährstoffpotential der untersuchten Oberböden ist im Vergleich mit anderen tropischen Böden (z. B. FASSBENDER 1972; GEROLD 1990; 1997; MÜLLER-SÄMANN 1986; SANCHEZ 1976) als relativ hoch zu beurteilen, wobei sich deutliche Unterschiede in Anhängigkeit von Alter (Verwitterungsgrad), Substrat (sandige Alluvialböden) und pedohydrologischer Situation (Grundwasser, Hangfußwasser) ergeben. Die relativ höheren Nutzungspotentiale aufgrund der pflanzenverfügbaren Nährstoffe besitzen die Böden des höheren und tieferen Plateaus mit zum Teil ausgeprägter Beeinflussung durch Vulkanasche in der Pedogenese (andic properties). Dahingegen ist auf den Flächen der jüngeren Alluvialebenen und des tertiären Hügellgebietes eine stärkere Einschränkung der Nährstoffversorgung für die Kulturpflanzen gegeben.

8 Nährstoffversorgung der Hauptkulturpflanzen und Nutzungsprobleme

In Anlehnung an die Relief-Bodendifferenzierung und Hauptkulturpflanzen der klein-bäuerlichen Nutzungssysteme wurden 1997 51 Nutzungspartellen ausgewählt und auf ihre Oberbodennährstoffgehalte (0–30 cm Mischproben) und Blattnährstoffgehalte (Mischproben gleichen physiologischen Alters) analysiert (STIETENROTH 1999). Die Kulturen Kaffee (*Coffea robusta*), Kakao (*Theobroma cacao*), Yuca (*Manihot esculenta*), Kochbanane (Platano dominico, *Musa sapientum*), Ölpalme (Palma africana, *Elaeis guineensis*) und Weidegras (Pasto dallis, *Digitaria decumbens*) wurden beprobt und auf die Hauptnährstoffgehalte Ca, Mg, K, Na, N, P, S und Fe, Al, Mn, Cu untersucht. Dabei wurden Reinkulturen wie die vorherrschenden Mischnutzungssysteme analysiert.

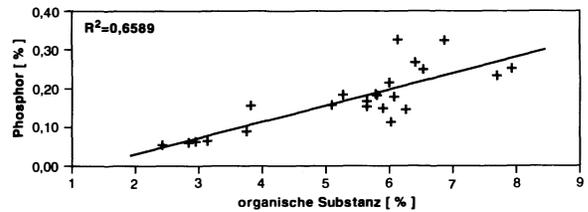


Abb. 8: Zusammenhang zwischen organischer Substanz und Gesamtphosphorgehalt

Quelle: STIETENROTH (1999)

Correlation between organic matter and total phosphorous content

Über die Blattnährstoffgehalte kann eine erste Bewertung der Nährstoffversorgung und das Aufzeigen von Mangelversorgung durchgeführt werden. Eine relative Bewertung des Ernährungszustandes beruht auf den Empfehlungen der IFA (IFA 1992) und den Arbeiten von MUNSON a. NELSON (1990), wobei im niedrigen Versorgungszustand (Tab. 5) bereits mit Ertragseinbußen zu rechnen ist.

Die Stickstoffversorgung ist durch die verschiedenen Ansprüche der Kulturarten maßgeblich beeinflusst. Kaffee- und Bananenpflanzungen zeigen überwiegend tolerierbare Ernährungszustände. Die der Yuca-, Weide- und Palma Africana-Flächen sind als defizitär zu beurteilen, während Kakaokulturen eine defizitäre bis niedrige Versorgung besitzen. Die Stickstoffversorgung auf dem höherliegenden Plateau (vorherrschend andic Dystropepts) ist im Vergleich mit den anderen Relief-Bodeneinheiten deutlich besser. Die Versuchsflächen des INIAP zeigen, dass ein Leguminoseneinsatz zum einen grundsätzlich eine höhere N-Versorgung gewährleistet, andererseits auch mit Brachevegetation eine leichte Stickstoffdüngung ersetzt werden kann. Der Leguminoseneinsatz sollte daher in den kleinbäuerlichen Betrieben mit geringer Bargeldverfügbarkeit verstärkt eingesetzt werden. Erfahrungen bestehen in der Region mit den Holzleguminosen *Leucaena leucocephala* und *Gliricidia sepium* sowie den Bodendeckern *Arachis pintoy* und *Pueraria phoccoloides*.

Für das gesamte Gebiet liegt trotz guter Bodenausstattung ein P-Defizit bei allen untersuchten Pflanzen vor (Tab. 5). Große Unterschiede zwischen den P_{550} -Gehalten und P-Olsen-Gehalten, insbesondere bei den Böden der Hügellzone und den Böden mit andischen Eigenschaften, weisen in Verbindung mit den Blattgehalten auf eine hohe P-Fixierung hin. Beim Übergang zum permanenten Landwechselfeldbau ist eine Verbesserung der P-Versorgung unumgänglich. Notwendig ist eine Mobilisierung der P-Vorräte durch gezielte Bodenbearbeitung und Fruchtfolge (stärkere Mineralisa-

Tabelle 5: Bewertung der Ernährungszustände lokaler Anbausysteme (Grenzwertgrundlage n. IFA 1992)

Judgement of nutritional status of local land use systems (Basis of threshold values according to IFA 1992)

| Kaffee | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Mn | Zn |
|------------------------------------|---|---|---|----|----|-----------------|----|------------------|----|
| tertiäres Hügelgebiet | < | - | < | + | - | < | + | + | < |
| höherliegendes Plateau | + | - | + | + | < | + | + | < | - |
| tieferliegendes Plateau | + | - | + | + | < | < | < | < | - |
| Alluvialbereich ⁴⁾ | < | - | + | + | < | < | + | + | - |
| Banane | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Mn | Zn |
| höherliegendes Plateau | + | - | + | + | < | + | + | + | < |
| tieferliegendes Plateau | + | - | + | < | < | + | + | < | < |
| Alluvialbereich ⁴⁾ | < | - | < | + | < | < | + | - | - |
| Kakao | N | P | K | Ca | Mg | S ²⁾ | Fe | Mn | Zn |
| tertiäres Hügelgebiet | < | - | < | + | < | < | > | > | + |
| höherliegendes Plateau | + | - | + | > | < | + | + | + | < |
| tieferliegendes Plateau | < | - | < | > | < | + | + | + | + |
| Alluvialbereich ⁴⁾ | < | - | < | > | < | < | + | + | + |
| Weide ³⁾ | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Mn | Zn |
| tertiäres Hügelgebiet | - | - | - | + | + | + | > | + | + |
| höherliegendes Plateau | - | - | + | + | < | + | + | + | + |
| tieferliegendes Plateau | < | - | + | + | < | + | + | + | + |
| Alluvialbereich ⁴⁾ | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| Yuca | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Mn ¹⁾ | Zn |
| höherliegendes Plateau | - | - | > | > | < | - | - | + | > |
| tieferliegendes Plateau | - | - | + | > | < | - | - | + | > |
| Palma africana | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Mn | Zn |
| höherliegendes Plateau, gedüngt | - | - | + | > | - | - | x | < | x |

- defizitär; < niedrig; + optimal; > hoch; x keine Beurteilung möglich

¹⁾ nach PAGEL et al. (1982); ²⁾ nach Vergleichswerten von Kaffeeepflanzen; ³⁾ nach allg. Richtwerten für trop. Weidegräser (IFA 1992); ⁴⁾ Tropaquepts

Quelle: STIETENROTH (1999), ergänzt

tion der org. Substanz), leichte pH-Anhebung oder Düngung, wobei die Beeinflussung anderer Nährstoffverfügbarkeiten zu berücksichtigen ist (AHN 1993; AE et al. 1990). Die Arbeit von JATIVA REYES (2000) zeigt, dass der Mykorrhizaebesatz in den landwirtschaftlichen Nutzflächen sehr gering ist. Sowohl Pflegezustand (Kakao, Kaffee) wie fehlende Schattenbäume und die pedomorphologische Differenzierung wirken sich signifikant auf den Mykorrhizaebesatz (Intensität) aus. Durch eine Erhöhung der Mykorrhizierung ist eine Verbesserung in der P-Versorgung der Pflanzen zu erwarten. Da zwischen dem P-Gesamtgehalt und der org. Substanz eine Korrelation von $r^2 = 0,66$ besteht, ist mit verbesserter Humusbewirtschaftung bereits eine Verbesserung erzielbar. Im Hügelgebiet dürfen die vergleichsweise geringen Humusgehalte aufgrund ihrer

Bedeutung auch für die Erosionsresistenz (GEROLD 1988) nicht weiter reduziert werden.

Alle Relief-Bodeneinheiten verfügen über eine sehr gute bis gute Kalium- und Calciumausstattung, was durch die Blattanalysen wie auch bei den meisten Bodenproben bestätigt wird. Die ermittelten pflanzenverfügbaren Bodengehalte liegen jedoch nur im niedrigen bis mittleren Bereich, was auf den schnellen Umsatz über den Kationenaustausch im Boden hindeutet. Eine Nutzungsintensivierung mit Steigerung der Entzugsraten dürfte mit Ausnahme der Hügelzone und der Alluvialbereiche keine Defizite hervorrufen. – Die Versorgungssituation der Kulturpflanzen mit Mikronährstoffen (Fe, Mn und Zn, vgl. Tab. 5) ist grundsätzlich als gut zu bewerten. Bei einer Verbesserung der P- und N-Versorgung mit Steigerung der Biomassenproduktion

sind mit den höheren Entzugsraten Mikronährstoffdefizite nicht auszuschließen. Lediglich für die Kaffee- und Kakaopflanzungen sind z. T. defizitäre Zn-Gehalte insbesondere im Alluvialbereich gegeben.

9 Konsequenzen für die Landnutzungsplanung und den Ressourcenschutz

Die Entwicklung der spontanen Agrarkolonisation in Verbindung mit der finanziellen und institutionellen Schwäche sowie Ineffizienz der Agrarberatung im amazonischen Regenwaldgebiet von Coca führte bis heute zu einer ökologisch bedenklichen wie auch betriebsökonomisch unzureichenden Landnutzungsentwicklung. Die durchgeführten pedoökologischen Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass bei angemessener Berücksichtigung der Bodenpotenziale eine Verbesserung der Ertragssituation mit Übergang zur Landwechselwirtschaft in Teilbereichen der Region durchaus gegeben ist. Eine langfristige Nutzung ist für die analysierten Kulturpflanzen (STIETENROTH 1999) vorwiegend auf den Böden des höheren und tieferen Plateaus gegeben (vgl. Abb. 6). Die Erträge würden dabei durch einen gezielten Düngemittelsatz (vor allem N und P) und den Anbau von Leguminosen deutlich gesteigert. Eine produktive Weidenutzung ist vor allem im Alluvialbereich denkbar. Die Untersuchungen von KERN-BECKMANN (1998) haben jedoch gezeigt, dass die seit ca. 10 Jahren anhaltende Tendenz der Betriebsinhaber zur Ausweitung der Rinderhaltung in allen Relief-Bodeneinheiten gegeben ist und vor allem betriebsökonomisch mit rentablem Deckungsbeitrag in Verbindung mit extensiver Weidehaltung und Verfügbarkeit billiger Tagelöhner bestimmt wird.

Die geringen pflanzenverfügbaren wie Gesamtnährstoffvorräte, die Al-Toxizität und das P-Defizit gestatten keine dauerhafte landwirtschaftliche Nutzung in der Hügelzone mit den vorherrschenden Dystropepts. Ein weiterer Abbau der organischen Substanz (10–20% pro Jahr, vgl. GEROLD 1986) würde in Kombination mit den Hangneigungen und Starkregen zu einer völligen Degradation des Bodens führen. Da die Böden ohnehin gering produktiv sind, sollte die Landnutzungsplanung diese Flächen aus der Nutzung herausnehmen (Schutzwaldstatus). Im Rahmen der bestehenden Großschutzgebiete wie den Nationalparks Yasuni und Sumaco – Napo Galeras sowie den biologischen Schutzgebieten Cuyabeno und Limoncocha könnte die Hügelzone zur Vernetzung und Erhaltung der Biodiversität beitragen. Voraussetzung ist natürlich eine effektive Kooperation der staatlichen Raumplanung seitens INEFAN, INIAP und INDA, was in naher Zu-

kunft kaum zu erwarten ist. Aufgrund eingeschränkter Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe und geringer KAKeff ist das Anbaupotenzial im Alluvialbereich ebenfalls limitiert. Eine Weidenutzung erscheint erfolgversprechend, da die analysierten Gräser einen guten Ernährungszustand besitzen (STIETENROTH 1999).

Neben Düngemaßnahmen und Leguminoseneinsatz werden von CHALA (1987), JATIVA REYES a. TINOCO (1994) und KERN-BECKMANN (1998) folgende Punkte zur Steigerung der Produktivität aufgeführt:

- Einsatz von Agroforstsystemen (Erhöhung der Agrobiodiversität),
- Einsatz von *café* und *cacao clonal* (stecklingsvermehrt, ertragreiche Varietäten),
- Verjüngung überalterter Parzellen,
- gezieltes Beschneiden der Dauerkulturen,
- Weiterverarbeitung der Produkte (z. B. Schalen des Kaffees) und Qualitätsverbesserung bei Kaffee und Kakao,
- bei den Rinderhaltungsbetrieben ist die veterinärmedizinische Versorgung zu verbessern, während sich durch Futterleguminosen die Produktivität steigern lässt.

Da der Humuskörper der Hauptnährstoffspeicher zur Pflanzenernährung in der Untersuchungsregion ist, kommt der Anwendung humusschonender und den Humusspiegel stabilisierender Anbauverfahren (Mischnutzungssysteme mit erhöhter Nährstoffrückführung über Litter) eine große Bedeutung zu.

Die zwar geringe, aber vorhandene Rentabilität der Kaffee- und Rinderhaltungsbetriebe könnte damit in Teilen der Region gesteigert werden, so dass der Druck zur Neurodung von Waldflächen seitens der Agrarkolonisten gemindert werden könnte. Für die neuen Immigranten aus dem andinen Bereich ist über die staatliche Landnutzungsplanung neben der Agrarberatung eine Ausweisung geeigneter Flächen seitens des Bodenpotenzials dringend notwendig. Da in wenigen Jahrzehnten der Wirtschaftsimpuls durch die Erdöl-exploitation und -förderung erschöpft sein wird, kommt der nachhaltigen Landwirtschaft für die Entwicklung der Amazonasregion Ecuadors eine immer größere Bedeutung zu. Unangemessene Erschließung ungeeigneter Relief-Bodeneinheiten durch die Landnutzung führt zu irreversiblen Verlusten sowohl bei der Ressource Boden wie bei der Biodiversität des Regenwaldes.

Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Deutschen Gesellschaft für

Technische Zusammenarbeit (GTZ) für die finanzielle Unterstützung der dargestellten Arbeiten. Ein besonderer Dank gilt dem GTZ-Büro in Quito, das in vielen logistischen Fragestellungen Hilfe bot und allen Mitarbeitern der Forschungsstation Napo-Payamino und der Granja San Carlos des Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) im Raum Coca – San Carlos.

Literatur

- AE, N.; ARIHARA, J.; OKADA, K.; YOSHIHARA, T. a. JOHANSEN, C. (1990): Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. In: Science 248, 477–480.
- AG-BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover.
- AHN, P. M. (1993): Tropical soils and fertilizer use. Intermediate Tropical Agriculture Series. London.
- ANDREAE, B. (1964): Betriebsformen in der Landwirtschaft. Stuttgart.
- BARRAL, H. (1983): Poblamiento y colonización espontánea en la Provincia del Napo en 1977. In: Documentos de investigación del Centro ecuatoriano de investigación geográfica 3, 53–81.
- BAILLY, F. a. NIEDER, R. (Hg.) (1997): FAO/Unesco Bodenkarte der Welt – Deutsche Übersetzung der Revidierten Legende, 1988/1997. Braunschweig.
- BRANDES, W. u. WOERMANN, E. (1971): Landwirtschaftliche Betriebslehre, Band II: Organisation und Führung landwirtschaftlicher Betriebe. Hamburg, Berlin.
- BRUMLEY, R. (1981): The colonization of humid tropical areas in Ecuador. In: Singapore Journal of tropical geography 2, 15–27.
- CHALA, V. H. (1987): Breve diagnostico de la Región Amazonica y proyecciones de investigación para la Estación Experimental Napo-Payamino del INIAP. Quito.
- CONADE-UNFPA (1989): Población y Cambios Sociales – Diagnóstico sociodemográfico del Ecuador: 1950–1982. Biblioteca de Ciencias Sociales 13. Quito
- DOORENBOS, J. a. PRUITT, W. O. (1988): Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Rome.
- DRUIVENVOORDEN, J. F. a. LIPS, J. M. (1995): A land – ecological study of soils, vegetation and plant diversity in Colombian Amazonia. Tropenbos Series 12, Wageningen.
- EASTWOOD, D. A. (1993): Planning of Amazonian colonization in Bolivia and Ecuador. The need to re-assess planning success. In: Revista geográfica venezolana 34, 209–240.
- FASSBENDER, H. W. (1972): Chemisches Verhalten der Hauptnährstoffe in Böden der Tropen, insbesondere in Lateinamerika. Göttinger Bodenkundl. Ber. 23, Göttingen.
- FUNDACION NATURA (1996): La actividad petrolera en el Ecuador. Quito.
- GEROLD, G. (1986): Klimatische und pedologische Bodennutzungsprobleme im ostbolivianischen Tiefland von Santa Cruz. Jb. d. Geogr. Ges. Hannover 1985, Hannover.
- (1988): Zur Anwendung von Schätzmodellen der Abspülresistenz tropischer Böden bei Neulanderschließungen am Beispiel der Äußeren Tropen Boliviens. Jb. d. Geogr. Ges. zu Hannover, Hannover.
- (1990): Klimatische und pedologische Bodennutzungsprobleme in tropischen Waldgesellschaften (Bolivien). Göttinger Beitr. zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen 60, Göttingen.
- (1997): Bodendifferenzierung, Bodenqualität und Nährstoffumsatz in ihrer Bedeutung für die Waldrehabilitation und landwirtschaftliche Nutzung in der Ostregion der Elfenbeinküste. Göttinger Geogr. Abh. 100, 147–178, Göttingen.
- GEROLD, G. u. SCHAWWE, M. (1999): Bodendifferenzierung und Bodenfruchtbarkeit im Amazonastiefland von Ecuador (Coca). Bamberger Geogr. Schriften 19, Bamberg
- HECHT, S. B. (Ed.) (1982): Amazonia. Agriculture and Land Use Research. Cali.
- HETTLER, J.; LEHMANN, B. a. LE MARIE, L. CH. (1996): Environmental Problems of Petroleum Production in the Amazon Lowland of Ecuador. Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen Reihe A 183, Berlin.
- HICKS, J. F. (1990): Ecuador's Amazon region. Development issues and options. World bank discussion papers 7, Washington.
- HIRAOKA, M. a. YAMAMOTO, S. (1980): Agricultural development in the upper Amazon of Ecuador. In: Geographical Review 70, 423–445.
- HOLDRIDGE, L. R. (1947): Determination of world plant formations from simple climatic data. In: Science 105, 367–368.
- (1966): The life zone system. In: Adansonia 6, 199–203.
- (1987): Ecología basada en zonas de vida. San Jose.
- IFA (1992): IFA World Fertilizer Use Manual. Paris.
- INAMHI (1977–1985): Anuario Meteorológico 17-25, Quito.
- INEC (24.04.2001): Censo de Población, 1990, Cuadro N.1. URL: <http://www.inec.gov.ec/censo/pobla90/pobla01.htm>.
- INEFAN-GTZ (1993): Diagnóstico socioeconómico de la Provincia Sucumbios. Quito.
- JATIVA REYES, M. (2000): Identificación de géneros de hongos micorrizas en la región amazónica del Ecuador (Coca – San Carlos). Unveröff. Magisterarbeit, Göttingen.
- JATIVA REYES, M. a. TINOCO, L. (1994): El manejo de café robusta (*Coffea canephora*) en la región Amazonica. INIAP Manual 27, Quito.
- KAUFFMAN, S.; SOMBROEK, W. G. a. MANTEL, S. (1998): Soils of rainforests: Characterization and major constraints of dominant forest soils in the humid tropics. In: SCHULTE, A. a. RUHIYAT, D. (Ed.): Soils of Tropical Forest Ecosystems. Characteristics, Ecology and Management. Berlin, 9–20.
- KERN-BECKMANN, G. (1998): Landwirtschaftliche Betriebssysteme im Oriente Ecuadors. Unveröff. Magisterarbeit, Göttingen.
- KOHLHEPP, G. (1989): Ursachen und aktuelle Situation der Vernichtung tropischer Regenwälder im brasilianischen Amazonien. Kieler Geogr. Schr. 74, Kiel.

- (1995): The International Pilot Programme for Amazonia: An approach to sustainable regional development. In: *Int. Geographical Union Bulletin* 45, Bonn, 17–30.
- KOHLHEPP, G. u. WALSCHBURGER, A.-CH. (1987): Agrarkolonisation in Kolumbien und Ecuador. In: *Geographische Rundschau* 39, 107–113.
- KÖPPEN, W. (1918): Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresverlauf. In: *Petermanns Mitteilungen* 64, 193–203.
- (1923): Die Klimate der Erde - Grundriß der Klimakunde. Berlin und Leipzig.
- (1931): Grundriß der Klimakunde. Berlin und Leipzig.
- (1936): Das Geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W. u. GEIGER, R. (Hg): *Handbuch der Klimatologie*, Bd. I, Teil C. Berlin, 1–44.
- LAMNEK, S. (1995): *Qualitative Sozialforschung. Band 2: Methoden und Techniken*. Weinheim.
- LONDON, J. R. (1991): *Booker Tropical Soil Manual*. London.
- LANFER, N. (1999): Wasser- und Nährstoffumsatz im Tieflandsregenwald Ecuadors – Vergleich von Primär-/Sekundärwald mit unterschiedlichen Nutzungssystemen. Unveröff. DFG-Forschungsbericht. Göttingen.
- (1999a): Geoökologische Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von Landnutzungssystemen im „Oriente“ Ecuadors. In: BLOTEVOGEL, H. (Hg): *Verhandlungsband des 52. Deutschen Geographentages in Hamburg 1999*, Stuttgart, 371–380.
- LAUER, W. u. FRANKENBERG, P. (1978): Untersuchungen zur Öklimatologie des östlichen Mexiko. In: LAUER, W. (Hg): *Klimatologische Studien in Mexiko und Nigeria*. *Coll. Geogr.* 13, Bonn, 1–159.
- (1988): Klimaklassifikation der Erde. In: *Geographische Rundschau* 40, 55–59.
- MERA, J. a. WILSON, H. (1984): Colonización de la región amazónica en el desarrollo capitalista. Quito.
- MÜLLER-SÄMANN, K. M. (1986): Bodenfruchtbarkeit und standortgerechte Landwirtschaft. *Schriftenreihe der GTZ* 195, Eschborn.
- MUNSON, R. D. a. NELSON, W. L. (1990): Principles and Practices in Plant Analysis. In: WESTERMAN, R. L. (Ed.): *Soil Testing and Plant Analysis*. SSSA Book Series 3, Madison, 359–388.
- NAVAS, G. a. LARA, F. (1978): Organización campesina: El Caso de dos organizaciones de colonización en la región oriental del Ecuador. – *Desarrollo rural en las Américas* 10, San José.
- ORSTOM (1983): *Mapa morfo-edafológico 1 : 500.000*, Provincia de Napo, Quito.
- PADILLA, G. (1980): Breve diagnóstico agro-económico de la región oriental para la ubicación de un centro experimental agropecuario de INIAP. In: *Revista geográfica* 13, 13–36.
- PAGEL, H.; ENZMANN, J. u. MUTSCHER, H. (1982): *Pflanzen-nährstoffe in tropischen Böden – ihre Bestimmung und Bewertung*. Berlin.
- PUCE-ORSTOM-INEC-IPGH (1997): *Ecuador, espacio y sociedad – Atlas de la diversidad socioeconómica*. Quito.
- SALAZAR, E. (1989): *Pioneros de la Selva*. Quito.
- SANCHEZ, P. A. (1976): *Properties and Management of Soils in the Tropics*. New York.
- SHARIFUDDIN, H. A. H. (1990): Technique of Soil Testing and Plant Analysis and Their Utilization for Crop Production in Malaysia. In: *Commun. In Soil Sci. Plant Anal.* 21, 1959–1978.
- SHEPPARD, S. C. a. EVENDEN, W. G. (1990): Characteristics of Plant Concentration Ratios Assesed in a 64-site Field Survey of 23 Elements. In: *J. Environ. Radioact.* 11, 15–36.
- SICK, W. D. (1988): Aktuelle Landnutzungskonflikte in Ecuador. In: *Erdkundliches Wissen* 90, 314–325.
- SOUTHGATE, D. a. WHITAKER, M. (1994): Economic progress and the environmet. One developing country's policy crisis. New York, Oxford.
- STIETENROTH, D. (1999): Nährstoff-Blattgehalte verschiedener Kulturpflanzen auf unterschiedlichen Bodentypen im Oriente Ecuadors. Unveröff. Diplomarbeit, Göttingen.
- SVERDRUP, H. U. (1936): Das maritime Verdunstungsproblem. In: *Ann. Hydrogr. Maritim. Meteorol.* 32, 41–47.
- TAALE, T. a. GRIFFITHS, J. (1995): El papel de la ley en la protección del bosque tropical en la Región Amazónica del Ecuador. *Tropenbos Documents* 11, Wageningen.
- TROLL, C. u. PAFFEN, K.-H. (1964): Karte der Jahreszeitenklimate der Erde. In: *Erdkunde*, 18, 5–28.
- USDA (1994): *Keys to Soil Taxonomy*. Blacksburg.
- VAN DER HAMMEN, T. (1991): Paleoeological background: Neotropics. In: *Climate Change* 19, 37–47.
- VAN WAMBEKE, A. (1992): *Soils in the tropics – Properties and appraisal*. New York.
- WADA, K. a. KAKUTO, Y. (1985): Embryonic halloysites in Ecuadorian soils derived from volcanic ash. In: *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 1309–1318.
- WHITAKER, M. a. COLYER, D. (1990): Agricultural and economic survival. The role of agriculture in Ecuador's development. Boulder.
- WYTTEBACH, A. a. TOBLER, L. (1998): Effect of Surface Contamination on Results of Plant Analysis. In: *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29, 809–823.

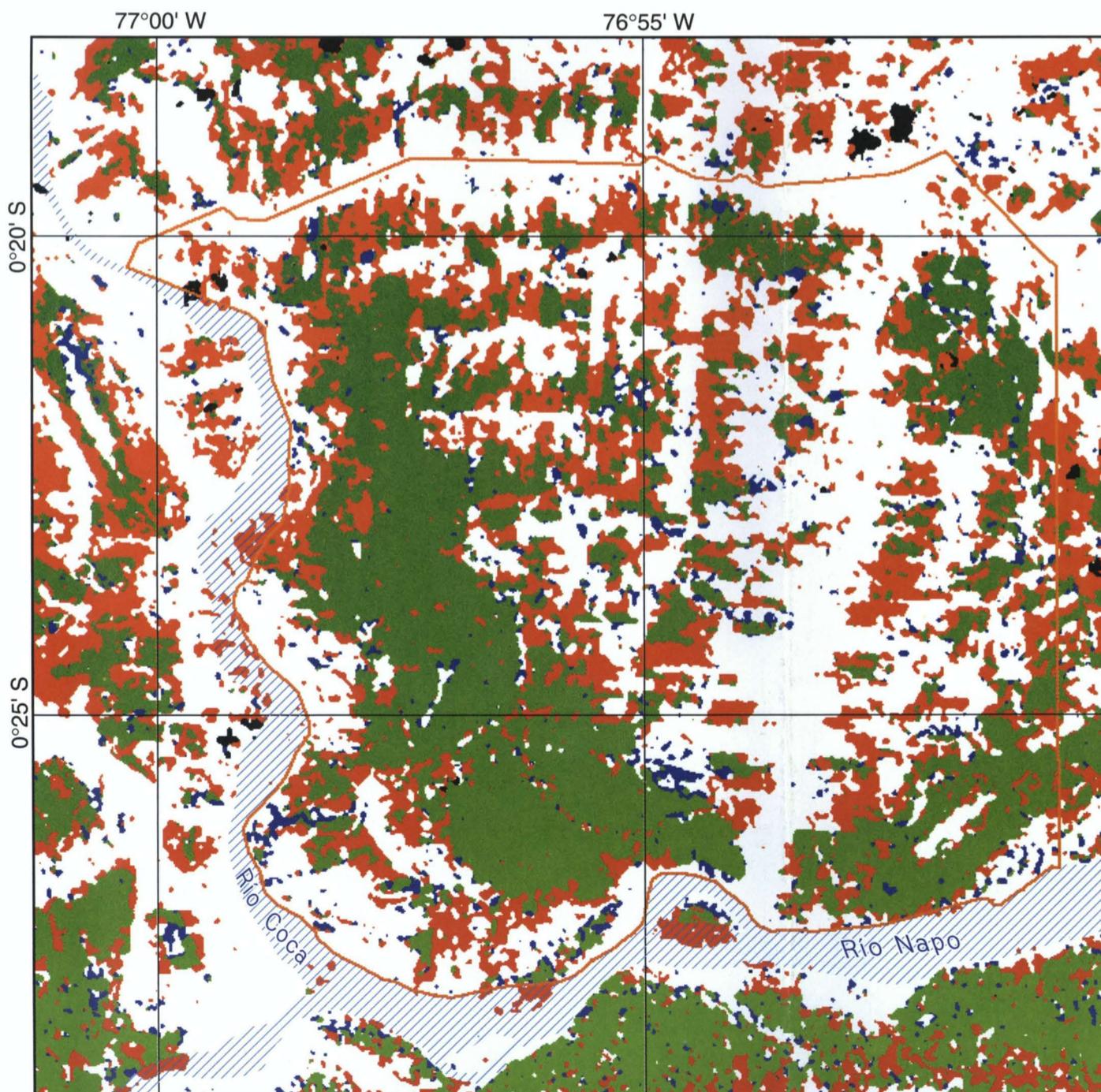
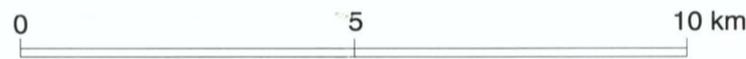


Fragmentierung des Regenwaldes im Untersuchungsgebiet

(Landsat-TM vom 10. 07. 1999 ;
 Projektion: UTM, Zone 18;
 Bezugsellipsoid: WGS 84)

Fragmentation of the rain forest at the investigation site

 Grenze des Untersuchungsgebiets



Waldveränderungsmaske des Untersuchungsgebietes

(Landsat-TM vom 10. 07. 1999
 und 23. 08. 1986 ;
 Projektion: UTM, Zone 18;
 Bezugsellipsoid: WGS 84)

Change detection of the investigation site

-  Waldverlust
-  Waldgewinn
-  Keine Änderung der Waldfläche
-  Landwirtschaft, Gewässer, Siedlungen
-  Wolken
-  Hauptflussbereiche
-  Grenze des Untersuchungsgebiets