

**Reliefformen, fluviale Morphodynamik und Sedimente in den
wechselfeuchten Tropen Zentralafrikas:
Indikatoren für subrezente und rezente Landschaftsentwicklung**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften

vorgelegt beim Fachbereich 11 Geowissenschaften/Geographie
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
in Frankfurt am Main

von
Marion Neumer
aus Aachen

Frankfurt am Main 2007

Vom Fachbereich Geowissenschaften/Geographie der
Johann Wolfgang Goethe-Universität als Dissertation angenommen.

Dekan: Prof. Dr. Gerhard Brey

Gutachter: Prof. Dr. Jürgen Runge
Prof. Dr. Jürgen Wunderlich

Datum der Disputation: 29.10.2007

Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	i
Abbildungsverzeichnis.....	iii
Fotoverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis.....	v
Anhangsverzeichnis	v
Beilagenverzeichnis	v
Abkürzungsverzeichnis.....	vi
1. Einführung.....	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	1
1.2 Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	4
1.3 Arbeitsmethoden und Vorgehensweise	6
2. Untersuchungsgebiet.....	9
2.1 Geologisch-geomorphologische und pedologische Grundzüge	9
2.1.1 Großstrukturen der Zentralafrikanischen Republik	9
2.1.2 Das Plateau von Gadzi-Carnot.....	12
2.1.2.1 Erdgeschichtlicher Abriss	12
2.1.2.2 Geologie und Geomorphologie.....	14
2.1.2.3 Böden.....	17
2.2 Klimatologische und hydrologische Grundzüge	25
2.2.1 Klima.....	25
2.2.2 Hydrologie	29
2.3 Vegetationsgeographische Grundzüge	34
2.3.1 Rezente Vegetationsmuster der Zentralafrikanischen Republik	34
2.3.2 Phytogeographische Ausstattung der Plateauregion	35
2.4 Anthropogene Einflüsse	44
3. Paläohydrologische Forschung in den Tropen	52
3.1 Begriff.....	52
3.2 Schwerpunkte und Methoden.....	53
3.3 Stand der Forschung in den niederen Breiten Afrikas	64
4. Regionale Untersuchung.....	74
4.1 Geoökologische Zusammenhänge.....	74
4.1.1 Kartengrundlage.....	74
4.1.2 Luftbildauswertung	77
4.1.3 Satellitenbildinterpretation.....	79

4.2	Paläoumweltarchive	88
4.2.1	Kartengrundlage.....	88
4.2.2	Luftbildauswertung	94
4.2.3	Satellitenbildinterpretation.....	97
4.3	Geländearbeit	105
4.3.1	Überblick.....	105
4.3.2	Mbaéré-Alluvialebene.....	108
4.3.3	Sadika-Schwemmfächer.....	128
4.4	Laboranalysen	138
4.4.1	Farbe.....	138
4.4.2	Korngröße.....	142
4.4.3	Organische Substanz und Kohlenstoff	145
4.4.4	Stickstoff	150
4.4.5	C/N-Verhältnis	152
4.4.6	pH-Wert.....	153
4.4.7	Dithionit- und oxalatlösliches Eisen und Mangan.....	155
4.5	Datierungen und $\delta^{13}\text{C}$ -Werte.....	157
4.5.1	^{14}C (AMS)-Datierungen	157
4.5.2	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnis ($\delta^{13}\text{C}$)	164
5.	Diskussion der Ergebnisse.....	172
5.1	Paläoumweltarchive in tropischen Alluvionen.....	172
5.2	Landschaftsgeschichtliche Interpretation	175
6.	Zusammenfassung.....	186
7.	Quellenverzeichnis	188
7.1	Verzeichnis der Literatur und Internet-Quellen	188
7.2	Verzeichnis der Karten, Satelliten- und Luftbilder	208
8.	Anhang	209

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand am Institut für Physische Geographie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main auf Anregung von Herrn Professor Dr. Jürgen Runge, bei dem ich mich für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit bedanke. Herrn Prof. Dr. Jürgen Wunderlich danke ich für sein Angebot, das Zweitgutachten zu übernehmen, und die damit verbundene Arbeit angesichts zahlloser anderer Verpflichtungen.

Den Ausschlag für die Beibehaltung des ausgewählten Untersuchungsgebietes im SW der Zentralafrikanischen Republik trotz zeitweise politisch brisanter Situation im Land (Militärputsch im März 2003) gab das seitens des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) im Oktober 2002 bewilligte Kurzstipendium für Doktoranden, auf welches kulanterweise im Frühjahr 2004 zur Finanzierung der ersten Geländearbeiten nachträglich zurückgegriffen werden konnte. Für die weitere Finanzierung in den Jahren 2005 und 2006 zeichnete vor allem die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Sachbeihilfe RU-555/17-1 (Kennwort „Ngotto“) verantwortlich.

Mein Dank gebührt vor allen den Menschen, die mich bei den Geländearbeiten unterstützt haben: den Verantwortlichen im EU-geförderten Projekt ECOFAC (*Conservation et Utilisation Rationelle des Ecosystèmes Forestiers d'Afrique Centrale*), Phase III, insbesondere Herrn Barthélémy Dipapoundji, Herrn Jérémy Maro, Herrn Alain Penelon und Herrn Gérard Motkin, für ihre informelle Hilfestellung, den engagierten ECOFAC-Mitarbeitern in Ngotto, besonders Herrn Denis Passi und Herrn Landry Nguéta, für ihr Engagement bei den Geländearbeiten sowie ihren Ehrgeiz, die Rahmenbedingungen dafür in jeder Situation zu optimieren. Ich danke auch den Kollegen des Geographischen Instituts der Universität in Bangui, insbesondere Herrn Guy Florent Ankogui-Mpoko, Herrn Cyriaque Rufin Nguimalet, Herrn Marcel Koko und Herrn Marcel Kembé, sowie Herrn Peter E. Weinstabel, österreichischem Honorarkonsul und Leiter des Verbindungsbüros der Deutschen Botschaft in Bangui, sowie seiner Frau Claudia, nicht nur für ihre tatkräftige Hilfe bei der Vorbereitung der Feldarbeiten und aller Formalitäten vor Ort, sondern auch für ihre persönliche Fürsorge.

Für ihr sehr frühes Angebot fachübergreifenden Gedankenaustauschs bei formalen Fragen der Konzeption dieser Arbeit und viele anregende Diskussionen danke ich den (ehemaligen) Kollegen aus dem (ehemaligen) Institut für Kulturgeographie, Sozial- und Regionalforschung, Herrn Dr. Gerd Rothenwallner, Herrn Dr. Christian Langhagen-Rohrbach, Herrn Dr. Alexander Theiss, Herrn Dr. Robert Fischer und Herrn Dr. Ralf Gutfleisch. Allen KollegInnen und MitarbeiterInnen aus der eigenen Arbeitsgruppe, die mir (nicht nur) in der letzten Zeit eine Hilfe waren, danke ich gleichfalls, besonders Frau Caroline Mugo (M.A.), Herrn Dr. Steffen Niemann, Herrn Joachim Eisenberg (M.A.) und Herrn Dipl.-Geographen Mark Sagen: den einen für ihre fachlichen Anregungen, den anderen für die Durchsicht des Manuskripts - und allen für ihre moralische Unterstützung. Frau Dipl.-Geographin Eva Becker danke ich in besonderem Maße: vor allem für letzteres und natürlich für die unermüdliche Hilfe bei der Erstellung der zahlreichen Abbildungen. Innerhalb des IPG besonders zu Dank verpflichtet fühle ich mich Herrn Dr. Peter Houben, Frau Dipl.-Geographin Helga Förster und unserer Kartographin, Frau Dipl.-Ing. Ursula Olbrich. Frau Doris Bergmann-Dörr (T.A.), Frau Dipl.-Geographin Dagmar Schneider sowie ihren studentischen und wissenschaftlichen MitarbeiterInnen aus dem Bodenkunde-Labor gilt mein Dank für die Durchführung der konventionellen Laboranalysen und ihre fachliche Hilfestellung.

Nicht zuletzt möchte ich an dieser Stelle jenen Menschen danken, die indirekt, dafür aber nicht weniger Anteil daran haben, dass diese Arbeit zustande kam: Herrn Prof. Dr. (em.) Peter Dobias aus dem Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Paderborn und Herrn Wolfgang Hiller (OStD), meinem geschätzten Deutschlehrer am Gymnasium in Syke.

Diese Arbeit widme ich meiner Familie: meinen Töchtern Rebecca und Anna-Maria und meinem Ehemann Thomas Neumer.

Kelkheim, den 05. August 2007

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lage des Untersuchungsgebietes	5
Abb. 2:	Oro-hydrographische Verhältnisse in der RCA	9
Abb. 3:	Geologische Grundzüge der RCA.....	11
Abb. 4:	Morphologische Großeinheiten der RCA	12
Abb. 5:	Lage der Carnot-Formation im nördlichen Zentralafrika.....	13
Abb. 6:	Geologische Grundstrukturen im SW der RCA.....	15
Abb. 7:	Böden im Untersuchungsgebiet	18
Abb. 8:	Arealtypen und landwirtschaftliche Nutzung bei Ngotto.....	20
Abb. 9:	Klimazonale Gliederung der RCA	26
Abb. 10:	Niederschlagsdaten, Station Ngotto, 07/1994-12/2003.....	27
Abb. 11:	Monatsdurchschnittstemperaturen im Oubangui-Einzugsgebiet.....	28
Abb. 12:	Tallängsprofil des Mbaéré im Untersuchungsgebiet.....	30
Abb. 13:	Abfluss ausgewählter Oubangui-Nebenflüsse, langjähriges monatliches Mittel.....	32
Abb. 14:	Abflussregimes west- und zentralafrikanischer Flüsse	33
Abb. 15:	Phytogeographische Zonierung der RCA	34
Abb. 16:	Projektgebiet ECOFAC, <i>Composante de Ngotto</i>	36
Abb. 17:	Gliederung der Konzession P.E.A. 169 des IFB	41
Abb. 18:	Forstkonzessionen im SW der RCA: Überblick	44
Abb. 19:	Sozioökonomische Gliederung des ECOFAC Projektraums	47
Abb. 20:	Paläoökologische Studien in Afrika.....	65
Abb. 21:	Hydrologische Gegebenheiten, Kartenvergleich.....	75
Abb. 22:	IFB-Aktivitäten, 1997-2003	77
Abb. 23:	Abgrenzungsprobleme der Überflutungsebene im Luftbild.....	78
Abb. 24:	Übergang Plateau/ Basement, Satellitenbild	80
Abb. 25:	Überflutungsbereich am Fuße unterschiedlich akzentuierter Talhangpositionen	81
Abb. 26:	Landnutzungsmuster bei Bambio.....	82
Abb. 27:	Infrastrukturmuster im Satellitenbild	83
Abb. 28:	Forstwirtschaftliche Aktivitäten in der RCA, Stand: Juni 2005.....	85
Abb. 29:	Anthropogene Veränderungen bei Bambio.....	87
Abb. 30:	Talassymmetrie des Mbaéré im Profil.....	89
Abb. 31:	Idealisierte Talentwicklung als Folge rezenter Abdachungsverhältnisse.....	90
Abb. 32:	Erdgeschichtliche Lageveränderung des afrikanischen Kontinents.....	91
Abb. 33:	Sadika-Schwemmfächer, Kartenausschnitte	93
Abb. 34:	Mäanderbögen und Altarme des Mbaéré, Luftbildausschnitt	94
Abb. 35:	Gleithänge des Mbaéré mit Schwimmpflanzenbewuchs, Luftbildausschnitt.....	96
Abb. 36:	Gerinnebett des Mbaéré, multitemporaler Vergleich.....	97
Abb. 37:	Altarme des Mbaéré zwischen Kénéngué und Moloukou, Luft-/ Satellitenbildausschnitt	99
Abb. 38:	Altarme des Mbaéré flussaufwärts, Luft-/ Satellitenbildausschnitt	100
Abb. 39:	Vegetation innerhalb der Alluvialebene, Satellitenbildausschnitt	101
Abb. 40:	Vegetation innerhalb der Alluvialebene, Satellitenbildausschnitt	103
Abb. 41:	Standorte im Mbaéré-Tal, 2004 und 2005	106
Abb. 42:	Standorte auf dem Sadika-Schwemmfächer, 2005	106
Abb. 43:	Standorte im Mbaéré-Tal, 2006	108
Abb. 44:	Standortsituation bei N1 und N2, Mbaéré-Tal	110
Abb. 45:	Standortsituation bei B1 und B2, Mbaéré-Tal	110
Abb. 46:	Standortsituation bei Q1 bzw. K1, Mbaéré-Tal	111
Abb. 47:	Standortsituation bei K2/K4 und K3, Mbaéré-Tal	112
Abb. 48:	Standortsituation bei G1 und G2, Mbaéré-Tal	113
Abb. 49:	Standortsituation bei M1 und M2, Mbaéré-Tal.....	114

Abb. 50:	Geländephase Bambio, 2006: Lage der Standorte	116
Abb. 51:	Situation inselartiger Terrassenreste in der Überflutungsebene.....	117
Abb. 52:	Standortsituation an den vom Mbaéré rezent angeschnittenen Terrassen	118
Abb. 53:	Geländephase Kpoka, 2006: Lage der Standorte	119
Abb. 54:	Geländephase Kénéngué, 2006: Lage der Standorte.....	120
Abb. 55:	Geländephase Moloukou, 2006: Lage der Sandorte	122
Abb. 56:	Sadika-Schwemmfächer: Abdachungs-/ Vegetationsverhältnisse	130
Abb. 57:	Sadika: Talquerschnitt Quelle – Schwemmfächer	130
Abb. 58:	Sadika-Schwemmfächer: Standortsituation S16 bis S18	133
Abb. 59:	Bodenfarben nach MUNSELL, Mbaéré-Tal, 2004 und 2005.....	140
Abb. 60:	Bodenfarben nach MUNSELL, Sadika-Schwemmfächer, 2005.....	141
Abb. 61:	Landschaftskundliches Modell eines zentralafrikanischen Flusses unter verschiedenen Abflussbedingungen.....	167
Abb. 62:	Szenario der Landschaftsdynamik im Mbaéré-Tal seit dem LGM	179
Abb. 63:	Berg- und Tieflandsregenwald in Afrika während des LGM, Konzepte	182

Fotoverzeichnis

Foto 1:	Mbaéré bei Sciplac	16
Foto 2:	Mbaéré bei Kpoka	17
Foto 3:	Libéléké-Tal bei Ngotto	21
Foto 4:	Schotter im Tal des Libéléké.....	21
Foto 5:	Landnutzung im Bereich des Hangfußes	21
Foto 6:	Unterwuchsreiche Savanne auf dem Plateau von Gadzi-Carnot.....	23
Foto 7:	Lateritkrusten-Trümmer aus der Nähe von Toandio.....	24
Foto 8:	Eisenluppe-Fund bei Kénéngué	24
Foto 9:	Sadika nach Eintritt in den Überflutungswald des Mbaéré.....	29
Foto 10:	Bodingué und Mbaéré südöstlich von Kénéngué.....	31
Foto 11:	Einmündung des Kélé in den Mbaéré unterhalb von Kpoka.....	31
Foto 12:	Überflutungswald mit <i>Raphia sp.</i> entlang des Mbaéré	37
Foto 13:	Windbruch im Inneren der Schutzzone	39
Foto 14:	Savanneninsel nahe des Mbaéré-Tributärs Bassamba	39
Foto 15:	Exploitation im <i>Forêt de Ngotto</i>	42
Foto 16:	Degradation und Erosion im Mbaéré-Tal bei Sciplac	46
Foto 17:	Infrastrukturelle Erschließung zwischen Bambio und Sciplac.....	50
Foto 18:	Pioniergewächs <i>Musanga cecropioides</i>	84
Foto 19:	Rezentes Gerinnebett und Altarm des Mbaéré.....	95
Foto 20:	Schwimmpflanzengesellschaft in Gleithanglage	96
Foto 21:	Feuchtezeiger <i>Phyllostachys edulis</i>	109
Foto 22:	Übergangsbereich Talebene/ Plateauhang bei Ngbénguéndara	109
Foto 23:	Terrassenkante am Standort K2/K4	111
Foto 24:	Fossile Termitenhügel auf dem Gelände der ECOFA, Ngotto	114
Foto 25:	Terrasse (Nguindo 2, Ba5) in der Nähe von Bambio	118
Foto 26:	Aufschluss Mo2 mit Schotterlage, Mbaéré-Tal bei Moloukou	123
Foto 27:	Aufschluss Mo10, Mbaéré-Tal bei Moloukou	124
Foto 28:	Keramikscherben aus dem Aufschluss Mo10	125
Foto 29:	Weitere Funde aus dem Aufschluss Mo10.....	126
Foto 30:	Überflutungsebene des Sadika, westlicher Teil	129
Foto 31:	Aufschluss S6, Sadika-Schwemmfächer.....	132
Foto 32:	Saisonal überfluteter Teil des Schwemmfächers östlich des Sadika.....	134
Foto 33:	Aufschluss S26, Sadika-Schwemmfächer.....	135
Foto 34:	Aufschluss S23, Sadika-Schwemmfächer.....	136

Foto 35:	Aufschluss S27, Sadika-Schwemmfächer.....	136
Foto 36:	Waldinsel, östlicher Teil der Sadika-Überflutungsebene	137
Foto 37:	Rezenter Abfluss auf dem Schwemmfächer jenseits des Gerinnebettes	171

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Charakteristika der in Abb. 20 aufgeführten Untersuchungsgebiete	90
Tab. 2:	Datierungsergebnisse Mbaéré-Tal, 2004/ 2005	158
Tab. 3:	Datierungsergebnisse Mbaéré-Tal, 2006.....	160
Tab. 4:	Datierungsergebnisse Sadika-Schwemmfächer, 2005	162
Tab. 5:	$\delta^{13}\text{C}$ -Werte Mbaéré-Tal, 2004/2005.....	165
Tab. 6:	$\delta^{13}\text{C}$ -Werte Mbaéré-Tal, 2006.....	168
Tab. 7:	$\delta^{13}\text{C}$ -Werte Sadika-Schwemmfächer, 2005.....	170

Anhangsverzeichnis

Tab. A1.1:	GPS-Koordinaten, Mbaéré-Tal, 2004/ 2005
Tab. A1.2:	GPS-Koordinaten, Sadika-Schwemmfächer, 2005
Tab. A1.3:	GPS-Koordinaten, Mbaéré-Tal, 2006
Tab. A2.1:	Labordaten-Übersicht, Mbaéré-Tal, 2004/2005
Tab. A2.2:	Labordaten-Übersicht Sadika-Schwemmfächer, 2005
Tab. A3:	Art und Lage der Profile, Mbaéré-Tal, 2006
Abb. A1.1a:	Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Mbaéré-Tal, 2004 (N1, N2, B1, B2)
Abb. A1.1b:	Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Mbaéré-Tal, 2004 (K1, K2, K3)
Abb. A1.1c:	Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Mbaéré-Tal, 2004 (Q1, M1, M2)
Abb. A1.1d:	Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Mbaéré-Tal, 2004 (G1, G2)
Abb. A1.2a:	Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung des Aufschluss-/ Bohrprofils K4, Mbaéré-Tal, 2005
Abb. A2.1a:	Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Sadika-Schwemmfächer, 2005 (S1, S2, S3, S4, S7)
Abb. A2.1b:	Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Sadika-Schwemmfächer, 2005 (S8, S14, S15, S16, S17, S18)
Abb. A2.1c:	Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Sadika-Schwemmfächer, 2005 (S19, S20, S21, S22)
Abb. A2.2:	Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Aufschlussprofile, Sadika-Schwemmfächer, 2005 (S6, S9, S23, S26, S27)

Beilagenverzeichnis

Beilage 1:	Übersichtskarte über den SW des Plateaus von Gadzi-Carnot
Beilage 2:	Lage der verwendeten Luftbilder
Beilage 3:	Satellitenszenen, Überblick über das Untersuchungsgebiet

Abkürzungsverzeichnis

AAS	AtomAbsorptionsSpektrometer
AD	anno domini, n. Chr.
AFD	Agence Française de Développement
Ah	humoser Oberboden
ALPHA	Arizona Laboratory for Palaeohydrological and Hydroclimatological Analysis
AMS	Accelerator Mass Spectrometry
B.P.	before present, bei Radiocarbonatierungen bezogen auf das Jahr 1950
BC	before Christ, v. Chr.
C, C _{org}	carbonium, Kohlenstoff, organischer Kohlenstoff
°C	Grad Celsius
cal.	nach Kalenderjahren kalibrierte Radiocarbonatierungen
CLIMAP	CLimate, Mapping, Analysis and Prediction)
COHMAP	COoperative HOlocene MAPPING Project
DAAD	Deutscher Akademischer AustauschDienst
dbh	Durchmesser auf Brusthöhe
DFG	Deutsche ForschungsGemeinschaft
ECOFAC	Conservation et Utilisation Rationnelle des ECOsystèmes Forestiers d'Afrique Centrale
ENSO	El Niño-Southern Oscillation
ETM	LANDSAT Enhanced Thematic Mapper, US-Fernerkundungssatellit
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Fe, Fe _d , Fe _o	ferrum, Eisen, dithionit-, oxalatlösliches Eisen
FORAFRI	Appui à la recherche FORestière (en AFRIque) et à la valorisation des connaissances scientifique
GLOCOPH	GLOBAL COntinental PalaeoHydrology
GPS	Global Positioning System
H	hydrogenium, Wasserstoff
ICCARE	Identification et Conséquences d'une variabilité du Climat en AfrIque de l'ouest non sahElienne
IFB	Industries Forestières de Batalimo
IGCP	International Geological Correlation Programme
IGN	Institut Géographique National
INQUA	INternational Union for QUaternary Research)
IPCC	Inter-Governmental Panel on Climatic Change
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
ITCZ	Inner Tropical Convergence Zone, Innertropischen Konvergenzzone
ka	kilo annum, 1.000 Radiocarbon-Jahre vor Heute, bezogen auf das Jahr 1950
LGM	Last Glacial Maximum, Letztes Glaziales Maximum
m ü.M.	Meter Über dem Meeresspiegel
N	nitrogenium, Stickstoff
NEESDI	Netherlands Environmental Earth System Dynamics Initiative
ONG	Organisation Non-Gouvernemental, Nichtregierungsorganisation
ORSTOM	Office de Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (heute: IRD)
P.E.A	Permis d'Exploitation Aménagement, Forstkonzession
PARPAF	Projet d'Appui à la Réalisation des Plans d'Aménagement Forestiers
pH	potenti hydrogenii, negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration
ppm	parts per million, Teile pro Million (10 ⁻⁶)
RCA	République CentrAfricaine, Zentralafrikanische Republik
ReSaKo	Regenwald-Savannen-Kontakt, DFG-Projekt
S, gS, mS, fS	Korngrößenangabe für Sand (> 2mm Äquivalentdurchmesser) mit Untereinheiten Grob-, Mittel- und Feinsand

SCAD	Société CentrAfricaine de Déroulage
SEFCA	Société d'Exploitation Forestière Centrafricaine
SST	Sea Surface Temperature, Meeresoberflächentemperatur
T	Korngrößenangabe für Ton (< 1,002 mm Äquivalentdurchmesser)
TM	LANDSAT Thematic Mapper, US-Fernerkundungssatellit
U, gU, mU, fU	Korngrößenangabe für Schluff (< 0.063 mm Äquivalentdurchmesser)
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

1. Einführung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Nicht erst mit Einsetzen der inzwischen öffentlich geführten Diskussion um den Globalen Wandel wird kontrovers über den Einfluss der pleistozänen Vereisungen auf das Globalklima und auf die Ausdehnung tropischer Regenwälder und anderer feuchttropischer bis wechselfeuchter Biome diskutiert. Vor allem zahlreiche Befunde, abgeleitet aus Untersuchungen von Pollen, Diatomeen, Phytoliten, Isotopen organischen Kohlenstoffs ($\delta^{13}\text{C}$) und mineralogischen Daten, die weiter als 700.000 B.P. zurückreichen, haben die Einblicke in die globalen Wirkungszusammenhänge und ihren Einfluss auf die Klima- und Vegetationsgeschichte des tropischen Afrika inzwischen vertiefen können (ABRANTES 2003, BARKER et al. 2004). Variationen in der Sonneneinstrahlung (Milankovich-Zyklen) sind demnach neben Veränderungen in der Ausdehnung der Eisschilde (Heinrich-Ereignisse) die wahrscheinlichsten Erklärungen für vergangenen Klimawandel. Sie gingen mit Veränderungen der SST (*Sea Surface Temperature*, Meeresoberflächen-Temperatur) einher und mit der *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) (NGUETSOP et al. 2004, MARCHANT & HOOGHMSTRA 2004), die Verlagerungen der ITCZ (*Inner Tropical Convergence Zone*, Innertropischen Konvergenzzone) in südliche Richtung nach sich zogen.

In den letzten 25 Jahren in Afrika durchgeführte geowissenschaftliche Arbeiten erhärten mittlerweile die Vermutung, dass das Klimageschehen des Kongobeckens hochglazialzeitlich durch eine Abkühlung um 2 bis 4°C sowie eine Reduzierung der Niederschläge von bis zu 50 % gegenüber den heutigen Gegebenheiten gekennzeichnet war (PARTRIDGE et al. 1999, RUNGE 2001a). Für das Postglazial und das Holozän geben Untersuchungen außerdem Aufschluss über regional und zeitlich nicht immer korrespondierende und unterschiedlich stark ausgeprägte Klimaschwankungen (diskutiert u.a. bei KADOMURA 1995, GASSE 2005). Eine besondere Bedeutung kommt bei deren Untersuchung der sensitiven Grenze von Regenwald zu Savanne zu, an welcher bereits durch geringfügige Variabilität in der Niederschlagsleistung oder der Temperaturverhältnisse die Vegetation mittelfristig mit Ausdehnung oder Rückzug reagiert (THOMAS 2004).

Die an wiederholte vergangene Klimaveränderungen gekoppelten Rückzüge der äquatorialen Tieflandregenwälder sind vor dem Hintergrund unterschiedlicher Konzepte zu möglichen Refugialräumen (*core areas*), wo sie aridere Phasen überdauert haben könnten, unter Berücksichtigung der heutigen Verbreitung von Tier- und Pflanzenarten seit Mitte der 70er Jahre diskutiert worden (MEGGERS et al. 1973, HAMILTON 1976, 1983, LITTMANN 1987, 1988, LIEDTKE 1990, COLYN et al. 1991, MALEY 1995).

Hinweise auf die mit den Klimawandeln verbundenen Umweltveränderungen in Afrika wurden bisher vor allem aus pollenanalytischen Analysen an limnischen Ablagerungen abgeleitet. Für Seen aus dem west- und zentralafrikanischen Raum liegen unter anderem Ergebnisse von TALBOT et al. (1984), GIRESSE et al. (1994), ELENGA et al. (1996), ZOGNING et al. (1997), VINCENS et al. (1998), STAGER & ANFANG-SUTTER (1999) und NGUETSOP et al. (2004) vor, für die Riftseen der randlichen montanen Regionen des östlichen Kongobeckens Daten von KENDALL (1969), DEGENS & HECKY (1974), TIERCELLIN et al. (1988) und ROBERTS & BAKER (1993). Auswertungen festlandferner ozeanischer Bohrkerne aus den Alluvialfächern des Niger (ZABEL et al. 2001,

LÉZINE & CAZET 2005) und des Kongo (MARRET et al. 1998, HOLVOETH et al. 2005, MARRET et al. 2006) geben Aufschluss über den schwankenden Sedimentaustrag aus den großen fluvialen Systemen und liefern ebenso Proxydaten wie äolische Formen unter rezentem Regenwald, die auf einst trockenere klimatische Rahmenbedingungen schließen lassen. Verschiedene fossile Dünenformen, aber auch durch Ausblasung entstandene Depressionen, wurden bereits seit den 60er Jahren beschrieben und untersucht (u.a. ALEXANDRE-PYRE 1971, DE DAPPER 1981, 1985, SOYER 1983, LADMIRANT & ROCHE 1988, THOMAS & SHAW 1991, ALEXANDRE et al. 1994).

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung von Modellierungen vergangener und zukünftiger Vegetations- und Klimaveränderungen müssen die Tieflandsregenwälder der niederen Breiten aufgrund ihrer Ausdehnung als größte konvektive Zentren des Festlandes betrachtet werden. Sie sind von wesentlicher Bedeutung im globalen Zirkulationsgeschehen, so dass paläoökologische Untersuchungsergebnisse wie die genannten wichtige Eckdaten für Modellierungen auf globaler Ebene bereitstellen (ANHUF 2000, ANHUF et al. 2006). Der bereits vorliegenden Arbeiten ungeachtet, beurteilt im Jahr 2006 das IPCC (*Inter-Governmental Panel on Climatic Change*) den afrikanischen als den am schlechtesten erforschten Kontinent in Bezug auf die Dynamik von Ökosystemen und Klimavariabilität. Das rasante Bevölkerungswachstum in vielen afrikanischen Ländern und der potentiell große Einfluss von inzwischen abzusehenden zukünftigen Klimaveränderungen auf die natürlichen Ressourcen in den verschiedenen Ökosystemen Afrikas lassen die Modellierung dynamischer Vegetationsentwicklungen auch auf nationaler und regionaler Ebene hier mehr als überfällig erscheinen (HÉLY et al. 2006). Modellierungen sind jedoch bisher vor allem auf globaler Skala erfolgt (FOLEY et al. 1996, FRIEND et al. 1997, SITCH et al. 2003, WOODWARD & LOMAS 2004) bzw. auf nationaler/ regionaler Skala auf arktische, boreale sowie Ökosysteme gemäßigter Breiten Europas und Nordamerikas fokussiert (KITTEL et al. 2000, KAPLAN et al. 2003, GORDON & FAMIGLIETTI 2004). Ausnahmen bilden in jüngster Zeit erste Ansätze von DESANKER (1996), GONZALEZ (2001), CLAUSSEN et al. (2003), FAVIER et al. (2004), WANG (2004) und D'ORGEVAL et al. (2006).

Die für die seitens des IPCC für notwendig erachteten Modellierungen in Frage kommenden, bisher vorliegenden terrestrischen Paläoumweltdaten der niederen Breiten Afrikas, wie sie beispielsweise See-Sedimente liefern, sind, objektiv betrachtet, zu dispers über den Raum verteilt und aufgrund unterschiedlicher äußerer Rahmenbedingungen zu wenig vergleichbar, um hinreichend verlässliche Informationen bezüglich des raum-zeitlichen Kontinuums der verschiedenen Ökosysteme zu liefern. Es ist angesichts der vorliegenden Befunde nicht zu übersehen, dass die Landschaftsdynamik in Zentralafrika vom LGM (*Last Glacial Maximum*, Letztes Glaziales Maximum) bis Heute noch immer erhebliche räumliche wie zeitliche Lücken aufweist. Für den Bereich zwischen den in W-Kamerun untersuchten Seen Barombi-Mbo (BRENAC 1989, MALEY 1991, 1996, GRESSE et al. 1994, MALEY & BRENAC 1998) und Ossa (LETOUZEY 1968, 1985, REYNAUD & MALEY 1994, REYNAUD-FARRERA 1995, 1997, REYNAUD-FARRERA et al. 1996) und den westlichen der ostafrikanischen Riftseen, Lake Tanganyika, Lake Kivu und Lake Albert (STREET & GROVE 1975, GASSE & DESCOURTIEUX 1979, HABERYAN & HECKEY 1987, VINCENS 1993, SSEMMANDA & VINCENS 1993, COHEN et al. 1997, BEUNING et al. 1997), setzen die an limnischen Sedimenten durchgeführten Untersuchungen über eine Entfernung von 1.500 km aus und sind zudem teils schwer miteinander korrelierbar.

Da an klimatische Umbrüche gebundene oszillierende Niederschläge, die Veränderungen im Vegetationsmuster nach sich ziehen, in jedem Fall tiefgreifende Auswirkungen auf das Erosions- und Sedimentationsverhalten fluvialer Systeme in den Tropen gehabt haben müssen, stellen neben

den dispers über den Raum verteilten limnischen Sedimenten fluviale Akkumulationen räumlich besser verteilte terrestrische Archive dar, die grundsätzlich zur Rekonstruktion naturräumlicher Veränderungen beitragen können. Mit dem Hinweis auf die Komplexität der noch unzureichend erforschten rezenten fluvialen Morphodynamik in den Tropen und aufgrund der weitverbreiteten Annahme, die intensive chemische Verwitterung lasse Datierungen organischer Substanz nicht zu, unterblieben lange Zeit Versuche, sich mit diesem Forschungsansatz intensiver auseinander zu setzen. Das daraus resultierende Fehlen allgemeingültiger Konzeptionen zur Untersuchung von Alluvionen in den niederen Breiten ist vor allem mit den intensiven Umlagerungsprozessen und dem hohen Eintrag von kolluvialen Material zu erklären (FÖLSTER 1983).

Untersuchungen an tropischen Talverfüllungen zeigen inzwischen aber, dass trotz hoher Abtragungsintensität selbst auf geologisch alten Rumpfflächen an geeigneten Talpositionen datierbare und landschaftsgeschichtlich aussagefähige Sedimentkörper erhalten sind, die ein bislang nur wenig genutztes terrestrisches Paläoumweltarchiv darstellen (RUNGE 2003). Hinweise auf ihre Existenz finden sich in Untersuchungen, die in Südamerika, Australien und Südostasien durchgeführt wurden (u.a. STEVAUX 1994, STEVAUX & DOS SANTOS 1998, NANSON & PRICE 1998, NOTT & PRICE 2001, LATRUBESSE & FRANZINELLI 2002). Für die tropischen Regionen Afrikas ist das Datenmaterial aufgrund genereller Forschungsdefizite in den letzten 20 Jahren, bedingt durch politische und infrastrukturelle Probleme vieler Länder in diesem Raum, vergleichsweise dürftig (u.a. PREUSS 1986, KADOMURA 1986, ZEESE 1991, THORP & THOMAS 1992, ALEXANDRE et al. 1994, RUNGE 2001a). Dennoch dokumentieren die bisher vorgelegten Arbeiten beispielsweise Niederterrassen, die sich innerhalb der teilweise sehr ausgedehnten Alluvialebenen tropischer Flüsse erhalten haben. Erste, in der RCA Mitte bis Ende der 90er Jahren durchgeführte Untersuchungen weisen für das Tal des Mbari im SE des Landes über weite Strecken die Existenz eines Terrassenniveaus nach, für welches nach Abgleich mit entsprechenden Datierungen (RUNGE 2001a) ein frühholozänes Alter angenommen wird (NEUMER, unv.). Vereinzelt finden sich auch Hinweise auf einen darüberliegenden, älteren Terrassenkörper. Bislang liegen für den zentralafrikanischen Raum außer diesen nur erste Paläoumweltdaten für das neotektonisch wie anthropogen beeinflusste Ntem-Binnendelta im südwestlichen Kamerun aus dem noch laufenden, DFG-geförderten Projekt ReSaKo (**R**egenwald-**S**avannen-**K**ontakt) vor (RUNGE et al. 2006).

Die Untersuchung von Alluvionen auf landschaftsgeschichtlich verwertbare Archive, die vor allem durch paläohydrologische Forschung in den gemäßigten Breiten wertvolle Erkenntnisse über vergangene Umweltveränderungen liefert, sollte im Hinblick auf die nötige Verdichtung von Paläoumwelt-Daten auch in den Tropen Afrikas gezielter und flächendeckender angewandt werden. Problematisch stellen sich in diesem Zusammenhang nach wie vor die fehlenden Basisdaten zu fluvialmorphologischen Kenngrößen auf regionaler Ebene und die noch ausstehende systematische Untersuchung fluvialmorphologischer Prozesse in den Tropen dar. Die Schwierigkeit paläohydrologischer Forschung in den niederen Breiten ergibt sich vor allem, wie die vorliegende Untersuchung zeigt, aus den Restriktionen „Zeit“ und „Infrastruktur“. Vor dem Hintergrund fehlender Primärdaten zu fluvialmorphologischen Prozessen, eines sehr begrenzten Zeitfensters, in welchem Felduntersuchungen vor Ort überhaupt möglich und sinnvoll sind (Stichwort „Trockenzeit“), und der Schwierigkeit, in den teilweise bevölkerungsarmen Regionen des äquatorialen Tieflands-Regenwaldes den entsprechenden räumlichen Zugang zu den Alluvialebenen des Kongo-Beckens zu finden, ist ein entsprechender methodischer Ansatz nicht

1. Einführung

mit den inzwischen (mehr oder weniger) etablierten Herangehensweisen in den gemäßigten Breiten zu vergleichen.

Für die Standortauswahl innerhalb eines exemplarisch in Zentralafrika zu untersuchenden Alluvialkörpers stellt sich deshalb in diesem Zusammenhang vor allem zunächst die Frage, an welchen Lokalitäten im dynamischen fluvialen System Paläoumweltarchive zu erwarten sind und welche Faktoren die Erhaltung dieser Archive begünstigt haben mögen. Für die spätere Auswertung und Diskussion der Befunde ist es wichtig, die rezenten Rahmenbedingungen in dem gewählten Untersuchungsgebiet genau zu kennen, um über die räumliche Ausstattung eine möglichst umfassende Vorstellung vom Zusammenspiel der Geoökofaktoren des Naturraums zu erlangen.

Entsprechend wird neben dem eigentlichen landschaftsgeschichtlichen Aspekt in der vorliegenden Arbeit der Bereitstellung möglichst umfassender Hintergrundinformationen zu dem exemplarisch ausgewählten Untersuchungsgebiet Raum gegeben. Ausgehend von den Vorüberlegungen, leiten sich für die auf Landschaftsveränderungen ausgerichtete Fragestellung und die Einschätzung der zukünftigen Entwicklung dieses Raumes folgende vier Kernfragen ab, die in der Diskussion wieder aufgegriffen werden:

- Geben vergleichbare Studien, das zur Verfügung stehende Kartenmaterial und die Fernerkundungsdaten Hinweise auf Lokalitäten innerhalb des Tallängs- und Talquerprofils, an denen sich verwertbare Paläoumweltdaten unter den rezenten Klima- und Abflussbedingungen potentiell erhalten haben können?
- Wie verhält es sich mit der Übertragbarkeit der vorgenommenen Standortauswahl auf der Grundlage räumlicher Muster auf andere Untersuchungsgebiete in den niederen Breiten?
- Welche Aussagen zu den quartären Landschaftsveränderungen lassen die regionalen Befunde zu?
- Zu welchen Ergebnissen führt der direkte Vergleich dieser Aussagen mit Referenzdaten aus anderen landschaftsgeschichtlichen Untersuchungen?

Ziele der Arbeit sind:

- die Erschließung landschaftsgeschichtlich interpretierbarer fluvialer Archive in einem bislang diesbezüglich noch nicht erforschten Raum in Anlehnung an bestehende paläohydrologische Forschungen,
- die Rekonstruktion von Paläoumweltveränderungen durch Interpretation der regionalen Befunde zum Zwecke der Erweiterung des raum-zeitlichen Gesamtbildes der quartären Landschaftsgeschichte Zentralafrikas und der Einschätzung naturräumlicher Reaktionen vor dem Hintergrund vergangener und zukünftiger klimatischer Veränderungen sowie
- die Bereitstellung eines in dieser Detailtiefe für das Untersuchungsgebiet bisher noch nicht existierenden Überblicks über die rezenten Gegebenheiten.

1.2 Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Die RCA (im Folgenden: RCA, *République Centrafricaine*) im Zentrum Afrikas liegt in den wechselfeuchten Tropen und erstreckt sich in W-E-Richtung über maximal 1.450 km, in N-S-Richtung über etwa 870 km und grenzt im W an Kamerun, im N an den Tschad, im E an den

Sudan, im SW an die Republik Kongo (Congo-Brazzaville) und im SE an die Demokratische Republik Kongo (vormals Zaïre).

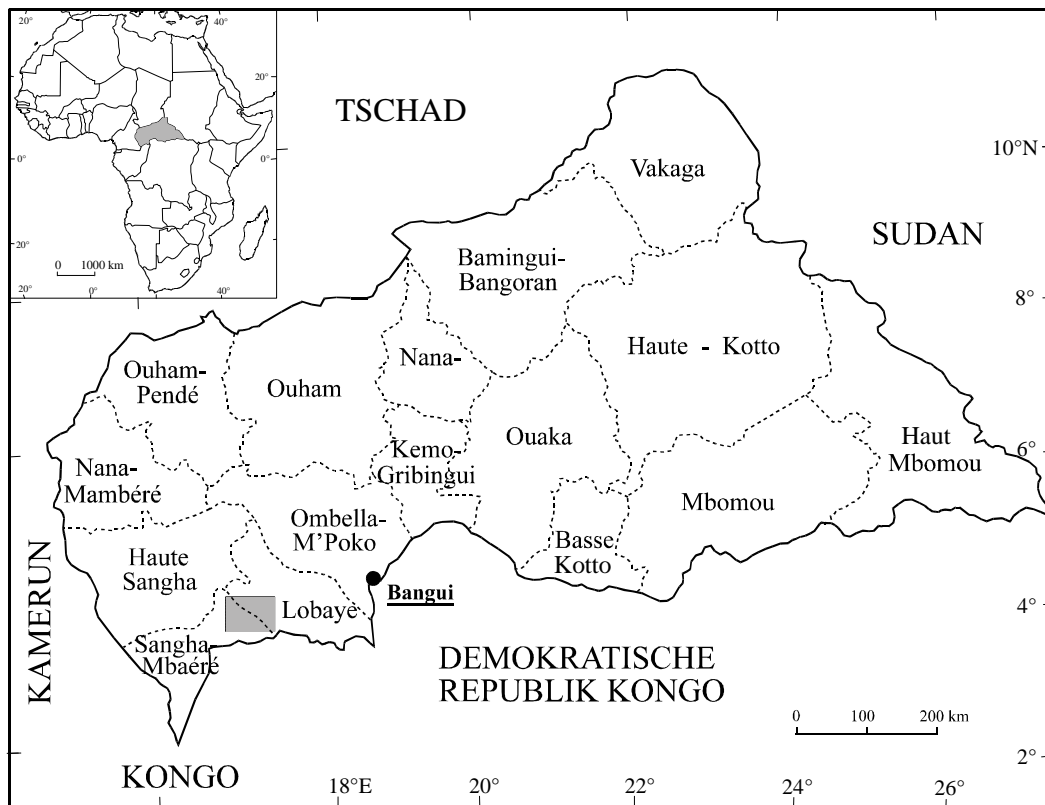


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes

Das Mbaéré-Tal, Gegenstand der vorliegenden regionalen Untersuchung, entwässert das Plateau von Gadzi-Carnot im SW der Zentralafrikanischen Republik (nach: KOKO & RUNGE 2004:21, verändert).

Bei dem im SW des Landes befindlichen engeren Untersuchungsgebiet (Abb. 1) handelt es sich um den südwestlich der Hauptstadt Bangui gelegenen, etwa 60 km (Luftlinie) langen Talabschnitt im Bereich des Mittel- und Unterlaufs des Mbaéré. Hier hat der Fluss im Übergangsbereich Regenwald/ Savanne ein mehrere Kilometer breites Tal ausgebildet. Der Mbaéré entsteht aus dem etwa 35 km östlich von Carnot bei etwa $4^{\circ}55' N$, $16^{\circ}10' E$ gelegenen Zusammenfluss der Flüsse Za und Mbali (auch: Gbali, Großer Fluss) und entwässert in NW-SE-Richtung über eine Länge von etwa 272 km weite Bereiche des zum großen Teil mit Primärwald bestandenen Sandstein-Plateaus von Gadzi-Carnot. Er vereinigt sich bei etwa $3^{\circ}45' N$, $17^{\circ}23' E$ mit dem Bodingué und entwässert südlich von Lébé in den Lobaye, welcher südlich von Bangui in den Oubangui mündet, einen Zufluss des Kongo (früher: Zaïre). Ab etwa $4^{\circ}10' N$, $16^{\circ}47' E$ bildet der Mbaéré flussabwärts eine mit Wald bestandene, bis zu 5 km breite Alluvialebene aus, die saisonal überflutet wird (vgl. Beilage 1).

Das gesamte Einzugsgebiet des Mbaéré umfasst eine Fläche von mehr als 5.000 km^2 . Es stellt in dieser Untersuchung das weiter gefasste Untersuchungsgebiet auf dem Sandsteinplateau dar, auf dessen Landschaftsgeschichte und Vegetationsdynamik die vorliegende Arbeit Hinweise liefern soll.

1.3 Arbeitsmethoden und Vorgehensweise

Für die Einschätzung der landschaftsgeschichtlichen Veränderungen sind die Beurteilung der die Landschaft heute charakterisierenden Faktoren und die Kenntnis der Interdependenzen innerhalb des Ökosystems von grundlegender Bedeutung. Um einen Eindruck der naturräumlichen Zusammenhänge zu bekommen, stand die Bewertung der aktuellen Situation und der sich daraus ergebenden rezenten Auf- und Abbauprozesse von Reliefformen für das in den Carnot-Sandstein zum Teil tief eingeschnittene Tal des Mbaéré im Vordergrund der Vorarbeiten (Kap. 2). Die Sammlung und Bewertung bereits vorliegender Studien zur räumlichen Ausstattung dieses Gebietes wurde, wo dies möglich war, später ergänzt durch Geländebeobachtungen sowie quantitative klimaabhängige und bisher teilweise unveröffentlichte Daten (u.a. Niederschlagswerte).

Anknüpfend an die ersten Untersuchungsergebnisse aus der RCA und angeregt durch verschiedene Arbeiten (u.a. RUNGE 2001a, 2001b, THOMAS et al. 2001), wurde zwecks Erstellung einer Systematik zur Ausweisung potentieller Paläoumweltarchive in den Tropen zunächst eine Quellenauswertung durchgeführt. Diese schließt die theoretische Auseinandersetzung mit dem paläohydrologischen Ansatz (Kap. 3.1 und 3.2) ab und hat zum Ziel, bereits vorliegende Paläoumwelt-Informationen für den afrikanischen Raum zu diskutieren sowie etwa vorhandene räumliche Muster aufzuzeigen, die Lage und Verbreitung landschaftsgenetisch interpretierbarer Alluvialsedimente betreffend (Kap. 3.3).

Eine im Rahmen der regionalen Untersuchung auf diesen Vorarbeiten aufbauende Auswertung von Karten und Fernerkundungsdaten sollte zum besseren Verständnis der geoökologischen Zusammenhänge des Naturraums den Einblick in die naturräumlichen Verhältnisse der Gegenwart einerseits vertiefen (Kap. 4.1) und andererseits die Vorauswahl potentieller Paläoumweltarchive innerhalb des ausgewählten fluvialen Systems unterstützen (Kap. 4.2). Bei dem verfügbaren Material handelt es sich vor allem um topographische Karten im Maßstab 1:200.000, panchromatische Luftbilder aus Befliegungen der 60er Jahre und Landsat-TM- bzw. Landsat-ETM+ Daten aus verschiedenen Jahren zwischen 1986 und 2003.

Die Geländearbeiten erfolgten im Rahmen mehrwöchiger Feldkampagnen in den Jahren 2004, 2005 und 2006. Angesichts der in Kapitel 2.2.2 dargelegten hydrologischen Besonderheiten des Sandstein-Plateaus (zeitlich versetzter Abfluss im Vergleich zu anderen Oubangui-Tributären) wurde für die Prospektion jeweils ein Zeitraum zwischen Januar und März gewählt. Nach einer ersten Geländephase und Bohrungen vor allen in den Randbereichen des Mbaéré-Tals wurde die regionale Untersuchung auf den Schwemmfächer des Sadika ausgedehnt, einen in den Unterlauf des Mbaéré mündenden Nebenfluss, dessen mächtige Sedimentakkumulation einen Teil des Mbaéré-Tals bedeckt. In der zweiten Kampagne durchgeführte Probennahmen auf dem Schwemmfächer sollten Aufschluss darüber geben, ob die Sadika-Sedimente landschaftsgeschichtlich interpretierbare ältere Sedimente des Mbaéré überdecken und inwieweit die fluviale Materialakkumulation des Sadika selbst für die Rekonstruktion von Paläoumweltverhältnissen geeignete Informationen liefert. Im Rahmen des dritten Geländeaufenthalts schließlich erfolgten weitere umfangreiche Probennahmen an terrassenartigen und inselähnlichen Strukturen in Ufernähe des Mbaéré.

Den Geländearbeiten liegen konventionelle landschaftskundliche sowie geomorphologisch-bodenkundliche Arbeitstechniken zugrunde (Kap. 4.3). Die Geländeaufnahme mit Hilfe der GPS-

Handgeräte MAGELLAN MAP 330 und GARMIN Geko 201, unterstützte, in geographischen Koordinaten (Grad, Minuten und Sekunden bzw. als Dezimalangaben) eingemessen, die Orientierung im größtenteils unwegsamen und unübersichtlichen Gelände und ermöglichte die nachträgliche Erstellung detaillierteren Kartenmaterials vom näheren Untersuchungsgebiet auf der Grundlage der bereits vorhandenen Skizzen, Karten und Fernerkundungsdaten. Fund- und Entnahmeorte der entnommenen Proben wurden aufgezeichnet und fanden Eingang in die Dokumentation. Die horizontale Lagegenauigkeit einer Position mit den verwendeten Geräten liegt bei etwa 15 m, was einen guten Satelliten-Empfang voraussetzt. Die Abschirmung der GPS-Signale stellte jedoch angesichts der zum Teil tageszeitlich bedingten ungünstigen Konstellation der empfangenen Satelliten zueinander, vor allem aber aufgrund der dichten Waldvegetation und des häufig geschlossenen Kronendachs am Probenstandort ein erhebliches Problem dar. Höhenmessungen mittels GPS erwiesen sich der Rahmenbedingungen wegen als extrem ungenau, wie Mehrfach-Einmessungen zeigten, und konnten deshalb nicht in der Diskussion berücksichtigt werden (Abweichungen im 10er Meter-Bereich).

Die Probennahme erfolgte im Mbaéré-Tal aufgrund der sumpfähnlichen Gegebenheiten, insbesondere wegen der dichten Vegetation und der teilweise tiefen Durchwurzelung des Bodens, vorwiegend mittels Bohrungen. Aufgrund von Transport- und Kostenerwägungen kam hier der Handbohrer EIJKELKAMP© Edelman zum Einsatz und ermöglichte die schematische Beprobung mit einer Sandsonde. Jede Probennahme umfasste hierbei 20 cm des Profils. Die absolute Beprobungstiefe lag in Abhängigkeit von der Lage des Grundwasserspiegels in der Alluvialebene des Mbaéré zwischen 80 und 320 cm. Auf dem Sadika-Schwemmfächer wurden neben den Bohrprofilen Aufschlüsse angelegt, an denen die Probennahme visuell und horizontbezogen stattfand. Der Tiefe der Bohr- und Aufschlussprofile auf dem Schwemmfächer waren, hier bedingt durch früh einsetzende heftige Niederschläge im Frühjahr 2005 und damit verbundenen hoch anstehenden Grundwassers, zum Teil Grenzen gesetzt. Dadurch war die Beprobung mancher Standorte nicht möglich, und die absolute Profiltiefe der beprobten Standorte variiert zum Teil erheblich (40 bis 200 cm).

Die vor Ort entnommenen Sedimente wurden im bodenkundlichen Labor der Universität Frankfurt konventionell ausgewertet. Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt: Bestimmung der Bodenfarbe, Analyse der Korngrößen, des pH-Werts, der organischen Substanz, des Stickstoffs und des oxalat- und dithionitlöslichen Eisens (Kap. 4.4).

Die Bodenfarbe nach MUNSELL (MUNSELL Soil Color Charts) wurde an feuchten wie an trockenen Proben bestimmt. Zur Beurteilung der Ablagerungsverhältnisse im Alluvialkörper wurden zudem die Fraktionen näher untersucht. Die Korngrößenbestimmung des Feinbodens erfolgte durch Nasssiebung und Sedimentationsmethode (Pipettierung) nach KÖHN (DIN 19683, Teil 1 und 2, 1973). Wegen kaum vorhandener Karbonat- und Eisenanteile im Probenmaterial entfielen bei der Probenaufbereitung die Karbonat- und Eisenerstörung. Der Humuserstörung, welche ab 1,6 %-Anteilen organischer Substanz in der Probe durchgeführt wurde, folgte eine Dispergierung mit 0,4 N $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Mittels Nasssiebung wurden die Kornfraktionen bis 63 μm (Skelettanteil) bestimmt, die der Kornfraktionen unter 63 μm mittels Sedimentationsanalyse (Pipettmethode). Unterschieden wurden im Einzelnen die Fraktionen Skelett, Grobsand, Mittelsand, Feinsand, Grobschluff, Mittelschluff, Feinschluff und Ton. Die Messung des Gesamtkohlenstoffgehaltes ($C_{\text{ges.}}$) erfolgte nach E DIN ISO 10694 (1994) durch trockene Verbrennung im Sauerstoffstrom und anschließende Analyse des freigesetzten CO_2 mittels Infrarot-Detektion am Kohlenstoff-Analysator LECO EC-12. Sie sollte in Verbindung mit den anderen

Laboruntersuchungen Hinweise auf etwa vorhandene (überdeckte) fossile A_h -Horizonte liefern. Die quantitative Bestimmung des Gesamtstickstoffs wurde nach dem KJELDAHL-Analyseverfahren, modifiziert nach BREMMER (1960, 1965), durchgeführt, wobei der Aufschlussapparat Büchi 430 und der Destillationsapparat Büchi 320 zum Einsatz kamen und titrimetrische Messungen vorgenommen wurden. Die Berechnung des C/N-Verhältnisses sollte anschließend der Abschätzung der Geschwindigkeit dienen, mit der die organische Substanz im Boden abgebaut wird (THIELICKE 1987). Die elektrometrische Messung des pH-Wertes erfolgte in 0,01 M CaCl_2 -Lösung nach DIN 19684, Teil 1 (1977) mit der Einstabmesskette WTW E 56 und dem Digitalmeter ORION 520 A. Die Analyse des dithionitlöslichen, pedokristallinen Anteils der Eisen- und Manganoxidverbindungen wurde nach der Methode von MEHRA & JACKSON (1960) mit Dithionit-Citrat-Lösung durchgeführt, die Messung am AAS PERKIN ELMER AAnalyst 300. Zur Kennzeichnung der aktiven, amorphen und organisch gebundenen Oxidverbindungen wurden die oxalatlöslichen Anteile (Fe_o und Mn_o in Masse-%) nach DIN 19 684, Teil 6 (1977) mit oxalsaurem Ammoniumoxalat erfasst. Das Verhältnis Fe_o zu Fe_d , welches den Aktivitätsgrad angibt, wurde berechnet in der Absicht, über den Vergleich verschiedener Bodenhorizonte gegebenenfalls Rückschlüsse auf die Anreicherung von Eisenoxiden und das relative Alter der Böden zu ziehen (MAHANEY & SANMUGADAS 1990). Die konventionelle bodenphysikalische und bodenchemische Laborauswertung des aus der letzten Kampagne (2006) geborgenen Materials wurde nicht abgeschlossen und fand deshalb keinen Eingang in diese Arbeit, weil das per Luftfracht aufgegebene Probenmaterial wegen administrativer Hürden erst ein halbes Jahr nach Abschluss der Feldarbeiten in Frankfurt ausgeliefert wurde und sich die Bearbeitung der Proben anschließend aus laborbetriebstechnischen Gründen (Umzug des Instituts an den neuen Standort Riedberg) weiter verzögerte.

Radiokarbondatierungen (^{14}C) zur Altersbestimmung von Sedimenten und fossilen A_h -Horizonten erfolgte an Holzresten, Holzkohlen und organischem Sediment durch das AMS-Radiokarbonlabor Erlangen und durch Beta Analytic, Inc. (Florida, USA) (Kap. 4.5.1). $\delta^{13}\text{C}$ -Werte, durch isotopenchemische Analysen an Kohlenstoffisotopen ermittelt, die eine Einschätzung der physiognomischen Zuordnung der datierten humushaltigen Bodenproben zu C3- (Baum-) oder zu C4- (Gras-) dominierten Pflanzengesellschaften ermöglichen (MARIOTTI 1991), wurden bei der Rekonstruktion subrezenter Vegetationszustände herangezogen (Kap. 4.5.2). Im Falle der Kampagnen 2004 und 2005 wurden insgesamt 16 einzelne Proben datiert und deren $\delta^{13}\text{C}$ -Wert bestimmt, je 8 aus dem Mbaéré-Tal und aus dem Sadika-Schwemmfächer, im Falle der Kampagne 2006 waren es 13 Proben aus den Terrassen des Mbaéré.

Bei der die Arbeit abschließenden Diskussion wurde den in Kap. 1.1 formulierten Kernfragen nachgegangen und neben den methodischen Fragen zur Ausweisung potentieller Paläoumweltarchive (Kap. 5.1) vor allem erörtert, welche landschaftsgeschichtlichen Implikationen sich aus den Befunden für das Mbaéré-Tal und den Sadika-Schwemmfächer sowie das Sandsteinplateau insgesamt ergeben (Kap. 5.2). In diesem Zusammenhang wurde diskutiert, in welcher Relation die für das Untersuchungsgebiet erarbeiteten Paläoumwelterkenntnisse zu denen aus anderen Untersuchungen stehen und welche Schlussfolgerungen sich für das Plateau von Gadzi-Carnot im Hinblick auf die viel diskutierte globale Klimaerwärmung vor dem Hintergrund regionaler Befunde ziehen lassen. Kap. 6 fasst die Inhalte und Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammen.

2. Untersuchungsgebiet

2.1 Geologische, geomorphologische, pedologische Grundzüge

2.1.1 Großstrukturen der RCA

Das Staatsgebiet der RCA ist morphographisch durch eine schwach gewellte Einebnungsfläche geprägt, die sich bogenförmig von W nach E erstreckt und im zentralen Teil durchschnittliche Höhen zwischen 500 und 600 m ü.M. erreicht (Abb. 2). Als kontinentale Schwelle trennt sie das Tschad-Becken im N vom Kongo-Becken im S. Zu beiden Seiten der dorsalen Struktur befinden sich Abdachungsbereiche, die im N zum Chari, im SW zum Sangha und im SE zum Oubangui bis auf etwa 300 bis 400 m ü.M. abfallen. Zu ihren westlichen und östlichen Rändern hin steigt die Schwellenregion deutlich an.

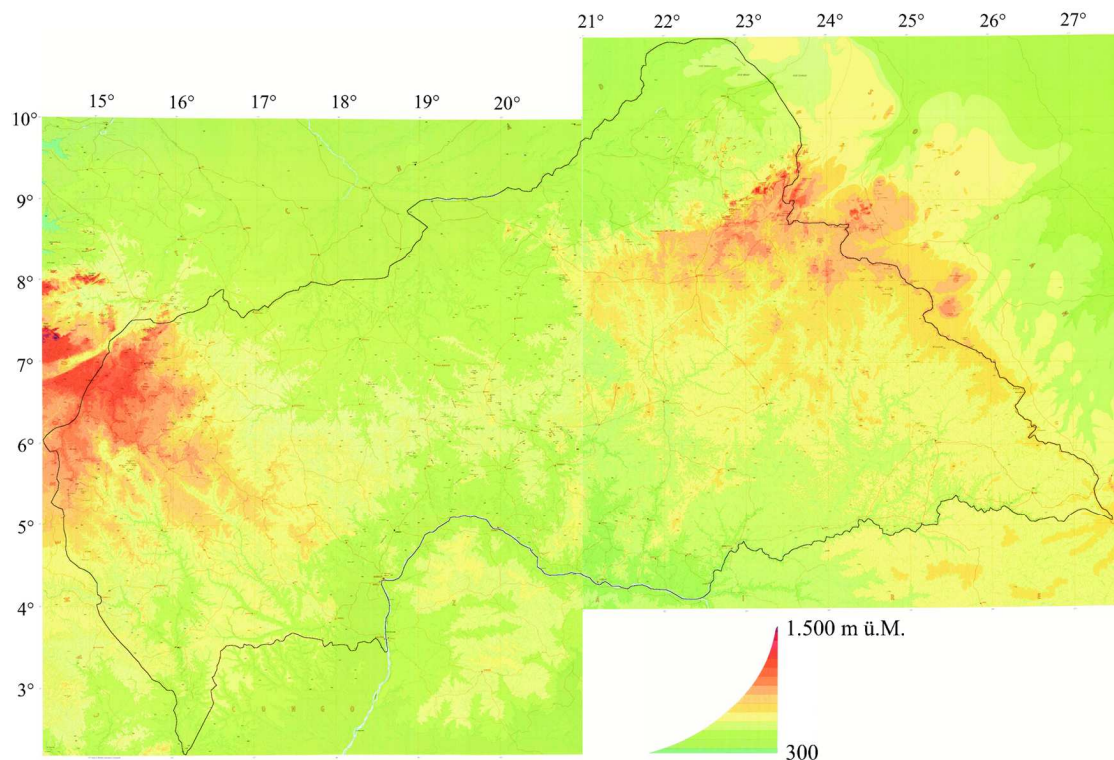


Abb. 2: Oro-hydrographische Verhältnisse in der RCA

Die Darstellung verdeutlicht den Schwellencharakter der zentralen Bereiche des Landes (die sogenannte *dorsale centrafricaine*), die Abdachungsverhältnisse nach N Richtung Tschad- bzw. S Richtung Kongo-Becken sowie den akzentuierten Anstieg des Reliefs nach W zum Adamoua-Plateau bzw. nach E zum Massiv von Dar Challa (nach: BOULVERT 1986, verändert).

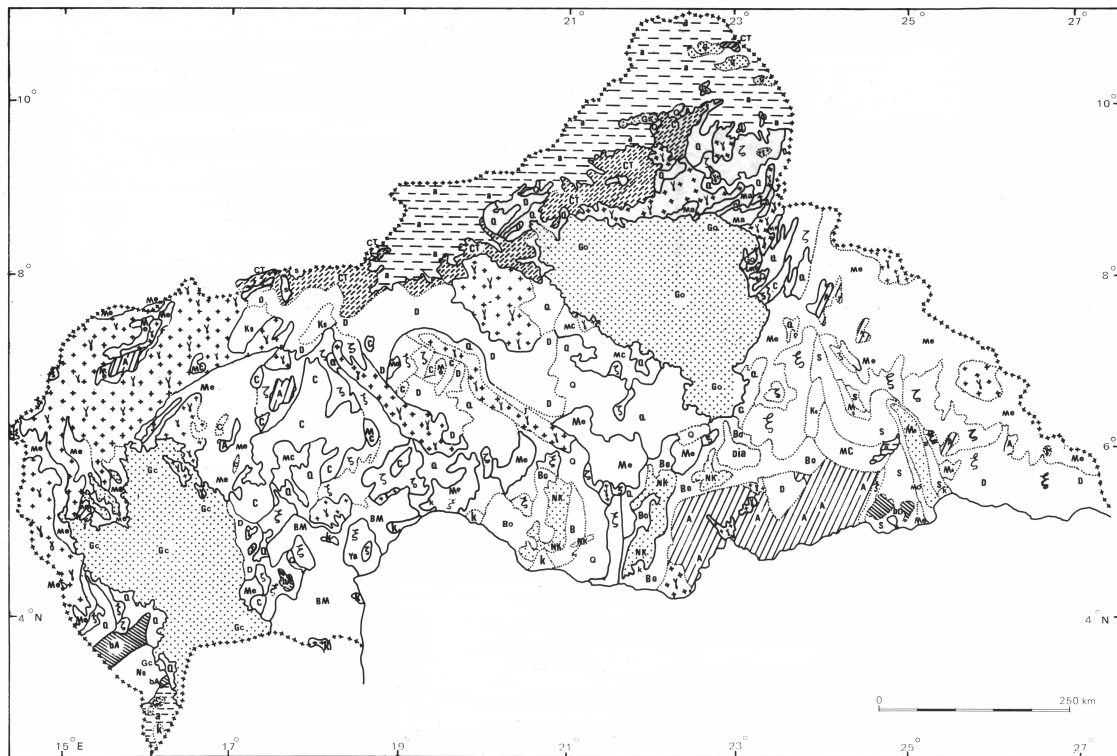
2. Untersuchungsgebiet

Die zentralen Granitplateaus im NW, die als Abfolge getrepter Niveaus eine Verlängerung des kamerunischen Adamoua-Massivs darstellen, werden überragt von einer Vielzahl von Granitkuppen, darunter dem mit 1.410 m ü.M. höchsten Gipfel des Berges Ngaoui im Massiv von Yadé. Ein Bruch trennt diese Höhen von der nur unwesentlich niedrigeren Plateauregion von Bouar (vgl. Abb. 4, S. 12). Im nordöstlichen Ausläufer der Schwelle erhebt sich das Massiv von Dar Challa, eine stark zergliederte Region mit zum Teil hohen einzelnen Gipfeln bis 1.330 m ü.M. Innerhalb dieses Gebietes befindet sich ein markanter Dreigipfelpunkt, der die Hauptwasserscheide darstellt und an dem das nördliche Tschad- und das südliche Kongo-Becken an das sich östlich anschließende Nil-Becken stoßen. Mit Ausnahme vereinzelter, aus dem Umland aufragender Plateaus lässt sich eine Gleichförmigkeit der Oberflächengestalt konstatieren, die einen stark eingerumpften Charakter aufweist (BOULVERT 1986).

Präkambrische Gesteinsserien bilden dabei nicht nur den geologischen Unterbau der sich auf einem alten Schild ausdehnenden RCA, sondern dominieren auch im Anstehenden (PETTERS 1991). Im zentralen Teil der Schwellenwölbung stehen die ältesten präkambrischen Formationen in einem W-SE-verlaufenden Band an. Zur südlichen Abdachung hin treten im Bereich des Oubangui-Einzugsgebietes auch vereinzelt Anteile an Kalken, Ton- und Sandsteinen aus dem Oberen Präkambrium auf. In größerer flächenhafter Ausdehnung sind nur im SW (Plateau von Gadzi-Carnot) und im NE des Landes (Plateau von Mouka-Ouadda) mesozoische Sandsteinformationen verbreitet, die als Deckschichten den vorwiegend sauren (Quarziten, Graniten), stellenweise basischen Gesteinsserien (Amphiboliten, Doleriten) des Sockels auflagern. Bandartig nach N zum Tschad-Becken aufeinanderfolgend, finden sich tertiäre tonig-sandige Ablagerungen und alluviale Sedimente, die im Zusammenhang mit der quartären Verfüllung des Tschad-Beckens stehen, sowie jüngere äolische Akkumulationen (BOULVERT 1986, Abb. 3).

Geologisch-morphologisch ergeben sich die folgenden Einheiten (Abb. 4, S. 12):

- die Schwellenbereiche (*Surface Centrafricaine*), in denen Gesteine des Unteren Präkambrium das Anstehende bilden (500-700 m ü.M.),
- das durch Gesteinsserien des Oberen Präkambriums gebildete Granit-Plateau von Bouar (1.000-1.200 m ü.M.),
- das aus kristallinen Gesteinen des Unteren Präkambriums aufgebaute Massiv von Dar Challa (1.000-1.300 m ü.M.),
- den durch quarzitisches Sandsteine des Oberen Präkambrium gekennzeichneten Komplex von Kembé Nakando (500-800 m ü.M.),
- das mesozoische Sandsteinplateau von Gadzi-Carnot (500-1.000 m ü.M.),
- das mesozoische Sandsteinplateau von Mouka-Ouadda (900-650 m ü.M.),
- die durch quartäre Verfüllungen und fossile Ergs charakterisierten Ausläufer des Tschad-Beckens (*Hautes Plaines du Tchad*) (300-500 m ü.M.) sowie
- die aus Gesteinsserien unterschiedlichen Alters aufgebaute und im Quartär verfüllte Oubangui-Ebene (*Plaines de l'Oubangui*) (350-400 m ü.M.).

**Quartär**

a: rezente und subrezente Alluvionen
g: fossiler Erg

Tertiär

s: rote Sande des *Continental Terminal*
ct: neo-tschadische Formationen des
Continental Terminal

Mesozoikum

Go/Gs: Mouka-Ouadda-Sandstein/
Singa-Sandstein
Gc: Carnot-Sandstein

Oberes Präkambrium

Dia: Dialinga-Schichten
NK: Nakando- und Kembé-Sandstein
Mo/Mc: Morkia-Schichten/Schichten des
mittleren Chinko
No: Nola-Schichten
BM: Bangui-Mbaïki-Schichten (k: Karst/Kalkstein)

Mittleres Präkambrium

Bo: Bougboulou-Schichten
Ko: Kouki-Schichten
Ya: Yangana-Schichten
bA: basische Intrusionen

Unteres Präkambrium

kristalline Schiefer
S: epimetamorphe Schiefer
Q: Quarzite
ξ: Glimmerschiefer
ζ: Gneise
Mischgesteine
A: Amphibolite
C: Charnockite
D: undifferenzierte Sockelgesteine
bD: basische Intrusionen, rekristallisiert
γ: Granite

Abb. 3: Geologische Grundzüge der RCA

Deutlich werden der kleinräumige Wechsel im stark differenzierten, vorwiegend präkambrischen Basement sowie die flächenmäßig eher unbedeutenden Vorkommen quartärer und tertiärer Schichten. Von einheitlicher Gestalt und größerer Ausdehnung dagegen: die mesozoischen Sandsteinplateaus von Mouka-Ouadda und Gadzi-Carnot (nach: BOULVERT 1996:14, verändert).

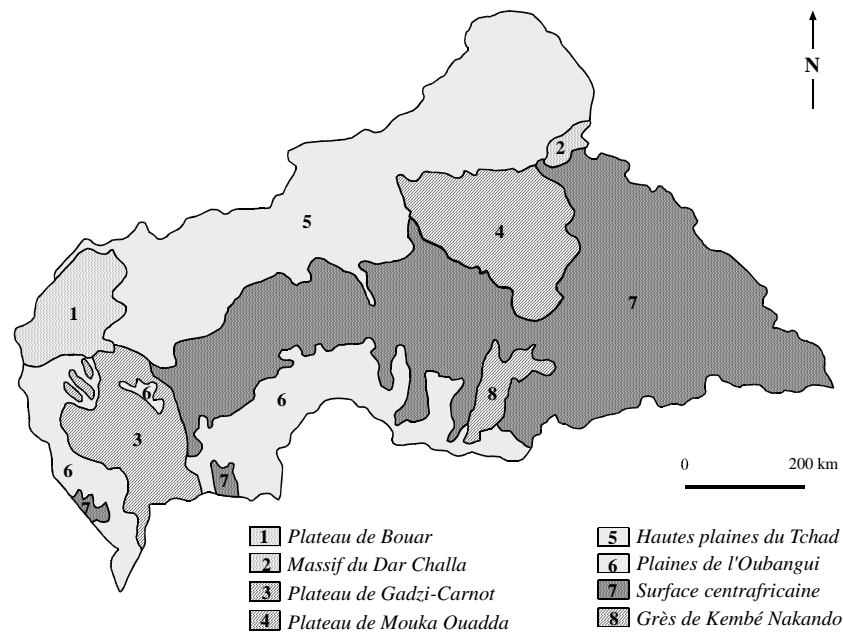


Abb. 4: Morphologische Großeinheiten der RCA

Die Übersicht differenziert acht verschiedene Reliefeinheiten, von denen die Sandsteinkomplexe Gadzi-Carnot, Mouka-Ouadda und *Grès de Kembé-Nakondo* sowie das präkambrische *Plateau de Bouar* sich teils durch markante Steilstufen von den umliegenden Teilräumen abheben (nach: Atlas Jeune Afrique 1984:10, verändert).

2.1.2. Das Plateau von Gadzi-Carnot

2.1.2.1 Erdgeschichtlicher Abriss

Die heutigen Lagerungsverhältnisse des Plateaus von Gadzi-Carnot und vor allem die Entwicklung des rezenten Gewässernetzes sind vor dem Hintergrund der geologischen Entwicklungsgeschichte des nördlichen Zentralafrika zu verstehen, welches im Präkambrium Teil des Superkontinents Pangaea war und bis in die Trias zum terrestrischen Sedimentationsraum des südlichen Gondwana-Kontinents gehörte (RUNGE 2001a).

Spuren der vor dem Zerfall Gondwanas während des Paläozoikums für den zentral- und südafrikanischen Raum gut dokumentierten permo-karbonischen Vereisung finden sich im Anstehenden, das im frankophonen Raum als *Série de Lukuga* (République du Zaïre 1974) bzw. im anglophonen südlichen Afrika als *Dwyka Formation* innerhalb der *Karoo Supergroup* bezeichnet wird. Im Untersuchungsgebiet zeugt die dem Sockelgestein aufliegende *Formation Glaciaire de la Mambéré* von dieser Vereisung, der eine mehrfache Auffaltung und Einrumpfung der präkambrischen Schichten vorausging.

Während im östlichen Teil des Kongo-Beckens das zum Ende der Trias einsetzende Auseinanderbrechen Gondwanas die Entstehung des Indischen Ozeans und dessen jura- und kreidezeitliche Transgressionen in das Kongo-Gebiet verursachte, führte die mit dem Zerfall Gondwanas verbundene Öffnung des südlichen Atlantik an der Westküste des neuen afrikanischen Kontinents in der Kreide zur Transgression in den Golf von Benue (CENSIER &

LANG 1999). Die ausgedehnte tektonische Aktivität in dieser Zeit war begleitet von Verwerfungen in den präkambrischen Basement-Strukturen, die in den heutigen Staaten Niger, Tschad, RCA und Sudan nachgewiesen wurden (BURKE 1976, BROWNE & FAIRHEAD 1983, FAIRHEAD & BINKS 1991, GENIK 1992). Dieses West-Zentralafrikanische Riftsystem bedingte die Entstehung ausgedehnter Binnenbecken und Mulden, welche als neue Erosionsbasen dienten und die alluvialen Sedimente aufnahmen (BELLION 1989, POPOFF 1988).

Diese Ereignisse hatten die für den SW der RCA an der Wende von Unterer zu Oberer Kreide einsetzende Erosion der *Formation Glaciaire de la Mambéré* und der darunterliegenden präkambrischen Schiefer und Quarzite zur Folge. Die Materialien dieser Schichten kamen in einem fluvialen System zur Ablagerung, das in ein kontinentales Becken im N (etwa die Doba-Mulde) entwässerte (CENSIER & LANG 1999). Hierfür und für die Bildung der Carnot-Formation in einem *braided stream system*, wie es COLEMAN (1969), CANT & WALKER (1978), MIALL (1977, 1978, 1982), RUST (1978) und LOPEZ-GOMEZ & ARCHE (1993) beschreiben, sprechen die geringe Streuung der durch die statistische Analyse der Kreuzschichtungswinkel untersuchten Paläoabflussrichtung, die Grobkörnigkeit der Gerölle, ihre eingeschränkte seitliche Ausdehnung bei der Ablagerung als Uferwall und das weitgehende Fehlen von Pflanzenabdrücken oder fossilen Resten (CENSIER & LANG 1999).

Für das nördliche Zentralafrika ging die Erweiterung des Golfes von Benue mit intensiven Erosionsprozessen einher, wobei der erodierte terrestrische Schutt in immer ausgedehnteren Drainagebahnen jenseits der heutigen Grenze zwischen Kamerun und der RCA abgeführt wurde (Abb. 5).

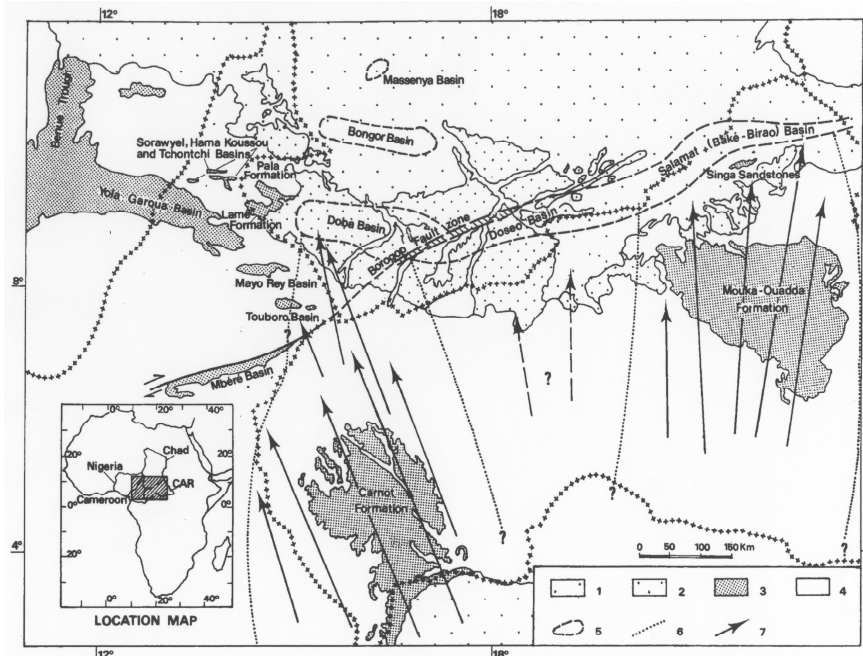


Abb. 5: Lage der Carnot-Formation im nördlichen Zentralafrika

1: quartäre neotschadische Formationen; 2: känozoische paläotschadische Formationen; 3: kreidezeitliche Formationen; 4: undifferenziertes vorkreidezeitliches Basement; 5: mesozoisch-känozoische Beckengrenzen; 6: mesozoische Grenzen fluvialer Systeme in der RCA; 7: Hauptrichtungen der Paläoabflüsse der mesozoischen fluvialen Systeme (CENSIER & LANG, 1999:59).

2. Untersuchungsgebiet

Auch das Untersuchungsgebiet entwässerte deshalb wahrscheinlich im Gegensatz zur heutigen Abflussrichtung bis zum Ende des Mesozoikums wenigstens über zwei Becken, die Doba-Mulde (Tschad) und das Touboro-Becken (Kamerun), in den Golf von Benue (CENSIER & LANG 1999).

Zum Ende des Mesozoikums folgte eine Phase, in der aufgrund einer Veränderung im Rotationspol des afrikanischen Kontinents die Druckbeanspruchung zu Ausgleichsbewegungen und Verstellungen innerhalb des zentralafrikanischen Plattenbereichs führte (BENKHELIL 1986). Im Hinblick auf die Carnot-Formation bedeutete dies eine Hebung und Kippung der Sedimentpakete, wodurch zunächst der Abfluss reduziert wurde und sich zum Ende dieser Serie palustrin-lakustrine Fazies bildeten. In letzter Konsequenz hatten die tektonischen Bewegungen eine annähernde Horizontalstellung der Plateauoberfläche und damit das vorübergehende Abklingen der Sedimentation zur Folge.

Eine darauf zu Beginn des Känozoikums einsetzende Zeit relativer tektonischer Stabilität und Ruhe brachte umfassende Einrumpfungsprozesse mit sich und führte zur Ausbildung der *surface centrafricaine*, welche im Zentrum der RCA die Becken des Oubangui und des Chari trennt. Sie datiert ins Eozän (BOULVERT 1986) und entspricht der im südlichen Afrika in Resten nachgewiesenen *African surface*. Diese wurde in der Zeit bis zum Oligozän/ Miozän gebildet (PARTRIDGE & MAUD 1987). Die Faltungstendenzen im N der RCA, die im Känozoikum diese tektonische Ruhephase beendeten und verantwortlich waren für die Heraushebung des Yadé-Massivs, sind von besonderer Bedeutung für die Carnot-Formation, weil sie deren Kippung in die Gegenrichtung verursachten und so zu einer völligen Umkehr des Abflusses führten (CENSIER & LANG 1999).

Die jüngere erdgeschichtliche Vergangenheit, gekennzeichnet durch Klima- und Meeresspiegelschwankungen, manifestiert sich in der Zerschneidung der vorhandenen geologischen Strukturen bzw. in der quartären Verfüllung der bereits existierenden Talformen.

2.1.2.2 Geologie und Geomorphologie

Der Mbaéré fließt in seinem ganzen Verlauf innerhalb des verhältnismäßig homogenen Komplexes des Plateaus von Gadzi-Carnot und entwässert dessen zentralen Bereich.

Im Gesamtbild von annähernd rechteckiger Gestalt, kann die Begrenzung des Plateaus im NW als eine gedachte Linie beschrieben werden, die zwischen Bouar und Abba liegt und auf beiden Seiten durch zwei weitere, annähernd parallele Linien zwischen Yaloké und Boda im NE bzw. Berbérati und Nola im SW gebildet wird (BOULVERT 1996). Im Gegensatz zum Plateau von Mouaka-Ouadda im NE des Landes ist es nicht von kompakter Gestalt, sondern stark zerschnitten und an den Rändern durch die tiefen Einschnitte einiger Flüsse begrenzt (Abb. 6).

Das Plateau, welches sich an einigen Seiten durch Steilabfälle von mehreren Metern deutlich von den angrenzenden Landschaftseinheiten abhebt, gipfelt nördlich von Baoro in einer Höhe von 1.040 m ü.M. (5°51'N, 15°57'E). Es existiert jedoch aufgrund der nach NW hin stark fortgeschrittenen Ausräumung der mesozoischen Deckschichten auf der Höhe von Bouar eine darüber hinausragende zeugenbergartige Erhebung von 1.044 m ü.M. (5°53'N, 15°39'30''E). In Richtung Gadzi fällt der Komplex auf eine Höhe von 700 bis 800 m ü.M., in Richtung

kongolesischer Grenze auf 500 bis 600 m ü.M. und zum Kongo-Becken hin auf 300 bis 400 m ü.M. ab (BOULVERT 1996). Die rezente Abdachung ist entsprechend SSE-gerichtet.

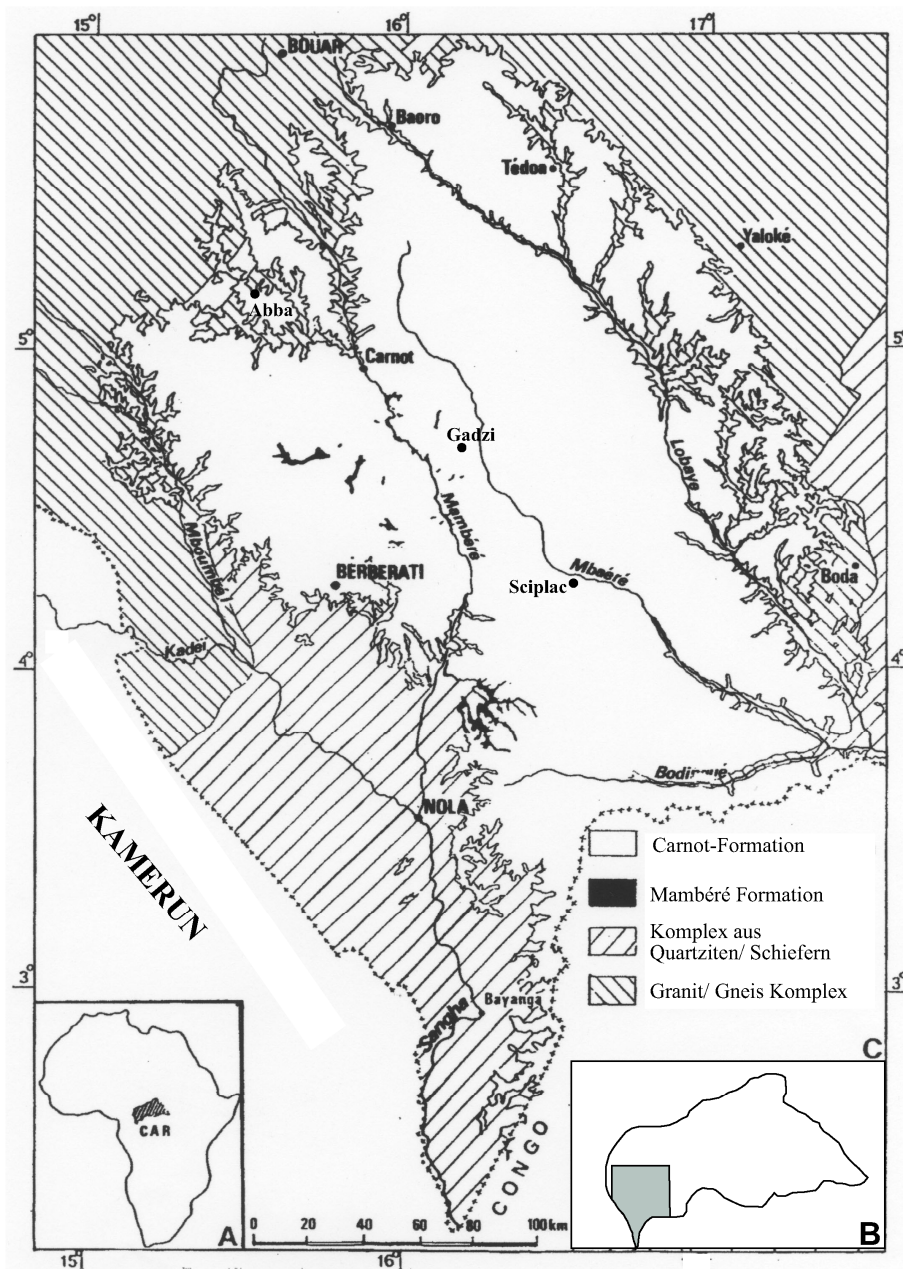


Abb. 6: Geologische Grundstrukturen im SW der RCA

Mesozoische Deckschichten bilden das Anstehende des Sandsteinplateaus von Gadzi-Carnot, welches der paläozoischen Mambéré-Formation auflagert und randlich durch fluviale Erosion stark zerschnitten ist. Teilweise deutliche Steilabfälle markieren den Übergang von den sie umgebenden präkambrischen Komplexen. Nicht in dieser Darstellung berücksichtigt sind die quartären Verfüllungen, welche die das Plateau drainierenden Flusstäler des Mbaéré und des Bodingué kennzeichnen (nach: CENSIER & LANG 1999:48, verändert).

Das flächenhaft anstehende Gestein des Plateaus bildet die kretazische Carnot-Formation, die nach den jüngsten geophysikalischen und mineralogisch-sedimentologischen Untersuchungen von CENSIER & LANG (1999) eine ausschließlich fluvial sedimentierte geologische Einheit

2. Untersuchungsgebiet

darstellt und nicht, wie andere Autoren in der Vergangenheit mutmaßten (BERTHOUMIEUX & DELANY 1957, WOLFF 1962 und MESTRAUD 1982), ihre Bildung fluvio-lakustrinen Ablagerungsbedingungen verdankt. In ihr dominieren Sandsteine, denen konglomeratische Schichten oder linsenförmige Einschlüsse und geringmächtige Lagen von Ton-/ Mergelsteinen zwischengelagert sind. Bei Ngotto führt dieser sehr kleinräumige Wechsel des Substrats zu einer lokal begrenzten Ausprägung einer wasserstauenden tonigen Schicht, die hier die Anlage von künstlichen Teichen in den sonst oberflächennah wasserdurchlässigen Sanden ermöglicht. Die Carnot-Formation dehnt sich im W und SW der RCA über eine Fläche von 46.000 km² aus, setzt sich jenseits der Grenze nach SW in das Kongo-Becken fort und ist bis zu 400 m mächtig (CENSIER & LANG 1999).

Horizontal bis subhorizontal geschichtet, lagert sie der dem Paläozoikum zugeordneten *Formation Glaciaire de la Mambéré* auf, welche ausschließlich im Einzugsgebiet des Mambéré im Verlauf vereinzelter Nebenflüsse ausbeißt (CENSIER 1991, CENSIER & LANG 1999). Die glazialzeitlich entstandene, lokal sehr unterschiedlich zusammengesetzte Mambéré-Formation enthält vor allem Argilite mit Spuren verunreinigter Kalknodule und Tillite. Sie wird aufgrund paläomagnetischer Untersuchungsergebnisse auf den Übergang Devon-Karbon datiert (CENSIER et al. 1995). Die beiden beschriebenen geologischen Einheiten verhalten sich diskordant zu dem präkambrischen Sockelgestein aus quarzitischen Schieferen im S und aus Graniten und Gneisen im N des Plateaus (CENSIER 1991, CENSIER & LANG 1999).

Die Alluvialebene des Mbaéré, ist jüngster erdgeschichtlicher Sedimentationsraum (BOULVERT 1996). Der Mbaéré fließt wie der Bodingué und der Topia im Oberlauf auf den Sandsteinen der Carnot-Formation (Foto 1). Deren Abtragung hat den Aufbau einer mit Überflutungswald bestandenen Schwemmebene stromabwärts zur Folge (Foto 2). Dieses botanisch interessante Phänomen charakterisiert den gesamten Mittel- und Unterlauf des Mbaéré und des Bodingué.



Foto 1: Mbaéré bei Sciplac

Der Fluss fließt ca. 35 km (Luftlinie) flussaufwärts der Überflutungsebene bei Sciplac (vgl. Abb. 6, S. 15) innerhalb des Tals mit wenig markanten Rahmenhöhen im hier anstehenden Sandstein (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2004).

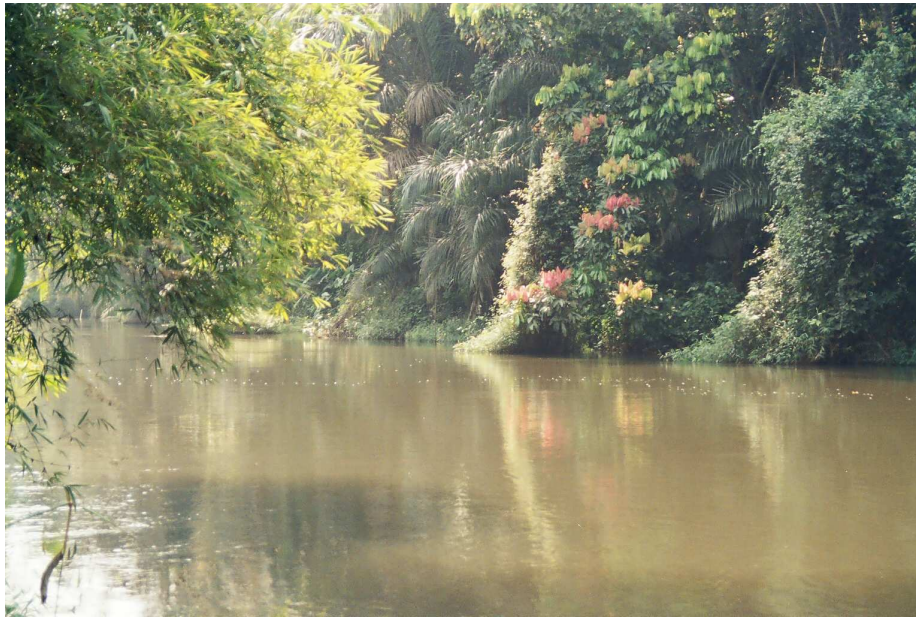


Foto 2: Mbaéré bei Kpoka

Im Mittel- und Unterlauf hat der Fluss innerhalb der bis zu 5 km breiten, saisonal überfluteten Talsohle enge Mäanderbögen ausgebildet. Das Tal, mit Überflutungswald bestanden, ist hier bis zu 200 m in die mesozoischen Sandsteine eingeschnitten, die Talhänge sind deshalb stellenweise sehr steil (Aufnahme: M. Neumer, Januar 2004).

Während BOULVERTS (1996) geomorphologische Karte (Maßstab 1:1.000.000, Blatt West) entlang der Mbaéré-Alluvialebene einen Saum präkambrischen Sockelmaterials ausweist, ist es CENSIER (1991) zufolge entlang des Flusses nirgends sichtbar, abgesehen von den Stellen, an denen der Mbaéré und der Topia in den Lobaye münden. Vor Ort konnten aufgrund der schwierigen Zugänglichkeit derartiger Lokalitäten und der zum Teil mächtigen Verwitterungsdecken bzw. des Kolluviums diesbezüglich keine systematischen Geländebefunde erzielt werden. In keinem Fall, in dem eine Probennahme am Rand der Alluvialebene erfolgte, fanden sich jedoch Hinweise auf das Anstehende. Die im Kartenmaterial im Quellbereich einiger Nebenflüsse des Mbaéré eingezeichneten Steilstufen wurden im Fall des Kélé und des Sadika untersucht. Es handelt sich hier ausschließlich um Sandstein-Ausbisse. Im Quellbereich der Nebenflüsse gefundene Quarze deuten aber auf die Existenz von Quarzbändern und eine entsprechende tektonische Beanspruchung des Sandsteins hin, die vermutlich mit der Kippung des Plateaus zum Ende des Mesozoikums in Zusammenhang steht.

2.1.2.3 Böden

Laut kleinmaßstäbiger Übersicht (*Carte Pédologique à 1:1.000.000*, BOULVERT 1983, Abb. 7, S. 18) dominieren auf den Sandsteinen im Mbaéré-Einzugsgebiet ausgelaugte sandige ferralitische Böden von rötlicher Farbe, die im Bereich der Wasserscheide oberflächlich ausgebleicht, an den Talhängen im Bereich der beschriebenen Sandsteinausbisse teilweise erodiert sein können. Entlang einiger Nebenflüsse und flussparallel zum Mbaéré sind dort, wo das Basement erreicht wird, entfärbte und verarmte Böden auf Kolluvien und Alluvien zu finden. An den oberen Talhängen wie auch in den Alluvialbereichen sind mineralreichere, aber

2. Untersuchungsgebiet

wenig entwickelte, in den tiefen Lagen hydromorphe Böden ausgebildet. Die randlichen Alluvionen des Mbaéré sind durch Gleye oder Amphigleye gekennzeichnet, eine Einschätzung, die sich nicht mit den Geländebeobachtungen im Rahmen der Arbeit deckt. (Es fehlten bei entsprechenden Probennahmen die für Gleye typischen Merkmale von Reduktion und Oxidation.)

Eine ältere geologisch-pedologische Darstellung von BENOIT-JANIN & KOECHLIN (1953) befasst sich eingehender mit dem *Grès de Carnot*, einer Einheit, die sich inhaltlich weder mit BOULVERTs mehr morphographisch hergeleitetem *Plateau de Gadzi-Carnot* noch mit CENSIERS geologischem Verständnis von der *Formation de Carnot* deckt, aber räumlich, wenigstens das weitere Untersuchungsgebiet betreffend, grob damit übereinstimmt.

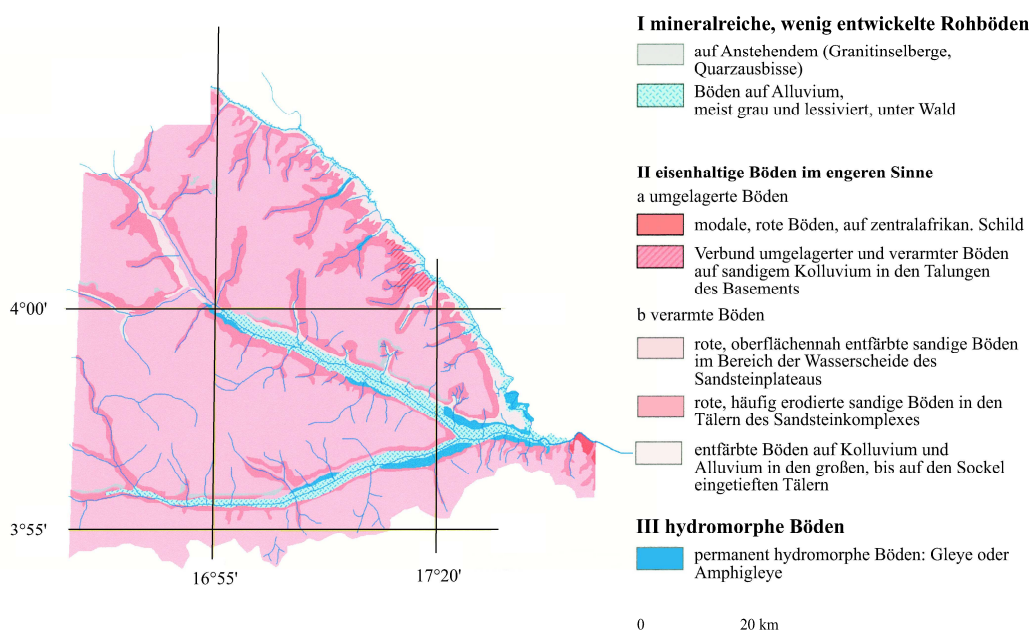


Abb. 7: Böden im Untersuchungsgebiet

Die Darstellung auf der Grundlage der *Carte Pédologique de la République Centrafricaine* im Maßstab 1:1.000.000 gibt maßstabsbedingt nur einen groben Überblick über die pedologischen Verhältnisse auf dem Plateau (nach BOULVERT 1983, verändert). Großmaßstäbigere Kartendarstellungen existieren bislang jedoch nicht.

Im gesamten Plateaugebiet, wo Carnot-Sandsteine flächenhaft das Anstehende bilden, lagern ihnen teilweise mehrere 10er Meter mächtige Verwitterungsdecken auf (BENOIT-JANIN 1956). Frühe Untersuchungen betonen, dass die Böden von einer bemerkenswerten Homogenität sind, die es praktisch unmöglich macht, sie aufgrund alleiniger Profiluntersuchungen zu unterscheiden (BENOIT-JANIN & KOECHLIN 1953). In Anlehnung an eine geologische Differenzierung des Gebietes und anhand der Aspekte:

- Ton-Gehalt der unteren Bodenhorizonte,
- Dominanz von Fein- oder Grobsand und
- geographischer Lage

sind zu differenzieren:

- im N (*Série de Gadzi*): Sandböden unter Savanne,
- im S (*Série de Bambio*): grobsandreiche Böden, im allgemeinen unter Wald,
- an verschiedenen Lokalitäten saumartig im W und E (*Série de la Topia*): Böden auf feinkörnigen Sand- oder Tonlinsen,
- punktuell und kleinräumig innerhalb der *Série de Gadzi* und der *Série de Bambio* (*Série de la Boganado*): Böden der randlich an die Gesteinsserien des präkambrischen Sockels angrenzenden Bereiche,
- im NE flächenhaft um die Siedlung Mayaka (*Série de Mayaka*): sandig-tonige Böden, auf der einen Seite vom linken Ufer des Lobaye begrenzt,
- hydromorphe Böden und
- erodierte Böden auf Lateritflächen zeugenbergartiger Erhebungen.

Unterschieden werden die unter den dominierenden Vegetationseinheiten Wald und Savanne beprobten Böden des Plateaus (BENOIT-JANIN 1960). Gemein ist ihnen eine oberflächlich helle Farbe der Sande, in die im Wald Vegetationsreste, in der Savanne aufgrund regelmäßigen Feuereinflusses Holzkohlen eingearbeitet sind. Auf einen bräunlichen, geringmächtigen Humushorizont von 2 bis 10 cm, der grobsandig und in der Savanne dunkler als im Wald ist und der zahlreiche Wurzelreste enthält, folgt in der Regel ein schwach humoser Horizont von grau-beiger bis ocker-brauner Farbe, der grobe, polyedrische lockere Sande von nur schwacher Bindigkeit und hoher Durchlässigkeit enthält und hinsichtlich der Mächtigkeit variiert (30 cm unter Savanne, 100 cm unter Wald). Darunter befindet sich ein ockerfarbener bis ocker-rötlicher Verwitterungsmantel, der sandig bis sandig-tonig, sehr kompakt, aber mürbe und von nur schwacher Kohäsion ist. Er weist eine bemerkenswerte Mächtigkeit auf und zeigt keine nennenswerte Veränderung in der Textur oder der Färbung, selbst nicht in maximalen Tiefen von bis zu 22 m. Innerhalb des gesamten Bodenkomplexes findet sich kein Hinweis auf eine Eisenanreicherung, sieht man von einigen Lokalitäten in den Tiefenbereichen der Täler und von Verkrustungen auf den Sandsteinen ab.

Die Korngrößenverteilung betreffend, gibt es innerhalb der oberen 50 cm zwischen den Böden unter Savanne und den Böden unter Wald kaum Unterschiede: Der Tonanteil ist gering (10 % unter Savanne, 6 % unter Wald), der Grobsand-Anteil sehr hoch (50 % unter Savanne, 75 % unter Wald). Der Restanteil setzt sich aus Feinsand und Schluff zusammen, wobei der Schluff-Anteil nicht mehr als 1 bis 3 % ausmacht. Mit der Tiefe nimmt der Tonanteil (15 bis 25 % unter Savanne, 6 bis 20 % unter Wald) in dem Maße zu, wie der Grobsand-Anteil abnimmt, auch die Anteile der mittleren Korngrößen sind rückläufig. Die Sande bestehen vollständig aus Quarz, es gibt weder Glimmer noch schwarze Mineralien. Die pH-Werte der Böden unterscheiden sich dergestalt, dass sie unter Savanne oberflächlich leicht sauer (pH 5 bis 6), unter Wald sehr sauer sind (pH 3,9 bis 5,2). Die Anteile des organischen Materials und besonders der Stickstoffanteil sind unter alten Waldbeständen höher als unter jungem Wald oder unter Savanne, ohne jedoch jemals wirklich hoch zu sein (3 bis 5 % organisches Material). Die prozentualen Anteile an Phosphor sind in allen Böden gering (30 bis 50 mg/ 100 g). Die Zersetzung der organischen Bestandteile schreitet unter Wald rascher voran. Der Nährstoffmangel an Spurenelementen wie Zn, Mo, Cu und Mn ist in den Böden unter Wald sehr auffällig, in den Böden unter Savanne weniger deutlich. Mangan ist in der Regel, unabhängig vom Standort, das defizitärste Element.

Auf Böden, die dermaßen locker im Gefüge und ausgelaugt sind, ist eine hohe Erosivität zu erwarten. Die flächenhafte Abtragung ist deshalb selbst dort sehr intensiv, wo das Gefälle gegen

2. Untersuchungsgebiet

Null geht. Dagegen finden sich nur dort gullyartige Erosionsspuren, wo die Eingriffe der Menschen in die Bodendecke Voraussetzungen geschaffen haben für einen extremen linearen Bodenaustrag (BENOIT-JANIN 1960).

Jüngere Untersuchungen der agrarischen Systeme im Einzugsgebiet des Mbaéré deuten darauf hin, dass entgegen den älteren Darstellungen darüber hinaus lokal kleinräumig Variationen in den Bodenqualitäten auftreten können, die sich teilweise in den rezenten und subrezenten Nutzungsmustern widerspiegeln (BONANNÉE 1994). Die für den Anbau infrage kommenden Flächen werden von den Dorfbewohnern vor Ort bestimmten Arealtypen (*types de terroirs*) zugeordnet und traditionell je nach ihren Eigenschaften für den Anbau unterschiedlicher Kulturen verwendet. Einen Eindruck von der räumlichen Verteilung dieser Arealtypen über ein 7 km langes Transekt zwischen Poutem, Ngotto bis zum Lobaye vermittelt Abb. 8.

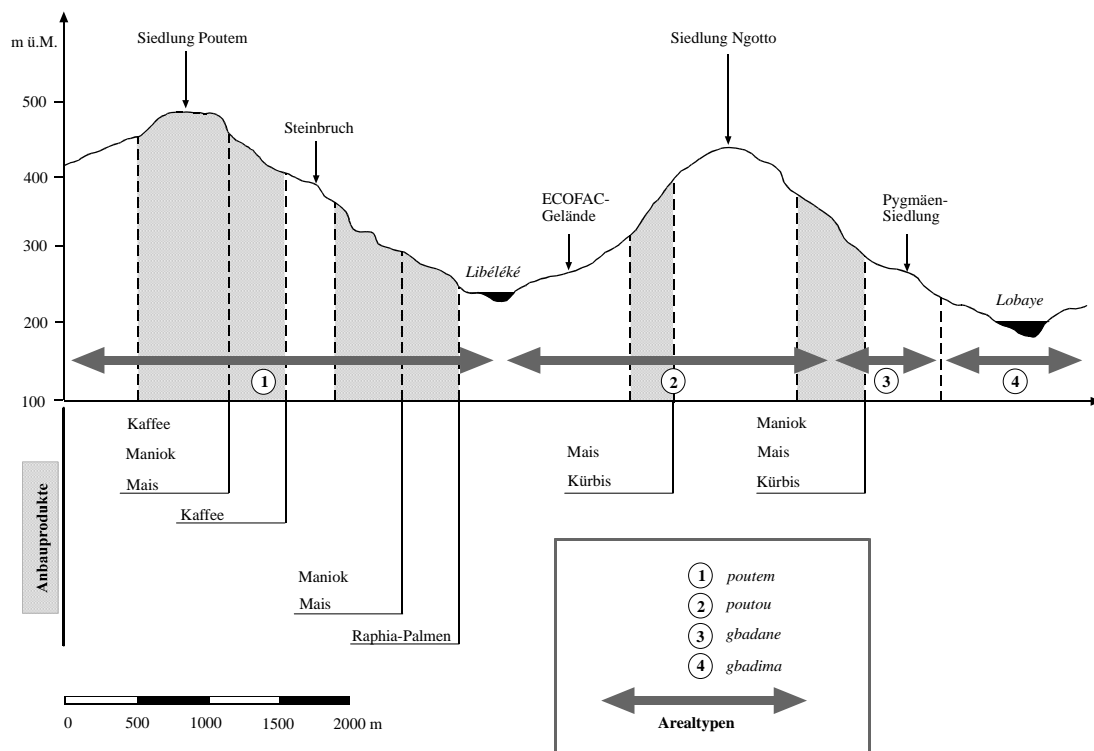


Abb. 8: Arealtypen und landwirtschaftliche Nutzung bei Ngotto

Auf den überwiegend subsistenzwirtschaftlich genutzten Feldern werden vorrangig Maniok, Mais, Kürbis, Kaffee und Raphia-Palmen (zwecks Gewinnung von Palmwein) kultiviert (nach: BONANNÉE 1994, verändert).

Die Plateauregion ist hier durch den Libéléké gekennzeichnet, der nördlich der Siedlung Ngotto in den Lobaye entwässert (Foto 3). Es finden sich im Bereich des Waldrandes die vier Arealtypen *poutem*, *poutou*, *gbadane* und *gbadima*. Von ihnen hebt sich *poutou* bei Ngotto durch seine rote Farbe und seine sandig-tonige Beschaffenheit von den anderen Arealtypen ab. Er wird stark für die aktuelle Subsistenzwirtschaft genutzt. *Gbadima* dagegen, sandig-schluffig und von schwarzer Farbe, wurde früher für den Reis- und Kartoffelanbau entlang des Lobaye verwendet und stellt heute eine Art Reservefläche dar.



Foto 3: Libéléké-Tal bei Ngotto

Blick von Ngotto aus Richtung NW (Poutem). Der Libéléké, ein während der Trockenzeit nur etwa 2 m breiter, 50 cm tiefer Nebenfluss des Lobaye, hat sich, wie alle rechten Tributäre, tief in das Sandsteinplateau eingeschnitten (Aufnahme: M. Neumer, Januar 2004).



Foto 4: Schotter im Tal des Libéléké

Foto 5: Landnutzung im Bereich des Hangfußes

Der Anbau auf den geringmächtigen Böden, ausgebildet auf den Schotterlagen (Foto 4), ist vor allem aufgrund der geringen Vegetationsdichte bei Neuanpflanzungen (Foto 5) der hohen Erosionsgefährdung wegen nicht unproblematisch (Aufnahmen: M. Neumer, Februar 2004).

Der Typ *gbadane* ist aufgrund seiner tonigen Beschaffenheit schwer und bindig und deshalb mit den zur Verfügung stehenden einfachen Geräten schwierig zu bearbeiten. Ihn charakterisieren zahlreiche Termitenbauten sowie eine vorwiegend aus Cogongras (*Imperata cylindricum*) bestehende Vegetation. *Poutem* schließlich, um die gleichnamige Siedlung gelegen, ist sandig-

2. Untersuchungsgebiet

tonig und weist teilweise Grasvegetation und degradierte Waldvegetation auf. Subsistenzwirtschaft überwiegt auch hier in Siedlungsnähe.

Dass es sich bei der Studie nicht um eine bodenkundliche Arbeit im engeren Sinne handelt und gleiche Arealtypen nicht mit gleichen Bodentypen gleichzusetzen sind, wird deutlich durch den Umstand, dass der Arealtyp *poutem* auch für den Hangfuß des Libéléké-Tals ausgewiesen ist, wo die Böden sich im Gegensatz zu denen in den höheren Lagen im Wasserscheidebereich durch eine sehr geringe Mächtigkeit (10 bis max. 20 cm) und Erosionsanfälligkeit auszeichnen und auf Schotterlagen ausgebildet sind (Foto 4 und 5, S. 21).

Wie im Rahmen der Geländearbeiten gemachte Beobachtungen zeigen, sind diese Gerölle, Zeugen früher intensiverer fluvialer Dynamik und der rückschreitenden Erosion an den Plateaurändern, entlang der Piste Ngotto - Ngola Kennzeichen aller rechten Lobaye-Nebenflüsse.

In ähnlicher Weise wie für die Umgebung Poutem/ Ngotto weist die Studie von BONANNÉE (1994) in anderen Teilen des Mbaéré-Einzugsgebietes lokal variierende Arealtypen aus, die je nach dort ansässiger Ethnie voneinander abweichende Bezeichnungen haben.

Insgesamt betrachtet, zeigen die dokumentierten lokalen Nutzungsunterschiede deutlich, dass die Bodenverhältnisse in der Regel den lokalen Besonderheiten angepasst sind. Im Bereich des Lobaye sind es die Ausbisse des präkambrischen Basement und die temporären Überflutungsbereiche, auf denen qualitativ vergleichsweise gute Böden ausgebildet sind; im Inneren des Sandsteinplateaus ist vermutlich die Existenz von Feinsand- und Tonlinsen für die räumlich begrenzte Ausbildung höherwertiger und für die Nutzung bevorzugter Böden verantwortlich.

In entsprechenden Quellen sind lediglich die Böden des Plateaus besprochen; die hydromorphen Talböden des engeren Untersuchungsgebietes finden außer bei BOULVERT (1983) keine Erwähnung. Argumentiert man für die Talbereiche mit der geogenen Prozess-Dominanz (Sedimentation) über die pedogene Aktivität in einem fluvial dynamischen System, so handelt es sich bei den Talverfüllungen im Sinne der Hydrologie und Geologie strenggenommen um Sedimente. Gemäß der bodenkundlichen Definition zählen sie dennoch zu den Böden, da sie belebt sind und nach der Sedimentation pedogenetische Prozesse ablaufen (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005). Gemäß der FAO-Klassifikation handelt es sich um Fluvisole. Sie sind lokal unterschiedlich aufgebaut und wegen der nur partiell vorhandenen pedogenetischen Charakteristika im Hinblick auf bodensystematische Einheiten der deutschen Klassifikation schwer zuzuordnen. Standortbedingt treten Böden auf, die semiterrestrische bis subhydrische Eigenschaften aufweisen. In Teilen der Bohrprofile auf dem Schwemmfächer finden sich auch vereinzelt Hinweise auf Podsolierungsprozesse, die nicht vollständig im Bodenprofil ausgebildet sind und Hinweise auf veränderte hygrische Rahmenbedingungen und Sedimentationsphasen geben.

Pedogene Krusten, wie sie als charakteristische Landschaftselemente in weiten Teilen der RCA vorkommen und die nach BENOIT-JANIN (1960) die einzigen Eisenakkumulationen im Bereich der Carnot-Sandsteine darstellen, sind nach BOULVERT (1996) auf dem Plateau von Gadzi-Carnot deutlich weniger stark ausgeprägt als auf dem Plateau von Mouaka-Ouadda, welches ähnliche petrographische Gegebenheiten aufweist. Die Verkrustungen (in der RCA *lakéré*,

cuirasses oder *carapasses*) finden sich hier nur in den äußeren Saumbereichen oder randlich entlang der zum Teil tief eingeschnittenen Täler.

Ferralitische Krusten schützen im N des Plateaus im Bereich der Savannen eine Gruppe den Plateaurand säumender monolithischer Sandsteine vor Erosion (Bsp.: Mt. Basem, 775 m ü.M., 4°57'30''N, 16°06'E). Einige ähnlich konservierte Lokalitäten existieren entlang der höchsten Interfluve-Bereiche. Die im Gegensatz zu denen des Mbomou-Plateaus im SE der RCA bislang wenig untersuchten Laterite des Plateaus von Gadzi-Carnot weisen keine bauxitischen Anteile in ihrem Chemismus auf (BOULVERT 1996). Unterschieden werden ältere *cuirasses anciennes*, welche zwischen 770 und 820 m ü.M. im Inneren des Plateaus auftreten und als Zeugnisse einer fossilen strukturellen Oberfläche der Carnot-Sandsteine gedeutet werden, und jüngere *cuirasses récentes* vom Typ *haut-glacis*, die hauptsächlich entlang der nördlichen Rahmenhöhen in durchschnittlich 830 m ü.M. vorkommen. Während die älteren, farblich ins Violett tendierenden Krusten neben Goethit beachtliche Hämatit-Anteile aufweisen, zeichnen sich die jüngeren, buntgefleckten Krusten durch hohe Anteile an Quarz (20 %) und Goethit (25 %) aus (BOULVERT 1996).

Für den SE des Plateaus sind die nach BOULVERT südlich 4°20'N nicht (sic!) auftretenden Eisenkrusten insofern von Bedeutung, als ihr Fehlen die Ausbildung unterwuchsreicher Strauch- und Baumsavannen fördert (Foto 6).



Foto 6: Unterwuchsreiche Savanne auf dem Plateau von Gadzi-Carnot

Vereinzelte Vorkommen der Termitenart *Cubitermes fungibaber* SJÖSTEDT (*Eutermes fungifaber*) treten hier auf, wie die champignonartige Struktur im Zentrum des Fotos zeigt (Aufnahme: M. Neumer, Januar 2004).

Dass dennoch vereinzelt eisenhaltige Krusten existieren, belegen in Ngotto zu Bauzwecken verwendete Laterittrümmer, deren Herkunft vor Ort mit einer Lokalität nahe Toandios angegeben wird (Foto 7, S. 24).

2. Untersuchungsgebiet



Foto 7: Lateritkrusten-Trümmer aus der Nähe von Toandio

Die aus flächigen Laterit-Vorkommen gewonnenen Trümmer dienen in Ngotto als Baumaterial zur Ausbesserung von Pisten. Sie werden, da vor Ort nicht präsent, im Gebiet um Toandio Lobaye-abwärts abgebaut (Aufnahme: M. Neumer, Januar 2004).



Foto 8: Eisenluppe-Fund bei Kénéngué

Nach Auskunft der lokalen Bevölkerung wurde bis weit in das letzte Jahrhundert hinein noch Eisenverhüttung betrieben. Das Rohmaterial für die Eisengewinnung wurde einer Lokalität in Siedlungsnähe entnommen (Aufnahme: M. Neumer, Mai 2007).

Das Auftreten von Eisenverhüttung in der Siedlung Bogbaya, als Besonderheit dieser Region angeführt, und das bis in die jüngste Vergangenheit dort praktizierte Handwerk (BONANNÉE

1994, BESSE 1994) deuten ebenfalls auf die lokale Existenz von Eisenanreicherungen in Lobaye-Nähe hin. Da entlang der westlichen Lobaye-Nebenflüsse teilweise das präkambrische Basement freigelegt ist, stehen diese Eisenvorkommen wahrscheinlich eher mit jener geologischen Einheit in Verbindung als mit dem Sandstein des Plateaus.

Anders verhält es sich im Fall der näheren Umgebung Kénégués, wo verschiedene Eisenluppen-Funde (Foto 8) auf frühere Verhüttungsaktivitäten im Bereich des Sandsteins hindeuten.

Im Quellbereich der untersuchten Nebenflüsse des Mbaéré gefundene kleinere Bruchstücke lateritähnlicher Verbackungen, deren nähere Herkunft bisher ungeklärt ist, lassen gleichfalls die Existenz von lokalen Eisenanreicherungen innerhalb der südlichen Plateauregion denkbar erscheinen. Wahrscheinlich ist, dass die lokal sehr begrenzte räumliche Ausdehnung der Krusten mit dem bereits beschriebenen kleinräumigen Wechsel im Chemismus des Anstehenden zusammenhängt.

An einzelnen Stellen weichen in diesem Falle die weitverbreiteten porenreichen und eisenarmen Sande, die eine Krustenbildung unwahrscheinlich erscheinen machen, dem tonigeren Substrat mit einem höheren, da noch nicht abgeführten, Eisenanteil. Es könnte sich bei diesen Lokalitäten somit um die Feinsand- und Tonlinsen-Vorkommen innerhalb des Sandsteins handeln, die unter entsprechenden Bedingungen, d.h. tropisch-wechselfeuchtem bis immerfeuchtem Klima mit >1.200 mm Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperaturen $>22^{\circ}\text{C}$ (THOMAS 1994), zur oberflächlichen Krustenbildung geneigt haben können.

2.2 Klimatologische und hydrologische Grundzüge

2.2.1 Klima

Das Klimageschehen Zentralafrikas wird bestimmt durch zwei antizyklonische Luftmassensysteme, die im Bereich der ITCZ (*Inner Tropical Convergence Zone*, Innertropischen Konvergenzzone) aufeinandertreffen und den Wechsel von niederschlagsarmen und niederschlagsreichen Jahreszeiten bedingen. Während im borealen Winter der Harmattan trockene Luftmassen aus dem Hoch über der Sahara als Nordostströmung Richtung Äquator führt, bringt der vom Golf von Guinea kommende Monsun im borealen Sommer feuchte Luftmassen, die in nordöstlicher Richtung dem Tiefdruckgebiet über der Sahara zuströmen (LEROUX 1983).

Dadurch ergibt sich für das Gebiet der RCA, das nach FLOHN (1950) im Bereich der Äußerer Tropenzone (Randtropen) liegt, ein tropisch-wechselfeuchtes Klima. Nach der Klimaklassifikation von KÖPPEN (1931) wird die Zone den periodisch trockenen Savannenklimate (Aw-Klimate) zugeordnet, für die eine Trockenzeit im Winter charakteristisch ist. Innerhalb des Landes nehmen die durchschnittlichen Jahresniederschläge nach N und NE ab (Rafai: 1806 mm, Birao: 843 mm). In gleicher Weise verkürzt sich die Dauer der Regenzeit. Da die Höhe der durchschnittlichen Niederschläge pro Tag von Station zu Station kaum variiert (11,4 bis 12,3 mm), hängt die Gesamthöhe der Niederschläge maßgeblich von der Dauer der Regenzeit ab.

2. Untersuchungsgebiet

Vor diesem Hintergrund bietet sich für die RCA eine Einteilung der Klimate nach der Verteilung der monatlichen Niederschlagsmengen an.

Nach einem differenzierten Indexsystem werden unterschieden (AUBREVILLE 1949):

- äquatoriales feuchttropisches Klima (*climat guinéen forestier*),
- semi-humides tropisches Klima (*climat soudano-guinéen ou tropical humide*) und
- trockenes tropisches Klima (*climat sahélien*).

Innerhalb jedes der von S nach N bandartig und annähernd äquatorparallel aufeinanderfolgenden Klimate bedingen Variationen der monatlichen Niederschlagsmengen verschiedene Unterkimate. Die trockensten Klimatypen finden sich dabei nur im äußersten NE des Landes. In jüngeren Übersichtsdarstellungen wird eine teilweise abweichende und etwas differenzierte Terminologie verwendet, der fünf Zonen zugrunde liegen (Abb. 9).

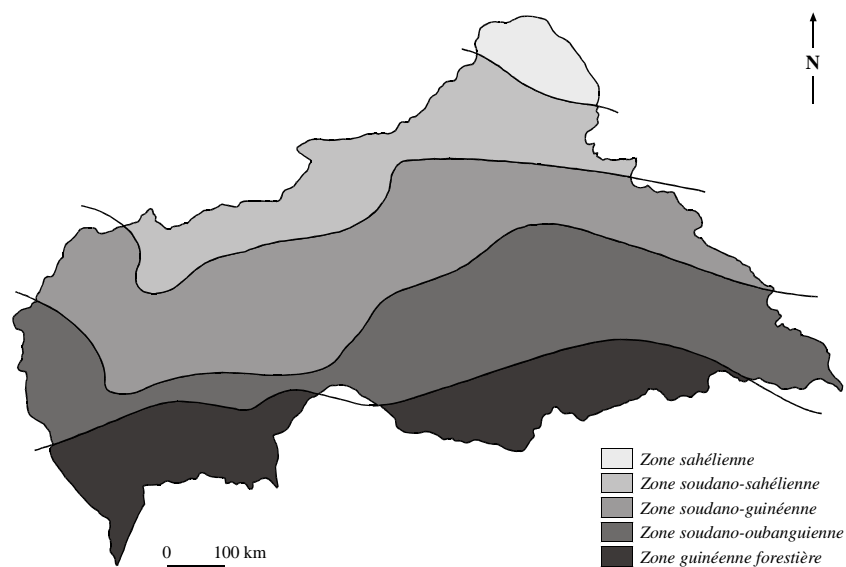


Abb. 9: Klimazonale Gliederung der RCA

Der stark eingerumpfte Charakter der Landoberfläche, sieht man von den Platearegionen ab, sowie die kontinentale Lage des Landes bedingen eine annähernd äquatorparallele klimatische Abfolge (nach: Atlas Jeune Afrique 1984:17, verändert).

Im Untersuchungsgebiet, das dem erstgenannten Klimatyp (äquatorial-feuchttropisch bzw. subäquatorial) zuzuordnen ist, treten zwei Niederschlagsspitzen auf, von denen die erste im Mai liegt, die zweite (mit dem Niederschlagsmaximum) im August. Eine Trockenzeit von drei Monaten, in der Regel von Dezember bis Februar, ist typisch. Ein leichter Rückgang der Niederschläge zwischen Mai und Juni wird als „kleine Trockenzeit“ bezeichnet. Ab März setzen die ersten Niederschläge ein, die bis September/ Oktober anhalten (BARRIÈRE et al. 2000).

In den Jahren von 1940 bis 1961 durchgeführte Pluviometriemessungen an 48 Stationen, über das Einzugsgebiet des Oubangui verteilt, ergeben ein Muster interannueller Isohyeten, die durchschnittliche Niederschlagswerte von 1.600 bis 1.700 mm ausweisen (CALLEDE, BOULVERT & THIEBAUX 1998). Für die Station Bambio in der Nähe des Mbaéré-Tals belegen zwischen 1966 und 1978 erhobene Daten einen durchschnittlichen Jahresniederschlag um 1.600 mm (BARRIÈRE et al. 2000). Hinsichtlich der Verteilung der Niederschläge lassen sich aus

diesen Messungen entsprechend starke saisonale Unterschiede ableiten: Die Niederschlagsamplitude zwischen dem Monat mit den niedrigsten (Januar: 26 mm) und jenem mit den höchsten Niederschlägen (September: 244 mm) liegt für die Station Bambio bei über 200 mm. Aktuellere Niederschlagsmessungen sind für die Station Ngotto verfügbar, 20 km Luftlinie vom Mbaéré-Tal entfernt (Abb. 10). Die von 1995 bis 2003 lückenlos erhobenen Daten zeigen mit einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 1.809 mm im neunjährigen Mittel einen mit 200 mm deutlich über den Vergleichsdaten älterer Messreihen liegenden Wert.

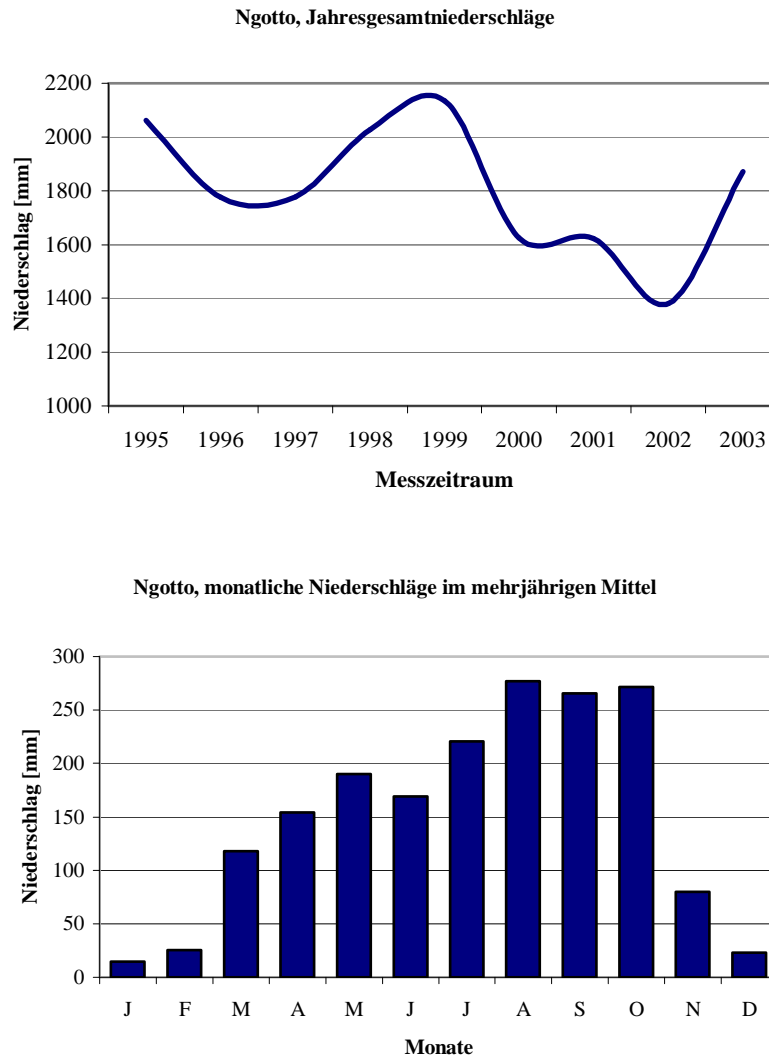


Abb. 10: Niederschlagsdaten, Station Ngotto, 07/1994-12/2003

Der mehrjährige Vergleich zeigt die hohe Variabilität der Jahresgesamtniederschläge im Untersuchungsgebiet (Bsp.: 1999 und 2002). Im Falle der langjährigen monatlichen Mittel gut zu erkennen: die sogenannte „kleine Trockenzeit“ im Monat Juni (Quelle: ECOFAC, unveröff.).

Die zunehmende Variabilität der Niederschläge, welche mit der globalen Erwärmung in Verbindung gebracht wird, mag sich in einer kurzfristigen Erhöhung der durchschnittlichen Niederschlagswerte manifestiert haben und eine Erklärung für diese Abweichung sein. Da sie jedoch extrem hoch erscheint, deutet sie wahrscheinlich eher auf eine lokale Besonderheit der Station im Übergang des geschlossenen Regenwaldes zu den offeneren Savannen hin, die sich

2. Untersuchungsgebiet

auch darin zeigt, dass der angrenzende Lobaye eine Art lokale Wettergrenze darstellt. Während der Geländearbeiten beobachtete, zum Teil heftige Niederschlagsereignisse im Untersuchungsgebiet traten so beispielsweise jenseits des Flusses nicht auf, waren also räumlich begrenzt. Angesichts des viel kürzeren Erhebungszeitraums ist diese Frage nicht abschließend zu klären.

Temperaturaufzeichnungen für die Station Ngotto existieren nicht, allerdings lässt die Darstellung der Verhältnisse im Einzugsgebiet des Oubangui eine Einschätzung der Temperaturen im langjährigen monatlichen Mittel auch für das weitere Untersuchungsgebiet zu (Abb. 11).

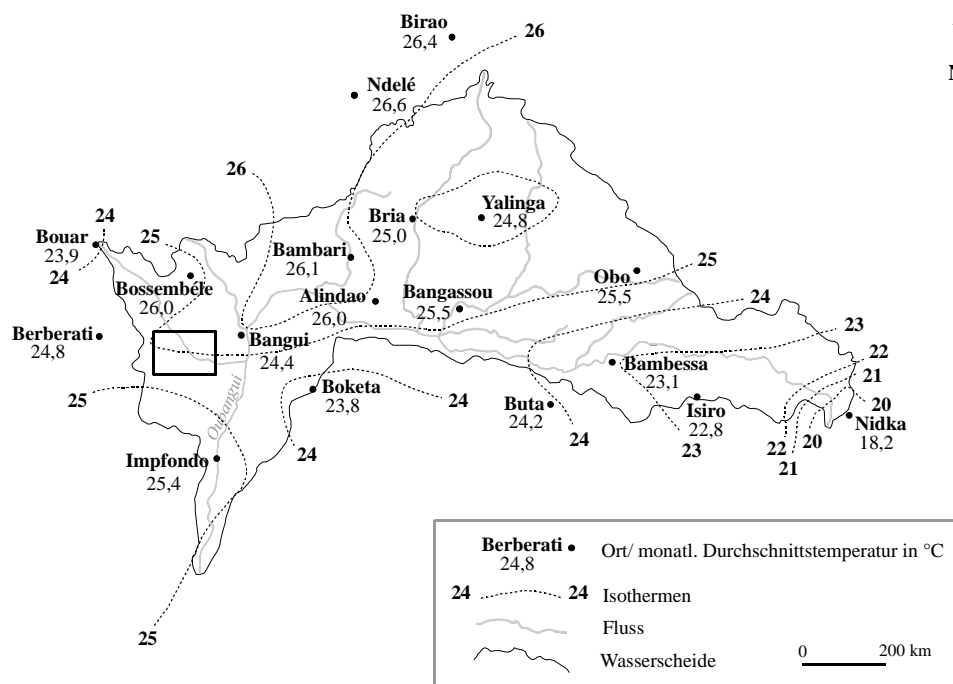


Abb. 11: Monatsdurchschnittstemperaturen im Oubangui-Einzugsgebiet

Auf der Basis der langjährigen monatlichen Mittel für das Oubangui-Einzugsgebiet sind Temperaturen von ca. 24,5°C für die südöstliche Plateauregion (Lage: siehe Kasten) zu erwarten (nach: CALLEDE et al. 1998, verändert).

Die monatlichen Durchschnittstemperaturen dürften demnach im Raum Ngotto entsprechend um 24,5°C liegen. Hinsichtlich der langjährigen mittleren Temperaturminima und -maxima ist von Werten um 19,5° bzw. 30,5°C auszugehen, legt man die verfügbaren Daten aus dem Oubangui-Einzugsgebiet zugrunde. Die absoluten Temperaturunterschiede bewegen sich in Anlehnung an die Auswertung der Stationen Berberati, Bossembéle, Bangui und Libengué im langjährigen Mittel zwischen 11° und 39°C. Der Umstand, dass der zentralafrikanische Wald durch höhere Temperaturen charakterisiert ist als der atlantische Teil des Regenwaldblocks, hat dabei zur Folge, dass hier die relative Trockenheit in den niederschlagsärmeren Monaten eine vergleichsweise starke Auswirkung hat (BARRIÈRE et al. 2000).

2.2.2 Hydrologie

Die RCA wird, bedingt durch die Existenz der zentralen Schwellenregion, durch zwei Hauptwassersysteme drainiert. Ein Drittel der Einzugsgebiete (203.390 km²) ist davon dem Tschad-Becken im N angegliedert, das insgesamt ca. 2,5 Mio km² einnimmt. Die Entwässerung erfolgt hier über den Chari und seine Nebenflüsse. Die verbleibenden zwei Drittel gehören im Oubangui-Sangha-Becken dem etwa 3,8 Mio km² großen Kongo-Becken im S an. Die durch den Sangha und seine Zuflüsse im äußersten SW des Territoriums entwässerte Region stellt mit 69.500 km² einen nur geringen Flächenanteil des insgesamt 405.000 km² großen südlichen Einzugsgebietes (BOULVERT 1987).

Der Abdachung folgend, entwässert das Plateau von Gadzi-Carnot rezent nach SSE in Richtung Kongo-Becken, wobei das Gewässernetz innerhalb des Sandstein-Komplexes nur sehr schwach entwickelt ist, wie der direkte Vergleich mit den sich randlich anschließenden präkambrischen Gesteinsserien zeigt (vgl. Kap. 4.1.3). Im Zentrum des Plateaus existieren Gebiete mit einer Gesamtfläche von bis zu 400 km², innerhalb derer keine oberflächlichen Gewässer existieren (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999). Die Ursache dafür liegt in den petrographischen und pedologischen Besonderheiten der Einheit: Wegen der hohen Durchlässigkeit der Böden versickern die Niederschläge und gelangen unmittelbar in das Grundwasser, das auf das niedrigste Niveau der Drainage in der Region eingestellt ist. Deshalb werden die Flüsse Mbaéré und Bodingué hauptsächlich durch den Grundwasserkörper und nur partiell von ihren Nebenflüssen gespeist, die nur teilweise permanent Wasser führen. Der Sadika, ein etwa 12 km langer, in der Trockenzeit 2 bis 3 m breiter und maximal 50 cm tiefer, sehr klarer Nebenfluss des Mbaéré, der im Mündungsbereich die beschriebene schwemmfächerartige Aufschüttung ausgebildet hat, gehört zu den permanent wasserführenden Entwässerungsbahnen (Foto 9).

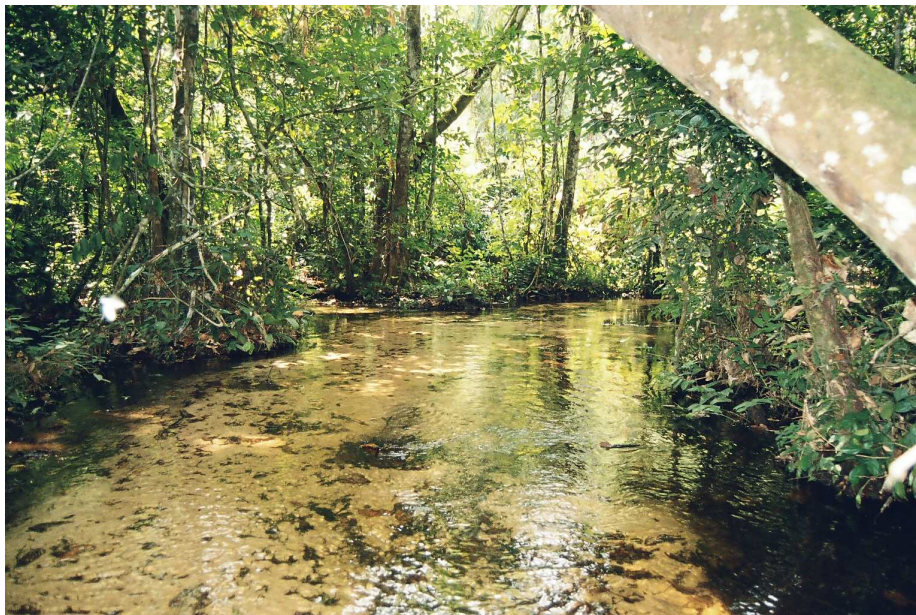


Foto 9: Sadika nach Eintritt in den Überflutungswald des Mbaéré

Der Sadika, ein linker Nebenfluss des Mbaéré auf der Höhe von Kénéngué, führt ganzjährig Wasser. Den Ortskundigen zufolge liegen die Abflussspitzen in den Monaten September bis November, während von Februar bis Mai die niedrigsten Wasserstände zu beobachten sind (Aufnahme: A. Bourouma, Januar 2004).

2. Untersuchungsgebiet

Der Mbaéré, von 272 km Länge und mit einem durchschnittlichen Gefälle von 1,6 m/ km in der weiten Talebene mäandrierend (CALLEDE et al. 1998), weist ein durchgehend einheitliches Bachbett von etwa 20 m Breite auf, während der Bodingué sich auf der Hälfte seines Verlaufs in zahlreiche Einzelarme von teilweise nur wenigen Metern verzweigt. Erst etwa 15 km vor seiner Einmündung in den Mbaéré vereinigen sich diese zu einem einheitlichen Lauf von etwa 15 m Breite (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999). Die maximale Tiefe des Mbaéré vor der Einmündung des Bodingué südöstlich von Kénéngué wird auf maximal 5 m geschätzt (BRUGIÈRE & PENELON 1999). Das Tallängsprofil des Flusses (Abb. 12), ist relativ ausgeglichen (CALLEDE et al. 1998).

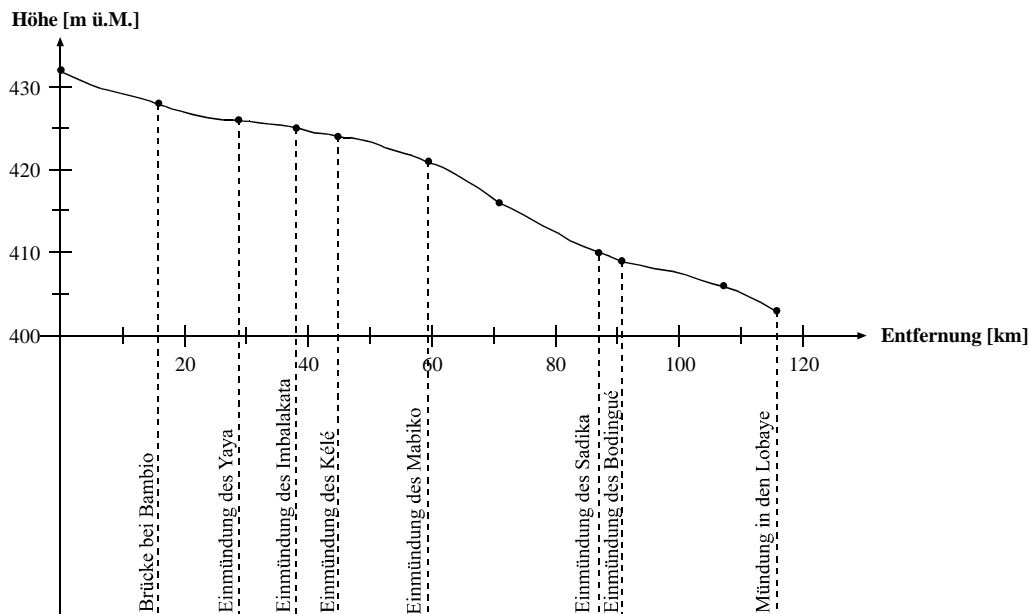


Abb. 12: Tallängsprofil des Mbaéré im Untersuchungsgebiet

Die Darstellung nach Höhenangaben aus der topographischen Karte *Carte de l'Afrique Centrale*, IGN 1968, Blätter Mbaïki und Nola, zeigt den moderaten Gefällewechsel im Mittel- und Unterlauf des Mbaéré. Dieser scheint in Zusammenhang mit der Größe und Dichte der in den einzelnen Abschnitten mündenden Nebenflüsse zu stehen.

Gesteinsausbisse im Bachbett und dadurch bedingte Stromschnellen, wie sie bei dem teilweise auf präkambrischen Gesteinsserien fließenden Lobaye unter anderem auf der Höhe von Ngotto auftreten, fehlen gänzlich. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass der Fluss innerhalb der Überflutungsebene in seine eigenen Sedimente eingetieft ist.

Umgestürzte und in den Fluss hineinragende Bäume des Überflutungswaldes stellen für die Befahrbarkeit des wichtigen Transportweges in diesem infrastrukturell schlecht erschlossenen Gebiet ein großes Problem dar und sind durch ihre, den Abfluss behindernde Wirkung maßgeblich für aktuelle Akkumulationsprozesse im rezenten Gerinnebett verantwortlich. Es ist davon auszugehen, dass sie die Entstehung von Schwimmrassenfluren auf dem sich an solchen Stellen sammelnden Treibgut fördern (Foto 10). Diese Gräser ihrerseits scheinen Pioniergewächse in einer Sukzessionsfolge zu sein, die im Uferbereich bei Akkumulation ausreichenden Sediments Raphia-Palmen als Klimaxstadium nach sich zieht.

Das Wasser des Mbaéré ist gekennzeichnet durch einen hohen Anteil an organischer Materie, Ursache seiner bräunlichen Eintrübung, die ihn von seinen klaren Nebenflüssen unterscheidet (Foto 11).



Foto 10: Bodingué und Mbaéré südöstlich von Kénéngué

Blick in Richtung Bodingué-Mündung (links im Bild). Der Pfeil markiert eine durch teilweise Behinderung des Abflusses entstandene Schwimmraseneinheit (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2006).



Foto 11: Einmündung des Kélé in den Mbaéré unterhalb von Kpoka

Das klare und an Trübstoffen arme Wasser des Kélé mischt sich hier mit dem an organischer Trübe reichen Wasser des Mbaéré (Aufnahme: M. Gapia, März 2005).

2. Untersuchungsgebiet

Es ist davon auszugehen, dass der hohe Anteil organischen Materials vor allem auf einen Eintrag jenseits der Überflutungsebene im Oberlauf des Flusses zurückzuführen ist, Folge der hier dichteren Besiedlung und offeneren Vegetationssituation im Bereich der Savannen des Sandstein-Plateaus.

Über Frachtzusammensetzung sowie Chemismus des Mbaéré ist bisher nichts bekannt. Nur wenig mehr weiß man über sein Abflussverhalten: Der Mbaéré verzeichnet die höchsten Wasserstände in den Monaten August bis Januar, während im Mai der niedrigste Wasserstand zu beobachten ist. Die Amplitude zwischen beiden beträgt etwa 1,5 m (BRUGIÈRE & PENELON 1999).

Verlässliche Pegelaufzeichnungen für die an der Brücke vor Bambio gelegene Messstation ($3^{\circ}57'N$, $17^{\circ}00'E$) existieren nicht. Zeitreihendaten liegen dagegen für die Station Mbata ($03^{\circ}40'N$, $18^{\circ}18'E$) am Lobaye vor, eine ca. 100 km von der Einmündung des Mbaéré in den Lobaye entfernt gelegene Station (CALLEDE et al. 1998). Hier wird der Abfluss einer Fläche von 30.300 km^2 gemessen, wovon einen großen Teil die Plateauregion von Gadzi-Carnot mit den Tributären Mbaéré und Bodingué ausmacht. Der Beobachtungszeitraum seit 1950 erlaubt, wenn nicht für den durchschnittlichen Abfluss oder die absoluten Pegelstände, so doch hinsichtlich der Verteilung des Abflusses über das Jahr, Prognosen auch für das westlich gelegene Untersuchungsgebiet und das Abflussverhalten des Mbaéré.

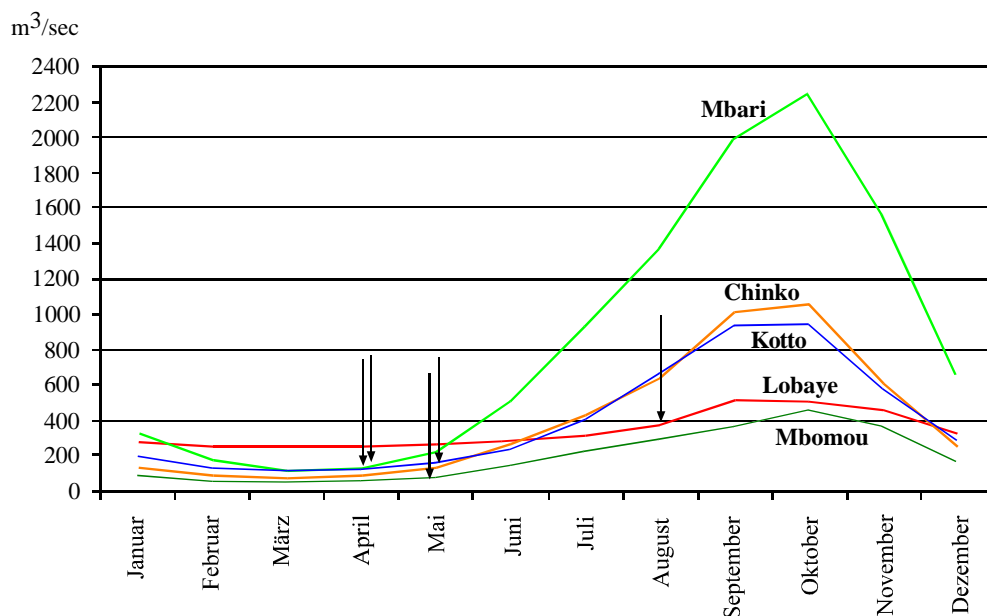


Abb. 13: Abfluss ausgewählter Oubangui-Nebenflüsse, langjähriges monatliches Mittel

Der Datenvergleich zeigt neben dem zeitlich versetzten Anstieg des Lobaye-Abflusses nach Einsetzen der Regenzeit gegenüber dem der anderen Flüsse (siehe Pfeile), dass die Abflusspitze eher als bei Mbari, Chinko, Kotto und Mbomou erreicht und die Abflussganglinie ausgeglichener ist (nach: CALLEDE et al. 1998, verändert).

Insbesondere durch den Vergleich der Daten mit denen anderer Oubangui-Nebenflüsse wird deutlich, dass der Lobaye einige Charakteristika aufweist, die ihn von den anderen Flüssen unterscheiden. Den meisten Tributären des Oubangui, für welche entsprechende Zeitreihen

vorliegen, ist gemein, dass ihre Abflussspitzen im langjährigen Mittel einheitlich im Monat Oktober liegen, während der Lobaye seine bereits im September erreicht (CALLEDE et al. 1998). Im Falle des Lobaye erfolgt der Abflussanstieg nach Einsetzen der Regenzeit erst allmählich, während die anderen großen Flüsse bereits in den Monaten April/ Mai einen abrupten Anstieg verzeichnen. Während Mbomou (Station: Bangassou), Chinko (Station: Raffai), Mbari (Station: Loungouba) und Kotto (Station: Kembé) nach Erreichen ihrer Abflussspitzen einen relativ raschen Rückgang der Abflussganglinie zeigen, flacht diese im Fall des Lobaye nur allmählich ab. Die absolute Abflussschwankung im Jahresgang ist beim Lobaye zudem am weitaus geringsten (Abb. 13).

In dem von Franzosen initiierten Programms ICCARE (*Identification et Conséquences d'une variabilité du Climat en Afrique de l'ouest non sahélienne*), welches zunächst auf Westafrika konzentriert war, dann aber auf den zentralafrikanischen Raum ausgedehnt wurde, wird den Ursachen und Folgen der in den letzten 20 Jahren beobachteten pluviometrischen Veränderungen auf das Abflussverhalten west- und zentralafrikanischer Flüsse nachgegangen und werden die ökologischen Auswirkungen dieser Entwicklung untersucht. Das Regime des Oubangui wird im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen dem tropisches Übergangsregime (*régime tropical de transition*) zugeordnet (Abb. 14).

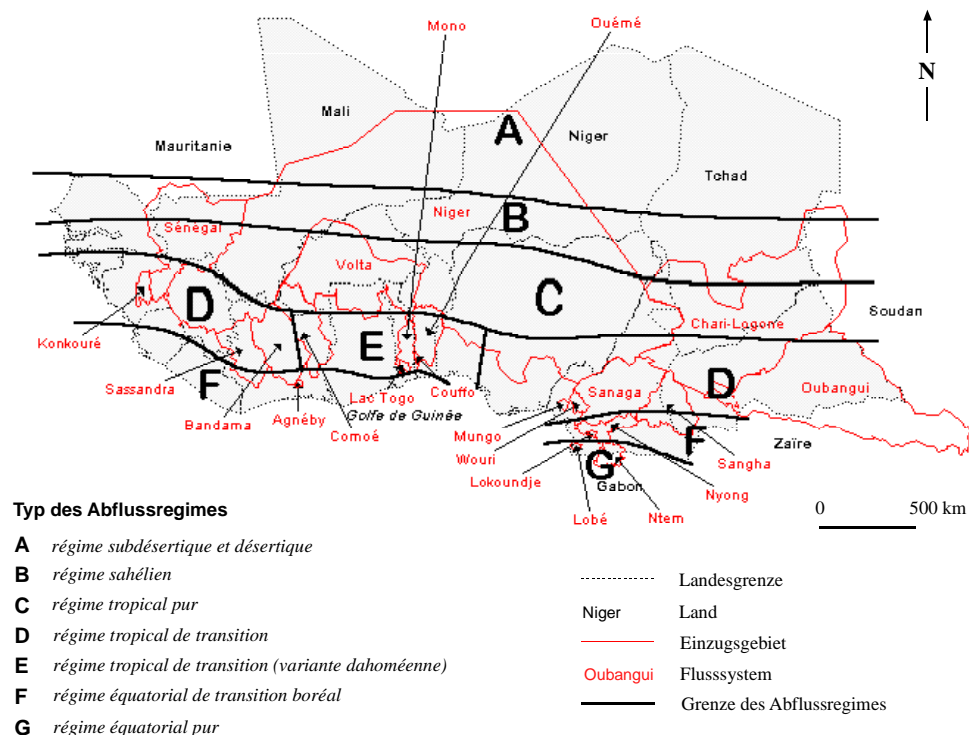


Abb. 14: Abflussregimes west- und zentralafrikanischer Flüsse

Die im Rahmen des Programms ICCARE erarbeitete Einteilung beruht auf Messungen niederschlagsgesteuerter Abflussveränderungen in den letzten 20 Jahren (Quelle: www.hydrosciences.fr/sierem/produits/iccare/index.asp?frame=ecoul).

Typischerweise handelt es sich hierbei um ein Regime, das von einer großen Trockenzeit während des borealen Winters beeinflusst ist, auf die eine erste Phase hohen Abflusses und ein

2. Untersuchungsgebiet

kurzfristiger Rückgang des Abflusses folgt, denen sich eine zweite Phase mit Abflussmaxima anschließt. Abhängig von regionalen Einflüssen, kann die kleine Trockenzeit ohne Auswirkungen auf das Regime bleiben, was die Gesamtdauer des hohen Abflusses insgesamt verlängert.

Dass der Lobaye trotz klimazonal ähnlicher Lage der Messstationen in der Untersuchung von CALLEDE et al. (1998) ein anderes Regime aufweist als die zum Vergleich herangezogenen Flüsse, ist vor dem Hintergrund der weiter nach Norden reichenden Einzugsgebiete und entsprechend unterschiedlicher Niederschlagseinträge dieser Flüsse zu verstehen.

Bedingt durch die Beschaffenheit des Plateausandsteins, weist der Lobaye auch die nach den ICCARE-Untersuchungen für sein Regime typischen Schwankungen im Abflussverhalten nicht auf und zeigt eine vergleichsweise lange Phase erhöhten Abflusses. Das Anstehende fungiert als Wasserspeicher und versorgt die Flüsse auch weit in die Trockenzeit hinein mit Wasser (CALLEDE et al. 1998). Ein zeitlicher Versatz des nur allmählich nachlassenden Abflusses ist auch am Mbaéré zu beobachten, dessen Alluvialbereiche bis Ende Januar noch Überflutungen aufweisen können.

2.3 Vegetationsgeographische Grundzüge

2.3.1 Rezente Vegetationsmuster der RCA

Die Vegetation der RCA ist in starkem Maße von den Niederschlägen und dem Rhythmus von Trocken- und Regenzeiten geprägt. Entsprechend folgt die Differenzierung der phytogeographischen Verhältnisse einer, den klimatischen Gegebenheiten ähnlichen, annähernd äquatorparallelen Zonierung.

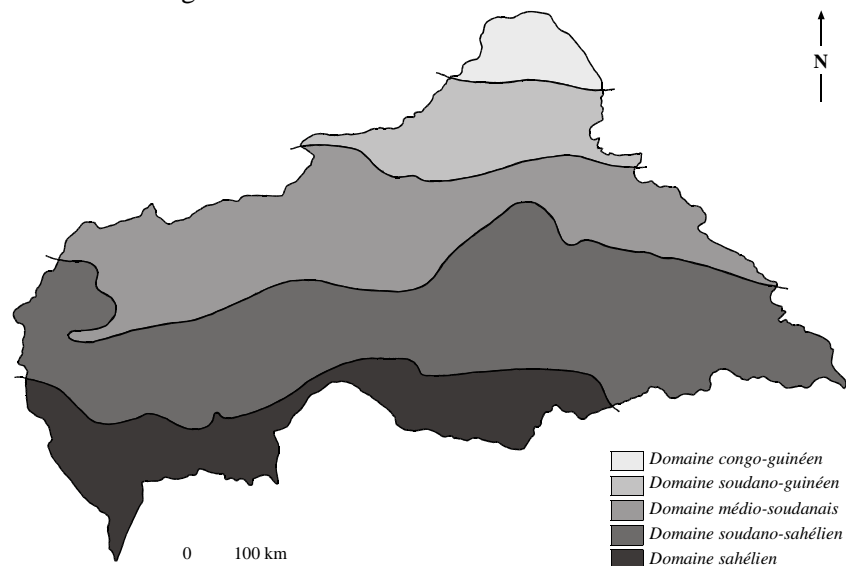


Abb. 15: Phytogeographische Zonierung der RCA

Mit zunehmender nördlicher geographischer Breite macht dabei der halbimmergrüne (Regen-) Wald den Wald- und Feuchtsavannen bzw. den Strauch- und Grassavannen Platz (nach: Atlas Jeune Afrique 1984:17, verändert).

Von S nach N aufeinanderfolgend, werden die fünf größeren Vegetationseinheiten (*domaines*) unterschieden (Abb. 15):

- *Domaine congo-guinéen,*
- *Domaine soudano-guinéen,*
- *Domaine médio-soudanien,*
- *Domaine soudano-sahélien,*
- *Domaine sahélien.*

2.3.2 Phytogeographische Ausstattung der Plateauregion

Die Vegetation des weiteren Untersuchungsgebietes, dem Plateau von Gadzi-Carnot, ist dem *secteur forestier* der *domaine congo-guinéen* zuzuordnen. Es handelt sich dabei auf den Sandsteinen der Carnot-Formation um einen halbimmergrünen Wald (*forêt dense semi-caducifoliée*, BOULVERT 1986). Dessen weitgehender Primärwaldstatus ist darauf zurückzuführen, dass das Plateau aufgrund seiner relativen hydrologischen Ungunst, gemessen an der geringen Zahl von Fließgewässern, eine menschliche Besiedlung hier in weiten Teilen unattraktiv macht.

Von besonderem Interesse im Rahmen der Untersuchung ist, dass es sich neben einem weiteren Bestand dieser Vegetationseinheit auf dem deutlich stärker besiedelten Mbomou-Plateau im SE der RCA hier um die rezent nördlichsten Ausläufer des Tieflands-Regenwaldes des Kongo-Beckens handelt.

Im größeren Maßstab betrachtet, durchfließt der Mbaéré in seinem Mittel- und Unterlauf phytogeographisch und phenologisch deutlich zu differenzierende Vegetationseinheiten. Diese sind im Rahmen des 1992 initiierten, in der RCA angesiedelten EU-geförderten Projektes ECOFAC (*Conservation et Utilisation Rationnelle des ECOSystèmes Forestiers d'Afrique Centrale*), Teilprojekt Ngotto, Gegenstand umfassender Inventarisierungen.

Da das ECOFAC-Projektgebiet in seiner ganzen Ausdehnung einen Großteil des Mbaéré-Einzugsgebietes umfasst, liefern die im Projektzusammenhang entstandenen Studien wertvolle botanische und vegetationsgeographische Informationen über diesen ansonsten wenig erforschten Raum. Er lässt sich in Anlehnung an die administrative Einteilung der ECOFAC in drei Teilräume gliedern (Abb. 16, S. 36).

Im Einzelnen handelt es sich um:

- eine zentral gelegene, als Schutzgebiet im Rahmen des Projekts ausgewiesene *zone de conservation*, in der laut einem Dekret von 1996 die Jagd untersagt ist (*Réserve Mbaéré-Bodingué*, in einigen Darstellungen auch: PN M.B, *Parc National Mbaéré-Bodingué*),
- eine sich nördlich daran anschließende Zone, in der nachhaltige Forstwirtschaft betrieben wird (*zone d'aménagement forestier du P.E.A. 169*) und
- eine diese beiden umschließende Zone, in der eine Förderung der ländlichen Entwicklung durch die ECOFAC stattfindet (*zone d'action en milieu rural*).

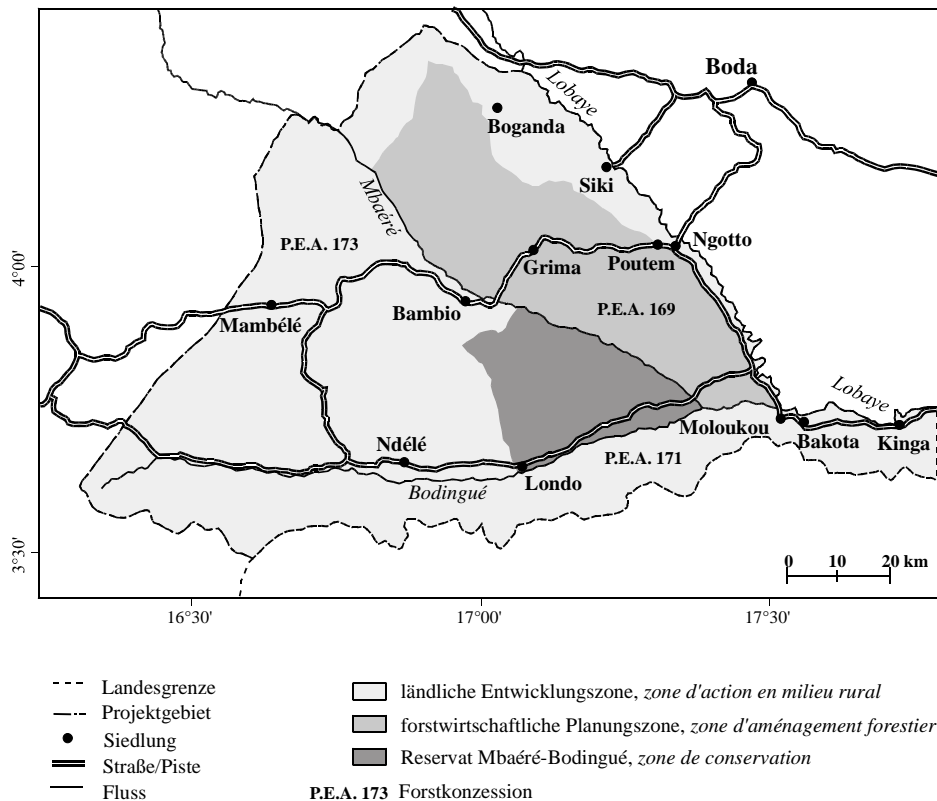


Abb. 16: Projektgebiet ECOFAC, *Composante de Ngotto*

Die Übersicht zeigt die drei zum Projektgebiet gehörenden Teilräume sowie die drei innerhalb des Gebietes vergebenen Forstkonzessionen. Die nachhaltige Nutzung der Konzession P.E.A. 169 im *Forêt de Ngotto* unterliegt der Kontrolle des Projekts (nach: ECOFAC 2001:158, verändert).

Die zone de conservation (Reserve Mbaéré-Bodingué, PN.M.B.)

Im Inneren des derzeitigen Schutzgebietes, welches 73.320 ha umfasst, werden hinsichtlich der Vegetation drei Untereinheiten unterschieden (BARRIÈRE et al. 2000).

Die südliche und nördliche Grenze bilden die unmittelbaren Überflutungsbereiche des Mbaéré und des Bodingué, die etwa 15 % der Fläche des Reservats ausmachen und insgesamt im Inneren des Plateaus 55.000 ha bedecken. Innerhalb der RCA sind sie die ausgedehntesten zusammenhängenden Vegetationseinheiten ihrer Art und gekennzeichnet durch bis zu 5 km breite flussparallele Wälder, die periodisch während der Zeit von Ende Juli bis Ende Januar überflutet sind (*forêts inondables* oder *forêts périodiquement inondée*). Bei Niedrigwasser fallen diese Wälder regelmäßig mehr oder weniger trocken, so dass keine permanenten Überflutungsbereiche existieren. Die verbleibende Restfeuchte im Boden bedingt jedoch ein ganzjährig sumpftartiges Milieu. Unmittelbar entlang der Flussläufe wird die Waldvegetation dominiert von *Raphia sp.*, *Ficus sp.*, *Miragyna ciliata*, *Milletia sp.* und *Irvingia ethii* (Foto 12).

Der Bestand an *Raphia sp.* und *Ficus sp.* nimmt in diesem Überflutungswald mit der Entfernung vom Fluss ab. 10 m vom Ufer entfernt repräsentieren hauptsächlich *Sterculia tragacantha* und

Desplatsia sp. den Baumbestand, jedoch treten auch *Guibourtia demeusei*, *Uapaca guineensis*, *Mitragyna stipulosa*, *Mitragyna ciliata*, *Carapa procera*, *Copaifera mildbraedii*, *Alstonia congensis*, *Alstonia boonei*, *Calamus deerratus*, *Lophira alata*, *Pterocarpus soyauxii* und *Xylopia aethiopica* auf. Im Bereich der krautartigen Gewächse ist die Familie der Marantaceae weit verbreitet (BARRIÈRE et al. 2000). BRUGIÈRE, SAKOM & GAUTIER-HION (1999) konnten vom Fluss aus auf der insgesamt etwa 100 km langen Strecke zwischen Bambio und der Mündung keine nennenswerte Veränderung in der Ufervegetation feststellen, jedoch gibt es Hinweise auf Modifikationen in der Vegetationszusammensetzung für das Innere der Überflutungsebene (>1 km Entfernung vom Fluss). So wird beispielsweise eine in etwa 2 km Entfernung vom Mbaéré dokumentierte Lokalität dominiert durch *Lophira alata* (Ochnaceae) und *Garcinia punctata* (Clusiaceae), zwei Spezies, die nicht im Uferbereich auftreten (VAN ESSCHE 1995). Das Kronendach ist insgesamt niedrig (15 m), unregelmäßig und nicht durchgängig geschlossen (BRUGIÈRE, SAKOM & GAUTIER-HION 1999).



Foto 12: Überflutungswald mit *Raphia* sp. entlang des Mbaéré

In Flussnähe charakterisiert die zur Gattung der Fiederpalmen gehörende Raphia-Palme das Erscheinungsbild der Waldvegetation (Aufnahme: M. Neumer, Januar 2004).

Eigene Beobachtungen bei mehrfachen Querungen des Überflutungswaldes und Fahrten auf dem Fluss im Rahmen der vorliegenden Arbeit deuten auf einen starken Zusammenhang zwischen den edaphischen Verhältnissen und den Vegetationseinheiten hin: Räumlich begrenzt auftretende Lokalitäten innerhalb der Alluvialebene zeigen teilweise eine deutlich andere Vegetationszusammensetzung. Auf relativ trockeneren Böden wachsen hier auch flussnah sogar vereinzelt Kulturpflanzen wie Bananenstauden (*Musa* sp.) oder Pimentsträucher (*Capsicum* sp.). Es handelt sich bei diesen von der einheimischen Bevölkerung als *terre ferme* bezeichneten Lokalitäten von geringer Ausdehnung um Stellen, die geringe positive Höhenunterschiede zur Umgebung im Dezimeter-Bereich und eine entsprechend geringere oberflächennahe

Durchfeuchtung aufweisen. Traditionell werden sie von den Fischern und auf dem Fluss Reisenden als temporäre Lagerplätze genutzt (vgl. Kap. 4.3.2).

Das Gebiet jenseits der Überflutungsebene, welches in dem durch den Zusammenfluss von Mbaéré und Bodingué gebildeten Dreieck liegt, zeichnet sich durch eine infrastrukturell bedingte annähernde Unzugänglichkeit aus und weist ausgedehnten Primärwaldbestand auf. Der Wald ist gekennzeichnet durch seinen ausgesprochenen Artenreichtum und bedeckt insgesamt 80 % der Fläche des Schutzgebietes. Das Auftreten von zahlreichen Windbrüchen und ein intensives Lianenwachstum deuten im Zusammenhang mit der Heterogenität des Baumbestandes auf eine große Dynamik des Ökosystems hin. Diese erklärt sich durch seine periphere Lage am nördlichen Rand des zentralafrikanischen Waldkomplexes im Übergangsbereich zu den Wald-Savannen-Mosaiken (*savanes periforestiers*, CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999).

Die Vegetation, für eine Testfläche zwischen den Mbaéré-Nebenflüssen Ouélé (auch: Batouri) und Imbalakata im NW des Waldgebietes aufgenommen, zeigt bei einer großen Diversität, dass die Familien Meliaceae und Sapotaceae hier stark vertreten sind, was die relative Dichte sowohl hinsichtlich der Bäume mit großen Durchmessern (dbh >70 cm, Kronendachbäume) als auch jener mit geringeren Durchmessern (dbh >10 cm) betrifft (LEJOLY 1995). Das Kronendach ist von geringer Höhe und stellenweise aufgrund der zahlreichen Windbrüche nicht geschlossen. Die absolute Dichte des Unterwuchses ist trotz der zahlreichen Lianen eher gering, insbesondere, was die Individuen der Marantaceae-Familie betrifft (durchschnittlich <0,5 Stämme/ m²). Diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass sich der Wald hinsichtlich seiner Struktur deutlich von einem herkömmlichen Primärwald unterscheidet. Hierfür spricht auch der Umstand, dass im Bereich der mittleren Wuchshöhen höhere Dichten als in vergleichbaren zentralafrikanischen Untersuchungsgebieten, im Bereich des Kronendaches dagegen deutlich geringere Dichten dokumentiert sind (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999).

Im zentralen Teil dieses in der frankophonen Literatur auch als *forêt de terre ferme* bezeichneten Waldtyps werden im Hinblick auf die Vegetationsstruktur drei Hauptformen unterschieden, die unterschiedlich stark verbreitet sind (VAN ESSCHE 1995):

- | | |
|----------------|---|
| Typ 1, selten: | Dominanz hochstämmiger Bäume mit sehr lichtem Unterwuchs, |
| Typ 2, häufig: | Dominanz mittelstämmiger Bäume von mittlerem Durchmesser mit lichtem, teilweise hochaufgeschossenem Unterwuchs, |
| Typ 3, üblich: | Dominanz von Bäumen geringer Höhe und sehr dichtem Unterwuchs. |

Die Vegetationszusammensetzung wird bei dem am häufigsten auftretenden Typ 3 dominiert von *Manilkara maboakensis* (Sapotaceae) und *Garcinia punctata* (Clusiaceae). Das Kronendach ist in der Regel nicht sehr hoch (15 bis 20 m). Sträucher der Familien Marantaceae und Zingiberaceae sind wenig entwickelt, ihre Verbreitung ist auf die Windbrüche beschränkt. Im Zentrum der Schutzzone wurden entlang eines Teststreifens von 5 km Länge 39 Brüche gezählt, wovon 23 auf mehr als 1.000 m² Ausdehnung geschätzt wurden (BRUGIÈRE et al. 1999, Foto 13). Verglichen mit anderen Lokalitäten, in denen ihr Anteil an der Gesamtfläche nur ein Drittel ausmacht (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999), ist das Windbruchphänomen ein Charakteristikum dieser Vegetationseinheit und unterstreicht den besonderen Status dieses Waldgebietes.



Foto 13: Windbruch im Inneren der Schutzzone

Sträucher der Familien Marantaceae und Zingiberaceae dominieren den Unterwuchs in den durch lichte Kronendächer gekennzeichneten Windbrüchen (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2004).



Foto 14: Savanneninsel nahe des Mbaéré-Tribütärs Bassamba

Typisches Erscheinungsbild einer zumeist baumfreien Savanne im Inneren der Schutzzone (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2004).

Im Inneren der Schutzzone des Parks, eingeschlossen in den *forêt de terre ferme*, liegen vereinzelt kleinere unzusammenhängende Strauchsavannen (*savanes herbacées*, ihrer Lage

2. Untersuchungsgebiet

wegen auch als *savanes incluses* bezeichnet), die insgesamt 5 % der Fläche des Schutzgebietes einnehmen. Die ausgedehnteste ihrer Art ist die bereits in der *Carte de l'Afrique Centrale* von 1963 namentlich genannte *Savane Koudouma*. Sie liegt in der Nähe des Bodingué bei Ngoundji und wird auf etwa 2.000 ha geschätzt (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999). Stellenweise ist diese Vegetationsinsel stark von *Chromolaena odorata*-Sträuchern dominiert und wurde in der Vergangenheit jedes Jahr von Jägern gebrannt, um mit dem nachwachsenden jungen Gras Pflanzenfresser als Beutetiere anzulocken.

Seit regelmäßige Patrouillen der ECOFAC die Einhaltung des Jagdverbots überwachen, zeigt sich, wie auch im Falle anderer, kleinerer Savannen (Foto 14, S. 39), dass diese Vegetationseinheiten von der sie umgehenden Waldvegetation neu kolonisiert werden.

Es erfolgt also hier, bedingt durch den nur unregelmäßigen Feuereinfluss, rezent eine sukzessive Ausdehnung des Waldes in Richtung Savanne. Diese Beobachtung deckt sich mit Untersuchungsergebnissen aus dem N des Kongo, wo anhand von Fernerkundungsdaten für einen Zeitraum von über 30 Jahren in einem wenig besiedelten und anthropogen nicht genutzten Gebiet eine deutliche Waldzunahme nachgewiesen werden konnte (RUNGE & NEUMER 2000).

Zwischen dem *forêt inondable* und dem *forêt de terre ferme* ist nach BRUGIÈRE et al. (1999) keine Übergangsvegetation vorhanden. Der Vegetationswechsel erfolgt den Autoren zufolge vielmehr abrupt und wird deutlich durch einen Wechsel in der Vegetationsstruktur sowie durch das Auftreten von Stelzwurzeln im Bereich der temporär überfluteten Wälder. Eigene Geländebeobachtungen zeigen, dass dieser abrupte Übergang tatsächlich an vielen Lokalitäten zu beobachten ist, wo auch die Reliefgegebenheiten entsprechende markante Veränderungen aufweisen. Dies ist beispielsweise am Talrand zwischen den Mbaéré-Zuflüssen Kélé und Mabiko der Fall. In Bereichen jedoch, wo die Talhänge weniger steil ausgeprägt sind, so zum Beispiel bei Ngbenguéndara oder zum Park hin, erfolgt ein moderaterer Vegetationswechsel. Hier wird die Vegetation des Überflutungswaldes erst allmählich von Pflanzen des Primärwaldes bzw. Savannenvegetation abgelöst, was auf die sich mit zunehmender Entfernung zum Überflutungsbereich nur allmählich ändernden edaphischen Verhältnisse zurückzuführen ist.

Seitens der ECOFAC wurde im Jahr 2000 bei den Ministerien *Environnement* sowie *Eaux et Forêts, Chasses et Pêche* der zentralafrikanischen Regierung beantragt, die gesamte *zone de conservation* aufgrund ihres Artenreichtums, der dort inventarisierten seltenen Spezies und der besonderen ökologischen Situation auch offiziell als Nationalpark auszuweisen. Die zwischenzeitlichen ökonomischen und politischen Probleme des Landes, die in einen Putsch im Jahr 2003, eine Phase der Übergangsregierung und einer Regierungsneubildung 2005 mündeten, verhinderten bislang die Umsetzung dieses Vorhabens. Die ebenfalls im Jahr 2000 auf Betreiben der Projektverantwortlichen beantragte Aufnahme des Mbaéré und des Bodingué in die Liste der international zu schützenden Feuchtgebiete erfolgte dagegen Ende 2005. Unter den mittlerweile 1.675 unter die Ramsar-Konvention von 1971 fallenden Feuchtgebieten (Stand: 17.07.2007), die sowohl Inland- als auch Küstenbereiche umfassen, sind die beiden Flusssysteme mit einer Gesamtfläche von 101.300 ha erfasst. Sie sind damit im Schutzstatus deutlich bekannteren Lokalitäten wie dem Okavango-Delta in Botswana oder der Etosha-Pfanne in Namibia gleichgestellt (www.ramsar.org/sitelist.pdf).

Die zone d'aménagement forestier

Die in den unterschiedlichen Publikationen wiederholt verwandten Begriffe *Forêt de Ngotto* bzw. *Secteur forestier de Ngotto* beziehen sich auf unterschiedliche naturräumliche Gegebenheiten. Nach der 1963 durch IGN (*Institut Géographique National - France*) veröffentlichten *Carte de l'Afrique Centrale* im Maßstab 1:200.000 sowie der 1979 erschienenen russischen Generalstabkarte im Maßstab 1:500.000 liegt der *Forêt de Ngotto* (sic!) bzw. der *Jec Hzomo* nordöstlich des Mbaéré zwischen den Flüssen Mbaéré und Lobaye. Durch das in diesem Gebiet Forstwirtschaft betreibende französische Unternehmen IFB (*Industries Forestières de Batalimo*) wird der Begriff *Forêt de Ngotto* allein auf den Wirkungsbereich der dortigen Konzession bezogen, die, im NE durch die Piste Banga–Ngotto–Ngola–Moloukou begrenzt, nicht an den Lobaye heranreicht. Die im Umfeld der ECOFAC-Studien veröffentlichte Darstellung von DETHIER & GHIURGI (1999) versteht dagegen darunter grob das Gebiet zwischen 3°40'N und 4°20'N bzw. zwischen 16°40'E und 17°30'E, womit der Begriff auf angrenzende Zonen ausgedehnt wird, aber naturräumliche Grenzen unberücksichtigt lässt. Es erscheint sinnvoll, den Begriff *Forêt de Ngotto* im Folgenden der Primärwaldinsel vorzubehalten, die westlich bzw. südwestlich der Siedlung Ngotto liegt und sich, unabhängig von ihrer Nutzung, nordwestlich an das Mbaéré-Tal anschließt.

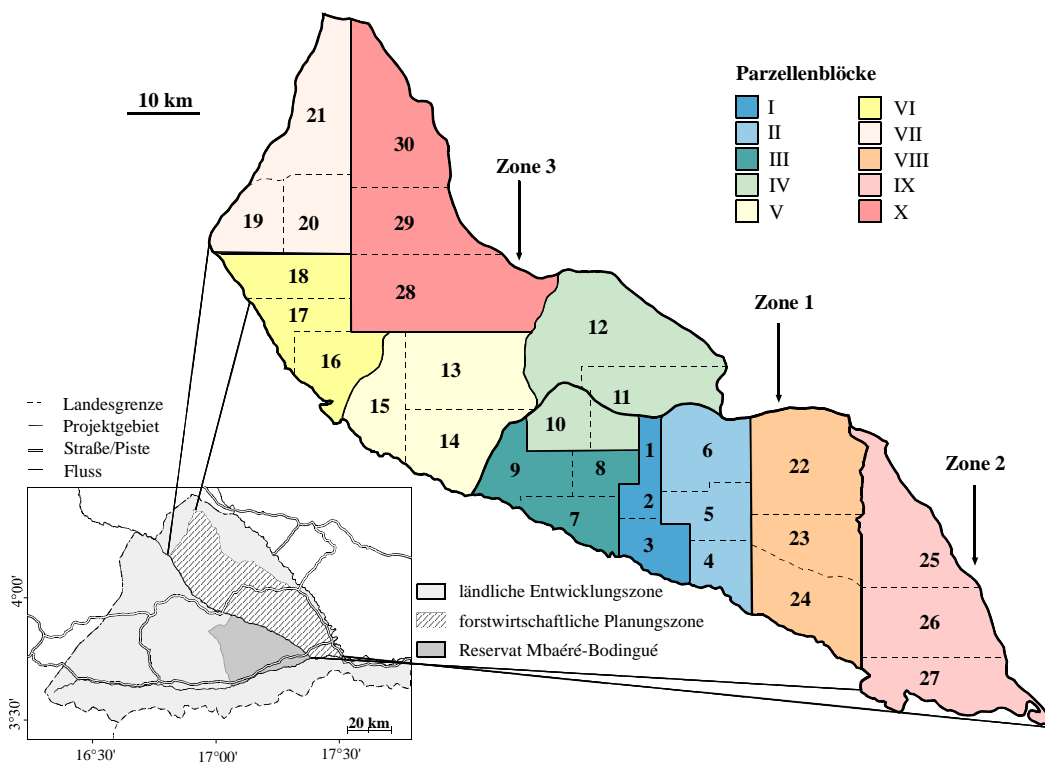


Abb. 17: Gliederung der Konzession P.E.A. 169 des IFB

Die Einteilung beruht auf einem in Zusammenarbeit mit der ECOFAC ausgearbeiteten und seit 1997 umgesetzten nachhaltigen Nutzungskonzept, das auf eine Dauer von 35 Jahren angelegt wurde. Zone 1 umfasst das aktuell unter Nutzung stehende Gebiet (nach: www.forafri.org/7dispositifs/projetecofac.php, verändert).

2. Untersuchungsgebiet

Die Konzession P.E.A 169 (*Permis d'Exploitation Aménagement*, Abb. 17, S. 41) des Unternehmens IFB für den *Forêt de Ngotto* umfasst die *zone d'aménagement forestier* des Projekts. Sie wird seitens der ECOFAC hinsichtlich der nachhaltigen forstwirtschaftlichen Exploitation kontrolliert und umfasst die unmittelbar nördlich an den Mbaéré angrenzenden ca. 195.500 ha. Die Nutzung in den drei Zonen, zu der die Konzession das Unternehmen legitimiert, ist jedoch sehr unterschiedlich.

- Zone 1, ein im Zentrum gelegener, etwa 37.500 ha großer Bereich, wurde vom IFB 1993/94 eigenen Bestandsaufnahmen unterzogen und teilweise genutzt, wobei die Forstaktivitäten aber zu keinem Zeitpunkt an das Mbaéré-Tal heranreichten.
- Zone 2, im E gelegen und etwa 55.700 ha umfassend, wurde 1994 inventarisiert und nur sehr selektiv in den Jahren 1988 bis 1990 bewirtschaftet.
- Zone 3 schließlich, das nordwestlichste und mit 93.000 ha größte Gebiet (und erst nachträglich in die Konzession aufgenommen), wurde bestandsmäßig 1995/96 erfasst und nicht unter Nutzung gestellt (www.forafri.org/7dispositifs/projetecofac.php).

Der Holzeinschlag durch das Unternehmen erfolgte nach den ausgearbeiteten Vereinbarungen zwischen 1997 und 2005 innerhalb eng umrissener Teilgebiete. Anders als bei herkömmlicher Exploitation durch ausländische Konzessionäre fand die Holzentnahme während der ECOFAC-Projektphasen I bis III hier selektiv und unter weitgehender Einhaltung der zuvor festgelegten und nach Holzarten unterschiedenen Maximalentnahme-Vereinbarungen sowie unter Berücksichtigung bestimmter Mindestentfernungen zwischen den entnommenen Stämmen statt (DURRIEU DE MADRON 1999). Die nachhaltige forstwirtschaftliche Nutzung wurde außerdem seitens der ECOFAC in der Vergangenheit flankiert durch umfassende Aufforstungsaktivitäten innerhalb der zuvor exploitierten Parzellen (ALAIN PENELON, *Ex-Chef de Composante ECOFAC Ngotto*, persönliche Mitteilung 2004).



Foto 15: Exploitation im *Forêt de Ngotto*

Abtransport gefällter Stämme durch das Unternehmen IFB über die zu diesem Zwecke systematisch angelegten Forstwirtschaftswege (Aufnahme: M. Neumer, Januar 2004).

Der natürliche Waldbestand in der *zone d'aménagement forestier* zeichnet sich durch seinen Reichtum an roten, kommerziell wertvollen Edelhölzern wie *sapelli* (*Entandrophragma cylindricum*), *iroko* (*Milicia excelsa*) und *tali* (*Erythrophleum ivorense*), aber eine auffällige Verarmung an *ayous* (*Triplochiton scleroxylon*) aus (DURRIEU DE MADRON 2003).

Neben den forstwirtschaftlich erschlossenen Gebieten sind in dieser Zone lokal und in Abhängigkeit von der infrastrukturellen Erschließung inselartig anthropogen beeinflusste Vegetationseinheiten um Siedlungen herum zu finden. Hier geht die ackerbauliche Nutzung zwecks Selbstversorgung auf Kosten der Waldbestände. Schneisenartig ausgeprägt sind hier jenseits der eigentlichen Nutzflächen je nach Degradation auch savannenähnliche Vegetationseinheiten entlang der wenigen, das Gebiet querende Verkehrswege, die meist durch Feuer beeinflusst sind. Imperata-Gräser und Farne dominieren auf diesen Flächen. Die hier (allerdings in geringer Dichte) auftretenden vereinzelt Sträucher sind *Hymenocardia acida*, *Annona senegalensis* und *Parinari Curatellifolia* (BENOIT-JANIN 1956).

Die zone d'action en milieu rural

Weniger Beachtung als die Schutzzone und das forstwirtschaftlich durch den IFB genutzte Gebiet findet hinsichtlich der Vegetation in den zur Verfügung stehenden Quellen die Zone der durch die ECOFAC unterstützten ländlichen Entwicklung, die sich außen an die beiden anderen Zonen anschließt. In diesem Teil des nördlichen Tieflandsregenwaldes spielt die forstwirtschaftliche Nutzung insofern eine wichtige Rolle, als durch den Ausbau der *Route du 4^{ème} Parallèle* (Boda-Bambio-Yamando), die als Piste annähernd entlang des 4. Breitenkreises weiter nach Westen verläuft, die infrastrukturelle Situation für den Abtransport des Holzes zumindest Richtung W (Kamerun) maßgeblich verbessert wurde. Dies hatte lokal eine Intensivierung der Bewirtschaftung der Wälder zur Folge. Im Gebiet westlich der *zone de conservation* ist es vor allem das Unternehmen SEFCA (*Société d'Exploitation Forestière Centrafricaine*), das forstwirtschaftlich aktiv ist (Abb. 18, S. 44).

Die Konzession umfasst insgesamt 381.026 ha. Trotz lokaler Ansätze, die Exploitation auch hier, wie im Fall des IFB, in gewissem Umfang zu kontrollieren, ist der Eingriff in das Ökosystem Wald gerade vor dem Hintergrund der verbesserten Ausfuhrmöglichkeiten zum Überseehafen nach Douala, Kamerun, groß. Entsprechend sind die Eingriffe in den Naturraum im Einzugsgebiet des Mbaéré regional sehr unterschiedlich. So ist mit der höheren Intensität der Nutzung im Ober- und Mittellauf des Mbaéré von Westen her mit deutlich höherem Sedimenteintrag in das fluviale System zu rechnen.

Die forstwirtschaftlichen Aktivitäten zwischen dem Bodingué/ Mbaéré/ Lobaye und der kongolesischen Grenze obliegen dem Unternehmen SCAD (*Société Centrafricaine de Déroulage*), dessen Konzession eine Fläche von 339.957 ha umfasst. Einer Erhebung von 2004 zufolge ist der Anteil des Unternehmens an der jährlichen Gesamtproduktion aller Unternehmen aber eher zu vernachlässigen (www.cbfp.org/documents/rca/statgraph.pdf), was für eine wenig intensive Nutzung der Konzession und einen sehr geringen Druck auf die Vegetation in dem hier dünn besiedelten und vergleichsweise unzugänglichen Gebiet spricht (vgl. Kap. 2.4 sowie Kap. 4.1.3).

2. Untersuchungsgebiet

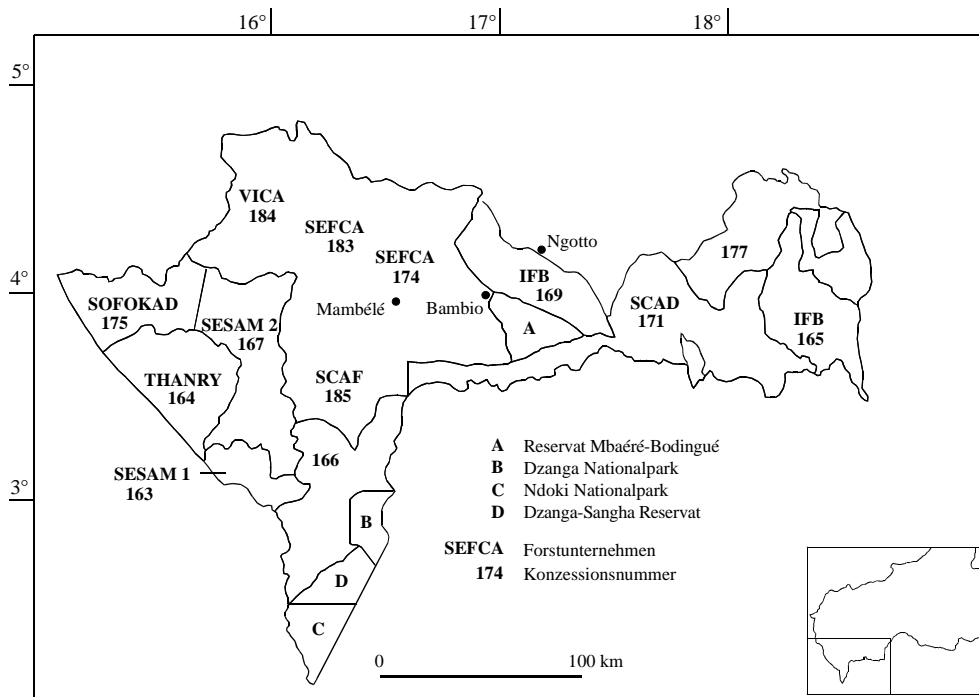


Abb. 18: Forstkonzessionen im SW der RCA: Überblick

Die Waldressourcen im nördlichsten Ausläufer des äquatorialen Tieflandsregenwaldes im SW der RCA sind trotz ihrer vergleichsweise schwierigen Zugänglichkeit vor allem für ausländische Konzessionäre interessant (nach: www.cbfp.org/documents/rca/amenagement_rca.pdf, verändert).

2.4 Anthropogene Einflüsse

Das Projektgebiet der ECOFAC, *Composante de Ngotto*, umfasst eine Gesamtfläche von 825.000 ha. Insgesamt leben hier etwa 20.000 Einwohner, was einer sehr geringen durchschnittlichen Bevölkerungsdichte von nur 2.5 Einwohnern pro km² entspricht (HARDIN & REMIS 1997). Die Siedlungsmuster sowie die wirtschaftlichen Aktivitäten der Bevölkerung variieren jedoch lokal, was unmittelbar mit den bereits angesprochenen Vegetationsmustern und der Nutzungsmöglichkeit der Teilräume zusammenhängt.

Das ökonomische System innerhalb des Gesamtgebietes basiert auf insgesamt fünf Hauptaktivitäten (DE GARINE 1996):

- landwirtschaftliche Nutzung: Subsistenzwirtschaft (*agriculture vivrière*),
- Jagd und Fischfang,
- Diamantenexploitation,
- Forstwirtschaft,
- landwirtschaftliche Nutzung: *cash crops* (*culture de rente*).

Die Aktivitäten der Bevölkerung haben dabei lokal sehr verschiedene und unterschiedlich starke Auswirkungen auf den Naturraum. Der landwirtschaftliche Anbau stellt, wenn er auch im Hinblick auf die Selbstversorgung aufgrund der Bodenverhältnisse nicht sehr einträglich ist, eine der intensivsten Aktivitäten der lokalen Bevölkerung dar. Jede Familie bewirtschaftet

durchschnittlich drei Felder in Siedlungsnähe und besitzt darüber hinaus einen kleinen Garten am Haus. In regelmäßigen zeitlichen Abständen lässt man eine vorher genutzte Parzelle brach fallen und rodet eine neue. Hierbei handelt es sich meist um ein verbuschtes Stück Brachland, das in Familienbesitz ist und für 5 oder 6 Jahre nicht bewirtschaftet wurde. Somit ist das insgesamt genutzte Gebiet vergleichsweise fest umrissen und auf die traditionellen Siedlungsbereiche entlang der Pisten beschränkt, solange sich durch Zuwanderung kein Druck auf die Nutzfläche ergibt.

Die Jagd wird praktisch von der gesamten männlichen Bevölkerung praktiziert. Mittels Gewehren, Fallen und Schlingen werden von den Dorfbewohnern die Tiere erlegt, während die ansässigen Pygmäen vorwiegend von der Armbrust oder von Netzen Gebrauch machen. Durch die in manchen Gebieten mit den Forstaktivitäten einhergehende verbesserte überregionale Anbindung an größere Siedlungen ist trotz entsprechender Gegenmaßnahmen der Druck auf die heimische Tierwelt angewachsen. Für die Landschaft bedeutet dies insofern einen Eingriff, als mit zunehmender Jagdaktivität der Dorfbevölkerung wenigstens in den zugänglicheren Waldteilen entlang der Überlandpisten und Forstwirtschaftswege mit einem Anstieg der Jagdfeuer zu rechnen ist, welche langfristig der Ausbreitung von Savannen Vorschub leisten kann.

Fischfang spielt ebenfalls eine wichtige Rolle im Untersuchungsgebiet. Er wird von allen Bevölkerungsteilen zwecks Selbstversorgung praktiziert oder stellt eine der Haupteinverdienungsquellen dar. Die Eingriffe in das Ökosystem beschränken sich hier zumeist auf Eingriffe in den Bestand der erbeuteten Fischarten selbst. Lediglich gegen Ende der Trockenzeit wird durch die Konstruktion kleinerer Dämme an den Bächen im Wald lokal in das Abflussgeschehen eingegriffen (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999). Ihre Auswirkungen auf den Abfluss insgesamt sind jedoch zu vernachlässigen.

Die Zahl der Stellen, an denen in den ausgedehnten Alluvionen der Flüsse nach Diamanten geschürft wird, ist bis Ende des letzten Jahrhunderts um ein Vielfaches angestiegen. Während teilweise in den Flüssen selbst von dazu eigens errichteten Gerüsten nach den Edelsteinen getaucht wird, befinden sich entlang des Lobaye auch zahlreiche Schürfstellen in Ufernähe, die systematisch ausgebeutet werden. Im Falle des Bodingué und seiner Nebenflüsse Loka und Loli sind gleichfalls Aktivitäten dieser Art dokumentiert, die während des ganzen Jahres stattfinden (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999). 1993 wurden für den Lobaye allein auf der Höhe Ngottos sieben ufernahe Schürfstellen gezählt, die 350 Personen Arbeit boten (DUHEM 1993). Lokal kommt es hier zu massiven Zerstörungen der ufernahen Vegetation und, räumlich begrenzt, zu Umlagerungen des vom Fluss sedimentierten Materials. Die Alluvionen des Mbaéré wurden bisher jedoch nicht exploitiert, so dass für den Fluss und sein Einzugsgebiet keine diesbezüglichen Landschaftseingriffe zu berücksichtigen sind.

Auf die forstwirtschaftliche Nutzung, die regional sehr unterschiedlich intensiv betrieben wird, wurde bereits in Kap. 2.3.2 eingegangen. Im Gesamtzusammenhang mit den anderen anthropogenen Aktivitäten betrachtet, stellt sie eine der Hauptaktivitäten im Einzugsgebiet des Mbaéré dar (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999). Ihre Auswirkungen auf die Landschaft sind entsprechend der unterschiedlichen Firmenpolitik lokal sehr verschieden. Während flussaufwärts und oberhalb der Überflutungsebene des Mbaéré durch unkontrollierte Einzelbaumentnahme und flächenhafte Rodungen aufgrund von linearerosiven Prozessen (Foto 16, S. 46) vermutlich ein hoher Sedimenteintrag in den Mbaéré zu verzeichnen ist, scheint dies

2. Untersuchungsgebiet

aufgrund der selektiven überwachten Entnahme randlich der Überflutungsebene nicht der Fall zu sein.



Foto 16: Degradation und Erosion im Mbaéré-Tal bei Sciplac

Die Zerstörung der Vegetationsdecke führt bei geringem Gefälle zu Linearerosion entlang der Überlandpiste. Mittig im Bild befindet sich der Fluss, dem die Erosionsprodukte während der Regenzeit zugeführt werden (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2004).

Der gezielte Anbau von Produkten für den internationalen Markt umfasste zeitweise im Plateaubereich auch Baumwolle, beschränkt sich inzwischen aber auf die Kaffeeproduktion. Von kleinen Plantagen wird jährlich durch externe Händler die Ernte aufgekauft und in die größeren Städte transportiert. Die von dieser Nutzung betroffene Fläche ist quantitativ nicht erfasst, doch deuten vor Ort gemachte Beobachtungen darauf hin, dass durch die schwierige infrastrukturelle Situation der Anbau auf Siedlungen in der Nähe der Überlandverbindung beschränkt ist (vgl. auch Kap. 4.1.3).

In Abhängigkeit von den beschriebenen sozioökonomischen Gesichtspunkten werden nach DE GARDIN 1996 (Populationsdichte nach BONANNÉE 1994, BESSE 1994) für das Projektgebiet folgende fünf Sektoren unterschieden (Abb. 19):

- Zone I im Bereich des Sekundärwalds: *zone de forêt secondaire*
- Zone II entlang des Flusses Lobaye: *zone du fleuve*
- Zone III im Übergang Regenwald/ Savanne: *zone de lisière de forêt/ savane préforestière*
- Zone IV im Bereich der Baumsavannen: *zone de savane boisée*
- Zone V im Regenwald: *zone de forêt dense*

Sie werden im Folgenden hinsichtlich ihrer Kennwerte, die Bevölkerung betreffend, und ihrer sie charakterisierenden Nutzung natürlicher Ressourcen kurz skizziert, um den lokal unterschiedlichen anthropogenen Einfluss auf den Naturraum zu verdeutlichen.

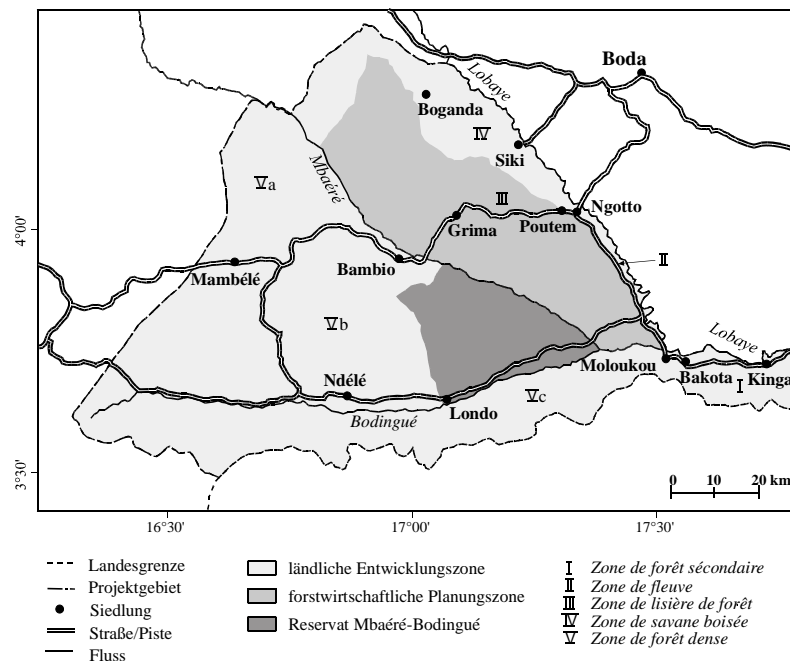


Abb. 19: Sozioökonomische Gliederung des ECOFAC-Projektraums

Die Einteilung in die Teilräume des Projektgebietes (*Aire d'Utilisation Durable des Ecosystèmes de la Mbaéré*) beruht auf den verschiedenen naturräumlichen Rahmenbedingungen, die eine unterschiedlicher Siedlungsdichte und Nutzung nach sich ziehen (nach: BARRIÈRE et al. 2000:10, verändert).

Zone I: zone de forêt secondaire

Zone I liegt im E und schließt die Siedlungen entlang der Wegachse zwischen Moloukou (auch: Mandoukou), Bakota und Kinga ein. Sie zählte 1994 etwas mehr als 3.000 Einwohner auf eine Fläche von 277 km², was einer Bevölkerungsdichte von knapp 11 Einwohner pro km² entspricht. Nach BONANNÉE (1994) und BESSE (1994), die entsprechende Untersuchungen in der ersten ECOFAC-Projektphase durchführten, profitierte das Gebiet zu jener Zeit von seiner guten verkehrstechnischen Anbindung an die Hauptstadt. Die dadurch gegebene Möglichkeit, mit landwirtschaftlichen Produkten Handel zu treiben, führte dazu, dass es relativ monetarisiert war. Der Fischfang spielte durch seine Nähe zu den Flüssen Mbaéré und Lobaye eine wichtige Rolle. Bedeutender jedoch war insbesondere für Moloukou der Überlandhandel mit Wild, der in die lokalen Zentren (Mbaïki, Bangui) verkauft wurde. Inzwischen existieren einige Brücken entlang der Piste Moloukou – Ngotto nicht mehr. Moloukou ist somit seit einiger Zeit nur noch zu Fuß oder über den Fluss (von Bambio aus über den Mbaéré, von Ngotto aus über den Lobaye) zu erreichen und verkehrstechnisch gegenüber den Siedlungen entlang der *Route du 4ème Parallèle* erheblich benachteiligt. Es steht daher zu vermuten, dass Zone I durch die offenkundig nun fehlende Anbindung an die Zentren im NE in den Jahren seit der Erhebung grundlegende Veränderungen hinsichtlich der Erwerbsmöglichkeiten erfahren hat, die sich in deutlich rückläufigen Bevölkerungszahlen niederschlagen dürften. Befragungen vor Ort und eigene Beobachtungen bestätigen dies, lassen sich aber nicht quantifizieren. Es scheint, als habe die Subsistenzwirtschaft in den letzten Jahren an Bedeutung gegenüber dem Plantagenanbau

gewonnen, und auch der Fischfang sichert in viel höherem Maße als zuvor den Lebensunterhalt. Insgesamt ist der ohnehin geringe anthropogene Einfluss in diesem Gebiet in jüngster Zeit eher als rückläufig zu betrachten.

Zone II: zone du fleuve

Zone II entlang der Piste, die von Moloukou entlang des Lobaye nach Ngotto führt, umfasst eine Gesamtfläche von 580 km². Hier lebten 1994 etwas mehr als 3.300 Einwohner. Die Bevölkerungsdichte betrug somit etwa 5,7 Einwohner pro km². Durch die bereits skizzierte infrastrukturelle Verschlechterung ist auch hier prinzipiell mit entsprechenden Konsequenzen für die früher denen in Zone I sehr ähnlichen sozioökonomischen Aktivitäten zu rechnen. Insbesondere der hier von vielen Familien in der jüngeren Vergangenheit betriebene Kaffeeanbau (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999) dürfte aufgrund der inzwischen begrenzten Transportmöglichkeiten zurückgegangen sein. Geht man aber davon aus, dass die sandigen Böden in diesem Bereich durch die relative Nähe zum Fluss bewässert werden können und die an den Lobaye grenzenden Felder von Natur aus fruchtbarer sind und traditionell stark agrarisch genutzt wurden (BONANNÉE 1994, vgl. Kap. 2.1.2.3), ergibt sich hieraus ein Standortvorteil gegenüber der Zone I mit ihren stark ausgelaugten und im Bereich des präkambrischen Basements (im E) sogar zu Krusten neigenden Böden.

Dadurch stellt sich hinsichtlich der landwirtschaftlichen Nutzung die Ausgangssituation entlang dieser Siedlungsachse etwas anders dar. Wahrscheinlich ist, dass der Plantagenanbau lediglich der Subsistenzwirtschaft gewichen ist, aber eine Abwanderung in größerem Rahmen nicht stattgefunden hat. In Ngotto auf dem Markt Handel treibende Bewohner der entlang des Lobaye gelegenen Dörfer deuten auf dortige Produktionsüberschüsse hin und bestätigen diese Vermutung.

Aufgrund der Nähe zum Lobaye ist gleichfalls davon auszugehen, dass die Exploitation von Diamanten weiterhin betrieben wird, da sie hinreichend einträglich ist. Hinsichtlich des anthropogenen Drucks auf die Landschaft ist trotz der rückläufigen überregionalen Handelsmöglichkeiten insgesamt mit keinen Veränderungen zu rechnen.

Zone III: zone de lisière de forêt/ savane préforestière und Zone IV: zone de savane boisée

Den Bereich des Wald-Savannen-Mosaiks zwischen Poutem und der Region um Grima deckt Zone III ab, wo 1994 auf einer Fläche von 123 km² 4.000 Menschen lebten. Die Bevölkerungsdichte war mit etwa 32,5 Einwohnern pro km² im Vergleich zu den anderen Zonen hoch und veranschaulicht die lokale Bedeutung der sie querenden Überlandverbindung, die über Bambio weiter nach Westen Richtung kamerunische Grenze führt. Aufgrund der Tatsache, dass eine jüngst durchgeführte Instandsetzung der Piste von Boda nach Bambio mit der Anlage einer Brücke über den Lobaye bei Siki eine Alternativroute eröffnet, von der Hauptstadt aus in die südwestlichen Landesteile zu kommen, ist ein Bedeutungsrückgang dieser alten Verbindung wahrscheinlich. Welche Auswirkungen tatsächlich zu erwarten sind, hängt in hohem Maße von den Aktivitäten des IFB bei Ngotto ab, der hier für die Instandhaltung des alten Pistenabschnitts verantwortlich zeichnet. Mit Ende der dritten Phase des ECOFAC-Projekts in 2005 und bedingt durch die seitens der EU bereits bewilligten, sich aber verzögernden Implementierung der Phase IV, waren im Jahr 2006 vor Ort erste Tendenzen intensiverer, da mangels Projektfinanzierung nicht überwachter, Forstaktivitäten nicht zu übersehen.

Zone IV liegt im NW und bedeckt 348 km². Sie ist bisher anthropologisch noch unzureichend erforscht. Obwohl sie zahlreiche größere Orte (z.B. Boganda), einschließt, lag die Gesamteinwohnerzahl 1994 nur um 2.300, so dass die Bevölkerungsdichte 6,6 Einwohner pro km² nicht überschritt.

Zone III und IV wurden bisher von den ortsansässigen Bofi auf traditionelle Art und Weise vor allem landwirtschaftlich genutzt, wo dies die Bodengegebenheiten zuließen (vgl. Kap. 2.1.2.3). Die hier ansässigen Bofi-Pygmäen sind vor allem Jäger und leben vom Tauschhandel mit der lokalen Bevölkerung. Sie profitieren in der jüngeren Vergangenheit von der Erschließung des *Forêt de Ngotto* durch den IFB und dehnen ihre Jagdaktivitäten entlang der Forstwirtschaftswege immer stärker in das Innere des Waldes aus. Da sie aber in erster Linie Netze und Fallen benutzen, um kleinere Tiere, vorrangig kleine Antilopen, Stachelschweine und Buschratten (*Cephalophus monticola*, *Atherurus africanus*, *Cricetomys emini*), zu jagen (vgl.: www.vancouver.wsu.edu/fac/hewlett/akacons.html bzw. HEWLETT, unv.), besteht hier nicht die Gefahr, dass zu Jagdzwecken Feuer gelegt werden und sich dadurch das Risiko der Savannenausdehnung und höherer Sedimenteinträge in das Gewässernetz erhöht. Der Fischfang spielt in diesem Gebiet eine untergeordnete Rolle, jedoch sind Bewohner von Siedlungen in der Nähe des Lobaye maßgeblich an der Exploitation von Diamanten beteiligt, welche an die Händler in Boda, meist wohlhabende muslimische Familien, verkauft werden. Die forstwirtschaftliche Nutzung spielt eine wichtige Rolle. Forstwirtschaft und Diamantenabbau dürften aufgrund ihrer Einträglichkeit durch eine zunehmende Nutzung der westlicheren Route allerdings kaum Einbußen verzeichnen. Der anthropogene Einfluss in diesem nördlich an den Mbaéré angrenzenden Raum ist als stabil zu betrachten und bleibt auf die Siedlungsachsen beschränkt.

Zone V: zone de forêt dense

Im W schließlich umfasst die Zone V ein Gesamtgebiet von weiteren rund 2.000 km². Sie ist in drei Teilgebiete untergliedert.

Zone Va folgt dem Verlauf der 4^{ème} Parallele zwischen Bambio und Mambélé und ist etwa 1.450 km² groß. Den offiziellen Zahlen von 1994 nach sollen hier 2.450 Menschen leben, was aber unrealistisch erscheint, da die Bevölkerung der *Sous-Préfecture* Bambio eingeschlossen ist und die forstwirtschaftlichen Aktivitäten in der jüngsten Vergangenheit zugenommen haben. Auch die Bevölkerungsdichte ist mit knapp 1,7 Einwohner pro km² deshalb wahrscheinlich zu niedrig angesetzt.

Mit der Wiederaufnahme intensiver forstwirtschaftlicher Aktivitäten in den 90ern durch das Unternehmen SEFCA erwartete man eine grundlegende Veränderung in den sozioökonomischen Strukturen (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999), die sich inzwischen bestätigt hat. Insbesondere durch die zunehmende Attraktivität dieses Gebiets im Hinblick auf Verdienstmöglichkeiten war eine Zuwanderungsbewegung vorprogrammiert. Da der Ausbau der Forstwirtschaftswege und die Instandhaltung der Überlandpisten eine Erschließung des Raums darstellen und durch die Zuwanderung der Druck auf die bisher landwirtschaftlich genutzte Fläche anstieg, geht mit der infrastrukturellen Entwicklung in Zone Va (Foto 17, S. 50) auch die Ausdehnung der Ackerfläche einher. Insbesondere entlang der Pisten wurde in zunehmendem Maße Wald gerodet, um Nutzfläche zu schaffen. Entsprechend des gestiegenen Lebensmittelbedarfs haben auch Jagdaktivitäten und Fischfang mit all ihren Konsequenzen für die Landschaft zugenommen.



Foto 17: Infrastrukturelle Erschließung zwischen Bambio und Sciplac

Die pistenparallele Brandrodung zur Gewinnung ackerbaulicher Nutzfläche bei Mambélé veranschaulicht, wie aktuelle forstwirtschaftliche Aktivitäten einen zunehmenden Bevölkerungsdruck und Landnutzungswandel nach sich ziehen (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2004).

Zone Vb grenzt im W an die Schutzzone. Zwischen Mambélé und Ndélé gelegen, macht sie 550 km² aus und zählte 1994 auf dieser Fläche etwas mehr als 1.300 Einwohner (BONANNÉE 1994). Anthropologisch stellt sie das bisher am intensivsten erforschte Gebiet dar. Die Bevölkerungsdichte betrug zur Zeit der Erhebung etwa 2,3 Einwohner pro km².

Zone Vc umfasst die 733 km² große Fläche des Schutzgebietes und die Siedlungen südlich des Bodingué im Grenzgebiet zur Demokratischen Republik Kongo. Die Einwohnerzahl konnte der vergleichweisen Unzugänglichkeit des Raums wegen hier nicht empirisch erfasst werden und wird auf 1.200 geschätzt. Nicht berücksichtigt sind hierbei die BaAka-Pygmäen, die in dieser Zone, aber auch in Zone I, leben und teils nur temporäre Lager unterhalten. Die mit 1,6 Einwohner pro km² angegebene Einwohnerdichte dürfte damit leicht hinter den tatsächlichen Verhältnissen zurückbleiben.

Die ökonomische Situation in den Zonen Vb und Vc stellt sich nach CHATELAIN & BRUGIÈRE (1999) ähnlich dar. Dominiert wird sie demnach von Jagd und Subsistenzwirtschaft. Aufgrund der schlechten verkehrstechnischen Anbindungen sind die Handelsmöglichkeiten begrenzt. Ein durch das Engagement der ECOFAC bedingter genereller Rückgang der Jagd in diesen Gebieten ging einher mit einer Zunahme des Fischfangs, sieht man von dem Dorf Londo jenseits des Bodingué im Grenzgebiet zum Kongo ab. Es wurde aufgrund forstwirtschaftlicher Aktivitäten durch die SCAD 1985 gegründet und bedingte zunächst die Zuwanderung ortsfremder Jäger sowie verstärkte Jagdaktivitäten durch die BaAka (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999). Über forstwirtschaftlichen Aktivitäten in den beiden Zonen liegen seitens der ECOFAC keine detaillierten Informationen vor. Die Satellitenbilddauswertung gibt jedoch Hinweise auf eine rückläufige Exploitation der SCAD in Zone Vc, der eine offenkundige Zunahme der SEFCA-Aktivitäten in Zone Vb gegenübersteht (vgl. Kap. 4.1.3).

Bei ähnlichen Ausgangsbedingungen in den Zonen Vb und Vc müssen sich entsprechend gerade in den letzten Jahren ganz unterschiedliche Entwicklungen in den beiden Zonen vollzogen haben. Es ist deshalb davon ausgehen, dass sich mit der forstwirtschaftlichen Nutzung, die andere sozioökonomische Aktivitäten nach sich zieht, auch der anthropogene Einfluss auf den jeweiligen Teil des Naturraums geändert hat.

Insgesamt ist festzustellen, dass der Mensch als landschaftsgestaltender Faktor im Einzugsgebiet des Mbaéré nur partiell eine Rolle spielt. Während weite Teile nur dünn besiedelt sind und der traditionelle Siedlungsdruck und die damit verbundenen ökonomischen Aktivitäten im allgemeinen mäßig sind, kommt der forstwirtschaftlichen Nutzung als Pull-Faktor lokal sicher einige Bedeutung zu. Vor allem in den Waldgebieten im W und NW ist während der letzten Jahre durch die Exploitation seitens des Unternehmens SEFCA von größeren Eingriffen in das Ökosystem Wald auszugehen, die eine Vegetationsdegradation und einen vermehrten Input an Sediment in das Mbaéré-System bedingt haben. In den Zonen um die Überflutungsebene des Flusses jedoch scheint die anthropogene Aktivität stabil bis rückläufig zu sein, und die forstwirtschaftliche Nutzung der Unternehmen SCAD und IFB dürfte kaum Auswirkungen auf die Landschaft und fluviale Parameter haben.

3. Paläohydrologische Forschung in den Tropen

3.1 Begriff

Der Begriff *palaeohydrology* wurde, wie SCHUMM (2003) im Vorwort von GREGORY & BENITO (2003) herausstellt, von LEOPOLD & MILLER (1954) im *Water Supply Paper 1261* des USS Geological Survey zuerst verwendet. Ausgangspunkt der dort ausgeführten Überlegungen zum Gegenstand paläohydrologischer Forschung ist, dass die Betrachtung der alluvialen Chronologien eine Reihe von Fragen im Hinblick eines Vergleichs rezenter und vergangener Bedingungen aufwirft. Fragestellungen der Paläohydrologie seien aber nicht so sehr mit dem vergangenen Klimageschehen an sich befasst als vielmehr mit dem Zusammenspiel zwischen Klima, Vegetation, Drainage und Abfluss unter Bedingungen, die von den heutigen abweichen.

Es handelt sich bei dem von LEOPOLD & MILLER geprägten Begriff *palaeohydrology* somit um eine Betrachtungsweise, die sich im Ansatz stärker mit hydrologischen als klimatischen Faktoren beschäftigt und die Interaktion verschiedener Geofaktoren in Raum und Zeit mit einem Fokus auf hydrologische Prozesse untersucht. Zurückgehend auf GREGORY (1983), wird Paläohydrologie verstanden als „*science of the water of the earth, their composition, distribution and movement on ancient landscapes from the beginning of the first rainfall to the beginning of continuous hydrological records*“ (GREGORY & BENITO 2003:4). Traditionell haben sich paläohydrologische Untersuchungen hierfür reliktscher, fluvial geprägter Landformen angenommen, zusedimentierter ehemaliger Gerinnebetten (*palaeochannels*) etwa und terrestrischer stratigraphischer Sequenzen, um darüber den Paläo-Abfluss zu rekonstruieren und auf die klimatischen Rahmenbedingungen zu schließen (BERGLUND 1986). Die paläohydrologische Forschung, der zu Beginn eine eher globale Betrachtungsweise zugrunde lag und die zwischenzeitlich stärker bestimmte Teilräume (beispielsweise die gemäßigten Breiten) fokussierte, arbeitet mittlerweile - nicht zuletzt im Kontext des vielbemühten *Global Change* - wieder auf globaler Ebene, wobei sich im Laufe der Zeit unterschiedliche Forschungsansätze entwickelt haben.

Im Folgenden wird zunächst die Entwicklung der Forschung nachgezeichnet, die Existenz der nebeneinander bestehenden, sehr unterschiedlichen methodischen Ansätze erläutert und die Bedeutung der Paläohydrologie sowohl für angewandte Fragestellungen als auch in der Grundlagenforschung diskutiert (Abschnitt 3.2). In diesem Zusammenhang wird die mit der vorliegenden Arbeit gewählte Herangehensweise in den Kontext allgemeiner paläohydrologischer Fragestellungen eingeordnet und kritisch erörtert, worin die Bedeutung, aber auch die Probleme für die Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte in den niederen Breiten bestehen. Schließlich wird eine Auswahl der bereits vorliegenden paläohydrologischen Arbeiten in den Tropen, die sich im Schwerpunkt mit limnischen und fluvialen Systemen befassen, im Überblick dargestellt (Abschnitt 3.3).

3.2 Schwerpunkte und Methoden

Während Flüsse als landschaftsprägende Elemente schon früh Gegenstand wissenschaftlicher Forschung waren, hat sich die Paläohydrologie als Ansatz erst in den letzten 50 Jahren entwickelt, legt man die erste Erwähnung bei LEOPOLD & MILLER (1954) zugrunde.

Bereits in den Anfängen konzentrierten sich amerikanische Wissenschaftler, allen voran L. Leopold und S. Schumm, dabei vor allem auf die Gegenwart und versuchten, die Prozesse rezenter fluvialer Morphodynamik zu erfassen und zu erklären. Die Abfolge alluvialer Sedimente stand und steht bei diesem stark prozessorientierten Ansatz im Zentrum der Betrachtung (LEOPOLD & MILLER 1954). Einige der früheren Arbeiten der Paläohydrologie basierten auf den unter anderem von LANGBEIN & SCHUMM (1958) und SCHUMM (1965) erarbeiteten Prozess-Zusammenhängen und den daraus und nach Vorschlägen von LANE (1955) entwickelten ersten Gleichungen zur Veränderung von Flusssystemen (SCHUMM 1969), die seither kontinuierlich weiterentwickelt wurden und aus denen unter anderem ein numerischer Ansatz hervorging, der sich vor allen mit *palaeochannels* beschäftigt. Untersuchungen zu *underfit streams*, deren rezente morphodynamische Leistung nicht mit der Ausdehnung der durch sie in der Vergangenheit ausgebildeten größeren Talform korreliert, wurden vor allem in den 60er Jahren durchgeführt (DURY 1964a, 1964b, 1965). In den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts rückten nach einer zeitweisen Fokussierung auf morphographische Aspekte die Häufigkeiten und Intensitäten von Ereignissen (*frequency and magnitude*) in den Vordergrund der Betrachtung, die man versuchte, in Beziehung zu den ausgebildeten Formen fluvialer Aktivität zu setzen (WOLMAN & MILLER 1960, WEBB & WALLING 1982, BAKER 1989).

Annähernd zeitgleich befasste man sich in auf dem europäischen Festland dagegen stärker mit klimamorphologischen Fragen (CAILLEUX & TRICART 1958, BÜDEL 1957, 1977) und suchte unter anderem nach dem Zusammenhang zwischen dem maßgeblich durch Flüsse geprägten Landschaftsbild und den dafür verantwortlichen klimatischen Rahmenbedingungen. Die Korrelierung des örtlichen Klimaregimes mit Art, Intensität und Ausmaß der morphologischen Formung war ein neuer Ansatz, der den sich bis dahin hartnäckig haltenden vorherrschenden Grundgedanken struktureller Kontrolle des Reliefs in Frage stellte, aber zunächst die aktuelle Klimasituation in den Fokus der Forschung rückte. Mit ROHDENBURG (1969, 1972), der, wie später SEUFFERT (1976, 1986), einen Klimawandel u.a. als notwendige Voraussetzung für die Bildung der ausgedehnten Rumpfflächen in den Tropen erkannte, wurde der BÜDELSche Ausgangsgedanke weiterentwickelt und das Verständnis für nicht-lineare Reaktionen fluvialmorphologischer Systeme auf (mehrphasige) Klimaveränderungen erweitert. Ein sich aus diesen Theorien parallel zu den prozessorientierten Untersuchungen im anglo-amerikanischen Raum entwickelnder Forschungsansatz nutzte im Folgenden vor allem Pollenanalysen an See-Sedimenten, aber auch andere Techniken, zur Rekonstruktion landschaftsgeschichtlicher Veränderungen und erarbeitete so Interpretationen von vergangenen hydrologischen Gegebenheiten (GREGORY & BENITO 2003).

Schumms *hydrologic cycle*, der einen Vergleich der rezenten und vergangenen Wasser-Gleichgewichte beinhaltete (*water balance*, SCHUMM 1969), legte möglicherweise den Grundstein für die (Quartäre) Paläohydrologie und dokumentiert, wie auch eine darauf folgende Reihe von Veröffentlichungen und Internationalen Programmen (GREGORY 1983,

VANDERBERGHE et al. 1994, FRENZEL et al. 1995, GREGORY et al. 1995), die Vereinigung dieser beiden von Grund her unterschiedlichen Betrachtungsweisen - hier: Prozess-, dort Klimamorphologie - wodurch die Interpretation hydrologischer Rahmenbedingungen im Kontext landschaftsgenetischer Forschung grundlegend vorangetrieben werden konnte. Entsprechend ist es nicht verwunderlich, dass aufgrund ihrer unterschiedlichen Wurzeln die paläohydrologische Forschung sich bis Heute den verschiedensten Fragestellungen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen verschrieben hat und nach wie vor deutlich eine Differenzierung der methodischen Ansätze aufweist. In den Arbeiten zur Paläohydrologie, die in den letzten 10 Jahren als Aufsatzsammlungen zu verschiedenen Schwerpunkten, zum Teil im Kontext bestimmter internationaler Programme, veröffentlicht wurden, wird die Entwicklung in der Paläohydrologie je nach Publikationshintergrund deshalb unterschiedlich beschrieben, was bestätigt, dass die Paläohydrologie ein exzellentes Beispiel für ein Forschungsgebiet darstellt, das aus verschiedenen Disziplinen erwachsen und von Grund auf multidisziplinär angelegt ist (GREGORY & BENITO 2003).

Deutlich wird dies in den 80er Jahren im IGCP (*International Geological Correlation Programme*) 158, in dem die paläohydrologischen Forschungen klar nach Teilgebieten unterschieden wurden in solche, die sich vorwiegend mit Seen und Sümpfen (*lakes and mires*) befassten, wobei hier den palynologischen Arbeiten eine besondere Bedeutung zukam, und solche, die sich der Untersuchung von fossilen Gerinnebetten widmeten. Ende der 80er führte diese Unterscheidung in die Unterprogramme 158A und 158B schließlich zur klaren Polarisierung der paläohydrologischen Forschung: Der eine Ansatz war stärker der Landschaftsgeschichte insgesamt und dem damit korrelierten Wasser-Gleichgewicht verschrieben, der andere den Flüssen und den Prozessen/ Veränderungen innerhalb der Gerinnebetten (GREGORY & BENITO 2003).

In den frühen 1980er Jahren begann man systematisch, die gewonnenen paläohydrologischen Daten zu sammeln und zugänglicher zu machen. So stellte beispielsweise die *Oxford Lake Level Data Bank* Informationen zu Schwankungen der Seentiefe in seit der letzten 30.000 Jahre teilweise oder ganz geschlossenen Becken bereit (STREET & GROVE 1979, STREET-PERROTT & HARRISON 1985). Das *Arizona Laboratory for Palaeohydrological and Hydroclimatological Analysis* (ALPHA) befasste sich dagegen mit der Entwicklung von Methoden zur systematischen Sammlung, Beurteilung und Analyse von *palaeoflood*-Daten, wobei ein besonderes Augenmerk der Methode galt, Stillwasser-Ablagerungen (*slackwater deposits*) als Indikatoren für vergangene Wasserstände heranzuziehen (WOHL & ENZEL 1998).

1991 wurde seitens der INQUA (*International Union for QUaternary Research*) auf dem Kongress in Beijing GLOCOPH (*GLOBAL COntinental PalaeoHydrology*) etabliert, von vielen gesehen als Weiterführung oder Nachfolger des IGCP-Projektes 158A, das sich von 1977 bis 1987 der Paläohydrologie der gemäßigten Breiten während der letzten 15.000 Jahre verschrieben hatte. Auf globaler Ebene sollte mit GLOCOPH versucht werden, das dynamische Modell vom Wasser-Kreislauf und von Wasser-Gleichgewichten, basierend auf dem stärker prozessorientierten Erkenntnissen des fluvialen IGCP-Subprojektes, in die Erdgeschichte einzubauen und gleichzeitig alle paläogeographischen Daten in hydrologische Parameter umzuwandeln (STARKEL 1995). STARKEL differenziert die unterschiedlichen Ansätze und führt einige der verschiedenen Teilwissenschaften der Kontinentalen Hydrologie an, die sich bis zum Anlaufen von GLOCOPH entwickelt und ihre eigenen Techniken und Methoden festgelegt hatten, so unter anderem die *fluvial palaeohydrology* (BAKER 1987), die *palaeolimnology*

(STREET-PERROTT & HARRISON 1985, BERGLUND 1986) und die *palaeoglaciology* (BOULTON 1979, HUGHES 1983).

Die Rekonstruktion vergangener Niederschlags-Regimes erfolgt gewöhnlich als Teil einer paläoklimatischen vergangenheitsgerichteten Bestimmung (vgl. CLIMAP 1976, COHMAP 1988). Die allgemeine Rekonstruktion des Wasser-Kreislaufs dagegen gründet sich auf der Untersuchung von Ablagerungen, Formen und biotischem Material, welches sich kontinuierlich in langen Zeiteinheiten bildet (Baumringe, Schichtung von See-Sedimenten, Eiskernen), oder auf präzisen radiometrischen oder anderen Datierungen (BRADLEY 1985). Im ersten Fall bedient man sich beispielsweise ungestörter laminiertes Sedimente, um die Abfolge von Veränderungen an einem bestimmten Standort nachzuvollziehen; im zweiten Fall können im günstigsten Fall überregional oder kontinentweit aufgetretene Ereignisse miteinander verglichen werden (STARKEL 1995).

Ein Versuch, zwei der in dieser und anderen Arbeiten als wesentlich erachteten Ansätze systematisch zu gliedern und kritisch zu hinterfragen, wie die Paläohydrologie methodisch Daten zur Rekonstruktion paläohydrologischer Gegebenheiten gewinnt, findet sich bei WOHL & ENZEL (1995). Sie differenzieren zwischen:

- fluvialen paläohydrologischen Daten und
- lakustrinen paläohydrologischen Daten.-

Die aus lakustrinen paläohydrologischen Untersuchungen gewonnenen Daten unterscheiden die Autoren nach solchen, die aus dem Ufer-Bereich/ dem ufernahen Milieu gewonnen werden oder aus dem Hauptwasserkörper resultieren. Dabei stellen erstere die besten Informationen zur Ausdehnung und der Höhe der Paläo-Seen, liefern aber häufig nur episodische Daten. Daten aus dem inneren Seebereich dagegen zeigen weniger Datierungslücken, stellen aber nur in begrenztem Umfang Informationen zu den absoluten Seespiegelschwankungen bereit.

Hinsichtlich der fluvialen paläohydrologischen Methoden werden fünf verschiedene Herangehensweisen aufgelistet: die über

- historische Rekonstruktionen, welche sich unsystematisch vorliegender historischer Aufzeichnungen bedienen, um Abflussgegebenheiten der Vergangenheit nachzuvollziehen,
- abflussregime-basierte Rekonstruktionen, welche die rezenten Eigenschaften des Entwässerungsnetzes oder der Gerinnebetten untersuchen, um daraus vergangene Abflussbedingungen abzuleiten,
- Rekonstruktionen der Paläo-Kompetenz, welche die Besonderheiten der Sedimente in den Gerinnebetten in Beziehung setzen zu den Abfluss-Parametern,
- geobotanische Methoden, bei denen die Vegetations-Charakteristika herangezogen werden, um darüber auf die Abfluss-Geschichte zu schließen und schließlich
- Indikatoren für Paläo-Phasen, welche die Stände von einzelnen Abflussereignissen dokumentieren.

Mit dem Hinweis darauf, dass die Annäherung von der limnischen und die von der fluvialen Seite her nicht weiter als getrennte Disziplinen betrachtet werden sollten, weil Seen und Flusseinzugsgebiete in der Regel in einem engen Prozesszusammenhang stehen, fordern WOHL & ENZEL (1995) eine stärkere Verzahnung der Forschungsarbeiten.

3. Paläohydrologische Forschung in den Tropen

BAKER (1998) wählt hinsichtlich einer Untergliederung der Paläohydrologie nach methodischen Schwerpunkten eine andere Vorgehensweise und unterscheidet mit dem Hinweis auf eine diesbezügliche Aufstellung GREGORYS (1996) sieben Ansätze, die der paläohydrologischen Forschung in den vergangenen Jahrzehnten wesentliche Impulse gegeben haben:

- die Untersuchung von alluvialen Chronologien,
- Überlegungen zu rezenten und vergangenen Wasser-Gleichgewichten (*water balance*),
- die mit Hilfe paläohydrologischer Methoden durchgeführte Untersuchung von Flüssen, die unter rezenten Bedingungen nicht mit ihrer Talausdehnung korrelieren (*underfit streams*),
- Beobachtungen zu Veränderungen in Flusssystemen,
- die Erforschung paläoökologischer Gegebenheiten,
- Arbeiten zu Seespiegelschwankungen sowie
- integrative Ansätze im Sinne des IGCP 158.

Deutlich wird im direkten Vergleich der Ausführungen von WOHL & ENZEL (1995) und BAKER (1998), wie auch innerhalb der Forschungsgemeinde, ausgehend vom eigenen wissenschaftlichen Kontext, sehr unterschiedliche Sichtweise bzw. das voneinander abweichende Selbstbild.

Hinsichtlich der Relevanz paläohydrologischer Daten für das Verständnis vergangener und zukünftiger Vorgänge finden sich in den jüngeren Arbeiten ebenfalls zum Teil unterschiedliche Einschätzungen. BENITO, BAKER & GREGORY (1998) sehen eine wesentliche Entwicklung der Paläohydrologie vor dem Hintergrund moderner Klima-Modellierung. Seit Mitte der 80er Jahre etwa werden unter dem Gesichtspunkt des Globalen Wandels und der damit einhergehenden Versuche der Modellierung landschaftlicher Veränderungen auch die hydrologischen Effekte globalen Klimawandels mittels allgemeiner Zirkulationsmodelle simuliert. Diese Modelle der Atmosphäre sind nach BENITO, BAKER & GREGORY (1998) jedoch unfähig, haltbare Szenarios zu Veränderungen auf dem Maßstab von Einzugsgebieten zu rechnen oder realistische Simulationen grundlegender hydrologischer Prozesse zu liefern. Im Hinblick auf eben diese Modellierung kommt der Paläohydrologie, welche die Charakteristika vergangener hydrologischer Zyklen und deren Einfluss auf Landschaftsveränderungen der Vergangenheit untersucht, eine besondere Bedeutung zu. Die Kenntnis der Zusammenhänge der Faktoren Klima, Abfluss und Vegetation in verschiedenen naturräumlichen Settings hilft inzwischen maßgeblich bei der Validierung globaler oder regionaler Klimamodelle, die u.a. zukünftige Landschaftsveränderungen prognostizieren helfen sollen.

Ähnlich formuliert dies BAKER (1998), der die Bedeutung der Paläohydrologie für die zwei Schwerpunkte in der modernen hydrologischen Forschung, die anwendungsbezogene kultur-/naturräumliche Ingenieurwissenschaft und die Grundlagenforschung, herausstellt und in der Bereitstellung von Daten für Modellierungen sowohl im Bereich der aktuellen Landschaftsgestaltung als auch der Klima- und Landschaftsprognostik ihre vorrangige Stärke und Hauptaufgabe sieht. Im Hinblick auf den anwendungsbezogenen Aspekt helfen die Daten bei der Kalibrierung von Modellen, die beispielsweise die langfristige hydrologische Reaktion auf bestimmte wasserbauliche Maßnahmen simulieren (Schadstoffablagerung, Überschwemmungsrisiko).

VANDERBERGHE & MADDY (2000), die sich mit der Signifikanz fluvialer Archive für die geomorphologische Forschung befassen, heben wie BAKER (1998) die Bedeutung der

paläohydrologischen Erkenntnisse insbesondere für die Planung hervor und weisen darauf hin, dass dank der wachsenden Sensibilisierung für naturräumliche Belange im allgemeinen und durch die Erkenntnis, dass Flusstäler einen großen Teil unserer Landschaft ausmachen, der Wert der (quasi-) natürlichen Flüsse (besser: renaturierten Flussläufe) höher angesetzt wird und sich mit diesem Trend folglich auch die Versuche seitens der landschaftsgestaltend tätigen Ingenieure mehren, die heutigen Flusstäler den natürlichen Flusssystemen anzugleichen. Hier erweist sich die Paläohydrologie insofern als hilfreich, als die Untersuchung vergangener hydrologischer Ereignisse Auskunft über die weitere graduelle Entwicklung dieser Flüsse unter den gegebenen prozessualen Ausgangsbedingungen geben kann, insbesondere im Hinblick auf Extremereignisse wie Überflutungen, die das Verhalten natürlicher Flüsse charakterisieren. Der Untersuchung von sogenannten *palaeofloods* wurde seitens der paläohydrologischen Forschung in diesem Zusammenhang zeitweise eine verstärkte Aufmerksamkeit geschenkt (GREGORY & BENITO 2003). Vor dem Hintergrund globaler Aktivitäten ist es von Nutzen, die Flussbett- und Talgegebenheiten wie Talhang-Neigung, Drainagemuster und Lage des Flusses im Talverlauf einschätzen und ihre Reaktion auf die langfristigen Auswirkungen von Klimawandel und tektonischer Aktivität abschätzen zu können (VANDERBERGHE & MADDY 2000).

Im Hinblick auf letztgenannten Aspekt, die tektonische Komponente, verweisen VANDERBERGHE & MADDY (2000) auf die disziplinübergreifende Aufgabe und integrative Bedeutung paläohydrologischer Forschung für die Untersuchung komplexer Prozesszusammenhänge. Seitens der modernen Hydrologie wurde ein wichtiger Einflussfaktor auf fluviale Prozesse, die Rolle der tektonischen Einflüsse auf den Abfluss, das Sedimentations- und Erosionsverhalten der Flüsse, lange Zeit nicht in Betracht gezogen. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, dass Prozessmorphologen und Klimamorphologen die Untersuchung der tektonischen Einflussnahme weitgehend den Sedimentologen überlassen haben (ALEXANDER & LEEDER 1990, LEEDER 1993, LEEDER & JACKSON 1993). Diese Einflüsse wurden zudem lange vorrangig lediglich auf einer Makro-Skala untersucht (SUMMERFIELD 1981, BRIDGES 1990). Mit der Verfeinerung der geodätischen Untersuchungsmethoden, einem besseren Einblick in die Stärke und zeitliche Einordnung tektonischer Ereignisse und einer zunehmenden Kooperation zwischen Geomorphologen und Strukturgeologen rückte die Bedeutung tektonischer Vorgänge auf die Entwicklung fluvialer Systeme und die Entstehung fluvialer Archive, wie sie die Paläohydrologie untersucht, gerade in den letzten 10 bis 15 Jahren stärker in den Vordergrund. Die Zusammenarbeit der Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen manifestiert sich beispielsweise im seitens der niederländischen nationalen Wissenschaftsvereinigung geförderten NEESDI-Programm (*Netherlands Environmental Earth System Dynamics Initiative*), in dem Geomorphologen, Geophysiker und Strukturmorphologen seit 1977 gemeinsam versuchen, natürliche Prozessabläufe in der Landschaft besser zu verstehen.

Wie die vorangegangenen Ausführungen zeigen, beschäftigt sich die Paläohydrologie, ausgehend von einem stark prozessorientierten Ursprung, per Definition heute theoretisch mit vielen unterschiedlichen Aspekten des hydrologischen Kreislaufs und seiner Interaktion mit vorzeitlichen naturräumlichen Parametern. Aufgrund der im Laufe der Zeit herausgearbeiteten unterschiedlichsten Herangehensweisen, Schwerpunktsetzungen und Anwendungsbezüge sind es heute vor allem im weitesten Sinne:

- stärker prozessorientierte Arbeiten, die das Abflussgeschehen von Fließgewässern und seine Auswirkungen auf das Gerinnebett erforschen und

3. Paläohydrologische Forschung in den Tropen

- in klimamorphologischer Tradition Untersuchungen zu Seespiegelschwankungen, Schwankungen im Grundwasserspiegel und Isotopen-Chemie sowie Proxy-Indikatoren von früheren Niederschlagsgegebenheiten, so beispielsweise durch Jahrringe an Bäumen, Eisbohrkerne, Pollen oder Sedimente.

Damit gehen eine sehr unterschiedliche Perspektive der Forschung und zum Teil sehr unterschiedliche Maßstabebenen der Betrachtung einher, was zwangsläufig zu kritischer Hinterfragung seitens der jeweils mit einer anderen Perspektive respektive einem anderen Maßstab befassten Forschungsrichtung führt. So beschäftigt sich die stärker prozessorientierte Betrachtungsweise innerhalb der Paläohydrologie viel intensiver mit den Bedingungen, die unter Berücksichtigung der komplexen Prozesszusammenhänge für Veränderungen in fluvialen Systemen verantwortlich sind. Untersuchungen zur Bedeutung sich selbst verstärkender/organisierender Prozesse (*autogenic control*, LEWIN 1989), dem Einfluss der Größe eines Einzugsgebietes und möglicher Sediment-Zwischenspeicher für Sedimenthaushaltsgleichungen (*sediment budgets*, TRIMBLE 1975, 1983), den Auswirkungen außerordentlicher Einträge auf Sedimentations- und Erosionsprozesse (*sediment slugs*, NICHOLAS et al. 1995) oder der Rolle der Konfiguration eines Flussabschnitts auf das Sedimentregime (*capacity-, competence-, supply-limited system*, MACKLIN 1999), um nur einige der wesentlichen Grundgedanken zu nennen, dokumentieren die Bestrebungen, ausgehend von den rezenten Gegebenheiten, die fluviale Morphodynamik in Zeit und Raum einzuordnen und nachvollziehbar zu machen.

Dem stehen in klimamorphologischer Tradition bzw., wenn man sich auf das Ende der 80er Jahre weitergeführte IGCP-Teilprogramm 185B beziehen will, Forschungen gegenüber, die sich aus Arbeiten zu Seespiegelschwankungen und Untersuchungen von Sumpf- und Moorsedimenten im Kontext allgemeiner paläoökologischer Veränderungen entwickelt haben (vgl. Kap. 3.3).

Die zeitweise räumliche Fokussierung der stärker prozessorientierten Paläohydrologie auf rezent zu beobachtende Zusammenhänge und die Paläoumweltarchive in den gemäßigten Breiten hat in den vergangenen 30 Jahren für den mitteleuropäischen und nordamerikanischen Raum insbesondere im Rahmen von IGCP 158A und GLOCOPH zu tieferen Einblicken in das fluviale Prozessgeschehen und die landschaftsgeschichtliche Entwicklung der gemäßigten Breiten geführt. Für die niederen Breiten dagegen sind vergleichbare Untersuchungen gerade im Hinblick auf die unter rezenten Bedingungen zu beobachtende Morphodynamik weiterhin die Ausnahme.

Wie eingangs dargestellt (Kap. 1.1), beruhen die bisherigen Paläoumwelterkenntnisse für die Äquatorialregionen einerseits auf festlandsfernen marinen Bohrkernen (RUDDIMAN 1997, MARRET et al. 1999, ZABEL et al. 2001, WEIJERS et al. 2007), andererseits auf zum Teil sehr dispers verteilten terrestrischen Paläoumweltdaten. Vereinzelt unter Tieflands-Regenwald auftretende Dünen, deren Alter und maximale Ausdehnung noch nicht eindeutig geklärt sind, sind für weite Teile des Kongo-Beckens verständlicherweise von nur sehr begrenzter Aussagekraft, aber auch die meisten im weitesten Sinne paläohydrologischen Befunde sind aufgrund ihrer räumlichen Lage sehr schwer auf andere innertropische Regionen übertragbar. So geben aus Seen und Mooren gewonnene, auf Pollenanalysen beruhende Erkenntnisse zwar Hinweise auf die Verhältnisse in den montanen Regionen, und glazialmorphologische Befunde, gleichfalls aus den östlichen Randbereichen des Kongo-Beckens, lassen Aussagen für die höheren Lagen zu, können aber aufgrund der Azonalität der Standorte weder zum Vergleich mit

Befunden aus dem Tiefland noch zur Rekonstruktion der Verhältnisse in geringerer absoluter Höhe über dem Meer herangezogen werden. Limnische Befunde aus den Tieflandsregionen dagegen, wie zahlreiche Übersichten zeigen (vgl. Abb. 20, S. 65, Kap. 3.3), liegen zwar für den west-, zentral- und ostafrikanischen Raum vor, weisen jedoch im Zentrum des Kontinents erhebliche räumliche Lücken auf. Sie stehen dabei vor allem deshalb in der Kritik, weil die Befunde neben den räumlichen zeitliche Lücken aufweisen und aufgrund der unterschiedlichen Einzugsgebiets-Größe und Tiefe die Seen unterschiedlich stark und unterschiedlich schnell auf eine Veränderung der Niederschlagsmengen reagieren, so dass die Ergebnisse sich entsprechend schlecht korrelieren lassen. Dies verdeutlicht der Vergleich von Befunden des Lake Tanganyika mit jenen des Lake Chad (THOMAS 2000) bzw. denen des Lake Tanganyika und des Lake Albert (RUNGE 2001a, vgl. hierzu Kap. 3.3).

Obwohl sich verändernde Niederschlags- und Temperaturverhältnisse, die Verwitterungsprozesse und Vegetationsverteilung und –zusammensetzung steuernden Faktoren, auch direkt und indirekt auf das Akkumulations- und Erosionsgeschehen in den fluvialen Systemen ausgewirkt haben müssen und die Alluvialkörper, wie eingangs dargestellt, in den gemäßigten Breiten die verbreitetsten terrestrischen Paläoumweltarchive darstellen, sind bislang systematische fluvialmorphologische Untersuchungen im paläohydrologischen Kontext für die niederen Breiten selten.

Die besondere Bedeutung dieses Ansatzes angesichts der skizzierten raum-zeitlichen Lücken terrestrischer Daten lässt sich mittels eines kurzen Überblicks über die Entwicklung von Klimageschichte und Klimaprognosen im Klimamodell verdeutlichen. Seit Mitte der 70er Jahre wird mittels immer leistungsstärkerer Großrechner versucht, komplexe numerische Modelle zu entwickeln, welche die raum-zeitliche Dynamik der verschiedensten klimarelevanten Parameter (primäre Sonneneinstrahlung, Land-Meer-Verteilung, orographische Gegebenheiten auf den Kontinenten, Ozeanströmungen, Wassertemperaturen, Vegetationsverteilung und Eisbedeckung) simulieren. Die Basisdaten solcher Modelle stellen Informationen zu Meeres-Oberflächentemperaturen, die aus Befunden mariner paläoklimatologischer Untersuchungen abgeleitet sind, oder zunehmend terrestrische Umweltdaten. Im Falle des 1971 begonnenen Programms CLIMAP (*CLimate, Mapping, Analysis and Prediction*) wurden als klimarelevante Parameter die Geographie der Kontinente unter Annahme eines um 85 m eustatisch abgesenkten Meeresspiegels, die Albedo der Land- und Eisflächen, die Lage und Ausdehnung der Eisgebiete und die globalen Muster der Meeresoberflächentemperaturen um 18 ka berücksichtigt (CLIMAP PROJECT MEMBERS 1976). Im Falle von COHMAP setzen sich die Basisdaten zusammen aus Informationen über die Ausdehnung der Eisschilde, lokale Gebirgsvergletscherungen, die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, mit Klimaschwankungen einhergehende vegetationsbedingte terrestrische Albedoschwankungen, absolute Veränderungen des Meeresspiegels sowie numerischen Konzepten zur Bodenfeuchte.

Die Qualität solcher und anderer Modelle, die das Klima der Vergangenheit rekonstruieren und zukünftige Klimatrends und landschaftliche Veränderungen prognostizieren helfen sollen, lässt sich anhand empirisch gewonnener terrestrischer Daten zu verschiedenen naturräumlichen Ausgangsbedingungen validieren. THOMAS (2000), der sich mit der spätquartären Landschaftsgeschichte in feuchttropischen Ökosystemen und den aus fluvialen Archiven gewonnenen Daten befasst, übt dahingehend Kritik an den Modellierungen von CLIMAP (1976, 1981), dass die Modellierung nicht in der Lage war, Veränderungen der Meeresoberflächentemperaturen in tropischen Breiten hinreichend vorherzusagen (vgl. auch RIND & PETEET

1985). Dieses Problem, das auf in die Modellierung eingegangene Vermutungen im Hinblick auf Strömungen und Temperatúraustauschraten zwischen dem Meer und dem Festland beruht (ADAMS & FAURE 1996, WEBB et al. 1997), führte dazu, dass lange Zeit sehr kontrastierende Ansichten zum Einfluss der pleistozänen Vereisung der Nordhalbkugel auf die tropischen Regenwälder und andere tropische Biome in der Zeit um 18 ka die wissenschaftliche Diskussion bestimmten (THOMAS 2000). Nach den Erkenntnissen von CLIMAP ist die mittlerweile durch zahlreiche empirische Befunde zu Paläo-Seespiegel-Schwankungen belegte Aridisierung, die zu einer Savannisation und einem Rückzug des tropischen Regenwaldes in Zentralafrika in jener Zeit geführt haben muss (JOHNSON et al. 1996, TALBOT & LIVINGSTONE 1989, BEUNING et al. 1997), unwahrscheinlich (RUNGE 2001a).

Ungeachtet der Tatsache, dass jüngere Modellierungen zunehmend Annäherungen an für das Spätquartär vorliegende Proxy-Daten aufweisen, sind die Ergebnisse der Modellierungen für einige Bereiche, insbesondere die großen äquatorialen Becken des Amazonas und des Kongo, noch sehr lückenhaft (THOMAS 2000) oder widersprechen nach wie vor den empirischen Befunden. Das COHMAP CCM1-Modell, welches KUTZBACH et al. (1998) diskutieren, lässt so beispielsweise für das LGM eine maximal 3,7°C betragende Veränderung in den Meerestemperaturen und über Land eine Abkühlung von 5,3°C zu, was zwar weitgehend mit den Vergleichsdaten aus den tropischen Gebieten des Atlantik und den Befunden konform geht, die auf dem amerikanischen Kontinent gewonnen wurden. Im räumlich sehr ungenau aufgelösten Modell jedoch führt dies im Ergebnis für den zentralafrikanischen Raum zu einem LGM-zeitlichen Niederschlagsrückgang über Land, der am Nordrand des Kongo-Beckens annähernd 50 % unter dem heutigen Niederschlagswert liegt. In Kombination mit den aus dem Modell für Äquatorialafrika gewonnenen Temperaturschwankungen um 18 ka, die von den heutigen Gegebenheiten nur 3-5°C abweichen, hätte das aber zur Folge gehabt, dass bei einem mittleren Jahresniederschlag von 800-1.200 mm und einer Jahresmitteltemperatur von 21-23°C die tropischen Tieflandsregenwälder vermutlich vollständig den sich ausdehnenden Savannen gewichen und auch die Bergregenwälder im Bereich der östlichen Monts Mitumba zurückgedrängt worden wären (RUNGE 2001a), Ergebnisse, denen die regionalen Befunde aus diesen Teilräumen klar widersprechen.

Die Beispiele von CLIMAP und COHMAP zeigen, dass in zweierlei Hinsicht die aus der empirischen Forschung gewonnenen Erkenntnisse bei der Modellierung vergangener und zukünftiger Gegebenheiten von Bedeutung sind: zum einen als Grundlage, um bei entsprechender Datendichte als terrestrische Basisdaten direkt Eingang in die Simulation zu finden, zum anderen, um als Vergleichsdaten die Ergebnisse der Simulationen zu validieren. Gerade vor dem Hintergrund der eingangs skizzierten Dispersität der gegebenen raum-zeitlichen terrestrischen Daten aus den niederen Breiten Afrikas liegt die Notwendigkeit auf der Hand, das empirische Datenmaterial zu verdichten und in sich schlüssiger und vergleichbarer zu machen (GASSE 2000).

Im Gegensatz zu den nicht überall als Paläoumweltarchive zur Verfügung stehenden Seen, den nur für den Ostrand des Kongobeckens relevanten glazialhydrologischen Befunden und den äolischen Akkumulationen unter Wald ist das Gewässernetz gerade im klimatisch sensitiven Übergangsbereich von tropischem Regenwald zu Savanne angesichts der rezenten klimatischen Gegebenheiten gut ausgeprägt. Damit besteht der Vorzug von fluvialen Sedimenten gegenüber den bislang weitaus häufiger untersuchten See-Sedimenten in der größeren räumlichen Reichweite dieser terrestrischen Archive, die räumlich differenziertere Untersuchungen zu

regionalen Landschaftsveränderungen zulassen (HOUBEN 2002). Nach langen Jahren politischer Instabilität und wirtschaftlicher Probleme der betreffenden Länder sind diese Archive inzwischen vielerorts wieder zugänglich und erschließbar. Trotz im Folgenden noch zu diskutierender methodischer Schwierigkeiten und Interpretationsprobleme stellt die auf die Untersuchung fluvialer Gegebenheiten vor dem Hintergrund allgemeiner naturräumlicher Zusammenhänge ausgerichtete Ansatz paläohydrologischer Forschung deshalb für diesen Raum eine Möglichkeit dar, zum jetzigen Zeitpunkt auch flächendeckendere Informationen über landschaftsökologische Zusammenhänge und landschaftsgeschichtliche Entwicklungen zu gewinnen.

Im Kontext der skizzierten methodischen Unterschiede innerhalb der Paläohydrologie ist die vorliegende Arbeit als stärker geoökologisch fokussierender Beitrag in der Tradition eines klimamorphologischen Ansatzes zu verstehen. Im Unterschied zu bisherigen Arbeiten aus diesem Forschungskontext sind jedoch nicht See-Sedimente, sondern fluviale Sedimentarchive Gegenstand der Betrachtung. Im Sinne der Gliederung nach BAKER (1989) steht damit strenggenommen weniger das paläoumweltliche Abflussgeschehen als vielmehr die Erforschung paläoökologischer Gegebenheiten mit Hilfe fluvialmorphologischer Daten im Vordergrund. Ziel ist es, durch eine im besten Sinne geographische Herangehensweise die Geoökofaktoren des Untersuchungsraums so in Bezug zueinander zu setzen, dass sich aus dem Gesamtzusammenhang unter anderem mit Hilfe von ^{14}C -Datierungen und $\delta^{13}\text{C}$ -Werten sowohl mögliche Klima-, Abfluss- als auch Vegetationsveränderungen der Vergangenheit ableiten lassen. Um das Fehlen allgemeingültiger Konzeptionen zu fluvialmorphologischen Prozesszusammenhängen in den niederen Breiten zu kompensieren, wird also in starkem Maße der naturräumliche Gesamtzusammenhang berücksichtigt werden.

Die Schwierigkeit jeglicher Arbeit an fluvial abgelagertem Material besteht darin, dass es sich bei fluvialen Sedimentstratigraphien um komplexe Sequenzen handelt, die im Gegensatz zu Seeablagerungen innerhalb offener Systeme ausgebildet sind. Bei der Untersuchung ist deshalb vor allem zu beachten, dass Flussbetten unterschiedlich auf veränderte Abflussmengen reagieren, was dazu führt, dass die Sedimentarchive, welche auf Akkumulationsphasen schließen lassen, durch Veränderungen in der Gerinnebettmorphologie häufig remobilisiert werden. Enthaltene mineralische und organische Komponenten werden in diesem Fall stromabwärts erneut abgelagert. Dies hat zur Folge, dass etwaige Radiokarbondatierungen an organischem Material zur Einschätzung des Alters der entsprechenden Stratigraphien irreführende Alterseinschätzungen für die Sedimentarchive liefern können, in denen sie schließlich gefunden werden (THOMAS 2000). Untersuchungen aus den gemäßigten Breiten zeigen, dass die Reaktionen von Flüssen auf klimatisch induzierte Abflussveränderungen sehr verschieden sein können. Anhand von in Großbritannien an benachbarten Flüssen im Oberlauf durchgeführte Untersuchungen zeigen, dass unter der Prämisse gleicher klimatischer Einflüsse während der Glazialzeiten die Entwicklung der Systeme einen unterschiedlichen Verlauf nehmen kann (TAYLOR & LEWIN 1997). Die Reaktion variiert zudem in Abhängigkeit von den räumlichen wie zeitlichen Skalen, so dass im ungünstigsten Fall gleiche Reaktionen durch verschiedene klimatische Einflüsse ebenso hervorgerufen sein können wie verschiedene Reaktionen auf gleiche Klimaeinflüsse. Die räumlich differenzierte Sensitivität fluvialer Systeme im Hinblick auf externe Steuergrößen ist meist bedingt durch unterschiedlich wirksame Schwellenwerte, und interne, systemimmanente Abläufe bedingen einen sogenannten *complex response* (SCHUMM 1977, 1979, 1991, HOUBEN 2002).

3. Paläohydrologische Forschung in den Tropen

Neben anthropogenen Einflussfaktoren sind darüber hinaus bei der Untersuchung von Alluvialkörpern unterschiedlicher Einzugsgebiete generell zu berücksichtigen:

- die tektonische Aktivität eines Großraumes (KNOX 1995, RÄSÄNEN et al. 1990),
- die jeweiligen topographischen Verhältnisse (KADOMURA 1995) und
- die zentrale oder periphere Lage der Flüsse, dies umso stärker, bezogen auf die feuchten Tropen (KNOX 1995).

Neben der Nähe zu den Küsten und der Beeinflussung der Niederschlags- und Temperaturverhältnisse durch kalte Küstenströmungen oder orographische Besonderheiten können andere Faktoren von Bedeutung für einen Standort sein und damit die fluvialmorphologischen Prozesse ebenso wie den Erhalt potentieller Paläoumweltarchive maßgeblich beeinflussen. Nicht zuletzt existieren mögliche Fehlerquellen, die sich aus der Datierung von Umweltveränderungen anhand unterschiedlichster Methoden ergeben. So kann die Einschätzung der höheren Humidität oder Aridität von Standort zu Standort um 2.000 bis 3.000 Jahre variieren, abhängig von der stratigraphischen Position der Probenahme, Unterschieden zwischen dem Alter des Probenmaterials und des Ablagerungsalters, Kontaminationen mit in der Regel jüngerem Material und Fehlermargen, die sich aus der Datierungsmethode selbst ergeben. In der Regel sieht man sich angesichts fluvialer Sedimentstratigraphien vor allem mit dem Hiatus-Problem konfrontiert, dessen Bedeutung oft unterschätzt wird (THOMAS 2000).

Im Hinblick auf die Lage des Untersuchungsraumes ist vor allem zu berücksichtigen, dass besonders Extremereignisse lokal landschaftsprägende Auswirkungen gehabt haben können. Den Starkregenereignissen, wie sie besonders in randtropischen Gebieten häufig auftreten, wohnt eine starke erosive Leistungsfähigkeit inne (THOMAS 2004).

In zunehmendem Maße wird seit einigen Jahren deshalb diesen *high magnitude events* Aufmerksamkeit zuteil (READING et al. 1995), nachdem bereits GUPTA (1984), den Mangel an empirischem Datenmaterial beanstandet und aufgrund eigener Beobachtungen den Starkregenereignissen in bestimmten Regionen eine enorme Bedeutung als gerinne- und talbildende Faktoren beigemessen hat. Die hochgradig von Extremereignissen betroffenen Gebiete weisen demnach einen oder mehrere der folgenden Faktoren auf:

- flache Akkumulationsbereiche mit dort abgelagerten Sanden oder gröberen Materialien,
- ein ungewöhnlich breites Hochflutbett ohne nennenswerte Vegetation oder mit Vegetation eines spezifischen Typs,
- Vegetation in tiefergelegenen Teilen der Alluvialebene, die auf periodische Überschwemmungen hindeutet,
- eine hier auch deutlich erkennbare Terrasse, die niedrig genug ist, um bei starken Abflussereignissen überschwemmt zu werden,
- Uferbänke, Fluttrichter und Hochwasserbarren im Gerinnebett, in der Überschwemmungsebene oder auf der Terrasse, deren Material gröber als der Rest der Alluvionen ist,
- obere Partien des Tales, die Sedimentakkumulationen aufweisen, welche auf hohe Fließgeschwindigkeiten zurückzuführen sind, und
- Landschaften, die im Unterlauf eines Flusses durch Feinmaterialakkumulationen auf die hohen Abflussereignisse hindeuten (READING et al. 1995).

Ein Starkregenereignis hat immer eine nachhaltige irreversible Wirkung auf die Landschaftsformung. Ohne die Auswirkungen eines Klimawandels minimieren zu wollen, ist zu berücksichtigen, dass die langfristige Entwicklung der naturräumlichen Gegebenheiten (einschließlich der Bodenbildung und der Vegetation) unter einem gegebenen Klima der Häufigkeit und Intensität solcher Ereignisse Rechnung trägt.

Ein wesentlicher Zusammenhang besteht vor allem zwischen der Art der Niederschläge und der Vegetationsbedeckung (BALEK 1988). Grundsätzlich sind die Prozesse im hydrologischen Kreislauf in den Tropen und in den Außertropen sich ähnlich, jedoch kommt einigen Faktoren in den Tropen eine besondere Bedeutung zu. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Wurzelsysteme, der Interzeption, der Evapotranspiration und des Bodens in Regenwald und Savanne ist zu erwarten, dass Veränderungen dieser Größen zu unterschiedlichen Wasserabflussraten führen. Bereits STARMANS (1970) untersucht die Erosionsprozesse in afrikanischen Einzugsgebieten und stellt folgende Einflussgrößen heraus:

- Aridität und/ oder Semi-Aridität des Klimas,
- Grad der Vegetationsdegradation,
- Regenerationsfähigkeit der Vegetation,
- Blattgrößenindex der Pflanzen,
- Zustand des Bodenschutzes gegenüber starken Temperaturschwankungen,
- Alter der Flüsse und
- Niederschlagsregime.

Berücksichtigt werden muss jedoch, dass die Beobachtungen teilweise aus Untersuchungen in ausgedehnten Savannen mit zum Teil starker anthropogener Veränderung resultieren.

Die Rolle des Waldes, im Bereich der wechselfeuchten Tropen unterschiedlich stark verbreitet, scheint hinsichtlich der fluvialen Prozesse weniger klar. Verschiedene Autoren gehen davon aus, dass dem tropischen Regenwald eine weniger starke Bodenschutzfunktion zukommt als dem Wald in gemäßigten Breiten (THOMAS 1974). Die folgenden Aspekte wurden im Hinblick auf die Effektivität von Abspülprozessen unter tropischer Waldvegetation herausgearbeitet:

- das Auftreten von Waldlichtungen, die das direkte Auftreffen der Regentropfen auf den Waldboden begünstigen,
- der fehlende Unterwuchs, der die Bodenoberfläche den Spülprozessen aussetzt,
- die geringe Humusaufgabe, die aus den raschen Zersetzungsprozessen unter feucht-tropischem Klima resultiert und
- das Auftreten intensiver Niederschlagsereignisse während kurzer Stürme und gelegentlicher länger anhaltender Regenfälle.

Wenn auch von vielen Autoren die Bedeutung der Vegetation in den Tropen weniger betont wird, so muss den genannten Faktoren gerade unter Steilhangbedingungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden: Durch Rutschungen verursachte Auflichtungen der Vegetation auf geringmächtigen Regolithdecken ziehen zwangsweise eine beachtliche Massenbewegung nach sich. Aber auch unter moderaterem Gefälle sind Zusammenhänge der Gestalt nachgewiesen, dass unter wechselfeuchtem Klima der Bodenverlust durch Tropfwasser mit dem Fortschreiten der Regenzeit und der Regeneration der Vegetationsbedeckung deutlich abnimmt (WILLIAMS 1969). Forstwirtschaftliche Aktivitäten, vor allem die Art und der Grad der Nutzung spielen vor dem Hintergrund der Auflichtung des Waldes eine ebenso wichtige Rolle.

3.3 Stand der Forschung in den niederen Breiten

Vor dem Hintergrund des in Kap. 3.2 skizzierten komplexen Forschungszusammenhangs bestehen strenggenommen sehr verschiedene Möglichkeiten, den „Stand der Forschung“ zu verstehen. Je nach Teildisziplin oder Schwerpunktsetzung paläohydrologischer Forschung ist an dieser Stelle, wie deutlich geworden sein dürfte, eine sehr unterschiedliche Zusammenstellung zu erwarten. Um Missverständnisse auszuschließen, wurde in der Überschrift dieses Kapitels bewusst der Zusatz „in den niederen Breiten“ gewählt.

Mit Blick auf die geoökologisch mehr denn fluvialmorphologisch ausgerichteten verschiedenen Zielsetzungen der regionalen Untersuchung gibt es trotz dieser bereits vorgenommenen Einschränkung weiterhin mehrere Möglichkeiten, den „Forschungsstand“ zu verstehen und darzustellen.

Ausgehend von der Zielsetzung, ein fluviales Archiv im Hinblick auf seinen Informationsgehalt für landschaftsgeschichtliche Fragestellungen untersuchen zu wollen, erscheint es sinnvoll, den *state of the art* anhand solcher Arbeiten zu erläutern, die eine entsprechende Methodik anwenden und eine Fokussierung auf die Sedimentarchive von Flusssystemen unter rezent tropisch (-wechselfeuchten) Bedingungen aufweisen. Da anhand des Vergleichs von Arbeiten, die sich in der Vergangenheit einer ähnlichen Schwerpunktsetzung verschrieben haben, Hypothesen zu potentiellen Standorten abgeleitet werden sollten, an denen sich landschaftsgeschichtlich relevante und interpretierbare Archive in der Talebene des Mbaéré erhalten haben, werden in diesem Kapitel die entsprechenden Arbeiten skizziert und ihr Informationsgehalt für die Ausweisung potentieller Probenstandorte diskutiert werden. Hierbei wird vor allem die methodische Vorgehensweise von Interesse sein.

Unter der Prämisse, den paläohydrologischen Ansatz in klimamorphologischer Tradition anwenden zu wollen – mit dem Unterschied, dass Flüsse, nicht Seen (oder andere, in sich geschlossene Systeme), im Mittelpunkt der Betrachtung stehen – und auch mit Blick auf die Notwendigkeit, die Befunde der regionalen Untersuchung mit anderen Paläoumwelt-Befunden vergleichen zu können, um ihre Plausibilität zu überprüfen, erscheint es ebenso angebracht, den Stand der Forschung anhand der deutlich zahlreicheren Arbeiten an See- und Sumpf-Sedimenten zu erläutern, die in den letzten 40 Jahren vor allem durch palynologische Untersuchungen Aufschluss über die regionale Vegetations- und Klimaentwicklung geben. Eine kritische Auseinandersetzung mit diesen Arbeiten dient der Einschätzung der Übertragbarkeit ihrer Ergebnisse.

Im Folgenden wird zunächst der Stand der Paläoumwelt-Forschung im tropischen Afrika, generiert vor allem durch Untersuchungen an west-, zentral- und ostafrikanischer Seen, anhand einer kurzen Übersicht aufgezeigt. In diesem Zusammenhang werden die Interpretationsansätze, die sich aus der gängigen Korrelation zahlreicher Befunde ergeben, diskutiert werden. Anschließend folgt eine Übersicht über die bis zu Beginn der ersten Geländekampagne 2004 herangezogenen Untersuchungen an fluvialen Sedimenten in den afrikanischen Tropen, die dazu beitragen sollten, Paläoumwelt-Archive für das Untersuchungsgebiet auszuweisen.

Paläohydrologische Untersuchungen an Seen und Sümpfen

Abb. 20 gibt einen Eindruck von den in Kap. 1 und Kap. 3.2 angeschnittenen „räumlichen Lücken“ im Hinblick auf die Dichte der vor allem aus Seen gewonnen Paläoumweltdaten, wobei die Darstellung nach MARCHANT & HOOGHIEMSTRA (2004:225-226) keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Im Vergleich zu anderen Übersichten dieser Art (GASSE 2000, ANHUF et al. 2006) variiert jedoch nur die Dichte der für den west-, vor allem aber für den ostafrikanischen Raum berücksichtigten Forschungsarbeiten. Für das Kongo-Becken und die Äquatorialgebiete Zentralafrikas ergeben sich in allen Darstellungen vergleichbare Lücken. Neben den in der Übersicht von MARCHANT & HOOGHIEMSTRA (2004) aufgeführten Studien, in der vor allem die bekannteren Untersuchungen an Seen Eingang fanden, liegen auch aus Sumpfgebieten, u.a. aus Kenia (COETZEE 1967, HAMILTON 1982), Ruanda (HAMILTON 1982), der D.R. Kongo (RUNGE 1996) und Gabun (VINCENS et al. 1999) Ergebnisse vor, die Hinweise auf ökologische Verhältnisse während des bzw. seit dem LGM liefern.

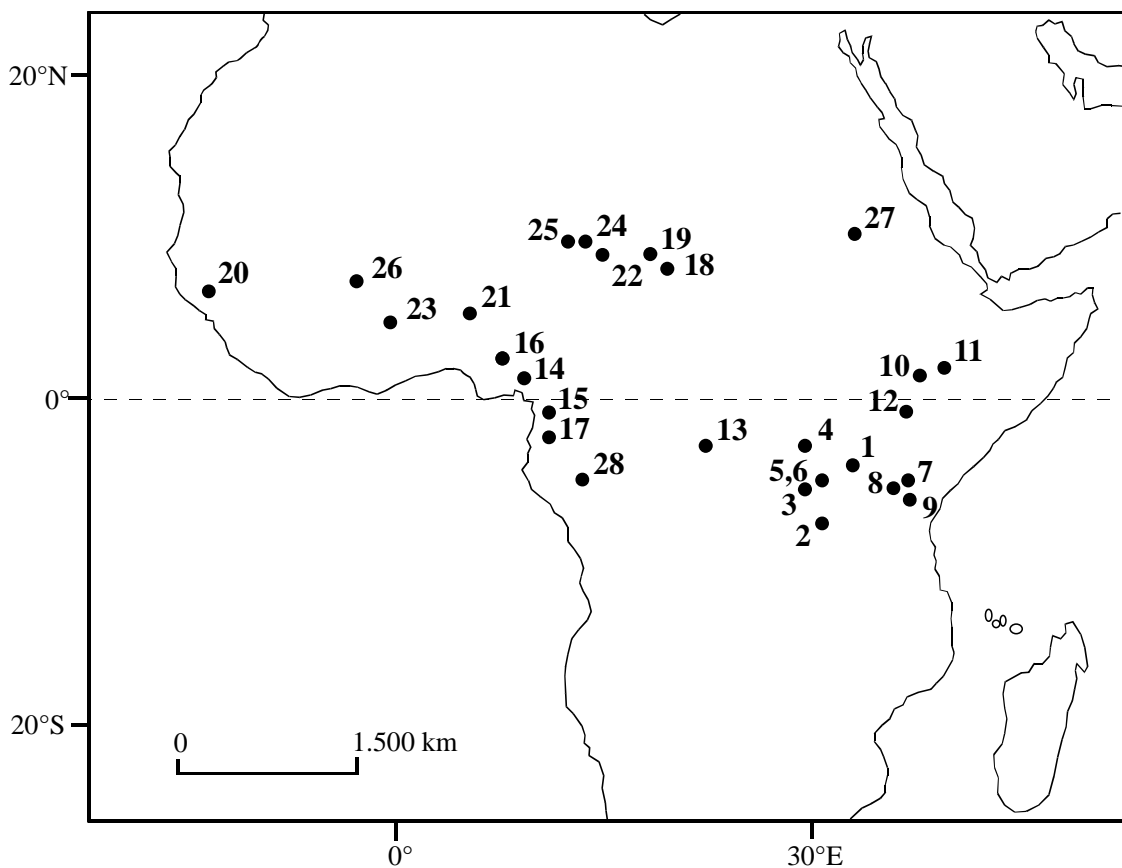


Abb. 20: Paläohydrologische Studien in Afrika

Die Karte (nach MARCHANT & HOOGHIEMSTRA 2004:225, verändert) gibt neben einem Überblick über die Lage der bekannteren Untersuchungsgebiete einen Eindruck von der existierenden räumlichen Diversität der Untersuchungen. Die Zahlen geben Hinweise auf die in Tab. 1 aufgeführten Lokalitäten.

3. Paläohydrologische Forschung in den Tropen

Nr.	Lokalität	Land	Höhe (m ü.M)	datierte Alter	Gegenstand	wichtigste Publikationen
1	Lake Victoria	Uganda	1.300	0-13.000	See	KENDALL 1969 STAGER & MAYEWSKI 1997 STAGER et al. 1997, 2002 TALBOT & Laerdal 2000
2	Lake Tanganyika	Sambia	800	0-13.000	See	GASSE & DESCOUTIEUX 1979 HABERYAN & HECKY 1987 VINCENS 1993 COHEN et al. 1997
3	Lake Kivu	Kenia	1.400	0-15.000	See	STREET & GROVE 1975 HABERYAN & HECKY 1987
4	Lake Albert	Uganda	619	0-30.000	See	SSEMANNDA & VINCENS 1993 BEUNING et al. 1997
5	Ahakagyezi	Uganda	1.830	0-24.000	Sumpf	TAYLOR 1990 TAYLOR & MARCHANT 1996
6	Muchoya	Uganda	2.200	0-40.000	Sumpf	TAYLOR 1990
7	Lake Kamilili	Kenia	4.150	0-14.000	See	HAMILTON 1982 BARKER et al. 1999
8	Lake Naivasha	Kenia	1.700	0-21.000	See	BUTZER et al. 1972 STREET & GROVE 1975 MAITIMA 1991
9	Kilimanjaro	Äthiopien	5.890	0-35.000	Eisbohrkern	THOMPSON et al. 2002
10	Lake Tilo	Äthiopien	1.545	0-10.000	See	TELFORD & LAMB 1999 LAMB et al. 2000
11	Lake Ziway-Shalla	Kenia	1.800	0-8.000	See	GILLESPIE et al. 1983
12	Lake Turkana	Kenia	850	0-28.000	See	HALFMAN & JOHNSON 1988
13	Ituli	D.R. Kongo	800	0-4.000	Grube	HART et al. 1996 MERCADER et al. 2000
14	Lake Bimbili	Kamerun	2.260	0-25.000	See	STAGER & ANFANG-SUTTER 1999
15	Lake Ossa	Kamerun	850	0-18.000	See	TALBOT et al. 1984 TALBOT & JOHANNESSEN 1992 REYNAUD-FARRERA et al. 1996
16	Lake Bosumtwi	Ghana	300	0-28.000	See	TALBOT et al. 1984 TALBOT & JOHANNESSEN 1992 MALEY & ELENGA 1993 MALEY 1995 MALEY & BRENAC 1998 STAGER & ANFANG-SUTTER 1999
17	Lake Barombi Mbo	Kamerun	300	0-28.000	See	MALEY & BRENAC 1998
18	Bahr-el-Ghazal	Tschad	300	4.000-8.000	Sumpf	GHIENNER et al. 2002
19	Lake Chad	Tschad	280	0-8.000	See	SERVANT & SERVANT-VILDARY 1980 WILLIAMS & FAURE 1980 PETIT-MAIRE 1986 GHIENNER et al. 2002
20	Lake Guiers	Senegal	150	0-6.000	See	LÉZINE & CASANOVA 1989 ALEXANDRE et al. 1997
21	Lake Oursi	Nigeria	100	2.500-8.000	See	BALLOUCHE & NEUMANN 1995
22	Termit Paläosee	Mali	300	2.500-6.000	See	SERVANT & SERVANT-VILDARY 1980 GASSE 2002
23	Torba N'Diaya	Nigeria	300	3.000-8.000	See	LÉZINE 1987 LÉZINE et al. 1985, 1990
24	Kajemarum Oase	Nigeria	325	2.000-10.000	See	SALZMANN & WALLER 1998 STREET-PERROT et al. 2000 GASSE 2002
25	Bal lake	Nigeria	325	0-9.500	See	SALZMANN & WALLER 1998 HOLMES et al. 1999
26	Lake Mali	Mali	300	3.500-8.000	See	SERVANT & SERVANT-VILDARY 1980 WILLIAMS & FAURE 1980 PETIT-MAIRE 1986
27	Oyo Depression	Sudan	200	4.000-8.000	See	LÉZINE & CASANOVA 1989
28	Lake Sinnda	Republik Kongo	128	0-5.200	See	VINCENS et al. 1998

Tab. 1: Charakteristika der in Abb. 20 aufgeführten Untersuchungsgebiete

Neben Informationen zur relativen Höhenlage der Lokalitäten gibt die Übersicht Aufschluss über die gewonnenen Datierungsalter und die mit den Untersuchungen korrelierten wichtigsten Publikationen (nach: MARCHANT & HOOGHIEMSTRA 2004:226, verändert).

Während die ostafrikanischen Riftseen seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts intensiv auf ihre Reaktionen im Hinblick auf paläoklimatische Veränderungen hin untersucht wurden, richtete sich die Aufmerksamkeit der Forschung erst ab Mitte der 80er, teilweise erst in den 90er Jahren, auf die Seen im zentral- und westafrikanischen Raum.

Spätquartäre und holozäne Seespiegelveränderungen an den Seen des westlichen Rift Valley, die mit Veränderungen der Pluviometrie seit dem LGM in Zusammenhang gebracht werden (ALEXANDRE et al. 1994), weisen dabei auffällig unterschiedliche Chronologien auf. Vergleichende Betrachtungen der Ergebnisse zeigen auf, dass vor allem zwischen dem ausgedehnten Lake Tanganyika und dem deutlich flacheren Lake Albert im NE des Rifts Unterschiede in den zeitlichen Reaktionen auf die postulierten Niederschlagsveränderungen belegt sind (RUNGE 2001a). Demnach wies Lake Tanganyika während des LGM zwischen 25.000 B.P. und 17.000 B.P. trotz relativer Trockenheit einen noch verhältnismäßig hohen Wasserstand auf, während Lake Albert zwischen 25.000 B.P. und etwa 19.000 B.P. nahezu trockengefallen sein muss. Ähnlich uneinheitlich stellen sich die Befunde hinsichtlich der zeitlichen Einordnung des darauffolgenden Wechsels zu humideren Verhältnissen dar. Ein erst allmähliches Abfallen des Seespiegels zwischen 17.000 B.P.-15.000 B.P. bis 12.000 B.P für Lake Tanganyika als späte Reaktion auf die LGM-zeitliche Aridisierung (?) steht einem Anstieg des Seespiegels am Lake Albert zwischen 19.000 B.P. und 14.500 B.P. gegenüber.

Obwohl nach wie vor versucht wird, die Befunde für die großen westlichen Riftseen (Lake Malawi, Lake Tanganyika, Lake Kivu und Lake Albert) untereinander bzw. mit den Ergebnissen aus anderen Untersuchungen größerer Seenbecken (Lake Chad, Lake Victoria, Lake Turkana) zu korrelieren, um zu allgemeinen Aussagen hinsichtlich der Dynamik der Ökosysteme in den Tropen Afrikas zu gelangen (GASSE 2000), erscheinen aufgrund lokal sehr unterschiedlicher Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren der jeweiligen Einzugsgebiete ebenso wie der unterschiedlichen Größe und Tiefe der Seen die daraus resultierenden Darstellungen sehr „bemüht“. Insbesondere für die Seen des Riftsystems wird zu wenig berücksichtigt, dass die als Ursachen für Seespiegelschwankungen meist ausgeblendeten jüngeren Hebungs- oder Absenkungstendenzen in diesem tektonisch unbestreitbar aktiven Gebiet eine fahrlässige Vereinfachung der tatsächlichen Verhältnisse darstellen. Vulkanische Einflüsse der Rungwe-Vulkane auf die Sedimentstratigraphien des Lake Tanganyika (TIERCELIN et al. 1988) ebenso wie eine mehrfache Änderung der Drainagerichtung des Lake Kivu, der sich aufgrund humiderer Verhältnisse durch seinen Überlauf um 9.500 B.P. und um 1.200 B.P. auf den 700 m tiefer gelegenen Lake Tanganyika einstellte (HECKY 1978), machen die sehr komplexen Zusammenhänge dieser Region und der darin befindlichen Seen deutlich.

Zahlreiche der in Tab. 1 aufgelisteten Arbeiten zu den in Abb. 20 ausgewiesenen Lokalitäten stehen in Zusammenhang mit dem von französischer Seite initiierten Programm ECOFIT (*ECO*systemes et *Paléo*écosystèmes des *Forêts InterTropicale*). Das Programm konzentriert sich nach Jahren intensiver Forschung an den großen ostafrikanischen Seen vor allem auf die west- und zentralafrikanischen Regionen (SERVANT & SERVANT-VILDARY 2000). Palynologische Befunde werden auch hier herangezogen, um die Paläoumweltbedingungen unter anderem an neun Lokalitäten in Ghana, der D.R. Kongo, Gabun und Kamerun zu rekonstruieren und miteinander zu vergleichen (VINCENS et al. 1999). Makroreste, Phytolithe, Diatomeen, $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und mineralogische Daten ergänzen im Einzelfall diese Befunde. Bei den Seen handelt es sich unter anderem um die paläoökologisch bereits bekannteren Archive des Lake Bosumtwi (Ghana), des Lake Barombi Mbo und des Lake Ossa (Kamerun). Darüber

hinaus wurden im Rahmen des Programms Lake Sinnda und Lake Kitina (Kongo), zwei sumpftartige Depressionen auf dem Batéké-Plateau (Gabun) und zwei weitere, weniger bekannte Lokalitäten berücksichtigt. Während frühere Arbeiten an den großen Seen sich mit meist größeren Zeitskalen bis 30.000 B.P. befassen wird hier vor allem Hinweisen aus zahlreichen jüngeren Untersuchungen nachgegangen, nach denen die sich in verschiedenen kleineren Seenbecken und Sümpfen dokumentierten abrupten Reaktionen der jeweiligen Ökosysteme auf eine Veränderung der klimatischen Parameter in den letzten 4.000 Jahren hindeuten, welche nicht lokal begrenzt gewesen zu sein scheinen. Tatsächlich zeigen sich trotz teilweise grundlegender Unterschiede in den heutigen naturräumlichen Rahmenbedingungen der von VINCENS et al. (1999) untersuchten Standorte gewisse Übereinstimmungen, aber auch deutliche lokale Unterschiede. Zwischen 4.000 B.P. und 3.500 B.P. sprechen die Daten insgesamt dafür, dass an allen Lokalitäten Waldvegetation das Landschaftsbild prägte. Während die heute charakteristischen Tieflandsregenwälder mit regionalen Variationen in der Artenzusammensetzung vor allem im Kongo (Lake Sinnda) in Ghana (Lake Bosumtwi) und in Kamerun (Lake Barombi Mbo, Lake Ossa) dominierten, zeigten flache, auch heute hydromorphe Depressionen Sumpfwälder in unterschiedlicher Artenausprägung. Zwischen 3.000 und 2.500 B.P. deuten die regionalen Befunde danach einen grundlegenden Wechsel in der Vegetationsbedeckung an, wobei sich jedoch kein einheitliches zeitliches und räumliches Muster ergibt. Tatsächlich zeigt sich, dass sich die beobachtete Aridisierung je nach Standort zwischen 4.200 B.P. und 1.300 B.P. im Landschaftsbild niedergeschlagen haben kann, wobei die lokalen Standortfaktoren (u.a. relative Höhe, Lage zur Küste, Reliefgegebenheiten) als Erklärung für die zeitlich nicht korrespondierenden Reaktionen herangezogen werden. Auf den heute feuchteren Standorten erhielt sich demnach die Waldvegetation, wobei sich neben einer Ausbreitung geschlossener Savannen innerhalb des Waldes eine generelle Fragmentation desselben andeutet. Die heute trockeneren Standorte reagierten auf die klimatisch induzierten Veränderungen mit einer klaren Ausbreitung von Savannenvegetation, und in den hydromorphen Depressionen, die untersucht wurden, kam es zu einem Rückzug der Sumpfwälder zugunsten Gras dominierter Savannen. Für das letzte Jahrtausend weisen die Befunde trotz regional erhöhten anthropogenen Drucks auf eine weitere Ausbreitung der Wälder hin (VINCENS et al. 1999).

Ähnliche Aridisierungstendenzen um 3.000 B.P.-2.500 B.P. sind bereits durch zahlreiche ältere Arbeiten belegt und werden auch hier zitiert, um auf den Zusammenhang klimatischer Veränderungen mit paläohydrologischen Befunden in einem kontinentalen Zusammenhang hinzuweisen. Auf der Grundlage der neueren Befunde wird angeregt, den Zeitraum, innerhalb dessen sich die Aridisierungstendenz zeigt, auf die Zeit zwischen 4.200 und 1.300 B.P. zu erweitern. Die Ergebnisse der Untersuchungen an so unterschiedlichen Standorten wie dem Lake Chad (SERVANT & SERVANT-VILDARY 1980), dem Muchoya-Sumpf in Uganda (TAYLOR 1990) und dem Lake Albert (SSEMANDA & VINCENS 1993) allein auf der Basis zeitgleicher Signale als klimatisch gesteuerten Impuls zu deuten und die Befunde aus den west- und zentralafrikanischen Seen und Sümpfen in diesen mehr oder minder monokausalen Prozesszusammenhang zu stellen (trotz besseren Einblicks in die bereits spezifisch unterschiedliche Reaktion der untersuchten Ökosysteme in West- und Zentralafrika), widerspricht jeglicher Einsicht in die Komplexität naturräumlicher Gegebenheiten und veranschaulicht den in der palynologischen Diskussion nach wie vor gängigen, aber fahrlässigen Umgang mit Daten, die zwar unbestritten umfassende Einblicke in die regionalen

landschaftsgeschichtliche Zusammenhänge liefern, aber aufgrund mangelnder Berücksichtigung der physiogeographischen Gesamtsituation kaum korrelierbar sind.

Auch THOMAS (2000) räumt ein, dass die Interpretation von Seespiegelschwankungen in Afrika anhand palynologischer Befunde mit Unsicherheiten verbunden ist. Tiefe Seen wie Lake Tanganyika reagieren langsamer auf hydrologische Veränderungen als flache Seen wie Lake Chad, und jene mit großen Einzugsgebieten verhalten sich anders als beispielsweise flache Kraterseen wie Lake Bosumtwi. Für die tropischen Tiefländer macht THOMAS auf den Einfluss der Oberflächenprozesse aufmerksam, die in einer Kombination der Faktoren Niederschlagsrückgang, zunehmende Windaktivität und erhöhte Evaporationsraten vor dem Hintergrund zunehmender Saisonalität und Variabilität der Niederschläge gravierende Auswirkungen auf die Bodenbedeckung haben. Der Einfluss einer küstennahen oder küstenfernen Lage spielt dahingehend eine Rolle, dass reduzierte Evaporationsraten über den Meeren und ein verminderter Luftmassen-Austausch zwischen Land- und Meeroberfläche zu einem Niederschlagsrückgang in Küstenregionen führen kann, der im kontinentalen Inneren nicht spürbar ist, und sollte in der Diskussion um eine Vergleichbarkeit von Befunden aus unterschiedlichen Landschaftsräumen unbedingt berücksichtigt werden.

GASSE (2000), die auf der Basis palynologischer Proxy-Daten die Gründe der in der afrikanischen N- und S-Hemishäre unterschiedlich verlaufenden Landschaftsveränderungen seit dem LGM untersucht, sieht die wesentlichen Probleme der paläoklimatischen Interpretation der zugrunde gelegten Befunde vor allem darin, dass in den seltensten Fällen die Zuverlässigkeit der ermittelten ^{14}C -Werte kritisch diskutiert wird. Neben dem Fehlen zeitlich hoch auflösender Chronologien und den auftretenden Hiaten wird vor allem auf eine fehlende Korrelation einer klimatisch induzierten Reaktion der untersuchten Seen mit den übrigen Parametern der Einzugsgebiete verwiesen. Dennoch entwickelt GASSE (2000), dessen ungeachtet, auf der Basis zahlreicher Untersuchungen aus beiden Hemisphären (unter Einbeziehung von Befunden aus Nord- und Südafrika) eine Klimageschichte, die für das LGM zwischen 23.000 B.P. und 18.000 B.P. trockenere Bedingungen auf beiden Seiten des Äquators postuliert und nach einer ersten Phase größerer Humidität (verbunden mit einem Temperaturanstieg) um 17.000 B.P.-16.000 B.P. arid-humide Wechsel im tropischen Afrika resümiert, die um 15.000 B.P.-14.500 B.P. und um 11.500 B.P.-11.000 B.P. Einflüsse auf die Ausdehnung der Vegetationseinheiten gehabt haben. Trockenphasen macht sie im Einflussbereich des Nord-Monsuns um 8.400 B.P.-8.000 B.P. und um 4.200 B.P.-4.000 B.P. fest.

Für den in der Diskussion relevanten Abgleich mit den regionalen Befunden aus dem Untersuchungsgebiet im SW der RCA eignen sich „geglättete“ palynologisch generierte Daten wie die beschriebenen, die sich in dieser und ähnlicher Form in vielen Arbeiten finden, kaum. Im Hinblick auf die sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den hierin berücksichtigten Studien können sie lediglich als Anhaltspunkte für das Verständnis regionaler Umweltveränderungen dienen.

Fluvialmorphologische Untersuchungen

Fluviale Akkumulationen, die aufgrund ihrer weiten Verbreitung in den Tropen auf den ausgedehnten Rumpfflächen häufig die einzigen potentiellen Paläoumweltarchive darstellen, sind aufgrund der bereits in Kap. 1 dargestellten Unwägbarkeiten (hoher Austrag an Material aus den offenen Systemen, Verzahnung der Sedimente mit kolluvialem Material, etc.) in der Vergangenheit, kaum für die landschaftsgeschichtliche Rekonstruktion berücksichtigt worden.

Untersuchungen von THOMAS & THORP (1980) in Sierra Leone, HALL et al. (1985) in Ghana, GRESSE & LANFRANCHI (1984), PREUSS (1986, 1990) RUNGE (1992, 1996) und ALEXANDRE et al. (1994) in der Demokratischen Republik Kongo (vormals Zaïre), KADOMURA et al. (1986) in Kamerun und Kenya gehören neben jüngeren Arbeiten in Kamerun von RUNGE et al. (2006) und SANGEN (2008) zu den wenigen Versuchen, diese Sedimentkörper auf ihren Gehalt für die Paläoumwelt-Diskussion auszuwerten.

Erste, von THOMAS & THORP (1980) in West-Afrika durchgeführte Untersuchungen zeigten, dass die Täler einer Anzahl von Quellflüssen des Moa und des Sewa in den Randbereichen der Wälder in Sierra Leone bei den zahlreichen datierten Sedimentproben keine Radiocarbonaten zwischen 20.500 B.P. und 12.700 B.P. lieferten, Befunde, die durch nachfolgende Arbeiten am Fluss Birim in Ghana, 50 km entfernt vom See Botsumtwi, bestätigt wurden (HALL et al. 1985) und auf eine grundlegende Schwäche fluvialer Archive, das Hiatus-Problem, aufmerksam machten. Vor 21.000 B.P. wiesen die untersuchten Flusstäler breite Überflutungsebenen auf, die heute als Niederterrasse ausgebildet sind, und es fanden sich Belege für mächtige, feine Hochflutlehme und ausgedehnte Auesümpfe. Ebenfalls konnten durch jüngere Tonablagerungen in älteren tonigen Lagen Hinweise auf Einschneidungs- und Verfüllungstendenzen nach 27.000 B.P. festgestellt werden. Die lange Datierungslücke von etwa 8.000 Jahren schrieb man einer Kombination von Umständen zu, die alle aus einem generellen Rückgang der Abflussmenge resultierte. Das Fehlen organischen Materials in dieser Periode spiegelte ersten Vermutungen nach abnehmende Überflutung wider und spricht für einen fehlenden Eintrag von Holz in die fluvialen Systeme. Nach 12.700 B.P. wurden Grobmaterialien-Funde mit einer generellen Phase verstärkter Flusseintiefung korreliert, die man mit zunächst hohen Abflussspitzen und hohen Raten von Hangerosion an der Wende Pleistozän – Holozän in Verbindung brachte. Die darauffolgenden Befunde legten sehr wechselhafte klimatische Verhältnisse mit einer zwischengeschalteten arideren Phase während der Jüngeren Dryas nahe, die der nach 10.000 B.P. einsetzenden und etwa 3.000 Jahre dauernden regenreicheren Hauptphase des Früh-Holozän vorausging und durch sehr starke Sedimentation gekennzeichnet war. Die frühesten nachglazialzeitlichen Sedimente in beiden Untersuchungsgebieten fanden sich im allgemeinen in zusedimentierten, ins Gestein eingetieften Flussbetten (*rock channels*), 5 m unterhalb der älter als 20.000 B.P. datierten Niederterrassen (THORP & THOMAS 1992, THOMAS 1994).

Im inneren Kongo-Becken zeigte sich die Datierungslücke aus dem westafrikanischen Raum dagegen nicht. Hier dokumentierte PREUSS (1990) zwischen 23.000 und 17.200 B.P. verstärkte Akkumulation durch anastomosierende, in sandige Sedimente eingetieft Flüsse und eine darauffolgende, stufenweise zunehmende Humiditätsphase mit einem Wechsel zu mäandrierenden Flussverläufen zwischen 17.200 und 11.500 B.P. (PREUSS 1990). Auf Anzeichen intensiver morphodynamischer Aktivität im östlichen Teil des Kongo-Beckens machte RUNGE (1992, 1996) aufmerksam, der Daten zwischen 18.000 B.P. und 17.000 B.P. für in allochthonen Sedimenten eingelagerte Baumreste erhielt, die er als Indikatoren für vegetationsärmere, savannenartige Bedingungen betrachtete. Die Interpretation verschiedener untersuchter Geröllakkumulationen am nördlichen Rand des Kongo-Beckens und in NE-Angola macht deutlich, dass, ähnlich wie im Falle der Seespiegelschwankungen, eine Korrelation von Befunden vor dem Hintergrund unterschiedlicher naturräumlicher Zusammenhänge schwierig ist. ALEXANDRE et al. (1994), die für das Kongo-Becken Alluvialkörper beschreiben, welche in den zumeist flachen Talsystemen im Liegenden häufig durch Eisenlösungen kompaktierte Schotterlagen beinhalten, sehen darin Hinweise auf eine lineare Eintiefung des Flusses, die mit

einer Umlagerung von Material einherging. VAN ZINDEREN-BAKKER & CLARK (1962) verstehen ähnliche Geröllakkumulationen in Angola dagegen als einer trockeneren Klimaphase zugehörig.

KADOMURA (1995), der sich an einer zusammenfassenden Auswertung von Daten für das feuchttropische Äquatorialafrika unter Berücksichtigung der Befunde von DE PLOEY 1968, LANFRANCHI 1990 und PREUSS 1990 versucht, schlägt als eine Interpretationsmöglichkeit vor, anhaltende, semi-aride Bedingungen mit anastomisierenden Flussläufen zwischen 70.000 und 40.000 B.P. in Verbindung zu bringen. Humide Bedingungen, begleitet von Podsolierung, stellt er in die Phase zwischen 40.000 und 30.000 B.P., eine Abkühlung und semi-aride Bedingungen sieht er zwischen 30.000 und 12.000 B.P. Mäandrierende Flusssysteme sind nach seiner Lesart mit einer Erwärmung und neuerlicher Waldausdehnung in der Zeit zwischen 12.000 B.P. und 3.000 B.P. korrelierbar.

Angesichts der mittlerweile dokumentierten, sehr verschiedenen Flusseinzugsgebiete mit ihren sehr unterschiedlichen Kenngrößen mag eine solche Einteilung zwar für die zugrunde gelegten Daten zutreffen, deckt sich aber nicht zwangsläufig mit anderen regionalen Befunden. Anastomisierende wie mäandrierende Flüsse können in einem zusammenhängenden System ausgebildet sein, wie das Beispiel des Mbaéré und des Bodingué zeigt, und in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander treten ins Basement eingeschnittene, teils strukturell kontrollierte Flüsse (Lobaye) neben solchen auf, die in ihre sandigen Talverfüllungen (Mbaéré, Bodingué) eingetieft sind. Untersuchungen aus dem Ntem-Einzugsgebiet (SANGEN, 2008) zeigen, dass innerhalb des gleichen Systems auf kurze Distanz, abhängig von der Ausprägung lokaler Erosionsbasen, sedimentäre Sequenzen neben Teilstrecken zu finden sind, wo das Basement rezent zerschnitten wird.

Für den westafrikanischen Raum konstatiert THOMAS (2000) in einer Zusammenschau Eintiefungs- und Verfüllungs-Sequenzen während des Holozän, die sowohl zu lateraler als auch vertikaler Aufschüttung innerhalb von Systemen führten, welche sich vorwiegend aus einem Muster aus mäandrierenden Flussläufen und weiten Überflutungsebenen zusammensetzen. Die Akkumulationseinheiten in diesen Paläoarchiven konzentrieren sich hier zwar auf bestimmte Phasen, deren Eckdaten jedoch, ähnlich derer an limnischen Archiven, variieren. Hinweise auf Zeiten relativer Akkumulation ergeben sich demnach für den westafrikanischen Raum für die Zeit zwischen 12.700 B.P. und 11.000 B.P., zwischen 9.500 B.P. und 7.500 B.P., zwischen 4.300 B.P. und 3.000 B.P. und ab 2.000 B.P.

Im kontinentalen Inneren des zentralafrikanischen Raums liegen für den sensitiven nördlichen Randbereich des rezenten Tieflandsregenwaldes noch kaum Hinweise vor. Mit Hilfe von ^{14}C (AMS)-Datierungen fossiler Humus-Horizonte und Kohlenstoffspuren im fluvialen Sediment sowie von $\delta^{13}\text{C}$ -Werten wurden jedoch für das Tal des Mbari auf dem Mbomou-Plateau im SE der RCA mehrere schwache Klimafluktuationen von jeweils 2000 bis 3000 Jahren erkannt, die eine wechselnde Sukzession von Wald- und Savannenvegetation nach sich zogen. Neben der um 12 ka festgestellten Wiederbesiedlung mit Wald wird von einer größeren Ausdehnung halbimmergrüner Wälder um 7,5 - 7 ka und um 3 ka ausgegangen. Eine größere Trockenheit mit Dominanz von Savannen und vereinzelt auftretenden Waldinseln und Galeriewäldern wird um 5 ka und um 1 ka angenommen (RUNGE, 2001b).

Die aufgezeigten Interpretationsschwierigkeiten, was eine Korrelation von Befunden aus unterschiedlichen fluvialen Archiven angeht, lassen es unter den gegebenen Voraussetzungen vor allem aufgrund der mitunter sehr voneinander abweichenden naturräumlichen Rahmenbedingungen in den Untersuchungsgebieten schwierig erscheinen, sie unkritisch als Referanzdaten für die regionale Studie zu verstehen. Vor diesem Hintergrund kommt der Auseinandersetzung mit der Lage und naturräumlichen Ausstattung der Untersuchungsgebiete in der Diskussion (Kap. 5.2) eine besondere Bedeutung zu.

Hinsichtlich der räumlichen Muster, die Verbreitung von landschaftsgeschichtlich interpretierbaren Sedimentabfolgen in fluvialen Archiven betreffend, zeigte sich bei den zu Vergleichszwecken herangezogenen Arbeiten, dass viele Ergebnisse, in zum Teil knappen Zeitschriftenartikeln diskutiert, lediglich allgemeine Informationen zu den naturräumlichen Gegebenheiten ihrer Untersuchungsgebiete liefern, die kleinräumigen Standortbesonderheiten aber in den meisten Fällen nicht berücksichtigt sind. Ausnahmen bilden ältere Arbeiten, die deskriptiver aufgebaut sind und das Hauptaugenmerk auf bestimmte Reliefeinheiten, vor allem leicht im Gelände auszumachende (Nieder-) Terrassen richten (THOMAS & THORP 1980, PEYROT & LANFRANCHI 1984, KUETE 1986).

Grundsätzliche Überlegungen zur Ausweisung potentieller Paläoumweltarchive fehlen jedoch in den Ergebnisdarstellungen meist, obwohl Ansätze existieren, beispielsweise über die Auswertung von Fernerkundungsmaterial im Vorfeld von Geländearbeiten zu beprobende Standorte zu lokalisieren, wie dies bei der Untersuchung auf dem Mbomou-Plateau im SE der RCA der Fall gewesen ist. Weiterführende Arbeiten zum Mittellauf des Mbari, welcher im Übergangsbereich von Regenwald zu Savanne eine zum Teil sehr ausgeprägte flache Alluvialebene ausgebildet hat, zeigen, dass die Analyse panchromatischer historischer Luftbilder hier eine Kartierung von Terrassenniveaus erlaubt, welche vorzugsweise in den Gleithangpositionen zu finden sind (NEUMER, unv.). Mangels zu diesem Untersuchungsraum vorliegender sedimentologischer Daten konnten eine Validierung der Kartierungen bisher nicht erfolgen, und die zeitliche Einschätzung dieser Terrassenniveaus erfolgte, ähnlich wie bei KUETE (1986) für den zentralafrikanischen westlichen Teil des Kamerun-Plateaus, auf der Basis von Datierungen aus anderen Untersuchungen.

Trotz dieses insgesamt enttäuschenden Mangels an Anhaltspunkten konnten auf der Grundlage der vorliegenden Arbeiten verschiedene Faktoren als „Gunstfaktoren“ im Hinblick auf den Erhalt verwertbarer Sedimentakkumulationen herausgearbeitet werden. Obwohl angesichts des hohen Sedimentaustrags aus den fluvialen Systemen in den Tropen potentiell wichtige Archive erodiert werden, zeigt sich in der Mehrzahl der Fälle, dass vor allem Terrassenniveaus unterschiedlicher Größe dokumentiert sind, die, wie ähnliche Phänomene in den gemäßigten Breiten, Paläoumwelt-Informationen enthalten. Diese Terrassen können vom rezenten Flusslauf angeschnitten sein, aber auch in einiger Entfernung vom Fluss innerhalb der Überflutungsebene liegen, und zeugen dort von einer Lage des Gerinnebetts, die den heutigen Verhältnissen nicht mehr entspricht. Denkbar ist deshalb, dass solche Sedimentkörper aufgrund einer relativen rezenten Formungsruhe auch im Bereich von Altarmen und abgeschnittenen Mäanderbögen zu suchen sind. Ihre Lage auf Karten und Fernerkundungsmaterial festzustellen, war deshalb ein vorrangiges Anliegen bei den weiterführenden Vorarbeiten für die Geländekampagnen.

Abgesehen von diesen Terrassenresiduen, welche die am häufigsten beprobten Paläoumweltarchive darstellen, ist davon auszugehen, dass sich für die Beprobung auch

Positionen eignen, an denen rezent Materialakkumulation stattfindet, die darunterliegende ältere Sedimentstratigraphien vor Erosion schützt. Diese ist in Gleithanglage mäandrierender Flüsse oder im Falle von Schwemmfächerbildungen (temporär) ergiebig schüttender Nebenflüsse zu erwarten. Hinweise auf derartige Standorte können je nach Maßstab und Qualität geeignetem Kartenmaterial entnommen werden, aber auch aktuelles Fernerkundungsmaterial sollte hier eine Hilfestellung bieten.

Jenseits flussbegleitender Uferwälle ist die Sedimentation aufgrund der plötzlichen Verteilung des Wassers in die Fläche ebenfalls erhöht und konserviert an manchen Lokalitäten vorhandene landschaftsgeschichtliche Spuren, wie die Arbeiten an den Alluvionen des Mbari-Tals im SE der RCA ergaben (RUNGE 2001a, 2001b). Die Lokalisierung dieser Landschaftselemente kann je nach Maßstab und naturräumlichen Bedingungen mittels Auswertung von Fernerkundungsdaten vonstatten gehen. Für die grasbestandene Alluvialebene des Mbari, der das Mbomou-Plateau im SE der RCA drainiert, war anhand von Luftbildern aus den Jahren 1959/1960 (Maßstab: 1:50.000) die Kartierung der Lage rezenter und subrezenter Uferwälle möglich (NEUMER 2000, unv.).

Unter Berücksichtigung dieser Anhaltspunkte diente die Auswertung des vorhandenen Karten- und Fernerkundungsmaterials der weiteren Eingrenzung potentieller Probenstandorte (vgl. Kap. 4.2).

4. Regionale Untersuchung

Für die kritische Beurteilung der Informationen, die über das Untersuchungsgebiet vorliegen, sind die verwendeten geographischen Arbeitsmittel (Karten, Luft- und Satellitenbilder) von grundlegender Bedeutung. Inwieweit sie über die Literaturoauswertung (Kap. 2) hinausgehende Erkenntnisse lieferten und unter Berücksichtigung der anschließenden Geländebefunde eine differenziertere Betrachtung der für die landschaftsgeschichtliche Diskussion wichtigen geökologischen Zusammenhänge zulassen, ist in Kap. 4.1 dokumentiert.

Die Ausweisung potentieller Umweltarchive und möglicher Probenstandorte ist ebenfalls in hohem Maße von der Qualität der vorhandenen Karten und des zur Verfügung stehenden Fernerkundungsmaterials abhängig. Die Schwierigkeiten der Lokalisierung von Standorten potentieller Formungsruhe im Tal des Mbaéré wird durch die Darlegung der Vorgehensweise verdeutlicht, welche den Informationsgehalt der zugrundeliegenden Daten diskutiert. Dies geschieht in Kap. 4.2.

Nach dieser einführenden Skizzierung der Vorarbeiten werden in Kap. 4.3 die Ergebnisse der Geländearbeiten dokumentiert, wobei der Standortauswahl vor Ort besondere Aufmerksamkeit gewidmet ist. Kap. 4.4 stellt die Befunde der konventionellen Laboranalysen vor, und Kap. 4.5 ist den Resultaten der ^{14}C (AMS)-Datierungen sowie der Auswertung des $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnisses gewidmet.

4.1 Geoökologische Zusammenhänge

4.1.1 Kartengrundlage

Die einzigen mittelmaßstäbigen Karten, die von IGN in den späten 60er Jahren publizierten topographischen Karten im Maßstab 1:200.000 (*Cartes de l'Afrique Centrale*), sind die großmaßstäbigsten noch verfügbaren Darstellungen. Sie lagen (bis auf das Blatt Mbaïki) als s/w-Kopien vor. Die Qualität dieser Karten, generiert aus Luftbildern verschiedener Missionen in den 50er und 60er Jahren, ist unbefriedigend. Dabei stellt hinsichtlich der Darstellung die fehlende Aktualität nur ein Problem dar.

Der Vergleich der *Carte de l'Afrique Centrale*, Blatt Mbaïki, von 1968 mit dem entsprechenden und maßstabgleichen Blatt des *Fond Planimétrique de l'Afrique Centrale* von 1962, einer älteren (vorbereitenden) Arbeitsgrundlage, deutet auf Widersprüche bei der Erfassungsgeneralisierung hin. Zwar bietet die etwas neuere Karte den Vorteil, dass in ihr Höhenlinien und Höhenpunkte wie auch administrative Grenzen enthalten sind (Mbaéré als Grenze der Präfekturen Lobaye und Sangha-Mbaéré), doch finden sich dafür in der Darstellung des älteren Entwurfs Signaturen, die auf Steilstufen im Bereich einiger Quellen hinweisen. Diese fehlen gänzlich in der anderen Karte. Auch weist die Ausdehnung des Überflutungsbereichs in der Ausgabe des *Fond Planimétrique* deutliche Unterschiede zu der Darstellung in der anderen Karte auf. Dadurch variiert, je nach Darstellung, die relative Lage des Mbaéré innerhalb dieser Zone. Insgesamt ist die ältere Ausgabe differenzierter, so z.B. im Mündungsbereich des Ouélé und anderer Nebenflüsse des Mbaéré (Abb. 21).

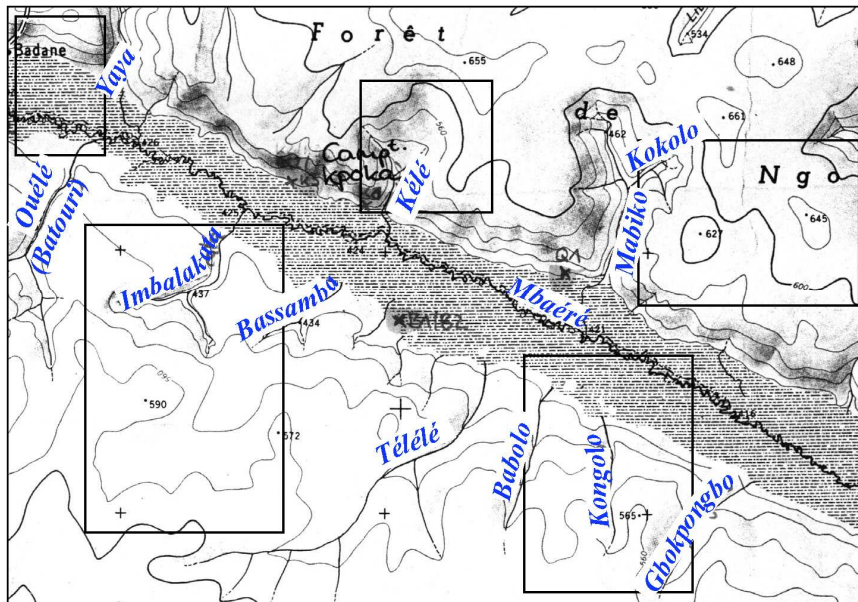
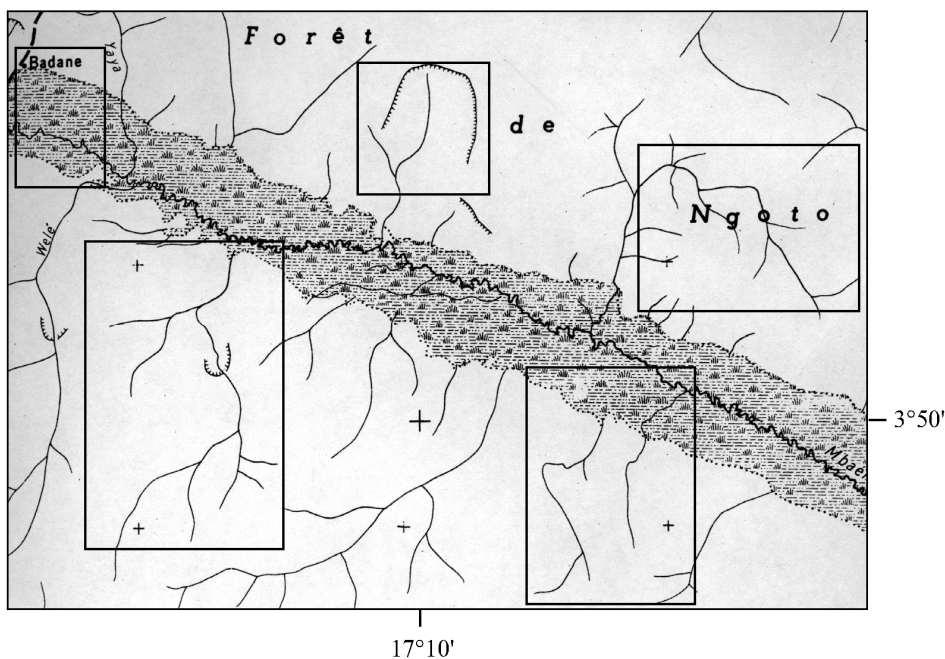
IGN (1968): *Carte de l'Afrique Centrale*IGN (1962): *Fond Planimétrique*

Abb. 21: Hydrologische Gegebenheiten, Kartenvergleich

Deutlich unterschiedlich stellen die von IGN-Karten in den 60er Jahren veröffentlichten Karten (Blatt Mbaïki) die Ausdehnung der Überflutungsebene, die Situation der Nebenflüsse und den Verlauf des Mbaéré selbst dar (siehe Markierungen).

Westlich des Mbaéré-Lobaye-Zusammenflusses reicht zudem ein in sich fast geschlossener und augenscheinlich nicht direkt zum Mbaéré-Tal gehörender Vernässungsbereich fast an das Dorf Bouboli-Bakota heran, der in der *Carte de l'Afrique Centrale* nicht vermerkt ist. Auch das hydrologische Netz stimmt in vielen Details in beiden Karten nicht überein. Dies betrifft die Existenz oder Lage zahlreicher Quellen kleinerer Nebenflüsse des Mbaéré und des Bodingué, die teils in der einen, teils in der anderen Karte nicht oder anders kartiert sind (Beispiel:

4. Regionale Untersuchung

Imbalakata im NW, Sadika vor Zusammenfluss Bodingué/ Mbaéré). Es betrifft auch die unterschiedlich kartierte Wasserführung der Nebenflüsse bei Eintritt in die Alluvialebene der Vorfluter: Hier finden sich zahlreiche widersprüchliche Informationen, beispielsweise im Fall der Mbaéré-Zuflüsse auf der Höhe von Kpoka (Abb. 21, S. 75). Lediglich die Kartierung des Mbaéré-Gerinnebettes selbst ist in beiden Darstellungen weitgehend identisch.

Die Kopie der *Carte de l'Afrique Centrale* enthält Hinweise darauf, dass der Kartendarstellung außer zwei Befliegungen in den 50er Jahren Luftbilder einer in den Jahren 1963 und 1964 realisierten Befliegung zugrunde liegen, weshalb von einer stärkeren Generalisierung auszugehen ist. Diese wird bedingt sein durch unterschiedliche hygrische Verhältnisse zur Zeit der verschiedenen Aufnahmen. Diese Annahme deckt sich mit der Beobachtung von Niederschlags- bzw. Abflussschwankungen im mehrjährigen Vergleich, wie sie in aktuellen Arbeiten für den zentralafrikanischen Raum diskutiert werden (RUNGE & NGUIMALET 2005, NGUIMALET & NJENDOLE, in Vorbereitung). Dass ein variierendes Drainagemuster und Abflussverhalten der kleineren Nebenflüsse in den Luftaufnahmen sichtbar ist (Wasserführung) und entsprechend zu den Kartierungsabweichungen geführt hat, ist wahrscheinlich. Ortsansässige machen in diesem Zusammenhang widersprüchliche Angaben über den Verlauf und die Drainage der Tributäre des Mbaéré. So lässt sich beispielsweise im Falle des Sadika zwar an entsprechender Stelle seine Mündung ausmachen, jedoch teilt sich der Fluss bei Eintritt in die Überflutungsebene in zahlreiche Einzelgerinne, die keiner festgelegten Abflussbahn folgen und der insgesamt hohen Durchfeuchtung der Talebene wegen nicht als solche zu erkennen sind.

Die deutlich voneinander abweichenden Kartierungen der Ausdehnung der Überflutungsebene suggerieren dagegen eine Dynamik, die nach Einschätzung der Situation vor Ort für einen vergleichsweise kurzen Zeitraum unwahrscheinlich ist und andere Ursachen haben muss. Wie die Luftbildauswertung zeigt, hängen diese Darstellungsunterschiede vor allem mit der Schwierigkeit zusammen, die Überflutungsebene als solche abzugrenzen (vgl. Kap. 4.1.2). Somit spiegeln die entsprechenden Informationen aus den Kartenblättern interpretatorische Einzelresultate wider und sind als solche zu behandeln.

Von den anderen Kartenblättern lag jeweils nur die *Carte de l'Afrique Centrale* vor, doch ist anzunehmen, dass auch bei diesen Karten die Erfassungsgeneralisierung ein ähnlich uneinheitliches kartographisches Resultat bedingte.

Die von BOULVERT (1983, 1986, 1987, 1996) bei ORSTOM (*Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer*, heute: IRD: *Institut de Recherche pour le Développement*) publizierten thematischen Länderkarten zu pedologischen, phytogeographischen, oro-hydrographischen und geomorphologischen Fragestellungen und die dazu verfügbaren Erläuterungen bieten erste Anhaltspunkte, sind jedoch aufgrund des Maßstabs (1:1.000.000) entsprechend stark generalisiert. Deren Informationen halfen bei einer ersten Einschätzung der Verhältnisse im Untersuchungsgebiet, weil sie die einzigen zusammenfassenden Übersichts-Darstellungen für die Geofaktoren in der RCA sind. Sie waren aber nur bedingt für die Planung der Geländearbeit von Nutzen. Im Detail warfen sie im Kontext mit jüngeren und detaillierteren Darstellungen einige Fragen auf oder erwiesen sich gar als fehlerhaft, wie eigene Geländebeobachtungen, beispielsweise im Hinblick auf die geologischen Verhältnisse, die Böden und die pedogenen Krusten, zeigten (vgl. Kap. 2.1).

Zur Vorbereitung der Geländearbeiten wie auch zur anschließenden Anfertigung von Skizzen

des Untersuchungsgebietes konnte neben dem Material von IGN auf Kartierungen zurückgegriffen werden, die seitens der ECOFAC und des IFB aus Luftbildern jüngerer Befliegungen (Datum unbekannt) angefertigt und kurzfristig zu Beginn der ersten Geländekampagne zur Verfügung gestellt wurden. Abb. 22, die das aktuell forstwirtschaftlich genutzte Gebiet in der *zone d'aménagement forestier* im *Forêt de Ngotto* zeigt, wurde auf der Grundlage zweier solcher Übersichtsskizzen erstellt. Die Skizze informiert unter anderem über die Lage der wenigen befahrbaren, bis etwa 1.000 m an den Talrand heranführenden Forstwirtschaftswege des IFB, welche sich selbst aus den aktuellsten Satellitenbildern aufgrund der Dichte des Kronendachs nicht deutlich erkennen lässt. Dies erwies sich als wichtig für die erste Einschätzung der Zugänglichkeit der Alluvialebene und ermöglichte erst vor Ort eine konkrete Planung der Geländearbeiten.

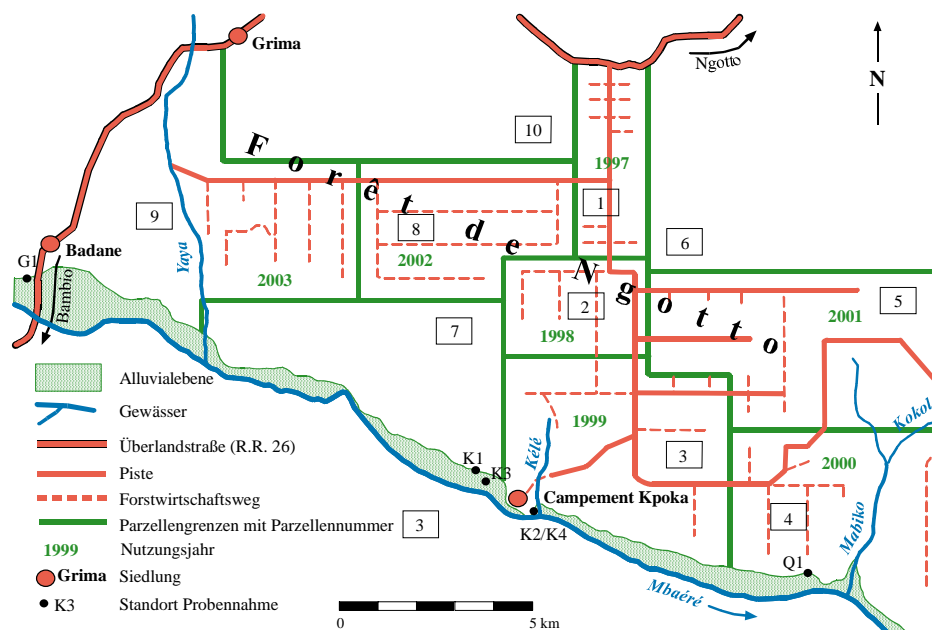


Abb. 22: IFB-Aktivitäten, 1997-2003

Die Exploitation erfolgt im forstwirtschaftlich genutzten Gebiet des *Forêt de Ngotto* in Zone 1 (vgl. Abb. 17, S. 41, Kap. 2.3.2) nach nachhaltigen Gesichtspunkten (Kartierung: M. Neumer nach Handskizzen-Vorlage der ECOFAC, unveröff.).

Fazit regionale Untersuchung/ Kartengrundlage

Insgesamt machte die Kartenauswertung deutlich, dass das vorhandene Material im Hinblick auf die Vorbereitung von Geländearbeiten in der RCA unzureichend ist, was die Einschätzung der naturräumlichen Gegebenheiten ebenso wie die Planung der Geländearbeiten im Vorfeld erschwerte.

4.1.2 Luftbildauswertung

Die Auswertung der als Stereopaare für das Mbaéré-Tal vorliegenden panchromatischen Luftbilder (Aufnahmedatum: 04.02.1964, vgl. Beilage 2) konzentrierte sich auf die Interpretation der Räumuster innerhalb der Talebene.

4. Regionale Untersuchung

Der Verlauf des Mbaéré ist in den Aufnahmen des Maßstabs 1:50.000 als schwarze lineare Struktur zu erkennen. Innerhalb des Verlaufs lässt sich mit zunehmender räumlicher Ausdehnung auch ein Unterschied in der Form der Mäanderausprägung erkennen, der aus den IGN-Karten maßstabsbedingt nicht deutlich wird. Die Aufnahmen zeigen, dass der Fluss auf der Höhe von Bambio sehr viele kleine und enge Mäanderbögen mit abrupten Richtungswechseln aufweist. Diese Bögen werden ab der Einmündung des Kélé bei Kpoka ausladender und nehmen, da über relativ längere Talabschnitte schwingend, zahlenmäßig leicht ab. Auf der Höhe von Kénengué, wo der Mbaéré teilweise direkt entlang des dem Schwemmfächer entgegengesetzten Hangs verläuft, sind auch wenige gerade Flussstrecken ausgeprägt. Die Größe der Mäanderbögen nimmt nach Einmündung des Bodingué weiter zu, wobei die Form der Bögen sich ändert und ein einzelnes solches Element auch im Tallängsprofil mehr Raum einnimmt. Wichtig ist diese Beobachtung insbesondere vor dem Hintergrund der unterschiedlich intensiven fluvialen Morphodynamik entlang der verschiedenen beschriebenen Flussabschnitte. In Abhängigkeit von der Lage im Tallängsprofil und der Ausprägung der Mäanderbögen ist flussabwärts und insbesondere zwischen Bodingué-Mündung und Mbaéré-Mündung aufgrund des dort reduzierten Gefälles, der verminderten Fließgeschwindigkeit und der weniger abrupten Richtungswechsel des Mbaéré entlang seines Ufers mit geringerer Seitenerosion zu rechnen.

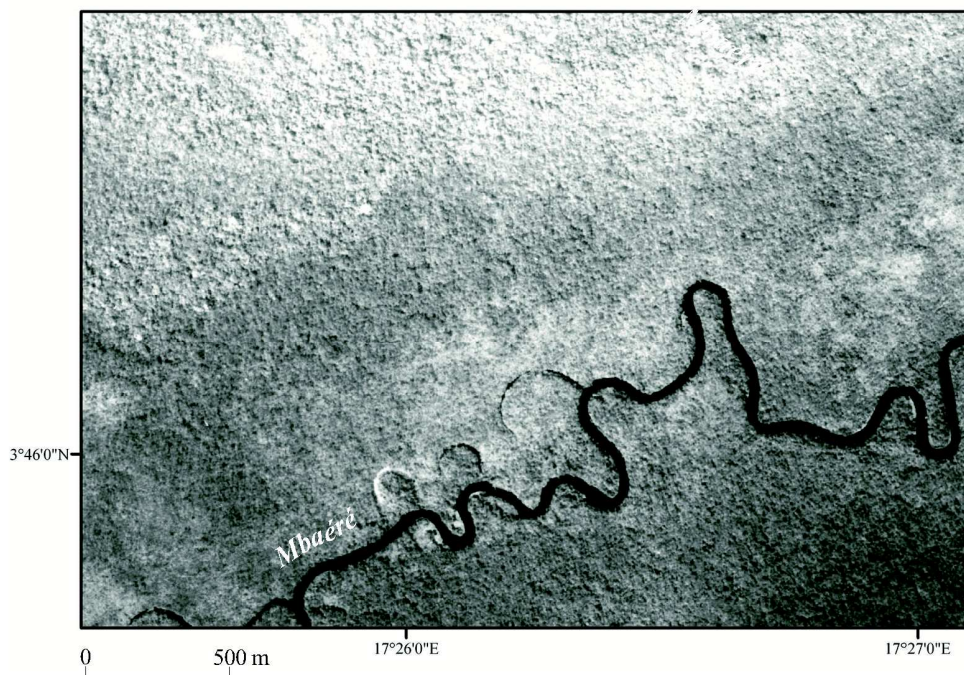


Abb. 23: Abgrenzungsprobleme der Überflutungsebene im Luftbild

Jenseits des Mbaéré (schwarze linienhafte Struktur) markiert das dunklere Grau den von rezent hoher Restfeuchte gekennzeichneten Talbereich. Die teils fließenden Übergänge der Grauabstufungen, verbunden mit der zum Rand hin rauheren Struktur des Kronendaches, welche die Regenwald-Einheit des Plateaus kennzeichnen, erschweren die exakte Abgrenzung der Überflutungsebene (Ausschnitt aus Luftbild NA 33 XXIII-XXIV, 476).

Die Abgrenzung der Talebene ist, wie bereits im Kontext der topographischen Karten erläutert, in den Luftbildern schwierig. Die Auswertung zeigt, dass die Vernässungssituation der

Überflutungsebene in den panchromatischen Aufnahmen zwar durch ein dunkleres Grau wiedergegeben ist, die Differenzierung zwischen dem Überflutungswald der Talebene und dem Tieflandsregenwald des Hang-/ Plateau-Bereichs sich aber nicht allein durch die Farbe, sondern auch durch abweichende Kroneneindrücke (Höhe der Bäume, Rauigkeit des Kronen-Musters) ergibt. An Standorten unter Regenwald, wo die Bäume höher sind und die Kronendach-Struktur gröber wirkt, aber die dunklere Farbe auf Überflutung bzw. höhere Restfeuchte im Untergrund hindeutet, wird das Problem offensichtlich, die Grenze der Überflutungsebene auszumachen (Abb. 23).

Die Kartierungen lassen somit entlang einiger Talrandbereiche individuellen Interpretationsspielraum und richten sich danach, ob die maximale Ausdehnung allein an den Bodenfeuchte-Verhältnissen zur Zeit der Aufnahme oder aber an der vorherrschenden Vegetation festgemacht wird.

Fazit regionale Untersuchung/ Luftbildauswertung

Hinsichtlich der naturräumlichen Situation ließen sich aus den Luftbildern neben den Hinweisen auf die Talrandgegebenheiten insgesamt keine grundlegenden neuen Erkenntnisse gewinnen.

4.1.3 Satellitenbildinterpretation

Die Bildverarbeitung verschiedener Ausschnitte digital vorliegender Landsat TM Daten aus dem Jahr 1986 (16.01.) und von Landsat ETM+ Daten aus den Jahren 2000 (03.03.) und 2002 (01.04.) erfolgte mit ERDAS und ArcGIS (Version 9). Die Bearbeitung der Daten mit einer räumlichen Auflösung von 30 x 30 m wurde aus Gründen der hohen Luftfeuchtigkeit in den Tropen unter Verwendung der reflektierten Wellenlängen des Infrarots durchgeführt. Die Kombination der Bänder TM 4 (0,76-0,9 µm), TM 5 (1,55-1,75 µm) und TM 7 (2,08-2,35 µm) zeigt dabei das lebende Chlorophyll höherer Vegetation (Wald) in dunklen, degradierte oder niedere Vegetation in helleren Rottönen. Versiegelte oder stark degradierte Flächen erscheinen in Türkis- und hellen Blautönen. Ein dunkles, flächenhaftes Blau deutet dagegen auf jüngere Feuerbeeinflussung hin. Dunkel bis schwarz werden die nicht durch Vegetation abgeschirmten Gewässerflächen wiedergegeben, lineare hellrote bis türkisfarbene Erscheinungen weisen auf Verkehrswege hin. Bei einem Muster rötlicher dendritischer Strukturen inmitten von Flächen von türkiser bis hellblauer Farbe handelt es sich um ein ausgeprägtes Gewässernetz im Bereich der regelmäßig gebrannten Savannen. Die Flussläufe sind hier von den Kronendächern der Galeriewald-Vegetation weitgehend verdeckt (vgl. Beilage 3).

In den Landsat-ETM+ Ausschnitten der Szenen 182-57 (Aufnahmedatum: 01.04.2002) und 181-57 (Aufnahmedatum: 03.03.2000) markiert der NW-SE fließende Lobaye, in zum Teil weiten Mäandern ein Savannen- und Galeriewald-Mosaik querend, die Grenze zwischen präkambrischen Basement und mesozoischem Sandstein-Plateau. Wie das Raummuster im Satellitenbild deutlich macht, findet hier auf kurzer Distanz ein Wechsel in den räumlichen Rahmenbedingungen statt. Das Plateau wird an seiner östlichen Grenze durch rückschreitende Erosion der rechten Lobaye-Nebenflüsse aufgezehrt. Der südwestlich an den Lobaye angrenzende Raum ist deshalb durch zahlreiche, aber wenig eingetiefte weitere Nebenflüsse gekennzeichnet. Die nur vereinzelt auftretenden inselartigen oder flussbegleitenden, in Rottönen wiedergegebenen Waldreste treten hier deutlich hinter Flächen in Blautönen zurück. Diese

4. Regionale Untersuchung

Areale, in unmittelbarer Nähe der dort existierenden Siedlungen (Ngotto, Banga, Batondé, Boganda) gelegen, wurden zur Dezimierung von Schädlingen in jüngerer Vergangenheit regelmäßig gebrannt.

Mbaéré und Bodingué, von NW bzw. SW in östliche Richtung aufeinander zulaufend, zeigen hinsichtlich ihrer Physiognomie Mäanderbildung. Ihre Bögen sind jedoch weniger ausladend als die des Lobaye, dessen Verlauf darüber hinaus teilweise tektonisch-strukturell kontrolliert zu sein scheint, wie gerade Teilstrecken vermuten lassen (Abb. 24). Der Unterschied zwischen dem wenig in das Basement eingetieften Lobaye und dem in den eigenen Sedimenten fließenden Mbaéré wird hier besonders deutlich.

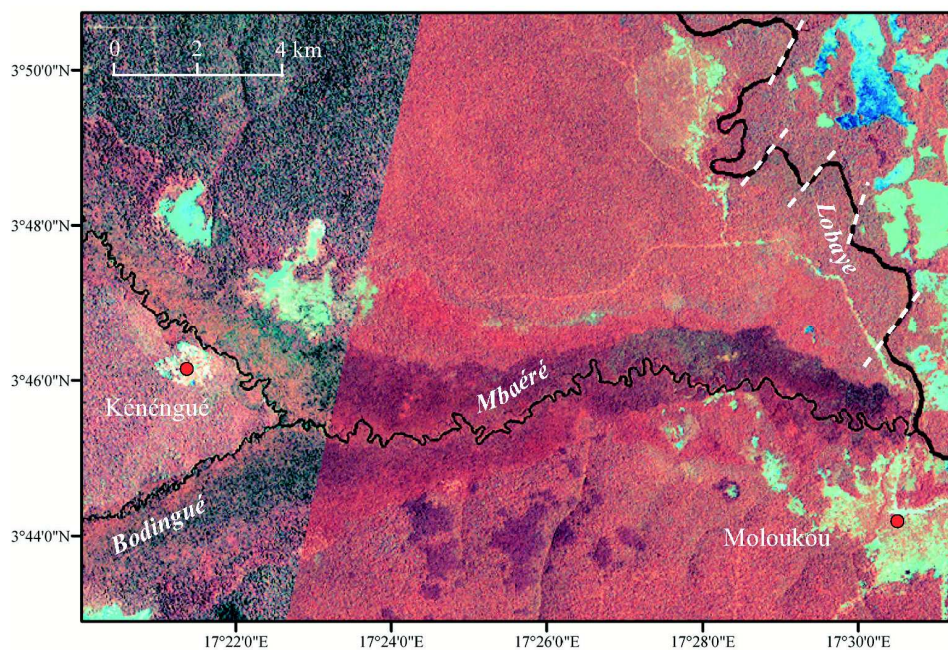


Abb. 24: Übergang Plateau/ Basement, Satellitenbild

In den Satellitenbildern (182-57, 01.04.2002/ 181-57, 03.03.2000) ist der Unterschied der räumlichen Gefügemuster zwischen dem Sandsteinplateau und dem präkambrischen Sockelgestein (östlich des Lobaye) deutlich erkennbar. Die gestrichelten Markierungen deuten wahrscheinlich tektonisch kontrollierte Flussstrecken des Lobaye an.

Markant tritt an einigen Stellen durch voneinander abweichende dunkle Rottöne der Unterschied in der Vegetationsbedeckung zwischen den Talbereichen des Mbaéré bzw. des Bodingué und der Plateau-Region hervor (Abb. 25).

Diese Grenze ist dort besonders deutlich, wo die Reliefverhältnisse abrupt von der Talsohle zu den Talhängen hin wechseln. Da an anderen Stellen diese Grenze weniger offensichtlich ist, lässt die Satellitenbildauswertung darauf schließen, dass in den Bereichen, die einen nur moderaten Anstieg zum Plateau aufweisen, ein weniger signifikanter Übergang von Überflutungswald zu dem Primärwald des Plateaus erfolgt. Diese Beobachtung deckt sich mit denen der Luftbildauswertung, steht aber im direkten Widerspruch zu den Ausführungen von BRUGIÈRE et al. (1999), die keine Übergangsvegetation und einen abrupten Wechsel konstatieren (vgl. Kap. 2.3.2).

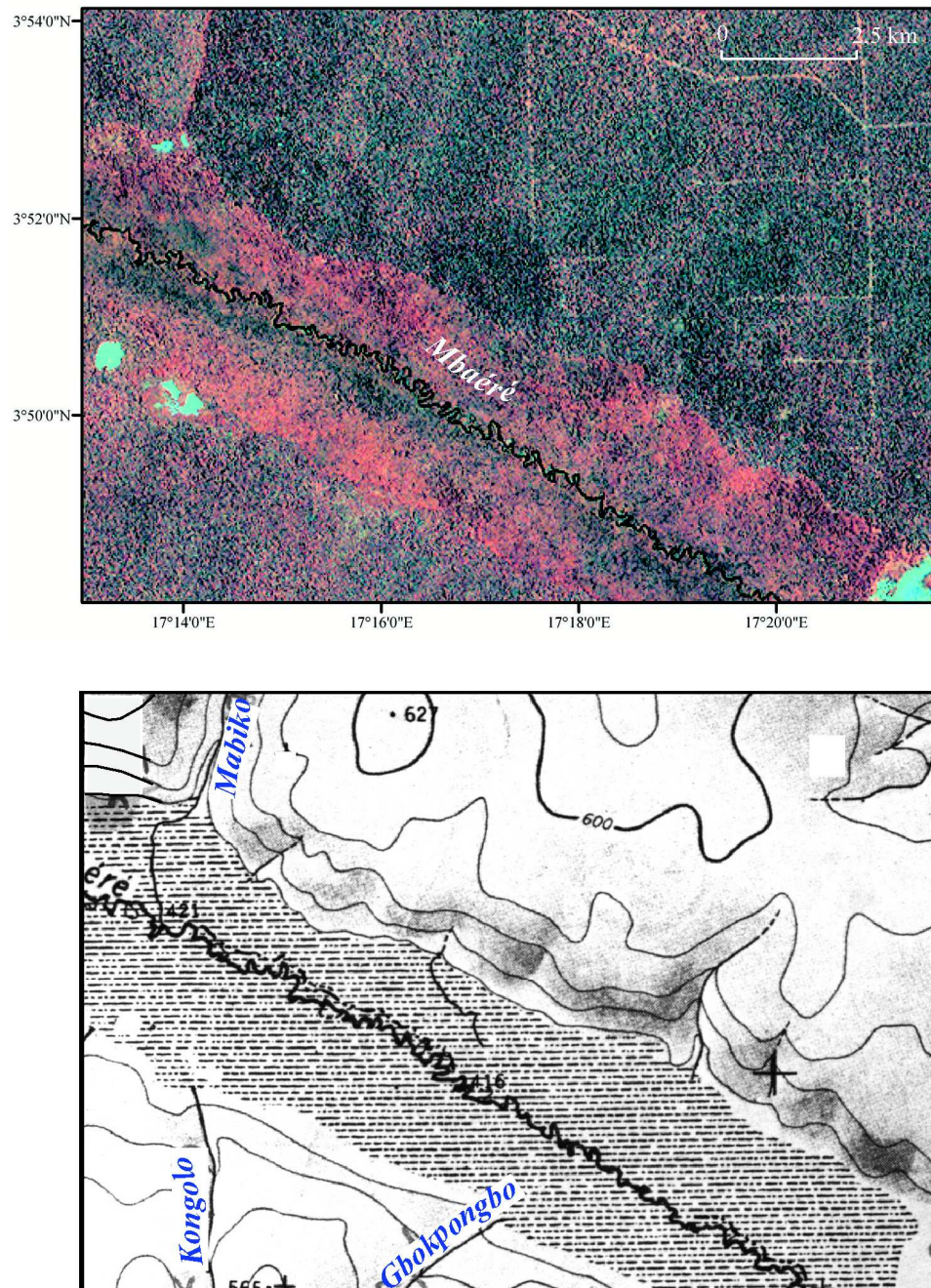


Abb. 25: Überflutungsbereich am Fuß unterschiedlich akzentuierter Talhangpositionen

Die Gegenüberstellung des Satellitenbildausschnitts (182-57, 01.04.2002) mit dem Kartenausschnitt (*Carte de l'Afrique Centrale*, 1968, Blatt Mbaïké) veranschaulicht die teilweise auf kurze Distanz wechselnde Reliefsituation am nordöstlichen Talrand, die einen markanten Wechsel in den Bodenfeuchteverhältnissen und hinsichtlich der Vegetation zur Folge hat. Das geringere Gefälle des Gegenhangs bedingt durch den entsprechend moderateren Wechsel in den Vegetationsverhältnissen die im Satellitenbildausschnitt weniger eindeutige Situation im Übergang Überflutungswald/ Regenwald. Die türkisfarbenen Flächen innerhalb des Waldes markieren Savannenvegetation.

Eigene Geländebeobachtungen zeigen, dass dieser abrupte Übergang tatsächlich an vielen Lokalitäten zu beobachten ist, wo auch die Reliefgegebenheiten entsprechende markante Veränderungen aufweisen. Dies ist beispielsweise am Talrand auf der Höhe des Mabiko der

4. Regionale Untersuchung

Fall. In Bereichen jedoch, wo die Talhänge weniger steil ausgeprägt sind (Beispiel: bei Ngbénguéndara; zur Schutzzone hin), erfolgt ein moderaterer Vegetationswechsel. Hier wird die Vegetation des Überflutungswaldes sukzessiv von Pflanzen des Primärwaldes bzw. Savannenvegetation abgelöst, was durch die mit zunehmender Entfernung zum Überflutungsbereich nur allmählich wechselnden edaphischen Verhältnisse bedingt ist.

Eine Dominanz der in dunklem Rot erscheinenden Primärwald-Vegetation zeigt sich im Bereich des von den Flüssen Mbaéré und Bodingué umschlossenen Nationalpark-Dreiecks. Randlich treten hier vereinzelte türkisfarbene Flächen unterschiedlicher Ausdehnung auf, bei denen es sich um die in Kap. 2.3.2 beschriebenen, vorwiegend mit Gras bestandenen Savannen handelt (Abb. 25, S. 81).

Dort, wo ein kleinräumiges, meist annähernd kreisförmiges diffuses Nebeneinander von hellroten, weißen und türkisfarbenen bis hellblauen Pixeln zu erkennen ist, befinden sich in der Regel Siedlungen mit sich daran anschließender ackerbaulicher Nutzung (Abb. 26).

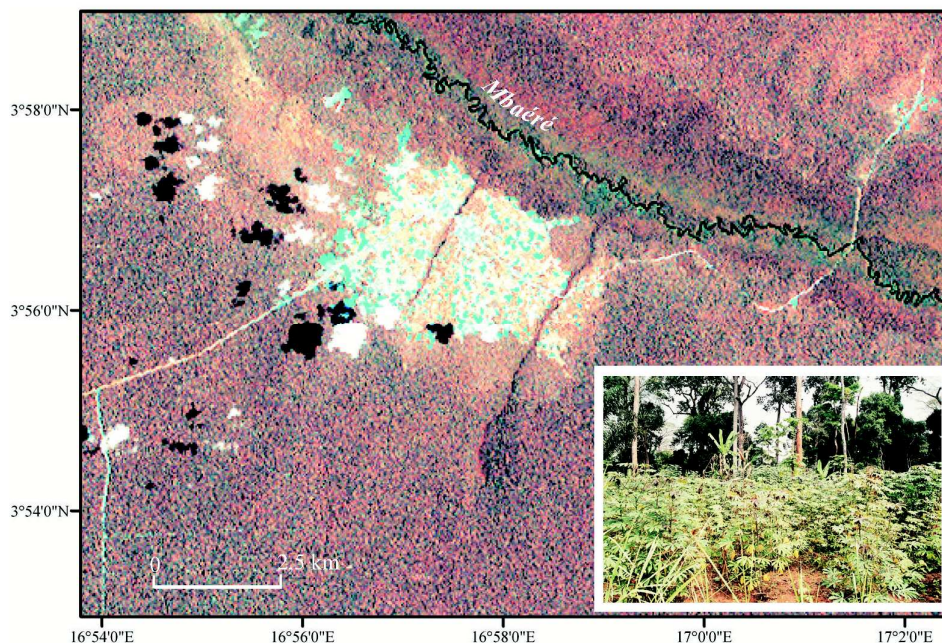


Abb. 26: Landnutzungsmuster bei Bambio

Das Foto verdeutlicht das im Satellitenbild (Szene 182-57 vom 01.04.2002) typische Muster aus hellroten, weißen und türkisen Pixeln, welches auf die in Siedlungsnähe charakteristische Landnutzung hindeutet: degradierte Regenwaldvegetation (in der Regel gebrannt) mit Kulturpflanzen, in diesem Fall Maniok und Bananen (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2006).

Die Primärwald-Vegetation setzt sich südlich des Bodingué und nördlich des Mbaéré, hier in der zum größten Teil durch die Forstkonzession des IFB abgedeckten Einheit des *Forêt de Ngotto*, fort.

Das dunkle Rot ist südlich der Siedlung Ngotto und östlich des Mbaéré-Nebenflusses Mabiko von vereinzelten, sich rechtwinklig schneidenden hellroten Linien durchbrochen. Ähnliche Muster, weniger deutlich und in türkisfarbenen Tönen, finden sich in dem Gebiet zwischen den Tributären Yaya und Kélé (Abb. 27). Flächenhafte Elemente, die auf Siedlungen schließen

lassen, fehlen in beiden Gebieten. Weil sich die Konzession P.E.A. 169 des IFB über die gesamte, von den linearen Strukturen betroffene Waldeinheit erstreckt, liegt die Vermutung nahe, dass es sich aufgrund des Grundmusters, der geordneten Anlage der Wege in einem ansonsten anthropogen nicht genutzten Gebiet, um Forstwirtschaftswege handelt. Die deutlicher zu erkennenden roten Linien scheinen zum Teil bis auf einen Kilometer an die Talebene des Mbaéré heranzureichen und lassen so eine Zugangsmöglichkeit zur Talebene erwarten.

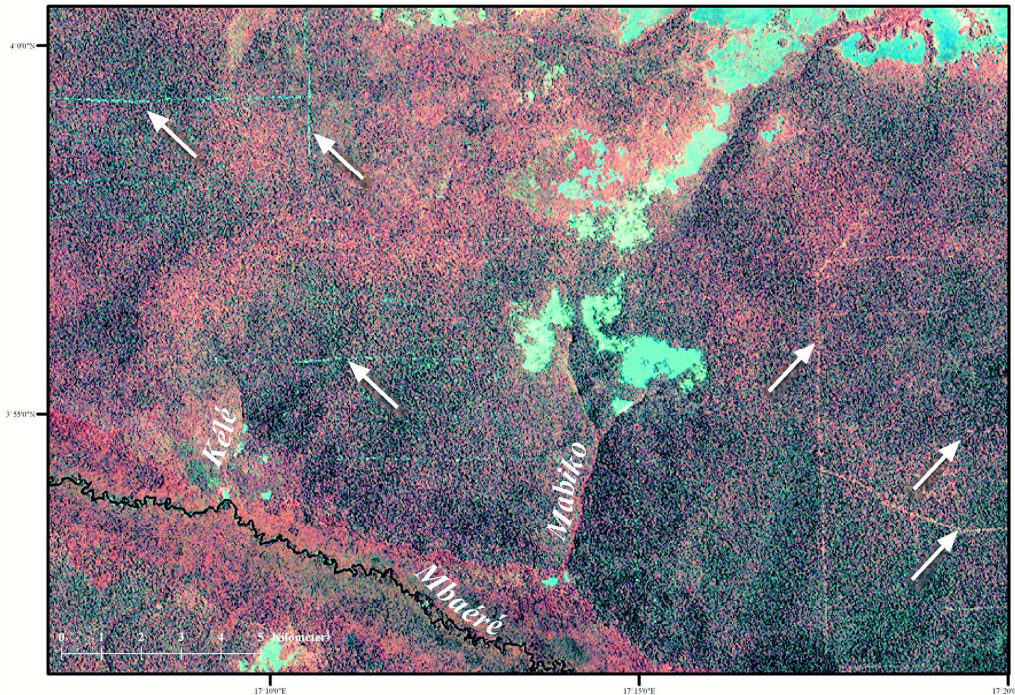


Abb. 27: Infrastrukturmuster im Satellitenbild

Die im Satellitenbildausschnitt (Szene 182-57 vom 01.04.2002) erkennbaren linearen Raummuster abseits von Siedlungsstrukturen deuten auf einen hauptsächlich forstwirtschaftlichen Zusammenhang hin und lassen sich je nach Farbwiedergabe differenzieren.

Tatsächlich weisen die der Literatur entnommenen Informationen und die aktuellen Bewirtschaftungspläne des IFB aber nur für den westlichen der beiden Teilräume jüngere forstwirtschaftliche Aktivitäten aus (vgl. Kap. 2.3.2). Nachfragen vor Ort ergaben zu Beginn der ersten Geländekampagne, dass in dem östlichen Teilraum keinerlei Pisten existieren, das Gebiet aber zu Kolonialzeiten forstwirtschaftlich genutzt wurde. Dies spricht dafür, dass es sich bei den hellroten linearen Informationen um breiter angelegte ehemalige Exploitationstrassen handelt, die durch Sekundärwald inzwischen wieder rekolonialisiert wurden. Sukzession durch den lichtliebenden und entlang von breiten Rodungsschneisen typischerweise auftretenden Pionierbaum *Musanga smithii* oder *Musanga cecropioides* (auch: Regenschirmbaum, *parasolier*), der nach 8 bis 10 Jahren einen bis zu 20 m hohen Bestand ausbilden kann (UNESCO 1978:227), ist hier wahrscheinlich. Bei den türkisfarbenen und weniger leicht auszumachenden Linien innerhalb des rezent genutzten Waldes bei Kpoka handelt es sich dagegen demnach um die nur wenige Meter breiten einspurigen Fahrwege, welche die rezente nachhaltige Nutzung kennzeichnen. Auch hier ist *Musanga* das erste Gehölz, das sich randlich der Fahrwege rasch ausbreitet, jedoch sind die Pisten noch weitgehend offen (Foto 18; S. 84).



Foto 18: Pioniergewächs *Musanga cecropioides*

Das Auftreten des sogenannten „Regenschirmbaumes“ entlang eines aktuellen Forstwirtschaftsweges im *Forêt de Ngotto* zeigt das Primärstadium der rasch fortschreitenden Sukzession innerhalb der Waldeinheit (Aufnahme: M. Neumer, Januar 2004).

Für das Auftreten jeglicher linienhafter Elemente in den Szenen gilt folglich, dass die Farbgebung wichtige Anhaltspunkte über den Zustand der Pisten und Forstwirtschaftswege liefert.

Westlich des Nationalparks wie auch südlich des Bodingué im Grenzgebiet zur D.R. Kongo ergeben sich anhand der ebenfalls hellroten und türkisen gitterartigen Linien, die an ein überregionales Verkehrsnetz angebunden sind, Hinweise auf die forstwirtschaftlichen Aktivitäten der dort ansässigen Unternehmen SEFCA und SCAD. Konzentriert finden sich diese Strukturen in der Nähe der Piste Bakota-Djaka-Djaka und südlich der Strecke Bambio-Mambélé. Die hellrote Farbe der Linien im Bereich der Landesgrenze zur D.R. Kongo deutet darauf hin, dass auch hier die Vegetationssukzession bereits weiter fortgeschritten ist. Im S scheinen somit die Aktivitäten weitgehend zum Erliegen gekommen bzw. die Aktivitäten der SCAD rückläufig zu sein. Der Rückgang der forstwirtschaftlichen Eingriffe in dieser Zone lässt sich auf die Bestrebungen der zentralafrikanischen Regierung und ausländischer ONGs (*Organisations Non-Gouvernemental*, Nichtregierungsorganisationen) zurückführen, mittel- bis langfristig einen zentral koordinierten und kontrollierten Umgang mit den nationalen Waldressourcen durchzusetzen. Mit Hilfe der AFD (*Agence Française de Développement*) wurde im Jahr 2000 deshalb das ambitionierte Projekt PARPAF (*Projet d'Appui à la Réalisation des Plans d'Aménagement Forestiers*) ins Leben gerufen, welches die Erarbeitung und Umsetzung einer Strategie zur nachhaltigen Nutzung der Waldökosysteme in der RCA bis zum Jahr 2010 zum Ziel hat. Einer Zwischenbilanz zu Beginn der zweiten Projektphase im Juni 2005 ist zu entnehmen, dass inzwischen auch die Konzession 171 der SCAD einer gesteuerten Nutzungsplanung unterzogen worden ist (www.cbfp.org/documents/rca/amenagement_rca.pdf, Abb. 28).

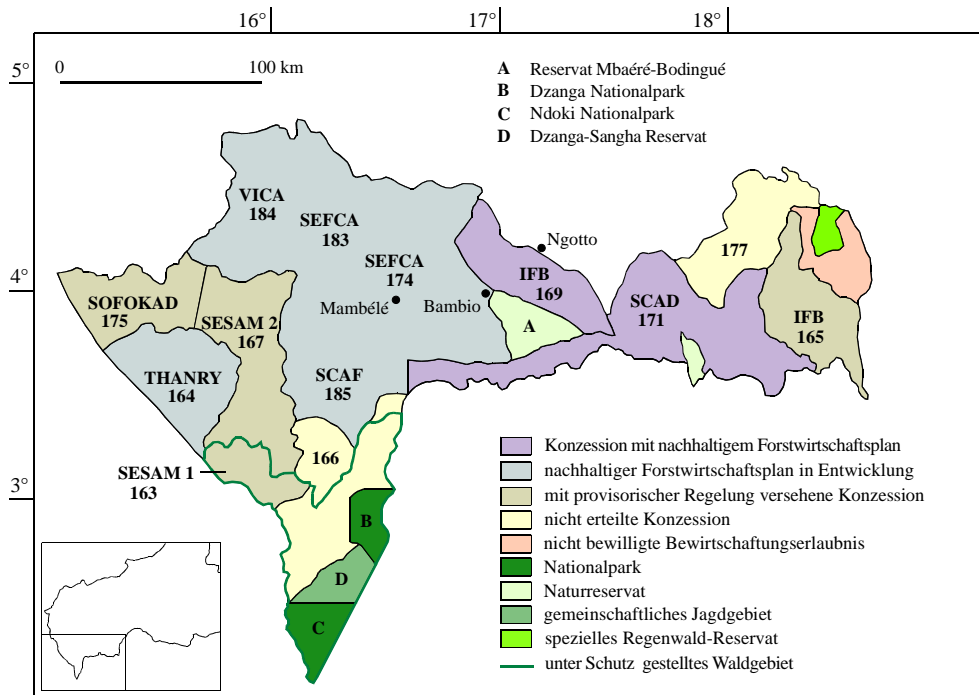


Abb. 28: Forstwirtschaftliche Aktivitäten in der RCA, Stand: Juni 2005

Die Darstellung verdeutlicht den Stand der Koordination und Kontrolle der forstwirtschaftlichen Aktivitäten durch das Projekt PARPAF. Neben dem IFB wirtschaftet demnach auch das Unternehmen SCAD (*Société Centrafricaine de Déroulage*) in jüngerer Zeit im Sinne nachhaltiger Nutzung (Quelle: www.cbfp.org/documents/rca/amenagement_rca.pdf).

Dagegen lassen die türkisfarbenen Linienmuster im Westen entlang der *Route du 4ème Parallèle* auf aktuell genutzte Exploitationstrassen des hier aktiven Unternehmens SEFCA schließen (vgl. Kap. 2.4).

Die Einschätzung sich räumlich verlagernder forstwirtschaftlicher Nutzung wird durch einen multitemporalen Vergleich von Satellitenbilddaten unterstützt. Hier wird auch deutlich, in welchem engem Zusammenhang die Siedlungsaktivität innerhalb dieses Raums mit den Verkehrswegen steht. Die Siedlungen im Bereich des Plateaus sind, verglichen mit der Siedlungsdichte jenseits des Lobaye, kleiner und weitläufig über das an Oberflächengewässern arme Gebiet verteilt. In der Regel orientieren sie sich am Straßennetz, wobei Zahl und Größe der Siedlungen Rückschlüsse auf den Zustand und die verkehrstechnische Bedeutung der Straßen zulassen. Aufgrund der peripheren Lage im Grenzgebiet zur D.R. Kongo treten Siedlungen südlich des Bodingué nur sehr vereinzelt auf. Im direkten Vergleich der bisher besprochenen Szenenausschnitte mit dem Ausschnitt der Landsat-TM-Szene 182-57 vom 09.12.1986 zeigt sich mittels der deutlichen Zunahme entsprechender Bildmuster die bereits in Kap. 2.4 erörterte und mit den forstwirtschaftlichen Aktivitäten der SEFCA und dem Straßenbau einhergehende Siedlungsentwicklung in Richtung Westen.

Gebrannte oder versiegelte Flächen sowie flächenhaft degradierte natürliche Vegetation, die landwirtschaftliche Nutzung belegen, findet sich innerhalb des Plateaus vor allem entlang der von Ngotto über Grima nach Bambio führenden Strecke. Sie äußert sich in der charakteristischen kreisförmigen bis perlschnurartigen Häufung hellroter und hellblauer

4. Regionale Untersuchung

Siedlungs- und Landnutzungsmuster, die entlang von Abzweigungen oder längeren Pistenabschnitten zu erkennen sind. Das sehr gut ausgebaute Teilstück hatte den Informationen vor Ort zufolge auf lokaler Ebene Konsequenzen für den Zustand der vor dem Bau befahrbaren Pisten der näheren Umgebung. Die von Bambio aus entlang des Mbaéré bogenförmig erst nach N und ab Domo nach W führende, einstmals befahrbare Piste wurde aufgrund der besseren Beschaffenheit der seitens der SEFCA gewarteten neuen Überlandtrasse aufgegeben. Mit der nun fehlenden Befahrbarkeit verloren die in diesem abgelegenen Gebiet existierenden Kaffeeplantagen ihre Marktanbindung. Der Verlauf der alten Piste lässt sich im Satellitenbild durch das Auftreten zahlreicher, auf Siedlungen hindeutender Flächen ausmachen (Abb. 29).

Die betroffene Bevölkerung nutzte die Erschließung des Raums und wanderte zu großen Teilen in westliche Richtung, zum Teil bis nach Nola, ab. In den Satellitenbildauschnitten der beiden Jahre manifestiert sich diese Entwicklung vor allem im Zuwachs der Siedlungsfläche Bambios, Bonguelés und Mambélés. Geländebeobachtungen belegen, dass die entlang der ehemaligen Piste Bambio-Domo-Lara-Balando-Bounguelé gelegenen, früher landwirtschaftlich genutzten Flächen bereits sukzessive durch Regenwald-Vegetation rekolonisiert werden. Im Satellitenbildvergleich ist diese Entwicklung noch nicht klar zu erkennen. Die Gefügemuster deuten jedoch an, dass die in der älteren Szene existierenden größeren Plantagenflächen bei Domo nicht mehr unter Nutzung stehen.

Betrachtet man die Entwicklung dieses vorher dichter besiedelten Raums nördlich Bambios oder die Siedlungsstruktur in der näheren Umgebung Ngottos, so zeigt sich, dass sich Siedlungsmuster im Satellitenbild auch dort finden, wo Pisten in schlechtem Zustand oder gar unpassierbar sind. Die in den IGN-Karten verzeichnete Piste von Ngotto über Bagbaya nach Kénéngué, Zugang zum Mbaéré-Tal, war zum Zeitpunkt der ersten Geländekampagne gar nicht und nach Instandsetzung durch das Projekt ECOFAC im Folgejahr nur bis Ngola befahrbar, der Zustand der die zahlreichen Lobaye-Nebenflüsse querenden Brücken teilweise bedenklich. Dies zeigt, dass die im Satellitenbild sichtbare Aneinanderreihung von Siedlungen dort auf einen schlechten Zustand des Verkehrsnetzes und eine rückläufige Siedlungsentwicklung schließen lässt, wo die Siedlungsmuster deutlich kleinräumiger auftreten, die hellblauen den hellroten Farben weichen und auch die sie verbindenden linearen Bildmuster fehlen.

In dem vergleichsweise wenig erschlossenen Plateau-Gebiet kommt den Flüssen auch infrastrukturell eine wesentliche Bedeutung zu: Die Versorgung erfolgt vielerorts, beispielsweise zwischen Bambio und Kénéngué, per Piroge über den Fluss (CHATELAIN & BRUGIÈRE 1999). Siedlungsbedingte Eingriffe in die Waldflächen auf den neueren Satelliten-Szenen sind deshalb auch dort entlang des Bodingué und einiger Nebenflüsse des Mbaéré auszumachen, wo nähere Hinweise auf Straßen oder Pisten in Form linearer Bildmuster weitgehend fehlen. Ein direkter Zusammenhang mit dem Richtung W erfolgten Ausbau des Verkehrsnetzes ist hier insofern gegeben, als in Flussnähe innerhalb der intakten Wälder schon vorher Siedlungen existierten. In ihnen geht traditionell ein großer Teil der männlichen Bevölkerung der in Schutzgebieten inzwischen verbotenen, aber lukrativen Jagd nach. Die über den Fluss erreichbare neue Fernverbindung mit einem höheren Transportaufkommen ermöglicht den Menschen vor Ort nun den Aufbau regelmäßiger Handelsbeziehungen mit Fleischabnehmern in den größeren Orten Nola, Bambio, Boda, aber auch Bangui (DE GARINE, 1996).

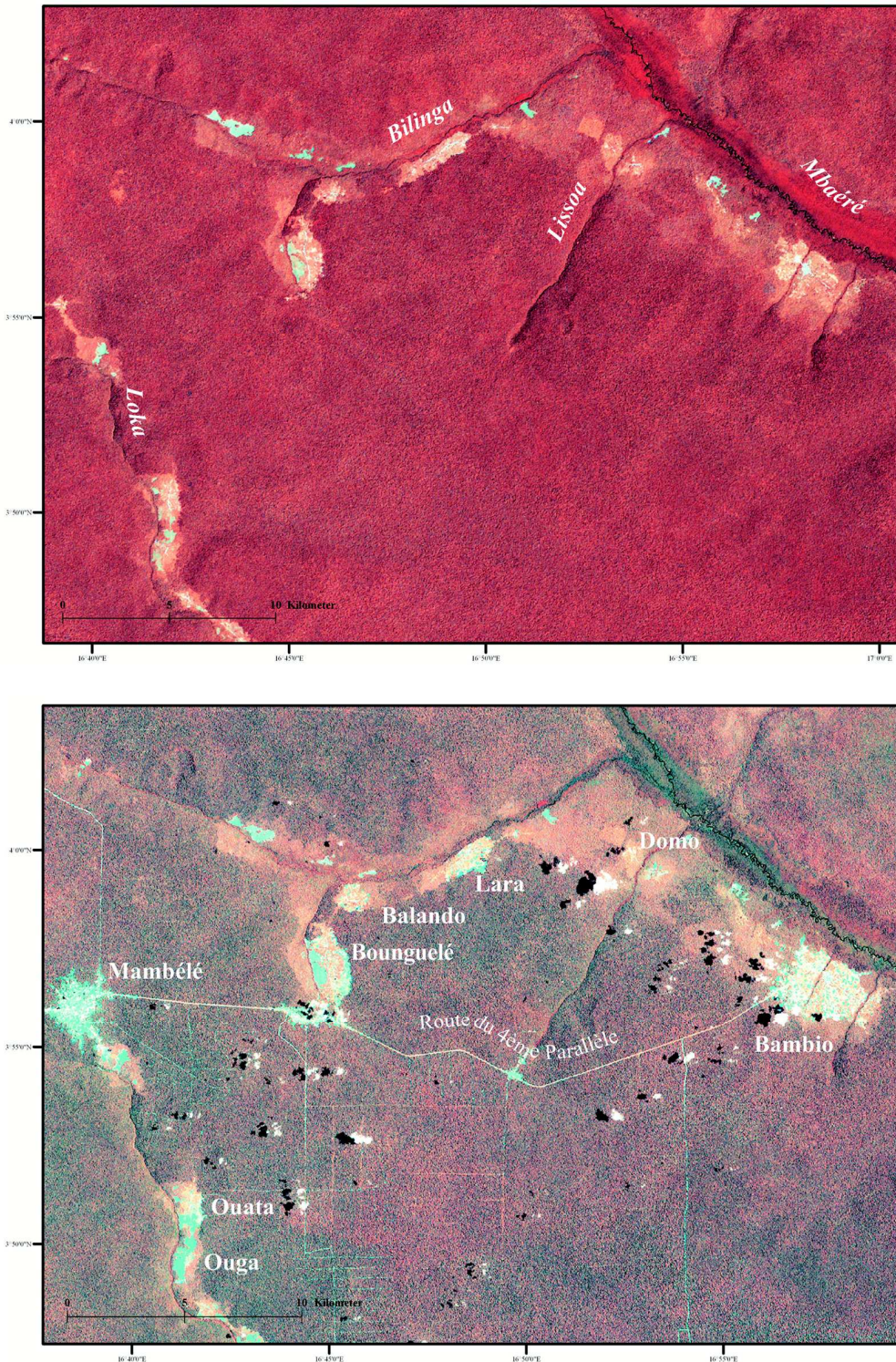


Abb. 29: Anthropogene Veränderungen bei Bambio

Wie der multitemporale Satellitenbildvergleich (oben: Ausschnitt aus Satellitenszene 182-57 vom 09.12.1986, unten: Ausschnitt aus Satellitenszene 182-57 vom 01.04.2002) zeigt, ist die Entwicklung der charakteristischen Siedlungsmuster im gesamten Gebiet gegen Westen gerichtet. Nördlich von Bambio zeigen die Strukturen auf der Höhe von Domo rückläufige Siedlungs- und Nutzungsmuster auf.

Fazit regionale Untersuchung/ Satellitenbildinterpretation

Die Satellitenbilddauswertung belegt viele der in Kap. 2 dargelegten naturräumlichen Informationen, insbesondere, was die jüngeren Entwicklungen der Vegetationsmuster, der Besiedlung und der Landnutzung betrifft. In einigen Fällen führt sie zu Ergebnissen, die über die aus der Literatur gewonnenen Informationen deutlich hinausgehen. Für die vorliegende Untersuchung sind diese Details für die landschaftsgeschichtliche Fragestellung von besonderem Interesse, da sie die jüngste Landschaftsdynamik widerspiegeln und zeigen, wie hochsensitiv die Vegetation am Regenwald-Savannen-Kontakt auf dem Plateau selbst auf geringe Eingriffe in kürzester Zeit reagiert. Das Material bietet somit einen die Karteninterpretation ergänzenden aktuellen Einblick in die rezenten geökologischen Zusammenhänge, die auch bei der Diskussion vergangener und zukünftiger landschaftsgeschichtlicher Veränderungen zu berücksichtigen sind.

4.2 Paläoumweltarchive

4.2.1 Kartengrundlage

Um unter Berücksichtigung der aufgestellten Hypothesen Lokalitäten auszuweisen, an denen sich Hinweise auf landschaftsgeschichtliche Vorgänge erhalten haben können, war das Kartenmaterial nur begrenzt hilfreich. Aufgrund der skizzierten Generalisierungs-Ungenauigkeiten, die sich an den beiden Karten von IGN (*Carte de l'Afrique Centrale* bzw. *Fond Planimétrique de l'Afrique Centrale*, Blatt Mbaïki) im Maßstab 1:200.000 nachweisen lassen (vgl. Kap. 4.1.1), ist davon auszugehen, dass die Darstellung von Details innerhalb der Überflutungsebene und insbesondere die Ausprägung der Mäanderbögen nur die ungefähre Situation zur Zeit der Aufnahme widerspiegelt. Etwa vorhandene abgeschnittene Mäander in Form von Altarmen sind im *Fond Planimétrique* gar nicht auszumachen, und sollten sie in der *Carte de l'Afrique Centrale* berücksichtigt sein, sind sie jedenfalls nicht von der Signatur für die administrative Grenze der Präfektur zu unterscheiden, welche entlang des Mbaéré verläuft. Hinweise auf Terrassenreste oder Uferwälle sind aufgrund der groben Isohypsen-Darstellung mit Äquidistanzen von 40 m im entsprechenden Kartenblatt nicht zu erwarten.

Die Höhenlinien lassen jedoch einige interessante Rückschlüsse auf die randliche Situation der Alluvionen zu, wo unter Kolluvium bedeckte und fluvial abgelagerte Sedimente erhalten sein können. Sie geben vor allem Hinweise auf die Anlage und tektonisch bedingten Veränderungen der Drainage. Der Höhenunterschied zwischen dem Talboden und den Wasserscheiden beträgt stellenweise mehr als 200 m, wobei der Anstieg im Talquerprofil nicht gleichmäßig erfolgt. Im direkten Vergleich des linken und rechten Talrandes zeigt sich, dass das Mbaéré-Tal auffällig asymmetrische Hangverhältnisse aufweist, so beispielsweise zwischen den Einmündungen des Yaya und des Mabiko. Der Anstieg zum *Forêt de Ngotto* ist hier viel steiler als der in Richtung des Schutzgebietes (*zone de conservation*, PN Mbaéré-Bodingué). Die steileren Böschungswinkel gehen mit einer viel stärkeren randlichen Zerschneidung durch die auf dieser Seite meist sehr kurzen Nebenflüsse Yaya, Kélé und Mabiko einher (Abb. 30). Im Oberlauf jenseits der Talverfüllung ist dieses Phänomen noch deutlicher ausgeprägt.

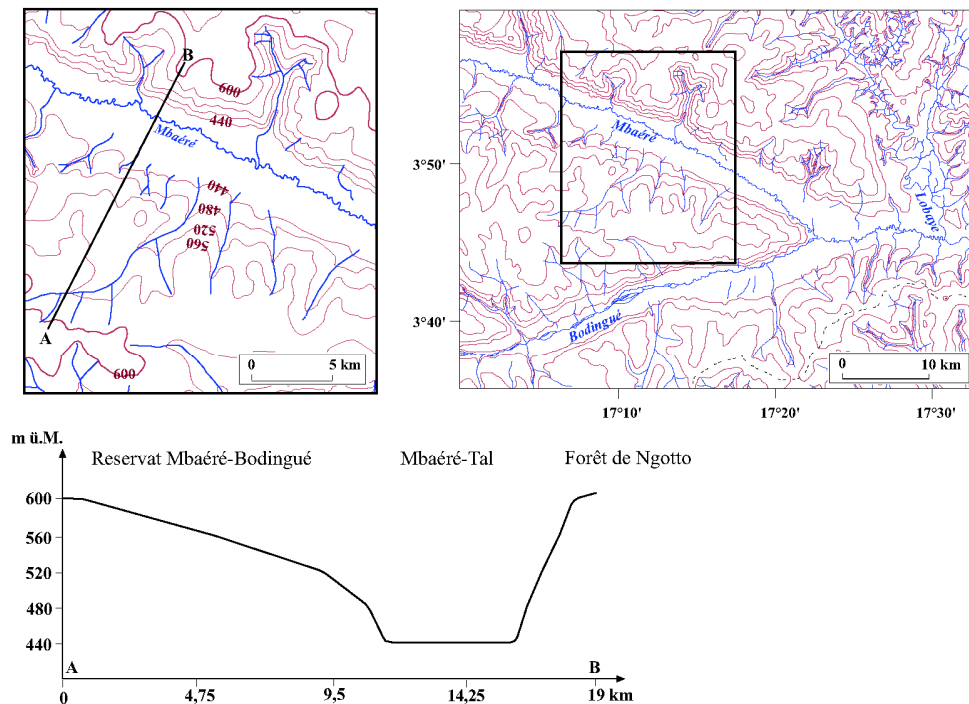


Abb. 30: Talasymmetrie des Mbaéré im Profil

Der schematische Schnitt zeigt die Unterschiede im Talhangbereich. Dem mäßigen Abfall des Geländes im Bereich der Schutzzone im SW steht jenseits der Alluvialebene ein sehr steiler Anstieg zum *Forêt de Ngotto* entgegen (nach: *Carte de l'Afrique Centrale*, Blatt Mbaïki, 1968, verändert).

Da die klassischen Ursachen für eine Talasymmetrie - unterschiedliche Petrographie, Schichteinfall, Mäanderbildung, einmündende Nebenflüsse und pleistozäne Solifluktion bzw. Lössanwehung - ausscheiden und die Theorie der Rechtsablenkung durch die Corioliskraft nur bei großen Flüssen und in den hohen Breiten zum Tragen kommt, liegt ein Zusammenhang mit der tektonischen Schrägstellung als Erklärung nahe. Quer zu einer Hebung verlaufende Flüsse erodieren dabei immer in Richtung der geringsten Hebung, und es kommt so zu einseitigen Steilhangbildungen. Der Mbaéré drainiert, wenn nicht quer, so doch schräg zur heutigen SSE-Kippung des Plateaus. Betrachtet man die Talasymmetrie des Mbaéré insbesondere unter diesem Gesichtspunkt genauer, so müsste sie bei den jetzigen Abdachungsverhältnissen unter Berücksichtigung geltender physikalischer Gesetze aber genau seitenverkehrt ausgeprägt sein. Ein steiler Anstieg ist also unter dem gegebenen Neigungswinkel des Plateaus in Richtung Schutzgebiet, ein moderater Anstieg in Richtung *Forêt de Ngotto* zu erwarten.

Abb. 31 (S. 90) verdeutlicht schematisch, wie unter Zugrundelegung der rezenten Kippungsachse eine stark idealisierte Taleintiefung mit anschließender Talverfüllung hätte verlaufen müssen. Ungeachtet des Umstands, dass die Talbildung sicher mehrphasig vonstatten ging und die Erosions- und Akkumulationsprozesse in Abhängigkeit von klimatischen Einflussfaktoren unterschiedlich stark ausgeprägt gewesen sein dürften, macht die idealisierte Darstellung deutlich, dass unter den heute gegebenen Lagerungsverhältnissen die vorliegende Asymmetrie auf eine Entwässerungsrichtung hinweist, die eine der heutigen entgegengesetzte fluviale Morphodynamik voraussetzt. Erosionsprozesse müssen entsprechend ursprünglich in Richtung NW orientiert und später quer oder wenigstens schräg zu einer Abdachung des Plateaus Richtung NE oder N erfolgt sein.

4. Regionale Untersuchung

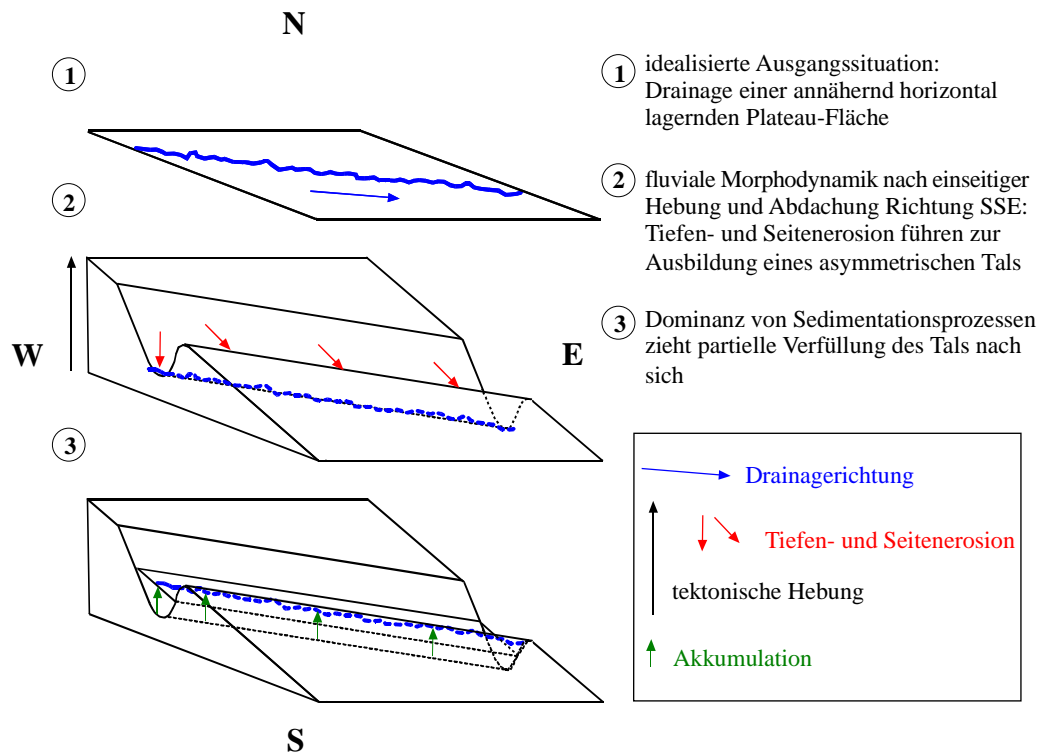


Abb. 31: Idealisierte Talentwicklung als Folge rezenter Abdachungsverhältnisse

Die Blockbilder veranschaulichen die unter einer den gegebenen Verhältnissen entsprechenden Kippung des Plateaus zu erwartende Entwicklung des Mbaéré-Tales unter der Annahme einer initialen Taleintiefung mit späterer Talverfüllung. Das unter den heutigen Bedingungen stärker in Richtung ESE gerichtete Erosionsverhalten des Flusses hätte demnach eine der tatsächlichen Talasymmetrie spiegelverkehrte Talform zur Folge.

Unter Berücksichtigung der erdgeschichtlichen Vergangenheit des Plateaus (vgl. Kap. 2.1.2.1) lassen diese Annahmen nur den Schluss zu, dass die initiale Anlage des Mbaéré-Tals vor der ersten Kippung des gesamten Sandstein-Komplexes erfolgt ist. Damit konnte sich die vorliegende Talasymmetrie dem derzeitigen Erkenntnisstand nach nur gegen Ende des Mesozoikums ausbilden, als die Drainage des zu jener Zeit nach N abdachenden Plateaus auf die Doba-Mulde im südlichen Tschad oder das Touboro-Becken in Nord-Kamerun eingestellt war.

Geht man davon aus, dass auch die relative Lage des afrikanischen Kontinents zum Äquator gegenüber der heutigen Situation Abweichungen aufwies (Abb. 32) und die Binnenbecken als lokale Erosionsbasen zu jener Zeit nördlich, nicht nordwestlich des Sandsteinkomplexes lagen, erfolgte die Entwässerung in Richtung NNW tatsächlich annähernd schräg zur Fläche. Die Herausarbeitung der steilen Hänge spricht für umfassende Erosionsraten, die sich gemäß der Lage des Flusses zur Abdachungsrichtung einseitig konzentrierte.

Mit der weiteren Heraushebung des Plateaus und der dadurch bedingten Änderung der Erosionsbasis wird die Zerschneidung des Sandsteins gegen Ende des Mesozoikums zunächst intensiviert worden und mit der einsetzenden Kippung des Plateaus in die Gegenrichtung schließlich vorübergehend zum Stillstand gekommen sein. Einrumpfungsprozesse zu Beginn des Känozoikums und relative tektonische Ruhe können in einem solchen System zunächst seeähnliche Ablagerungsbedingungen zur Folge gehabt haben und damit den Beginn der

Verfüllung des schon existierenden Tals markieren. Legt man diese Überlegungen zugrunde, hat die danach einsetzende weitere Kippung nach SSE demnach die Abflussumkehr bewirkt, die sich an der bereits vorhandenen und asymmetrisch stark in das Anstehende eingeschnittenen (ererbten) Entwässerungsbahn und partiellen Verfüllung eines Ur-Mbaéré-Tals orientierte.

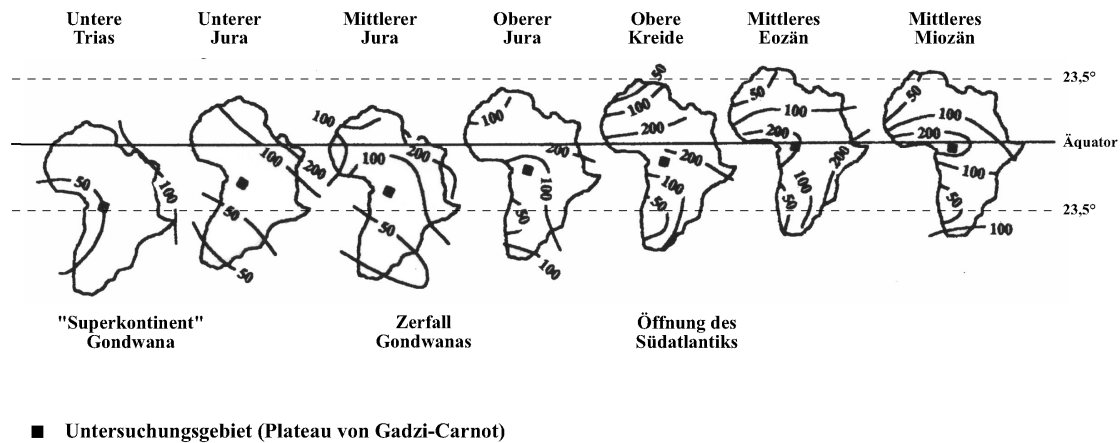


Abb. 32: Erdgeschichtliche Lageveränderung des afrikanischen Kontinents

Die Abbildung veranschaulicht die relative Lage des afrikanischen Kontinents zum Äquator von der Frühen Trias bis zum Miozän (nach: PARRISH et al., 1982, verändert durch CENSIER & LANG 1999). Vor dem Hintergrund der nördlich gelegenen Erosionsbasis Ende des Mesozoikums entwässerte der Mbaéré zu jener Zeit nach NW und somit schräg zur damaligen Abdachungsrichtung, was die Ausbildung der Talasymmetrie erklärte.

Was den Bodingué betrifft, so fügen sich seine Lage und Ausrichtung nicht in dieses Szenario ein. Sie könnten ein Hinweis darauf sein, dass die Kippung des Plateaus in die beiden bekannten Richtungen nicht übergangslos erfolgte und eine zeitweise Verstellung der Einheit im Übergang Mesozoikum/ Känozoikum quer dazu die Ausbildung einer gegenläufigen Drainage verursachte. Hierfür gibt es jedoch keine Anhaltspunkte. Denkbar erscheint dagegen, dass im Zuge der tektonischen Bewegungen die Druckbeanspruchung des Komplexes zu Beginn des Känozoikums zur Ausbildung einer quer zur Kippachse verlaufenden Abfolge kleinerer WSW-ENE-gerichteter Verwerfungen führte, die hier in der Folge die Drainagerichtung vorgab. Entsprechend jünger dürfte in diesem Fall die Anlage des Bodingué sein, dem auch Hinweise auf eine konsequent flussparallele Talasymmetrie fehlen. Die weitere Entwässerung beider Flüsse nach deren Zusammenfluss unter Beibehaltung der Drainagerichtung des Bodingué (und damit quer zur rezenten Abdachung) spricht ebenfalls für diese Vermutung. Der abrupte Richtungswechsel des Lobaye nach Einmündung des Mbaéré setzt die nach E ausgerichtete Drainage fort und könnte ebenso Folge einer solchen Orientierung entlang tektonischer Leitlinien sein.

Für die Ausweisung potentieller Paläoumweltarchive spielen die vorangegangenen Überlegungen zu möglichen Paläoabflussrichtungen insofern eine Rolle, als eine entsprechend sukzessive Verfüllung des Tals über einen so langen Zeitraum hinweg maßgeblich von diesen tektonischen Bewegungen bestimmt gewesen sein dürfte. Folgt man der Argumentation einer Bewegung entlang einer imaginären Kippungsachse, sind je nach klimatischen Rahmenbedingungen unterschiedlich wirksame Erosions- und Akkumulationsprozesse denkbar,

die zum Zeitpunkt einer annähernd horizontalen Lage der Plateauoberfläche selbst limnische Verhältnisse mit sich gebracht haben könnten. In der Erwartung, dass die mit dem vorhandenen Gerät beprobaren Sedimenttiefen eher Hinweise auf quartäre Prozesse liefern würden, war vor dem Hintergrund eine denkbaren völligen Umkehr der Abdachungsrichtung vor allem mit Sicht auf heutige Erosionsprozesse davon auszugehen, dass der Fluss mit der veränderten Situation eine Tendenz zu einer der ursprünglichen Richtung entgegen wirkenden Dynamik zeigt. Diese müsste eine, der initialen Kippung nach N oder NE entgegengesetzte Verlagerung des Flussbettes mit sich bringen, die sich von der steilen Talhangseite fort Richtung Flachhang orientiert. Aufgrund der rezent in den Talverfüllungen sehr ausgeprägten Mäanderbildung ist damit eine seitlich gerichtete Dynamik in den südwestlichen Prallhangpositionen zu erwarten, die deutlich ausgeprägter ist als bei Flüssen, die mit der Abdachungsrichtung entwässern. Einen Anhaltspunkt hierfür bietet das heutige Gerinnebett innerhalb der verfüllten Talebene, das über weite Strecken in deutlichem Abstand zu dem ursprünglich stärker von Seitenerosion betroffenen Hang verläuft. Wenn auch hinsichtlich der Geschwindigkeit dieses Prozesses aufgrund fehlender Vergleichsdaten keine quantitative Aussage möglich ist und die Bedeutung der dichten Vegetationsbedeckung des Tals eine Einschätzung der Situation zusätzlich erschwert, so stellt diese aus dem Kartenmaterial abgeleitete Hypothese eine für die weitere Betrachtung wichtige Information dar. Eine neigungsbedingt einseitige Verstärkung der Erosion sollte als möglicher Auslöser für etwa vorhandene standortbedingte Unterschiede im Erhalt von Paläoumweltarchiven deshalb für die spätere Diskussion berücksichtigt werden.

Im Hinblick auf die Auswahl zu beprobender Standorte lassen die Vorüberlegungen den Schluss zu, dass die Sedimente in der ganzen Talbreite und also auch am heutigen Hangfuß über einen langen Zeitraum hinweg zur Ablagerung kamen. Ob und inwieweit sie im Talrandbereich mit kolluvialen Material vermischt sind, ist schwer abzuschätzen. Ausgehend von lichterem Vegetationsgegebenheiten und stärkerem Oberflächenabfluss unter semi-ariden Bedingungen dürfte die kolluvial-fluviale Verzahnung sicher höher gewesen sein als zu den rezenten Bedingungen unter Wald. Grundsätzlich zu bedenken ist, dass schon bei geringen Hangneigungen schichtflutenartige Prozesse auftreten können und sich entlang steiler Hänge abfließendes Wasser eher in Erosionsbahnen sammelt. Auf der Grundlage des Kartenmaterials und der Vorüberlegungen wurde deshalb ein Vergleich dieser Lokalitäten als sinnvoll erachtet und die Beprobung beider Talrandbereiche vorgesehen.

Die *Carte de l'Afrique Centrale*, Blatt Mbaïki, gibt in einem weiteren Fall Denkanstöße zur Ausweisung möglicher Paläoumweltarchive. Der hier kartierte Verlauf des Flusses innerhalb der Talebene lässt vermuten, dass dort, wo der Sadika in den Mbaéré mündet, eine Verlagerung des Mbaéré an das gegenübergelegene Ufer stattgefunden hat. An dieser Stelle befindet sich der ansonsten im Inneren der Talebene mäandrierende Fluss am rechten Talrand, welcher der Mündung des Sadika gegenüberliegt (Abb. 33).

Der Hang wird hier, wie spätere Geländebeobachtungen zeigten, vom Fluss unterquert. Die halbkreisförmige Struktur, in der Karte am Gegenhang ausgewiesen, scheint in direktem Zusammenhang mit dem Eintritt des Sadika in die Ebene zu stehen. Nahe liegt, dass es sich um eine schwemmfächerartige Schüttung von Sedimenten des Sadika handelt, die älteren Sedimenten des Mbaéré auflagert und diese vor Erosion schützt. Bedingt durch die exponierte Lage innerhalb des Mbaéré-Tals und das stärkere Gefälle, wurde hier offenbar die Ausbildung von Savanne begünstigt. Signaturen, die auf ähnliche Standorte hinweisen, finden sich innerhalb der Talebene auf der Seite des Nationalparks im Mündungsbereich des Télélé, des Babolo und

des Kongolo (vgl. Abb. 21, S. 75) und am gegenüberliegenden Ufer im Mündungsbereich des Kélé und des Mabiko. Hier ist jedoch kein Zusammenhang mit Richtungswechseln des Mbaéré zu erkennen, die auf ähnliche Bildungen hinwiesen. Ausgehend von diesen Überlegungen, wurde die Beprobung des Übergangsbereichs zwischen Mbaéré und Sadika für eine Beprobung ins Auge gefasst.

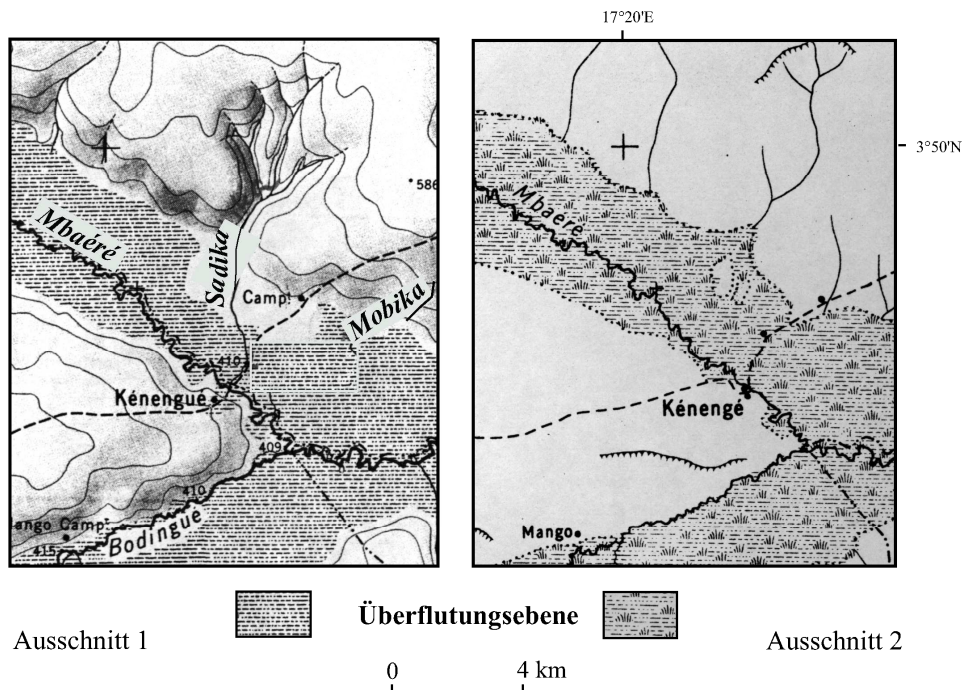


Abb. 33: Sadika-Schwemmfächer, Kartenausschnitte

Sadika-Mündung auf der Höhe von Kénengué. Ausschnitt 1 auf der Grundlage der *Carte de l'Afrique Centrale*, Blatt Mbaïki, verdeutlicht die Gesamtsituation innerhalb der Alluvialebene und zeigt den hier an den rechten Talhang verlagerten Mbaéré. Ausschnitt 2 zeigt zum Vergleich die Darstellung des *Fond Planimétrique* (gleiches Blatt).

Fazit Paläoumweltarchive/ Kartengrundlage

Abgesehen vom sich anbietenden Vergleich der Talrandlagen und der Schwemmfächerstruktur lieferte das übrige Kartenmaterial hinsichtlich der Lokalisierung potentieller Archive und der Ausweisung möglicher Probenstandorte keine weiteren Anhaltspunkte.

4.2.2 Luftbildauswertung

In den Luftbildern von 1964 sind über weite Strecken linienhafte, geschwungene Strukturen zu erkennen, bei denen es sich um subrezente Mäander handelt, die teilweise oder vollständig vom heutigen Gerinnebett getrennt sind. Einige von ihnen erscheinen schwarz, andere hell (Abb. 34).

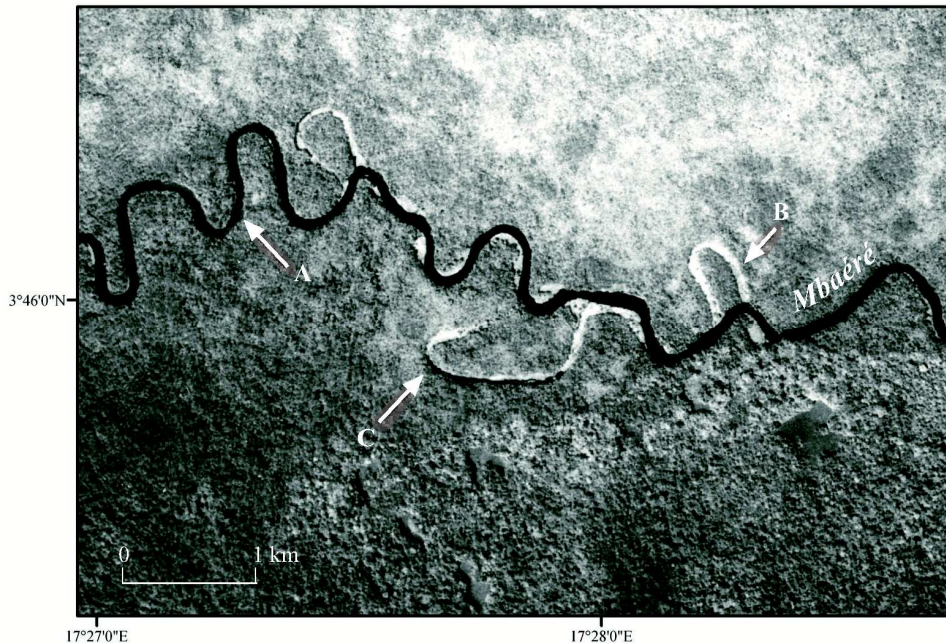


Abb. 34: Mäanderbögen und Altarme des Mbaéré, Luftbildausschnitt

Die Ausschnittvergrößerung aus dem Luftbild (NA 33 XXIII-XXIV, 477) zeigt den rezenten Verlauf des Gerinnebettes (A). Jenseits des Bettes auftretende Mäanderbögen stellen Altarme dar. Hell abgebildete lineare Strukturen (B) weisen dabei auf mit Schwimmpflanzen bewachsene Altarme des Flusses, dunkle lineare Abschnitte auf vereinzelte offene Wasserflächen (C) hin.

Sie sind Ausdruck fluvialer Morphodynamik und zeugen von Veränderungen der Gerinnebettlage. Die hellgrauen linearen Strukturen markieren dabei ebenso wie die dunklen die Lage ehemaliger Abflussbahnen. Erstere zeichnen sich, erkennbar an der hellen Farbe, durch niedrigere Vegetation aus, während letztere, erkennbar an der dunklen Farbe, offene Wasserflächen anzeigen.

Geländebeobachtungen belegen, dass es sich im Falle der hellen linearen Strukturen um mit Schwimmpflanzengesellschaften bestandene Lokalitäten handelt, die allmählich verlandende Flussabschnitte kennzeichnen (Foto 19). Vereinzelt sind im Luftbild in den Altarmen Baumkronen zu erkennen, die auf den Prozess der randlichen Verlandung und die allmähliche Kolonialisierung dieser Bereiche durch Überflutungswald hindeuten.

Besonders auf dem letzten Teilstück zwischen Einmündung des Bodingué und Einmündung in den Lobaye sind die subrezente Gerinnebetten leicht zu identifizieren. Flussaufwärts sind sie, bedingt durch die geringere Breite des an einigen Stellen verengten oder durch das Kronendach des Waldes verdeckten Flussbettes, schwerer auszumachen. Tendenziell treten Altarme erwartungsgemäß eher am linken Ufer auf und unterstützen damit die auf der Grundlage der

Kartenauswertung fußende Vermutung einer einseitig höheren Morphodynamik (vgl. Kap. 4.2.1).

Für die Ausweisung paläoumweltrelevanter Archive sind die Altarme und abgeschnittenen Mäander interessant, weil durch die Gerinnebettverlagerung ein Austrag von Material an diesen Stellen weniger intensiv ist als entlang des rezenten Gerinnebettes. Die Existenz erosionsgeschützter Terrassen ist hier wahrscheinlicher. Vergrößerungen der Luftbilder zeigen außerdem, dass entlang des Mbaéré-Ufers flussbegleitend flächenhafte Strukturen in hellgrauer Farbe auftreten, die ein ähnlich gleichförmiges Binnenmuster aufweisen wie die Altarme (Abb. 35, S. 96). Den Geländeeindruck dieses Phänomens gibt Foto 20 (S. 96) wieder.



Foto 19: Rezenten Gerinnebett und Altarm des Mbaéré

Wasserpflanzen kolonisieren die durch geringere Abflussgeschwindigkeiten gekennzeichneten subrezentem Mäanderbögen. Der durchgezogene Pfeil markiert die rezente, der gestrichelte Pfeil die ehemalige Hauptdrainage des Mbaéré (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2006).

Fazit Paläoumweltarchive/ Luftbildauswertung

Die Luftbildauswertung ergab somit trotz des nicht aktuellen Aufnahmezeitpunktes Anhaltspunkte für die potentielle Existenz von landschaftsgeschichtlich relevanten Standorten. Aufgrund der Waldvegetation innerhalb der Überflutungsebene, welche eine Binnendifferenzierung der Talebene im Hinblick auf mögliche Höhenunterschiede und Geländekanten erschwerte, war die Ausweisung von Terrassen, wie sie im Tal des Mbari auf dem Mbomou-Plateau innerhalb der Grasländer mittels der Luftbildauswertung möglich war (vgl. Kap. 3.3), auf der Grundlage dieser Daten jedoch nicht möglich.

4. Regionale Untersuchung



Abb. 35: Gleithänge des Mbaéré mit Schwimmpflanzenbewuchs, Luftbildausschnitt

Auf der Basis der Ausschnittvergrößerung des Luftbildes (NA 33 XXIII-XXIV 475) zeigen sich die vor allem in Gleithanglage ausgebildeten Schwimmrassenfluren, die vor dem Hintergrund fluvialer Akkumulationsprozesse Hinweise auf mögliche Paläoumweltarchive geben können.



Foto 20: Schwimmpflanzengesellschaft in Gleithanglage

In Aufnahmerichtung flussabwärts zeigt sich die in Gleithanglage (rechts) typische Ausprägung von Schwimmpflanzen. Neben diesen Standorten siedeln sich Schwimmpflanzen auch in anderen Bereichen reduzierter Fließgeschwindigkeit an, so z.B. hinter umgestürzten Baumstämmen, die Treibgut- und Sedimentfallen darstellen (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2006).

4.2.3 Satellitenbildinterpretation

Ausgehend von der Annahme einer einseitig intensiveren Morphodynamik, die sich aus der Lage des Flusses zur heutigen Neigung des Plateaus ergibt, konnte durch den direkten Vergleich von älteren Luft- mit aktuelleren Satellitenbildern eine derartige Dynamik für die vergangenen knapp 40 Jahre nicht festgestellt werden. Weder flussaufwärts noch im Unterlauf weisen Luft- und Satellitenbilder Unterschiede in der Lage des Mbaéré-Gerinnebettes auf (Abb. 36).

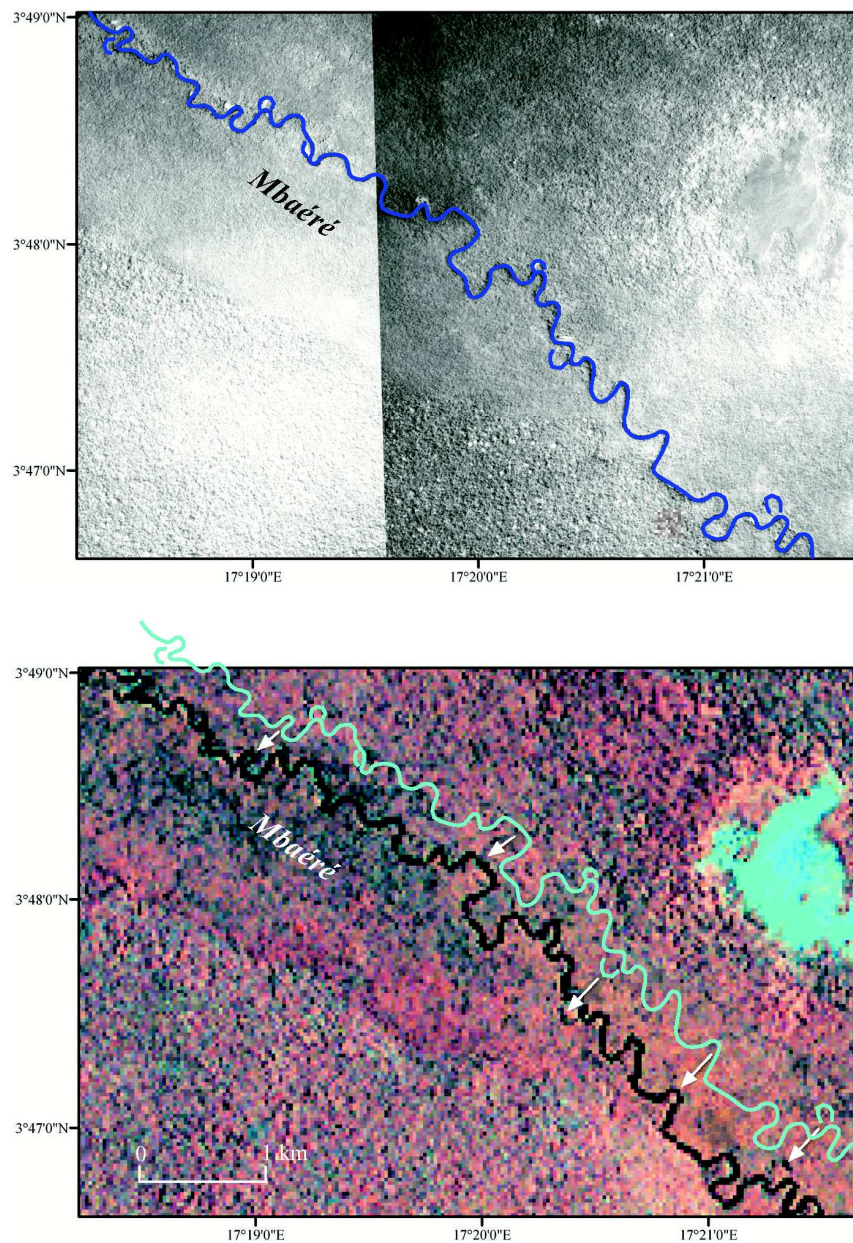


Abb. 36: Gerinnebett des Mbaéré: multitemporaler Vergleich

Der Vergleich des Ausschnitts aus den Luftbildern NA 33 XXIII-XXVI, 473/474 (1964) mit dem des Satellitenbildes 182-57 (01.04.2002) deutet auf eine stabile fluvialmorphologische Situation im Mbaéré-Tal hin. Der Ausschnitt zeigt die Verhältnisse nordwestlich von Kénéngué. Zur Veranschaulichung der Übereinstimmung wurde ein Klon (türkis) der aus den Luftbildern kartierten Gegebenheiten (blau) in das Satellitenbild hineinkopiert. Die weißen Pfeile bezeichnen besonders markante Lokalitäten.

4. Regionale Untersuchung

Dies deutet darauf hin, dass trotz der geschwungenen, zum Teil sehr engen Mäanderbögen bei einseitig intensiverer Seitenerosion in den Prallhangpositionen und den zu beobachtenden Verlandungstendenzen entlang der Gleithänge, markiert durch die Ansiedlung von Schwimmpflanzen, die Verlagerung des Gerinnebettes rezent nur sehr langsam vonstatten geht. Ursache hierfür ist anscheinend die Vegetation des Talbereichs, die aufgrund der intensiven Durchwurzelung der Alluvionen die fluvialmorphologisch induzierten Veränderungen in viel stärkerem Maße behindert, als dies beispielsweise in reinen Überflutungsgrasebenen der Fall ist.

Hinweise auf Altarme und abgeschnittene Mäanderbögen finden sich im Satellitenbild ebenso wie in den Luftbildern vorrangig im Unterlauf des Mbaéré vor dessen Einmündung in den Lobaye. Sie treten fast ausschließlich am linken Mbaéré-Ufer auf und bestätigen trotz der konstatierten jüngeren Formungsruhe noch einmal die Vermutung, dass aufgrund der Lage des Talabschnitts quer zur heutigen Abdachungsrichtung der Fluss innerhalb der weiten Alluvialebene tendenziell eine nach S gerichtete stärkere Seitenerosion aufweist.

Im direkten Vergleich zwischen Satellitenbild- und Luftbildausschnitt wird deutlich, dass auflösungsbedingt nur die größeren Strukturen auf dem Satellitenbild zu erkennen sind (Abb. 37).

Flussaufwärts der Einmündung des Bodingué in den Mbaéré sind die subrezent Gerinnebetten in der Satellitenbildszene oft nur als diffuse Muster in Flussnähe als solche zu erkennen, wenn man aufgrund der vorangegangenen Luftbildauswertung ihre genaue Lage kennt (Abb. 38, S. 100).

Abgesehen von den aus dem Luftbildmaterial bekannten Stellen gibt es keine weiteren Gefügemuster, die in der Satellitenszene auf weitere derartige Formen schließen lassen. Diese Informationen bestätigen die relative jüngere Passivität des Systems unter den gegebenen wechselfeuchten Bedingungen.

Die in der Bandkombination 4, 5 und 7 des Satellitenbildes besser als in den Luftbildern zu differenzierende Alluvialebene des Mbaéré weist in der Aufnahme 181-57 vom 03.03.2000 vor allem im Talinneren des Unterlaufs zahlreiche dunklere Flächen auf. Gegen den Rand der Talebene überwiegen dagegen die kräftigen Rottöne des Überflutungswaldes (Abb. 39, S. 101).

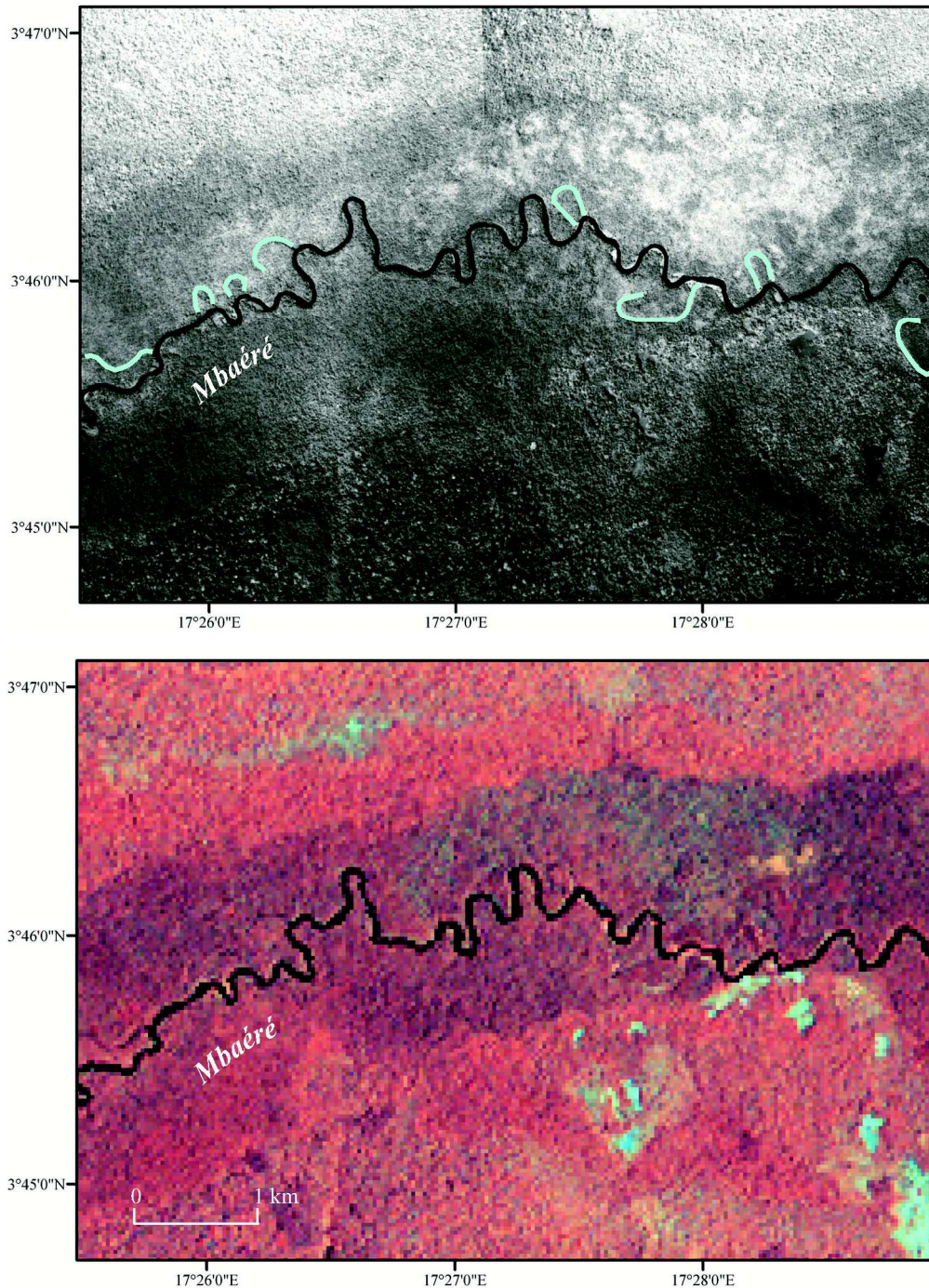


Abb. 37: Altarme des Mbaéré zwischen Kénengué und Moloukou, Luft-/ Satellitenbildausschnitt

Der abgebildete Landschaftsausschnitt, jenseits der Einmündung des Bodingué in den Mbaéré und vor dessen Einmündung in den Lobaye gelegen, dokumentiert die eher am linken Mbaéré-Ufer auftretenden Altarme (türkis nachgezeichnet im Luftbildausschnitt NA 33 XXIII-XXVI, 477 von 1964). Sie sind Ausdruck einer subrezentem Gerinnebettlage und deuten damit auf eine Seitenerosion hin, die tendentiell in Richtung des flacheren Hangbereichs gerichtet ist. Die dem Luftbild gegenübergestellte Satellitenbildszene (Ausschnitt aus Szene 181-57 vom 03.03.2000) macht die unterschiedliche Qualität der räumlichen Auflösung deutlich.

4. Regionale Untersuchung

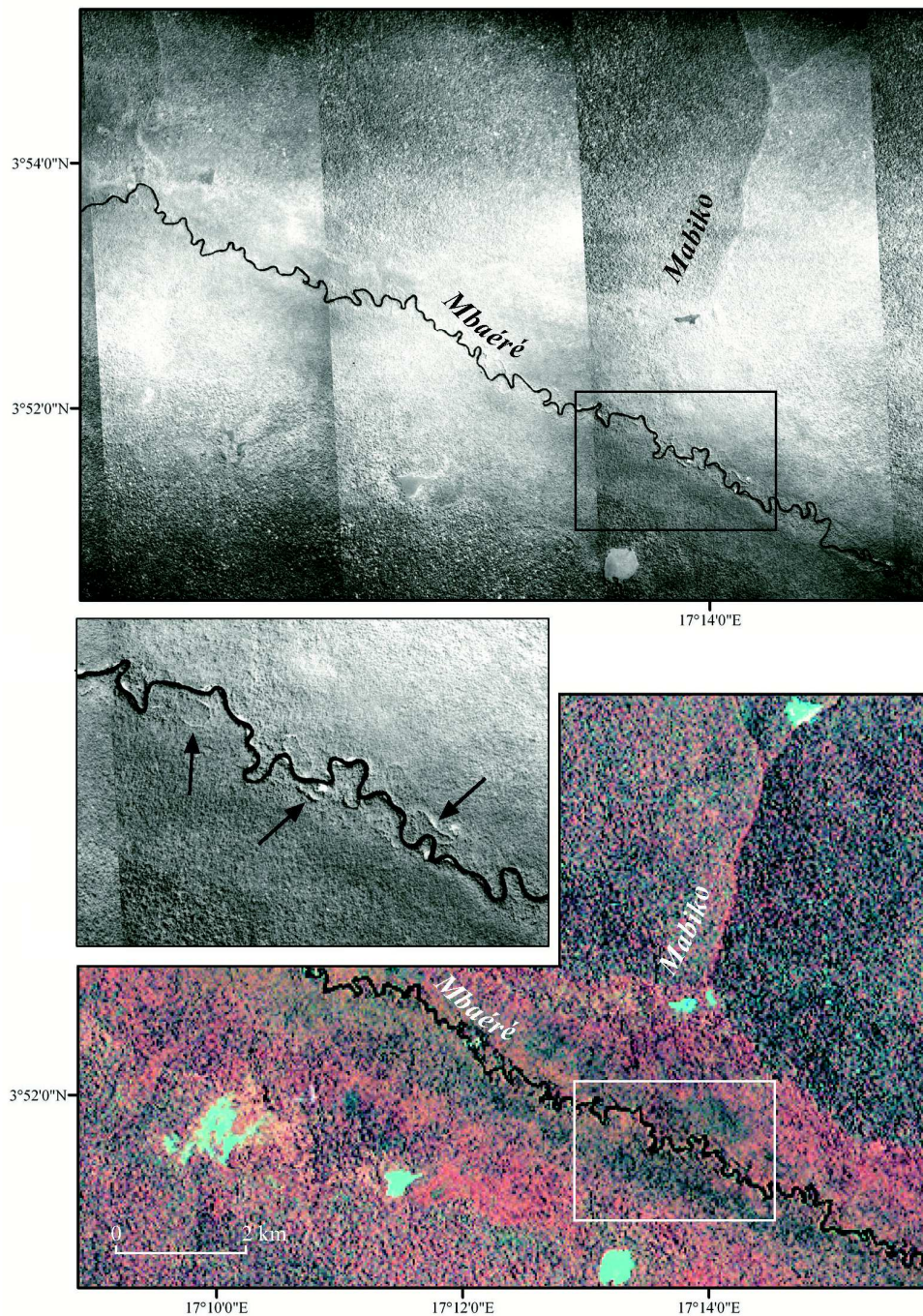


Abb. 38: Altarme des Mbaéré flussaufwärts, Luft-/ Satellitenbildausschnitt

Das jüngere Datenmaterial (Satellitenbild 182-57, 01.04.2002) zeigt gegenüber den 38 Jahre älteren Daten (Luftbild NA 33 XXIII-XXVI, 486) keine signifikanten Unterschiede in der Ausprägung der Phänomene, was die relative rezente Stabilität des fluvialen Systems unterstreicht. Aufgrund der räumlich besseren Auflösung finden sich anhand der Luftbilder mittels Ausschnittvergrößerung auch Hinweise auf Altarme (Pfeile).

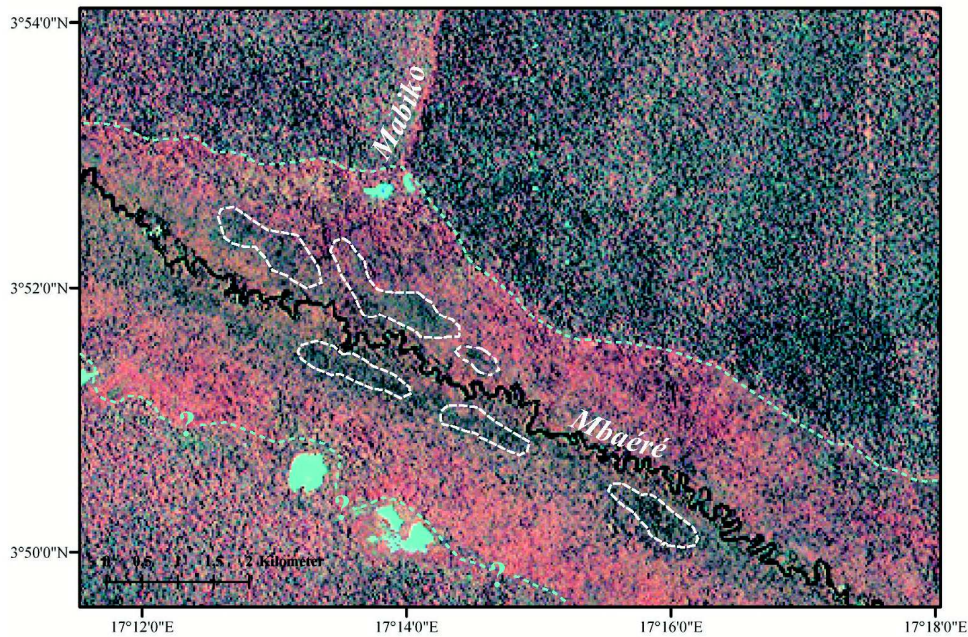


Abb. 39: Vegetation innerhalb der Alluvialebene, Satellitenbildausschnitt

Die Farbgebung des Satellitenbildausschnitts 182-57 (01.04.2002) in der Bandkombination 4,5,7 macht die lokalen Unterschiede der Vegetationsmuster vor dem Hintergrund wechselnder Bodenfeuchteverhältnisse deutlich. Die flussnahen, markierten Bereiche sind Überflutungswald-Einheiten, die zum Aufnahmezeitpunkt von hoher Restfeuchte gekennzeichnet waren. Während der Vegetationsübergang zum Tieflandsregenwald im NE aufgrund der hier akzentuierten Hangsituation anhand der klar abgrenzbaren Rottöne sehr deutlich zu erkennen ist, ist der Vegetationswechsel im SW (Richtung Schutzzone) weniger offensichtlich.

Die Annahme, dass es sich um Restfeuchte im Untergrund handelt, die hier das reine Vegetations-Signal überlagert, wird gestützt durch die Beobachtung, dass eine ähnlich dunkle Farbe im Fall des Bodingué konsequent flussparallel auftaucht und auch dort erscheint, wo der Bodingué sich auf kurzer Distanz in mehrere Arme verzweigt. Im Mbaéré-Tal tritt dieses Phänomen im Ausschnitt der Szene 182-57 vom 01.04.2002 vor allem flussabwärts der Einmündung des Mabiko auf, einem Talabschnitt, der laut Höhenangaben der topographischen Karte ein leicht zunehmendes Gefälle aufweist (vgl. Abb. 12, S. 30). Hier hängen die hygri-schen Gegebenheiten mit der stärkeren Wasserzufuhr durch den vergleichsweise großen Nebenfluss zusammen, der sich tief in das Plateau eingeschnitten hat. Die der Literatur entnommenen Hinweise zu den rezenten zeitversetzten Abflussbedingungen innerhalb des Plateaus deuten darauf hin, dass sich diese dunkleren Bereiche im Tal aufgrund des oberflächennah anstehenden Grundwassers für eine Beprobung mit dem vorgesehenen Bohrgerät (Kap. 1.3) nicht eignen. Unter Berücksichtigung des Aufnahmedatums der Satellitenszene (April, fortgeschrittene Trockenzeit/ Beginn der Regenzeit) ist zudem davon auszugehen, dass sich zu anderen Zeitpunkten innerhalb des saisonalen Niederschlags- und Abfluss-Zyklus das Grundwasserproblem in noch viel größerem Maße stellt. Es ist deshalb anzunehmen, dass weite Teile der Talebene ohne entsprechendes Bohrgerät nicht beprobt werden können und sich unter den heutigen klimatisch-hydrologischen Gegebenheiten mit dem zur Verfügung stehenden Material ausschließlich die weniger wasserbeeinflussten Standorte innerhalb der Alluvialebene für eine Beprobung eignen. Für die Beprobung im Talrandbereich

bedeutete dies, dass wegen der zum Teil im Satellitenbild schwer auszumachenden Übergänge zwischen Talboden und Plateauhängen im Bereich des zur Schutzzone mäßig ansteigenden Hangs vorwiegend jene Stellen als leichter zu lokalisierende potentielle Probenstandorte ausgewiesen wurden, die auf geringe Restfeuchte im Untergrund hindeuten und akzentuiert den Übergang vom Talboden zum Hang markieren.

Was die flussnahen Bereiche der Talebene und mögliche Beprobungen betrifft, lässt die Auswertung des Szenenausschnitts 181-57 (03.03.2000) im Hinblick auf die Restfeuchte-Bedingungen eine stärkere Differenzierung zu. Auffällig ist, dass im Unterlauf des Mbaéré jenseits der Mündung des Bodingué flussparallel ein schmaler rötlicher Streifen auf die Dominanz des Vegetations-Signals gegenüber dem Grundwasser-Signal hinweist (Abb. 40).

Wenn mit oberflächennah anstehendem Grundwasserspiegel das hygrische Signal bei gleichbleibenden Reliefgegebenheiten nicht einfach aussetzt, ist anzunehmen, dass es sich hier flussparallel um leicht exponierte und deshalb weniger vom Wasser beeinflusste Bereiche handelt. Da dieses Phänomen flussaufwärts in dieser Form nicht zu erkennen ist, muss ein möglicher Zusammenhang mit den besonderen naturräumlichen Gegebenheiten im Unterlauf gesucht werden: Der mit der Speisung durch den Bodingué erheblich verstärkte Abfluss des Mbaéré geht in diesem Flussabschnitt einher mit einem ausgesprochen moderaten Gefälle im Tallängsprofil (6 m Differenz auf 15 km Luftlinie). Dies deutet darauf hin, dass ein Ansteigen des Flusspegels und eine Überschwemmung des Talbodens eine flussparallele Akkumulation des mitgeführten Materials mit sich gebracht hat, wobei insbesondere die dichte Überflutungswald-Vegetation als Sedimentfalle fungiert hat. Es ist ebenso denkbar, dass klima- und vegetationsbedingt abweichende Phasen existierten, in denen eine uferwallartige Akkumulation des Sediments bei weniger dichter Vegetationsbedeckung vonstatten gegangen ist. Vor dem Hintergrund der Ausweisung potentieller Paläoumwelt-Archive wurden diese den Fluss säumenden Lokalitäten im Vorfeld der Geländearbeiten als potentielle Probenstandorte betrachtet.

Im Unterlauf des Mbaéré zeigt derselbe Satellitenbild-Ausschnitt weiter eine Gruppe hellroter Signale in deutlicher Entfernung zum rezenten Gerinnebett, die sich von denen in ihrer Umgebung abheben. Der vorangegangenen Argumentation folgend, deuten diese ebenfalls auf abweichende hygrische Bedingungen aufgrund relativer Reliefunterschiede hin. Da es sich hier eventuell um Terrassen eines ehemals nördlicher fließenden Mbaéré handelt, wäre eine Beprobung dieser Standorte von Interesse. Aufgrund der relativen Unzugänglichkeit dieses Bereichs und der Unmöglichkeit, sich unter Wald im Gelände mittels GPS zu orientieren, musste die Beprobung aber bereits in der Planungsphase als nicht durchführbar verworfen werden.

Fazit Paläoumweltarchive/ Satellitenbildinterpretation

Was die Ausweisung zugänglicherer Lokalitäten betrifft, die als flächenhaft auftretende Terrassen-Residuen gedeutet werden könnten, lieferte die Satellitenbildinterpretation im Vorfeld der Geländearbeiten keine Anhaltspunkte. Innerhalb der Talebene sind auf den ersten Blick keine solchen Strukturen (weder flussfern noch flussnah) zu erkennen. Das deutet darauf hin, dass Terrassen, wie sie in anderen naturräumlichen Milieus mit Fernerkundungsaterial gewöhnlich zu identifizieren sind, aufgrund der homogenen Vegetationsverhältnisse im Mbaéré-Tal nicht erkennbar oder in ihrer Ausdehnung zu klein sind, um bei der räumlichen Auflösung der Szenen erfasst zu werden, oder dass sie als solche nicht (bzw. nicht mehr) existieren.

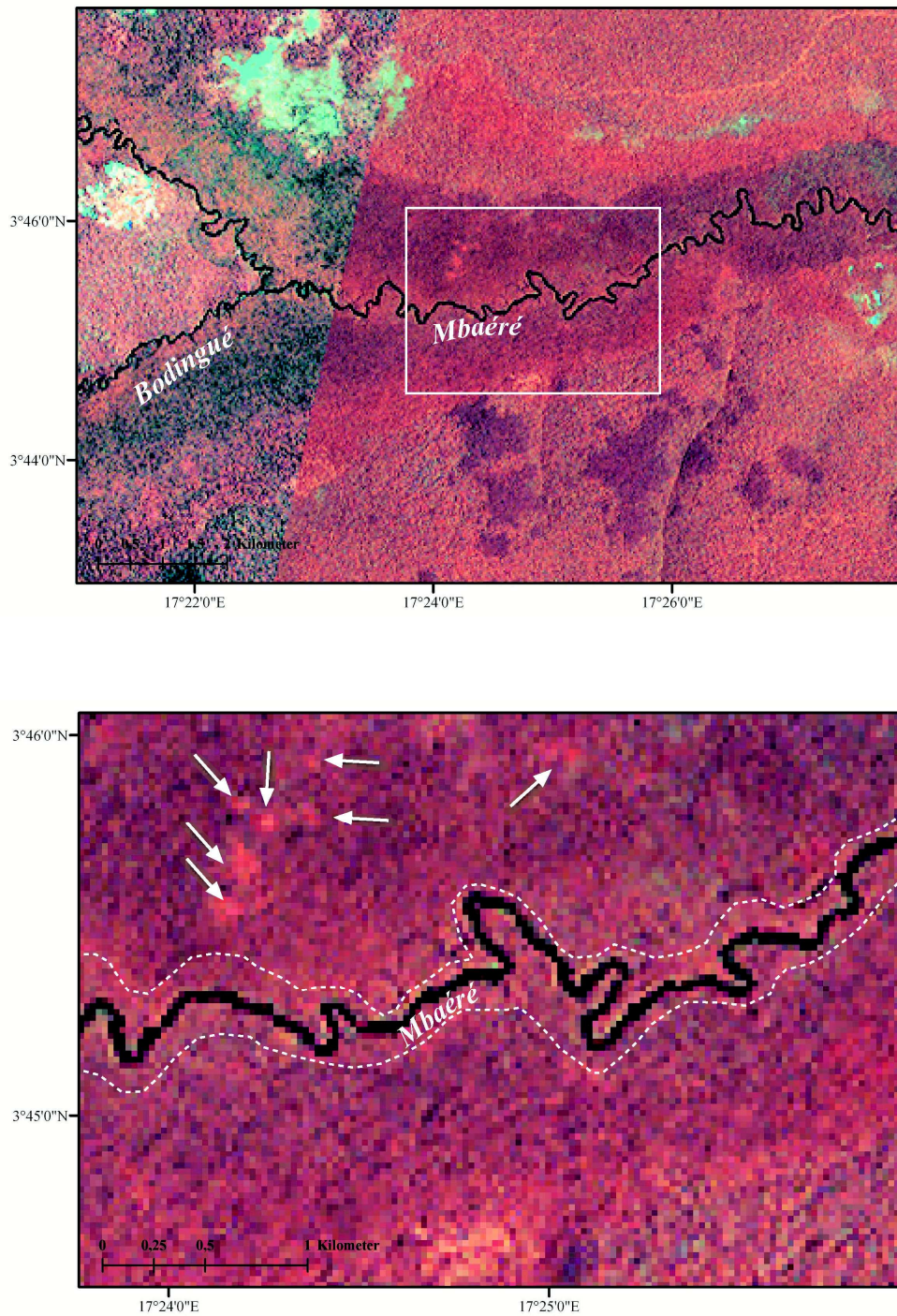


Abb. 40: Vegetation innerhalb der Alluvialebene, Satellitenbildausschnitt

Anhand der Ausschnittsvergrößerung sind flussfern einzelne isolierte Lokaltäten (durch Pfeile markiert) sowie ufernahe Saubereiche (vgl. Farbgebung innerhalb der gerissenen Linien) deutlich sichtbar, deren Reflexionsmuster auf trockenere Standorte (ehemalige Terrassen oder uferwallartige Strukturen?) hindeutet (Datengrundlage: Ausschnitte aus Satellitenszene 181-57, 03.03.2000, sowie Szene 182-57, 01.04.2002).

4. Regionale Untersuchung

Bei der dritten Geländekampagne, in der sich die Gelegenheit bot, entlang des Flussufers Standorte systematisch zu beproben (vgl. Kap. 4.3.1), zeigte sich, dass terrassenartige Strukturen zwar vorhanden, aber tatsächlich von sehr begrenzter räumlicher Ausdehnung sind. Stellenweise nehmen diese leicht exponierten und daher trockeneren Bereiche, die eine abweichende Vegetationszusammensetzung aufweisen, weniger als 20 m² ein. Bei einer räumlichen Auflösung von nur 30 x 30 m werden aber gerade kleinere Formen nur in günstigen Fällen durch einen Bildpunkt (Pixel) des Landsat-TM-Fernerkundungssystems abgebildet. Bei einer der dritten Geländekampagne folgenden neuerlichen Betrachtung der Satellitenbildszene 181-57 (03.03.2000) fielen sehr unregelmäßig auftretende einzelne Pixel von intensiv roter Farbe auf, die sich insbesondere im Unterlauf des Mbaéré direkt am Fluss befinden und sich ähnlich deutlich von den sie umgebenden dunkleren Signalen abheben wie die zuvor beschriebenen größeren Formen. Da trotz aufnahmebedingter leicht abweichender Farbwiedergabe der Szenen 181-57 (03.03.2000) und 182-57 (01.04.2002) nicht davon auszugehen ist, dass es sich überall um Fehlsignale handelt, und die roten Pixel auffallend oft in Gleithanglage oder entlang der wenigen geraden Gefällestrecken auftreten, ist anzunehmen, dass es terrassenartige Strukturen sind, die diese Signale hervorrufen. Bestätigt wurde diese Vermutung durch den Abgleich mit den GPS-Daten der Probenstandorte zwischen Mobongué und Moloukou. Weiter flussaufwärts ist das Auftreten dieser Phänomene in der Satellitenszene 182-57 (01.04.2002) weniger deutlich. Im Vergleich zur Umgebung rötlicher erscheinende einzelne Pixel lassen jedoch auch hier auf ähnliche Lokalitäten schließen, die systematisch untersucht werden könnten.

In Verbindung mit der den Geländearbeiten vorausgegangenen Literaturrecherche zu den naturräumlichen Gegebenheiten ermöglichte die Satellitenbildinterpretation zunächst erste Hypothesen zur Ausweisung potentieller Standorte paläoumweltrelevanter und beprobbarer Archive innerhalb des Mbaéré-Tals. Hinsichtlich der rezenten Lage der Mäanderbögen und des Gerinnebettes in der Alluvialebene schienen die Satellitenbilder den Karten und den Luftbildern gegenüber zunächst schon aufgrund ihrer Aktualität die verlässlicheren Quellen zu sein. Direkte Vergleiche von Satellitenbild-Ausschnitten und den rund 40 Jahre älteren Luftbildern zeigten aber im Hinblick auf den Verlauf des Mbaéré keine signifikanten Veränderungen. Auflösungsbedingt ließen sich in den Luftbildern Altarme deutlich leichter erkennen. Erst durch die sich anschließenden Geländearbeiten wurden jedoch bestimmte naturräumliche Zusammenhänge, so beispielsweise zu den Vegetations-/ Reliefgegebenheiten und der hygri-schen Situation, deutlicher. Die Ausweisung von Terrassen war aufgrund der räumlichen Auflösung schwierig und erfüllte zunächst nicht die Erwartungen. Die Sichtung des Materials führte unter Berücksichtigung der im Vorfeld weitgehend unklaren infrastrukturellen Erschließung des Raums und der Unsicherheit der Zugänglichkeit der Alluvionen zu einer groben Vorab-Auswahl möglicher Probenstandorte.

4.3 Geländearbeit

4.3.1 Überblick

Die Ergebnisse zur Landschaftsentwicklung und ihren klimatischen Implikationen beruhen auf dem Einsatz landschaftskundlicher und geomorphologisch-bodenkundlicher Arbeitstechniken, wobei angesichts der fluvialmorphologischen Betrachtungsweise in einem Raum potentiell hoher Morphodynamik das Hauptaugenmerk auf der geogenen Prozess-Dominanz (Sedimentation) lag. Die pedogenen Aspekte wurden aufgrund der starken Verzahnung von Sedimentations- und Erosionsprozessen mit pedogenen Prozessen nachrangig betrachtet, fanden jedoch dort Eingang in die Darstellung, wo sie Hinweise auf veränderte klimatische Rahmenbedingungen lieferten.

Die Geländearbeit erfolgte in drei mehrwöchigen Feldkampagnen in den Jahren 2004, 2005 und 2006. Angesichts der in Kap. 2 dargelegten hydrologischen Besonderheiten des Sandstein-Plateaus wurde für die Prospektion der Alluvionen und des Schwemmfächers jeweils ein Zeitraum zwischen Januar und März gewählt. Die Erfahrungen vor Ort zeigen, dass im Januar die Überflutungsebenen zum Teil lokal noch sehr vernässt sind und vereinzelt Niederschläge vor der Regenzeit die Sedimentkörper bereits im März erneut mit Wasser füllen. Im direkten Vergleich mit ähnlichen Geländearbeiten, im November/ Dezember 1996 auf dem Mbomou-Plateau im SE des Landes im Mbari-Tal durchgeführt, wird deutlich, dass trotz ähnlicher klimatischer Parameter in den beiden nördlichsten Einheiten des Tieflandsregenwaldes die Besonderheiten aklimatischer Standortfaktoren eine wichtige Rolle im naturräumlichen Kontext spielen.

Die Geländearbeit 2004 gliederte sich in zwei Phasen. In der ersten standen die logistische Vorbereitung der Feldarbeit und die Geländebeobachtung im Vordergrund, um die aus der Literatur gewonnenen Informationen zum Naturraum zu ergänzen. Bereits im Vorfeld zeichnete sich als grundlegendes Problem die aus der geringen Siedlungsdichte resultierende weitgehende Unzugänglichkeit des Mbaéré-Tales ab. Den einzigen direkten Zugang zum Tal auf dem Landweg stellten dabei die einzige Brücke zwischen Grima und Bambio und die Waldwirtschaftswege des IFB im Zentrum des Forêt de Ngotto dar. Vor allem wurde deutlich, dass die Fortbewegung innerhalb der Talebene aufgrund des dichten Geflechts von Stelzwurzeln und der hohen Bodenfeuchte im Überflutungswald über größere Entfernungen nahezu unmöglich ist. Der Zugang zu den vorab ausgewählten potentiellen Probenstandorten im Talrandbereich war deshalb nicht immer gewährleistet, und einer systematischen Standortauswahl entlang der Randbereiche waren somit Grenzen gesetzt.

Um dennoch eine möglichst gute Übersicht über die Gegebenheiten des Flussabschnitts zwischen Kénéngué und Bambio zu erhalten, wurden zunächst auf der Grundlage der infrastrukturellen Machbarkeit Probennahmen im Umfeld des Schwemmfächers bei Ngbénguédara durchgeführt. Danach wurden Standorte bei Kpoka, innerhalb der Schutzzone (hier auf der Höhe des Bassamba, vgl. Abb. 21, S. 75, Kap. 4.1.1) und nördlich von Bambio beprobt. Insgesamt konnten so 12 Bohrungen durchgeführt werden (Standorte vgl. Abb. 41, S. 106).

4. Regionale Untersuchung

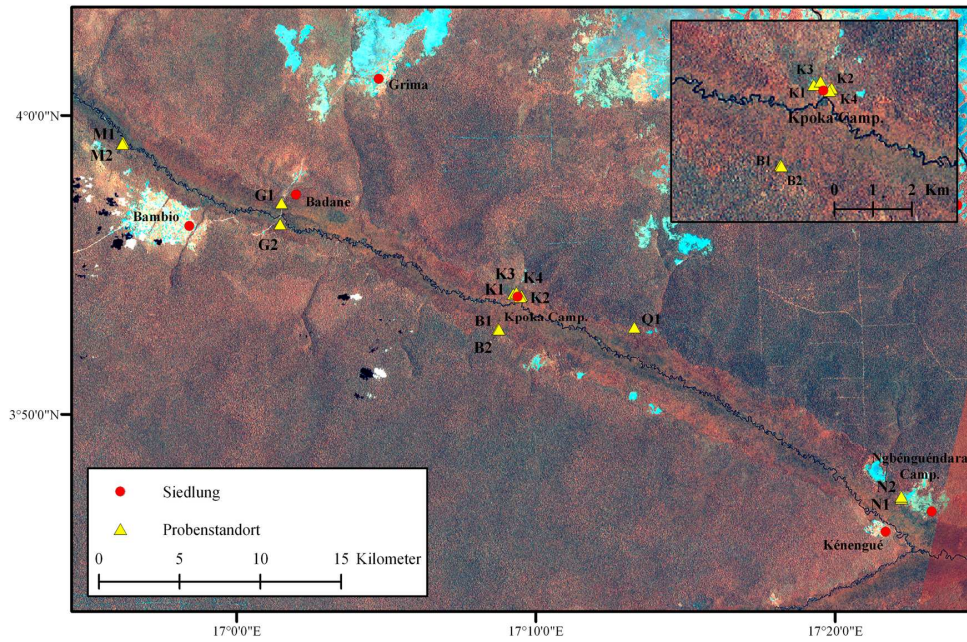


Abb. 41: Standorte im Mbaéré-Tal, 2004 und 2005

2004 und 2005 wurden Standorte in der Nähe von Bambio (M1, M2, G1, G2), auf der Höhe von Kpoka (K1 bis K4, Q1, B1, B2) und bei Ngbéguéndara (N1, N2) beprobt. Die Positionsbestimmung der Probenstandorte für diese und die folgenden Übersichten erfolgte mittels der vorliegenden GPS-Daten (vgl. Anhang, Tab. A1). Da sie aufgrund der zum Teil starken Abschirmung durch das Kronendach des Waldes zum Aufnahmezeitpunkt nicht immer exakt waren, mussten hier in Einzelfällen Lagekorrekturen vorgenommen werden (Satellitenbildgrundlage: Szenenausschnitt aus 182-57, 01.04.2002).

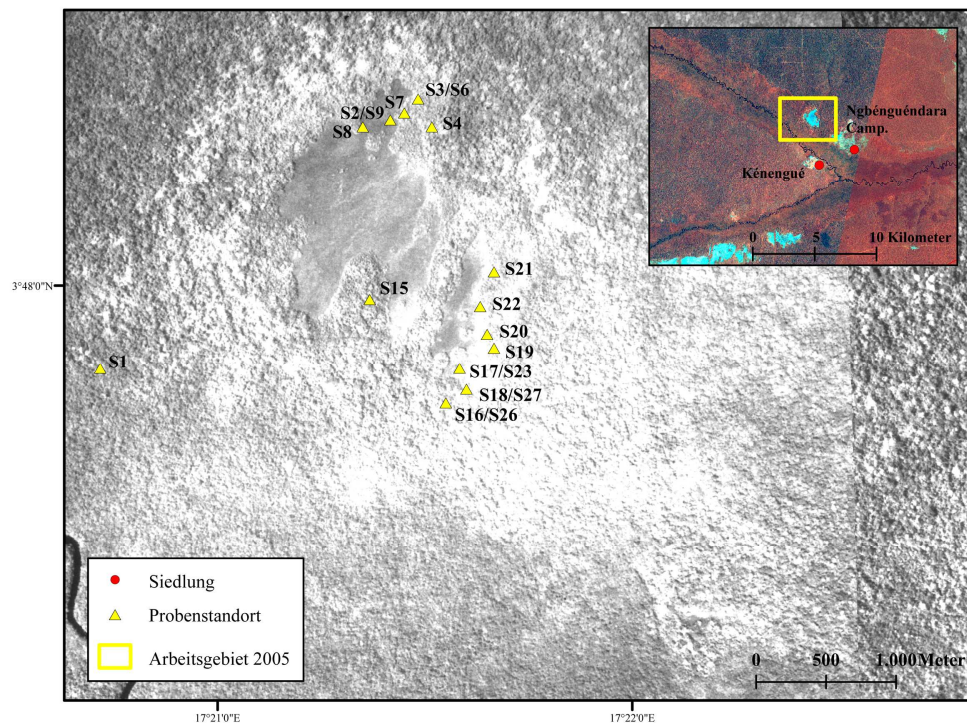


Abb. 42: Standorte auf dem Sadika-Schwemmfächer, 2005

Der Ausschnitt aus dem Luftbild (NA 33 XXIII-XXIV, 474) dokumentiert die Lage der Standorte in dem mit Gras bestandenen Überflutungsbereich, den randlich angrenzenden Baum-/ Strauch-Savannen, dem flussbegleitenden Galeriewald des Sadika und dem Saum des Mbaéré-Überflutungswaldes.

2005 wurde, abgesehen von einer kürzeren Mission ins Mbaéré-Tal bei Kpoka, der Sadika-Schwemmfächer einer Untersuchung unterzogen (Standorte vgl. Abb. 42). Da es aufgrund der hydrologischen Verhältnisse nicht möglich war, im Übergangsbereich zur Überflutungsebene des Mbaéré Beprobungen durchzuführen, wurden der westliche und der östliche Teil des Sadika-Überflutungsbereichs untersucht.

Neben Bohrungen sollten Aufschlüsse Informationen über den Aufbau des Schwemmfächers, die damit verbundene fluviale Morphodynamik und dessen Bedeutung für die Paläoumwelt-Fragestellung liefern. Auch wurden während des Aufenthalts am Sadika dessen Quellen und während des Aufenthalts in Kpoka die Quellen des Kélé aufgesucht, um die topographischen und geologischen Gegebenheiten in den randlichen Bereichen des Mbaéré-Tals, widersprüchlich in der Literatur und den Karten dargestellt, zu überprüfen.

In 2006 wurden sowohl der Mbaéré als auch der Lobaye befahren. So konnten gezielt bestimmte Flussabschnitte des Mbaéré und, vom Lobaye aus, der Unterlauf des Mbaéré untersucht werden. Der Zugang zur Talebene vom Fluss gestattete die Probennahme in Ufernähe und hatte darüber hinaus den Vorteil, dass aufgrund zahlreicher Beobachtungen zu Erosion/ Akkumulation und Vegetations-Sukzession das Verständnis für die rezente fluviale Prozessdynamik erweitert werden konnte. Im Hinblick auf die in den Vorarbeiten ausgewiesenen Standorte, an denen Paläoumweltarchive vermutet wurden, zeigte sich jedoch schnell, dass viele dieser Lokalitäten im Gelände oft kaum zugänglich und somit nicht beprobungsfähig sind. So erwies sich auch die Untersuchung der aus dem Fernerkundungsmaterial ersichtlichen Altarmbereiche und abgeschnittenen Mäanderbögen (vgl. Kap. 4.2.2) aufgrund des dichten und undurchdringlichen Schwimmpflanzenbewuchses als undurchführbar. Die exponiert wirkenden Strukturen, die mit Hilfe der Satellitenbilder als mögliche uferwallartige Reste entlang des Mbaéré-Unterlaufs angesprochen worden waren (vgl. Kap. 4.2.3), existieren nicht.

Vor Ort sind hinsichtlich der Feuchtesituation und der Vegetation keine Unterschiede zu anderen Flussabschnitten zu erkennen, und das hoch anstehende Grundwasser verhinderte eine Beprobung. Die Gegebenheiten vor Ort lassen zudem vermuten, dass selbst im Falle eines Zugangs ohne weitere konkrete Anhaltspunkte für Terrassenreste oder fossile Uferwallstrukturen derartige Standorte aufgrund der schlechten Übersicht im Gelände nur durch Zufall entdeckt würden. Entlang des Mbaéré fanden sich jedoch jene terrassenartigen Strukturen, auf deren Existenz die Fernerkundungsdaten, wie in Kap. 4.2.3 und 4.2.4 erläutert, bei einer ersten Betrachtung zunächst keinen Hinweis gegeben hatten. Im Rahmen der dritten Geländekampagne in 2006 wurden vor allem an diesen Standorten Proben genommen.

Die Kampagne gliederte sich in vier einzelne Missionen, die insgesamt 35 Bohrungen auf der Höhe von Bambio, Kpoka, Kénéngué und Moloukou ermöglichten (Standorte vgl. Abb. 43, S. 108). Darüber hinaus wurden zwei Aufschlüsse zwischen Moloukou und Mobonguelé angelegt. Die beprobten Lokalitäten, am Ufer oder in Ufernähe zur Zeit der Geländekampagne zwischen 0,4 m und 1,0 m über dem Wasserspiegel gelegen, sind in der Regel von nur geringer räumlicher Ausdehnung und dienen seit Generationen Reisenden und Fischern aufgrund ihrer relativen Trockenheit als temporäre Lager (*campements*).

Die Beprobung mit dem Schattenbohrer erfolgte in der in Kap. 1.3 beschriebenen Weise. Angesichts der bei der Literaturswertung häufig monierten wenig differenzierten Beschreibung der genauen naturräumlichen Situation an den verschiedenen Probenstandorten in

4. Regionale Untersuchung

vielen vergleichbaren Studien wird im Folgenden besonders auf eine ausführlichere Darstellung der Standortgegebenheiten für die einzelnen Lokalitäten Wert gelegt.

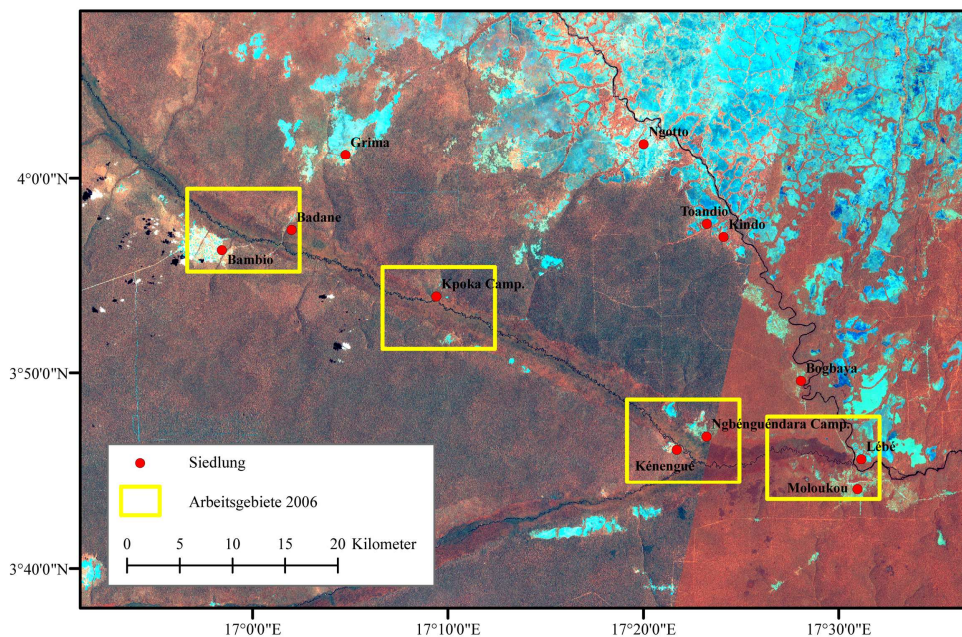


Abb. 43: Standorte im Mbaéré-Tal, 2006

Der Satellitenbildausschnitt (Szene 182-57, 01.04.2002/ 181-57, 03.03.2000) zeigt die vier Arbeitsgebiete bei Bambio, Kpoka, Kénengué und Moloukou, in denen insgesamt 35 Bohrungen erfolgten und zwei Aufschlüsse angelegt wurden.

4.3.2 Mbaéré-Alluvialebene

Geländekampagne 2004

Im Verlauf der ersten Geländekampagne war es mangels Zugänglichkeit zahlreicher Talrand-Bereiche nicht möglich, die Probenahmen zunächst auf die akzentuierten Übergänge vom Tal zum Plateau zu konzentrieren, wo kolluvial überdeckte Sedimente des Mbaéré vermutet wurden und beprobt werden sollten. Bei der Untersuchung der zugänglichen flachen Talhänge wurde der Eindruck bestätigt, dass aufgrund des nur mäßigen Reliefanstiegs ein fließender Vegetationswechsel stattfindet (vgl. Kap. 4.1.2). Da somit eine eindeutige Lokalisierung des Hangfußes in der Mehrzahl der Fälle schwierig war, führte auch die genaue Untersuchung der verschiedenen Standortfaktoren deshalb nicht immer zu einer eindeutigen Lokalisierung eines geeigneten Probenstandorts in diesen Hangfußbereichen.

Die nicht quantifizierbaren Reliefveränderungen und die daraus resultierenden unterschiedliche Bodenfeuchtesituation bzw. fließenden Vegetationsübergänge zwischen Tal- und Hangvegetation zogen bei Ngbénguéndara aus diesem Grund zwei Bohrungen (N1 und N2) nach sich. Beide Standorte im Randbereich des Schwemmfächers liegen jenseits des Überflutungswaldes und des Überschwemmungsbereichs, der hier am Talrand zunächst einer inselartigen Mischvegetation, dann einem Wald aus Rieserbambus (*Phyllostachys edulis*, *Bambou de Chine*) weicht (Foto 21).



Foto 21: Feuchtezeiger *Phyllostachys edulis*

Die im Untersuchungsgebiet zwischen 10 und 15 m hohe Pflanze markiert als wichtiger Bodenfeuchtezeiger die Randbereiche oberflächennah anstehenden Grundwassers (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2004).



Foto 22: Übergangsbereich Talebene/ Plateauhang bei Ngbénguéndara

Standortsituation bei N2 jenseits des Bambuswaldes, Blick Richtung NE. Deutlich erkennbar: der akzentuierte Anstieg Richtung Plateau (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2004).

Riesenbambus markiert innerhalb der Plateauregion besonders im Bereich der rechten Lobaye-Nebenflüsse die Randbereiche von Galeriewäldern und liefert so wertvolle Hinweise auf den Grad der Bodenfeuchte. Der Standort N1 wurde jenseits des Bambuswaldes gewählt. N2 liegt

4. Regionale Untersuchung

im Bereich der sich anschließenden Baumsavanne, wo sich ein etwas deutlicherer Anstieg zum *Forêt de Ngotto* erkennen lässt (Foto 22, S. 109, und Abb. 44).

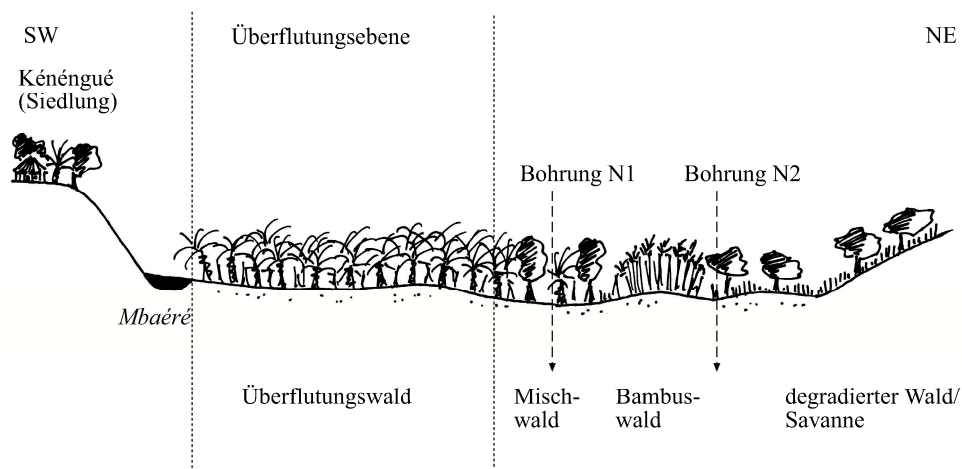


Abb. 44: Standortssituation bei N1 und N2, Mbaéré-Tal

Ähnlich schwer wie im Fall des Schwemmfächerübergangs zur Talsohle war die Situation auf der rechten Hangseite abzuschätzen, wo die Grenze zwischen Talsohle und Hang aufgrund des nur geringfügigen Geländeanstiegs gleichfalls nicht eindeutig ist. Die Querung des Sumpfes etwas nördlich von Kpoka zeigte im übrigen hinsichtlich der Feuchtesituation der Ebene, dass diese innerhalb des Überflutungswaldes lokal tatsächlich stark variiert. Im Vergleich zu den Gegebenheiten auf der Höhe von Ngbénguéndara hatte sich hier viel mehr Restfeuchte erhalten. Dies bestätigt die satellitenbildgestützte Annahme, dass die im Ausschnitt sichtbaren farblichen Unterschiede innerhalb der Talbereiche wichtige Hinweise auf die bodenhydrologische Situation liefern (vgl. Kap. 4.1.3). Da die erste Bohrung (B1) in der Nähe des Mbaéré-Tributärs Bassamba in der Übergangszone nur 120 cm umfasste, bevor der Grundwasserspiegel erreicht war, wurde hangaufwärts eine zweite (B2) durchgeführt (Abb. 45).

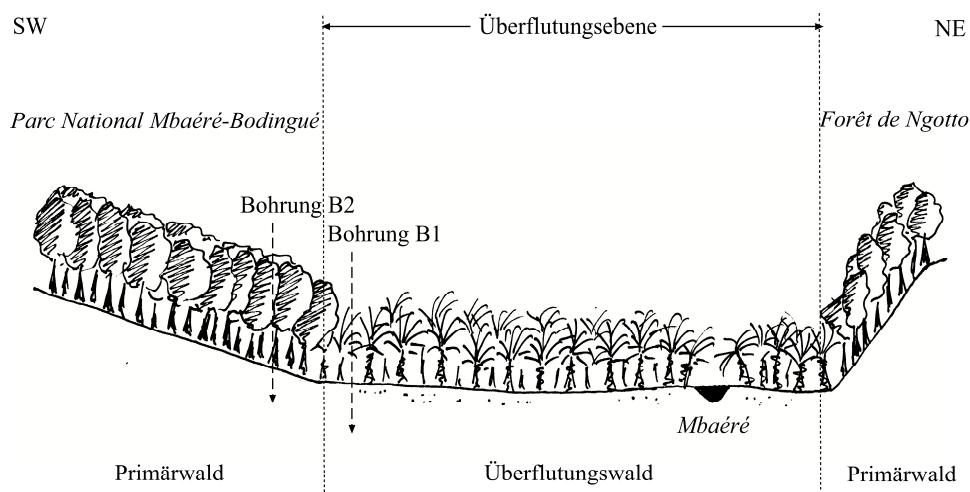


Abb. 45: Standortssituation bei B1 und B2, Mbaéré-Tal

Die Hangfußsituation im Bereich des *Forêt de Ngotto* zwischen der Einmündung des Kélé und des Mabiko ist dagegen viel eindeutiger. Hier, wo die Satellitenbilddauswertung Hinweise auf rezent forstwirtschaftlich genutzte Wirtschaftswege auf dem Plateau geliefert hatte (vgl. Kap. 4.1.3), wurde auf der Basis der seitens IFB und ECOFAC zur Verfügung gestellten Skizzen der Zugang zum Talrand über einen der Forstwirtschaftswege gesucht. Der nach dem Zufahrtsweg benannte Standort Q1 ist durch einen sehr abrupten Übergang von der Talsohle zum Hang gekennzeichnet und ähnelt den Gegebenheiten der nördlich von Kpoka durchgeführten Bohrung K1 (Abb. 46). Mit dem markanten Geländeanstieg zum Plateau hin geht ein deutlicher Wechsel in der Vegetation einher, der die Auswahl der Probenstandorte erleichterte.

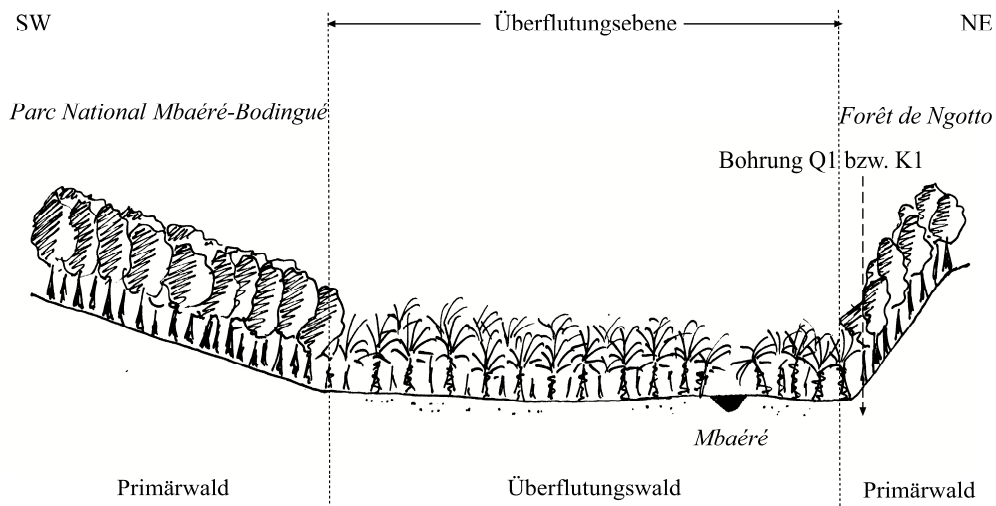


Abb. 46: Standortsituation bei Q1 bzw. K1, Mbaéré-Tal



Foto 23: Terrassenkante am Standort K2/ K4

Der Niveauunterschied zwischen Terrassenoberfläche und Wasseroberfläche beträgt gegen Ende der Trockenzeit etwa 2 m. Lokalitäten wie diese werden in der Regenzeit nicht überflutet. Entsprechend anders als in den Saumbereichen des Überflutungswaldes stellt sich die Vegetation am Standort dar (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2004).

4. Regionale Untersuchung

Bei Kpoka, wo der Mbaéré stellenweise unmittelbar am Hang des Plateaus verläuft bzw. die Distanz zwischen dem Fluss und dem Talrand nur wenige Zehner Meter beträgt, fanden sich, dem Hang vorgelagert, an zwei Standorten statt der erwarteten abrupten Übergänge am Hangfuß unterschiedlich stark exponierte Flächen, die als Terrassenreste gedeutet wurden. Von ihnen wird eine vom Mbaéré angeschnitten (Bohrung K2 bzw. Aufschluss K4, Foto 23, S. 111).

Der andere Terrassenrest bildet eine 2 m hohe Geländekante aus, die sich, etwa 50 m vom Fluss entfernt, innerhalb der rezent überfluteten Talebene befindet (K3) und entsprechend auf einen subrezentem Verlauf des Mbaéré hindeutet. Abb. 47 stellt schematisch die jeweilige Situation dar. Ein sich auf kurze Distanz einstellender Wechsel in der Vegetationszusammensetzung unterstreicht in beiden Fällen die unterschiedlichen Bodenfeuchteverhältnisse.

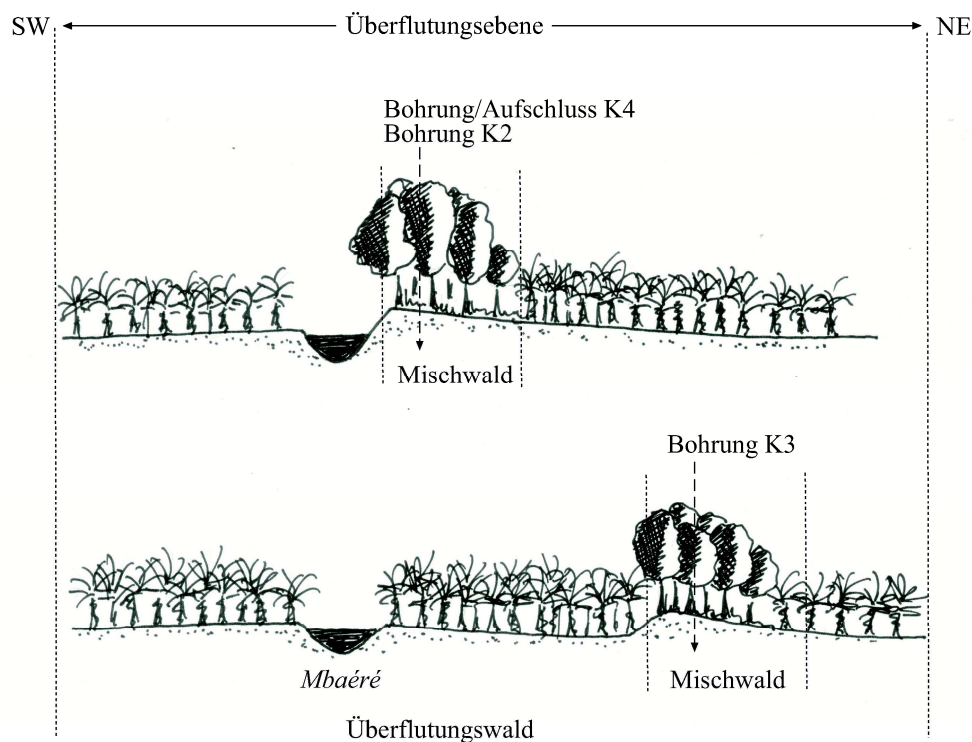


Abb. 47: Standortssituation bei K2/K4 und K3, Mbaéré-Tal

Südöstlich von Grima existiert im Bereich des rezenten Überflutungswaldes eine ähnliche terrassenartige Struktur, die gleichfalls beprobt wurde (G1). Sie, durch eine Stufe von etwa 1 m Höhe vor regelmäßiger Überschwemmung geschützt und nur wenige Quadratmeter groß, zeichnet sich trotz ihrer geringen räumlichen Ausdehnung durch das Fehlen der typischen Raphia-Palmen und die Existenz von Gehölzen aus, die ansonsten an trockeneren Standortverhältnissen ausgebildet sind. Von der Lage und Ausprägung her ähnelt sie damit, abgesehen von der relativen Höhe zum Umland, der Oberflächenform an Standort K3. Von länglicher Form, flacht sie, parallel zum heutigen Lauf des Mbaéré, nach NW hin schnell ab und markiert aufgrund ihrer Entfernung zum rezenten Gerinnebett (ca. 50 m) vermutlich ebenfalls subrezente Abflussverhältnisse.

Obwohl sich eine systematische Beprobung in den zentralen Bereichen der Überflutungsebene der Bodenfeuchte wegen von vornherein weitgehend ausschloss, wurde aufgrund der infrastrukturell günstigen Situation südwestlich der Mbaéré-Brücke zwischen Grima und Bambio eine Referenz-Bohrung (G2) im Inneren des Überflutungswaldes durchgeführt. Hier konnte Material aufgrund der Durchfeuchtung erwartungsgemäß nur aus den ersten 80 cm geborgen werden. Abb. 48 verdeutlicht die Standortgegebenheiten im Falle G1 und G2.

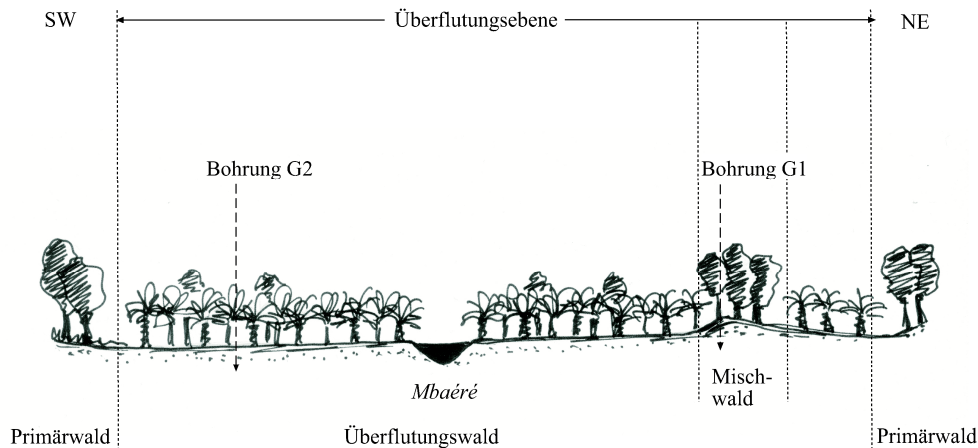


Abb. 48: Standortsituation bei G1 und G2, Mbaéré-Tal

Die nördlichste der Beprobungen erfolgte 2004 auf der Höhe Mboums, einer im Zuge der nach Westen gerichteten Binnenmigration aufgegebenen Siedlung nordwestlich von Bambio. Die auch hier regelmäßig überschwemmte, aber aufgrund ihrer Lage flussaufwärts schmalere Talebene war zur Zeit der Bohrung bereits verhältnismäßig trockengefallen. Den Talrandbereich markiert auf der rechten Mbaéré-Seite ein nur leichtes Gefälle. Das Gelände wird dominiert von vereinzelt Regenwald-Baumbestand mit nicht kultiviertem Nutzpflanzen-Unterwuchs (vor allem Kaffeesträucher), der jedoch stark von neuerlicher Sukzession der Waldvegetation betroffen ist und von der früher intensiveren anthropogenen Nutzung in Form von Plantagenwirtschaft zeugt. Zum Talboden hin mischt sich diese Vegetation mit Arten aus dem Überflutungswald. Bohrung M1 erfolgte etwa im Zentrum dieser Übergangszone. Die relative Trockenheit des Talinneren ermöglichte die Erschließung eines weiteren inselartigen Standorts inmitten des Überflutungswaldes. Dieser liegt rund 50 m vom Fluss entfernt und etwa 2 bis 3 m über dem durchschnittlichen Niveau des Talbodens. Wie bei K1/K4, K3 und G1 zeichnet er sich durch die sich von der Umgebung abweichenden Vegetationsverhältnisse aus. Die Bohrung M2 wurde etwa im Zentrum dieser exponierten Kleinform vorgenommen (Abb. 49, S. 114).

Mit den anderen ist dieser Struktur gemein, dass sie nach Auskunft Ortskundiger selbst in niederschlagsreichen Jahren zur Regenzeit nicht überschwemmt wird. Im Unterschied zu den anderen ist hier aber keine klare Geländekante zu erkennen, die auf fluviale Morphodynamik schließen lässt.

4. Regionale Untersuchung

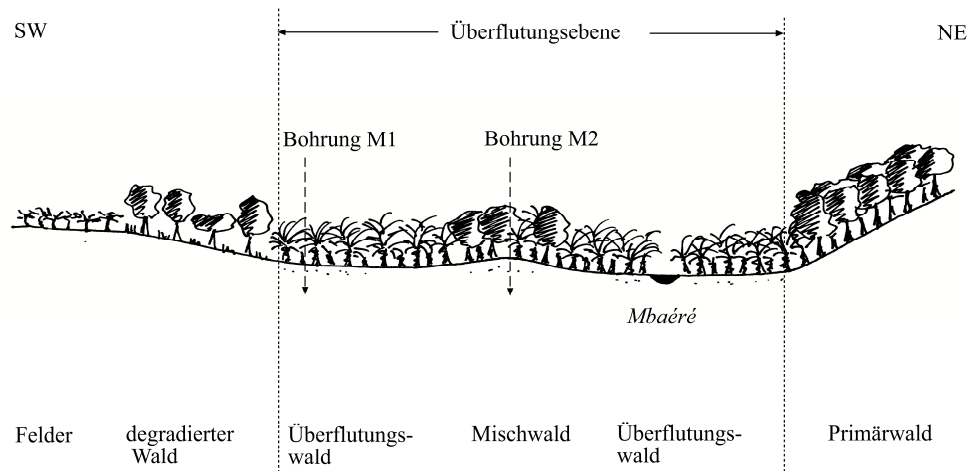


Abb. 49: Standortssituation bei M1 und M2, Mbaéré-Tal

Entsprechend ist der Reliefunterschied zum durchschnittlichen Talniveau viel schwieriger als in den anderen Fällen abzuschätzen. Denkbar ist, dass es sich um einen Terrassenrest handelt, allerdings bleibt unklar, warum die in den anderen Fällen vorhandene deutliche Arbeitskante hier nicht existiert. Hinweise auf uferwallartige Relikte, welche die randlich wenig signifikanten Übergänge zur Talebene erklärten, hatten sich weder bei den Vorarbeiten noch im Gelände gefunden, auch erscheint die Reliefform zu kompakt für einen solchen fluvialmorphologischen Entstehungshintergrund.



Foto 24: Fossile Termitenhügel auf dem Gelände der ECOFAC, Ngotto

Termiten der Art *Macrotermes subhyalinus* RAMBUR (*Macrotermes bellicosus* RUELLE, *Bellicositermes rex*.) sind im Tal des Libéléké in Ngotto wie auch auf den Plateauhöhen für das charakteristische eierkartonähnliche Relief verantwortlich (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2004).

Die Probennahme, die bereits angesichts der durchgängig rötlichen Farbe deutliche Unterschiede zu dem grauen oder gelben Material anderer Bohrungen aufwies, lässt aufgrund des moderaten Reliefanstiegs und der geschätzten Höhe auch an einen Zusammenhang mit vergangener Termitenaktivität denken. Große, kuppelartige Nester der Art *Macrotermes subhyalinus* RAMBUR (*Macrotermes bellicosus* RUELLE, *Bellicositermes rex.*), die eine Höhe von 3 bis 5 m erreichen, treten, den *Forêt de Ngotto* säumend, vor allem im Bereich der unterwuchsreichen Savannen auf dem Plateau auf, sind aber auch in trockenen Talbereichen der Lobaye-Nebenflüsse zu finden. In regelmäßigen Abständen eierkartonähnlich gruppiert, bestimmen diese zoogen gebildeten Kleinformen beispielsweise das Relief des tief in das Sandsteinplateau eingeschnittenen Libéléké-Tals in Ngotto (Foto 24).

Diese Reliefformen sind im Rahmen der Paläoumweltforschung insofern von Interesse, als sie fossile Erscheinungen darstellen. Ihre Fossilisierung wird von BOULVERT (1983) in Zusammenhang mit klimagesteuerten Vegetationsveränderungen gesehen, die nach RUNGE (2001a) in der Wiederbewaldung weiter Savannenbereiche im Kibangien (12.000 bis 3.500 B.P.) vermutet werden. Demzufolge müssten die initialen Bildungen der Termitenbauten während der hochglazialzeitlichen Waldregression (LGM-zeitlich) im Savannenmilieu erfolgt sein. Ob es sich bei der beprobten Einzelercheinung im Mbaéré-Tal um eine ähnliche reliktsche Form handelt, ist aufgrund der vorliegenden Geländebefunde abschließend schwer einzuschätzen. Die Existenz anderer Formen wie dieser konnte wegen der unübersichtlichen Geländebeziehungen nicht festgestellt werden. Bei einem derartigen Bildungszusammenhang ist in jedem Fall die zeitliche Einordnung kritisch zu hinterfragen. Im Gegensatz zum Mbaéré-Tal ist das Libéléké-Tal verhältnismäßig trocken, und Überflutungen treten hier nicht in größerem Umfang auf. Es ist somit unwahrscheinlich, dass sich diese Kleinrelief-Form innerhalb eines unter rezenten Klimabedingungen regelmäßig überschwemmten Mbaéré-Talsystems über einen Zeitraum von weit über 3.000 Jahren erhalten hat.

Geländekampagne 2006

Bei den Feldarbeiten im Jahr 2006 wurde an die Arbeit der Geländekampagne 2004 angeknüpft. Insbesondere die sich in der ersten Geländekampagne mehrenden Hinweise auf Terrassen in relativer Flussnähe wurden zum Anlass genommen, aufgrund der im Rahmen dieser Kampagne gegebenen Zugänglichkeit des Flussufers auf dem Wasserweg systematisch dort nach ähnlichen Standorten zu suchen, an denen nicht erodierte Paläoumweltarchive vermutet wurden.

Diese Vorgehensweise ermöglichte bei Bambio die Beprobung eines Standorts in Talrandlage und acht anderer Lokalitäten, die aufgrund ihrer trockenen Standortverhältnisse innerhalb der Überflutungsebene bei der einheimischen Bevölkerung von infrastruktureller Bedeutung sind und eigene Ortsbezeichnungen haben. Diese sind häufig auf Familiennamen zurückzuführen und lassen in der Regel auf ehemalige Besitzverhältnisse schließen. Ihre Nutzung als Rastplätze der auf dem Wasserweg reisenden Händler und temporäre Lagerplätze von Fischern erklärt ihre lokale Bekanntheit und erleichtert vor Ort die Suche nach ihnen.

Zum Zwecke einer größeren Übersichtlichkeit wurden die für die Probennahme ausgewählten Standorte mit Kurzbezeichnungen versehen, die sich aus den lokalen Schwerpunkten der vier einzelnen Geländephasen 2006 ableiten (Bambio – Ba, Kpoka – Kp, Kénéngué – Ké und Moloukou – Mo). Sie wurden fortlaufend nummeriert. Um der Vollständigkeit der Dokumentation willen wird im Folgenden bei Ersterwähnung des Probenstandorts in Klammern

4. Regionale Untersuchung

die Ortsbezeichnung der Lokalität mit angeführt. Tab. A1 im Anhang gibt einen detaillierten Überblick über die Zuordnung der Standorte zu den Profilbezeichnungen und Labornummern.

In der Nähe Bambios wurden insgesamt 9 Standorte beprobt (Standorte vgl. Abb. 50). Probe Ba3 (Ngonda) wurde jenseits des Überflutungswaldes im Hangbereich genommen, wo eine die Überschwemmungsgrenze markierende Ansammlung von Riesenbambus der degradierten Primärwaldvegetation des Plateauhanges weicht. Die 2,60 m umfassende Bohrung wies helle, mit der Tiefe gröber werdende Sande auf und ähnelte damit den 2004 in Talrandlage genommenen Profilen.

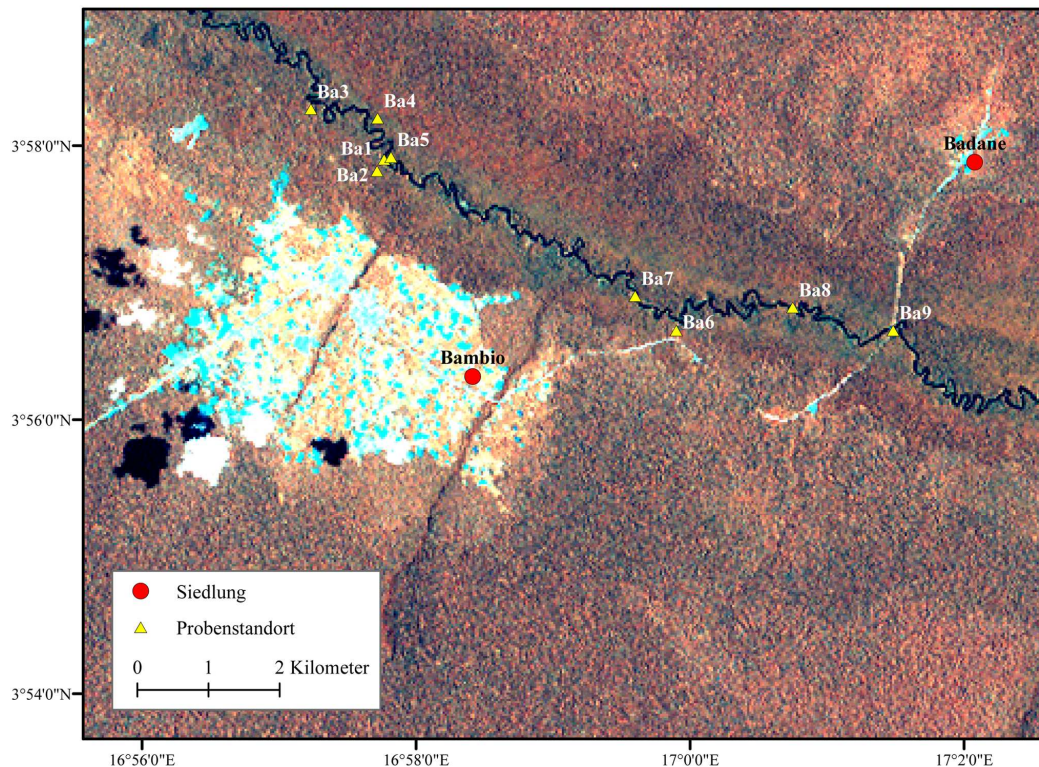


Abb. 50: Geländephase Bambio, 2006: Lage der Standorte

Die Beprobung erfolgte an drei Lokalitäten innerhalb des Überflutungswaldes, fünf rezent vom Mbaéré angeschnittenen Terrassenresten und einem Standort jenseits der Überflutungsebene. Für die Übersicht (wie für die drei übrigen, Abb. 52-54) wurden die GPS-Daten in die Ausschnitte der Satellitenszenen (hier: 182-57, 01.04.2002) eingebunden (vgl. Anhang, Tab. A.1-A.3).

Bei den Probenstandorten Ba1 (Kodongo 1), Ba2 (Kodongo 2) und Ba9 (Ndimangonzo) handelt es sich dagegen um inselartige, zur Zeit der Probennahme trockene und auch in der Regenzeit nicht überflutete Bereiche in relativer Flussnähe. Umgeben von Überflutungswald, heben sich diese Terrassen, die von einer subrezentem Verlegung des Gerinnebettes zeugen, durch eine abweichende Vegetationszusammensetzung und ihre leicht exponierte Lage vom Umland ab (Abb. 51).

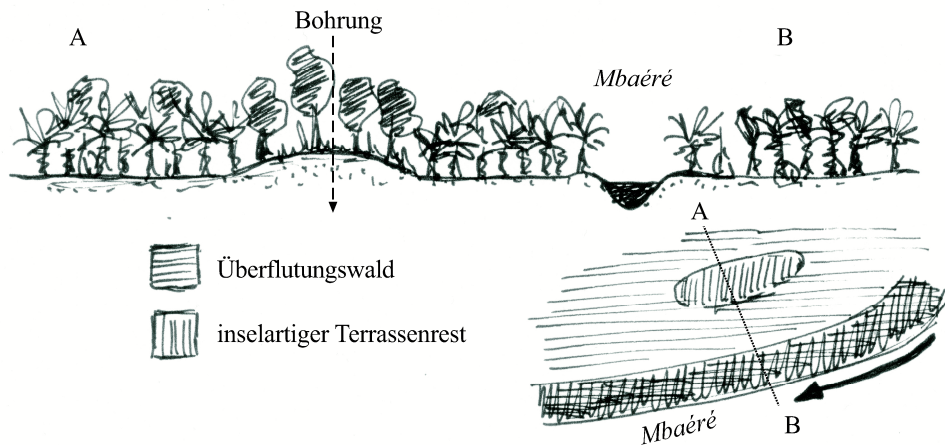


Abb. 51: Situation inselartiger Terrassenreste in der Überflutungsebene

Die relative Höhe zum Umland ist aufgrund der unübersichtlichen Geländebeziehungen schlecht abzuschätzen, liegt aber in der Regel unter 1 m. Die Struktur ist meist von geringer Größe (max. Entfernung zum Fluss: 20 m) und gekennzeichnet durch eine Vegetationszusammensetzung, die sich deutlich von jener des sie umgebenden Überflutungswaldes unterscheidet.

Während Bohrung Ba1 aufgrund des Wassereinflusses nur einen Meter Tiefe umfasste, gelang mit Ba2 innerhalb des etwas größeren Nachbarstandortes eine Probennahme bis in 2,60 m Tiefe. Die wie in Ba1 mit der Tiefe heller werdenden Sande zeigten an der Basis des Profils sehr grobe Korngrößen in einer Tonmatrix. Ba9 liegt mit ca. 20 m Distanz zum Fluss, verglichen mit ähnlichen beprobten Strukturen, relativ weit entfernt vom heutigen Ufer und ist zudem durch eine relativ größere Ausdehnung gekennzeichnet. Die Profiltiefe umfasste hier 180 cm, wobei in dem ansonsten sandreichen hellen Substrat in mittlerer Profiltiefe extrem tonreiche graue Sedimente über hellen Grobsanden auffielen, die auf variierende Ablagerungsbedingungen schließen lassen.

Die Bohrungen Ba4 (Nguindo 1), Ba5 (Nguindo 2), Ba6 (Mokongo), Ba7 (Pikomondongo) und Ba8 (Kpaya) wurden jeweils etwa im Zentrum der vom Mbaéré rezente angeschnittenen terrassenartigen Landschaftselemente vorgenommen (Abb. 52, S. 118). Die Vegetation und die bodenhydrologischen Verhältnisse unterscheiden sich in ähnlicher Weise von denen der Umgebung wie im Fall der inselartigen Strukturen, allerdings treten hier häufiger auch einzelne Nutzpflanzen (Mangobäume, Kaffeesträucher und/ oder Bananenstauden) auf, die vom Fluss aus leicht auszumachen sind und auf die besonderen Standortgegebenheiten hinweisen.

Die während der Trockenzeit deutlich sichtbare Arbeitskante lag zum Zeitpunkt der Prospektion 0,4 bis 1,0 m über dem Wasserspiegel des Mbaéré (Foto 25, S. 118).

Das Gelände steigt von hier nur wenig zum Zentrum der Struktur an und fällt im Durchschnitt nach höchstens 10 bis 15 m wieder sanft ab. Aufgrund der Relief- und Bodenwasserverhältnisse auf der dem Fluss abgewandten Seite geht die unterwuchsreiche randliche Vegetation hier allmählich in die des Überflutungsbereichs über. Dies erschwert eine genaue Vermessung dieser Formen. Die Gestalt (Aufsicht) der terrassenartigen Bereiche variiert, ähnlich wie die der inselartigen Standorte, zwischen kreisförmig und oval.

4. Regionale Untersuchung

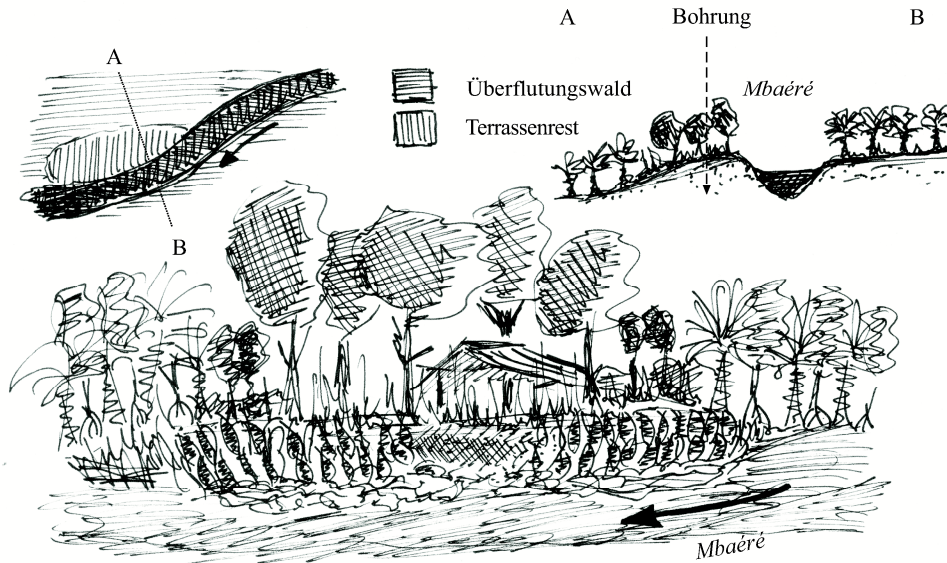


Abb. 52: Standortssituation an den vom Mbaéré rezent angeschnittenen Terrassen

Die rezent vom Mbaéré angeschnittenen Terrassen sind gekennzeichnet durch eine meist deutlich sichtbare Arbeitskante sowie einen an die offenkundig trockeneren Standortverhältnisse gebundenen Vegetationswechsel.



Foto 25: Terrasse (Nguindo 2, Ba5) in der Nähe von Bambio

Angepflanzte Nutzpflanzen wie in diesem Fall Bananen wachsen auf den relativ zum Umland trockeneren Standorten und zeugen von der Bedeutung dieser Lokalitäten, die Reisenden und Fischern traditionell als temporäre Lager dienen (Aufnahme: M. Neumer, Januar 2006).

Die Probennahmen ergaben deutliche Hinweise auf lokal sehr unterschiedliche Sediment-Stratigraphien. Ba4 und Ba5 erlauben dabei mit 140 bzw. 200 cm Profiltiefe tiefer reichende Einblicke in den Aufbau als Ba6, Ba7 und Ba8 (jeweils nur 100 cm Profiltiefe). Ba4 zeichnete

sich durch eine Wechsellagerung von Sanden und stark zersetztem organischen Material aus, welches teils Grobreste enthielt, während Ba5, obwohl räumlich nicht weit entfernt, in der Tiefe einen hohen Anteil grauer bis bräunlicher Tone aufwies, in dem Pflanzenreste enthalten waren. Die drei übrigen (kürzeren) Profile zeigten ein davon abweichendes Bild. Hier wurden in den mit der Tiefe gröber und heller werdenden Sanden an der Profilbasis Wurzeln und Samen gefunden, die in den darüberliegenden Sedimenten fehlten.

Von Kpoka aus wurden 7 Lokalitäten beprobt (Abb. 53), von denen nur Kp2 (Ngindowanzanga, *ngindo*: Insel), auf einem subrezentem Terrassenrest im Gleithangbereich des rezenten Flussbettes gelegen, durch einen etwa 12 m breiten Streifen Überflutungswald vom heutigen Flussufer getrennt ist.

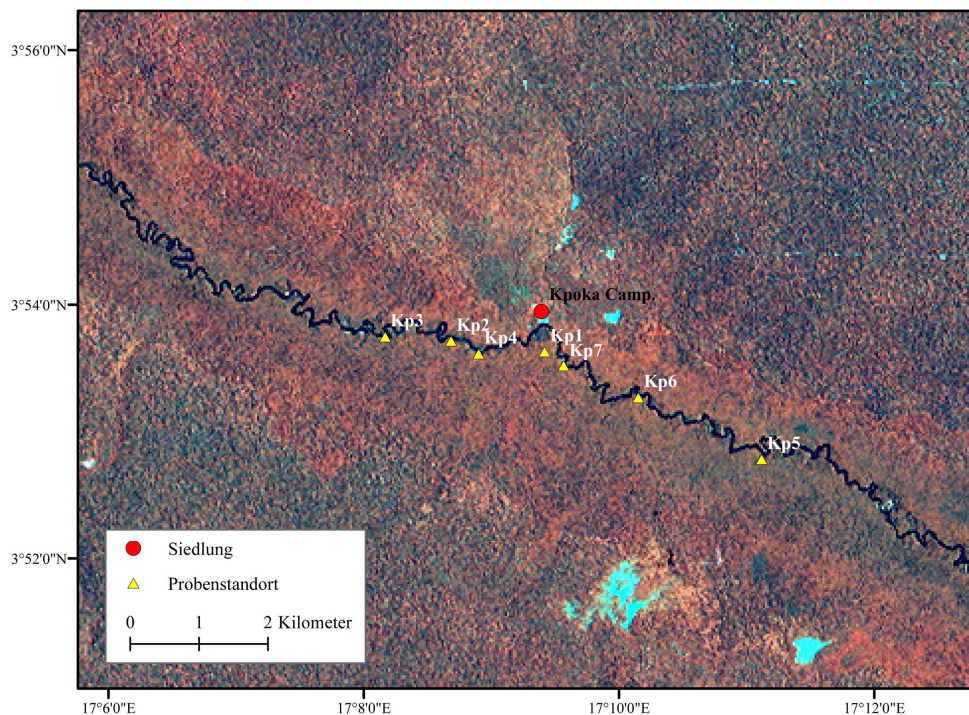


Abb. 53: Geländephase Kpoka, 2006: Lage der Standorte

Die Probenahme erfolgte von Kpoka aus flussaufwärts an zwei terrassenartigen Residuen und einem inselartigen Standort, flussabwärts ausschließlich an den vom Mbaéré angeschnittenen Terrassen (Datengrundlage der Übersicht: Ausschnitt aus Satellitenszene 182-57, 01.04.2002).

Die Strukturen, auf denen Kp1 (Ngindoitola) Kp3 (Ngindonzapa), Kp4 (Ngindovolengué), K5 (Mokpakato), K6 (Ngindozékambala) und Kp7 (Ngindodoua) angelegt wurden, liegen direkt am Mbaéré und weisen meist die bereits beschriebene Stufe auf, die auch hier maximal 1 m beträgt. Nur dort, wo sie rezent wegen ihrer relativen Nähe zueinander nicht als temporäre Lagerplätze genutzt werden, ist den Sedimentakkumulationen je nach Lage im Flussquerprofil bei gemäßigten Strömungsverhältnissen in Gleithangpositionen ein schmales Band von Schwimmpflanzenfluren vorgelagert. Die Formen ähneln in Ausdehnung, Vegetationsmuster und Bodenfeuchte denen flussaufwärts. Alle exponierten Bereiche entlang des Mbaéré sind sowohl in Prallhang- wie in Gleithanglage ausgebildet, finden sich aber vor allem entlang von gestreckten Flussabschnitten.

4. Regionale Untersuchung

Die Profile Kp1 bis Kp4 (zwischen 140 und 240 cm Tiefe) zeigten in diesem Flussabschnitt auffällige, aber uneinheitliche Wechsellagerungen von hellem sandigem Sediment und dunkleren, offenbar mit organischem Sediment versetzten Sandlagen, die teilweise in der Tiefe mit Holzresten und Wurzeln durchsetzt waren. Im Profil Kp5 nahm der Anteil an organischem Material, erkennbar an der dunkleren Farbe und den dort enthaltenen Grobresten (vor allem Wurzeln und Holzstücke), in der Tiefe auffällig zu, und auch in Kp6 fanden sich in 100 bis 120 cm Tiefe Wurzelreste. Diese waren in einer tonreichen Sedimentlage enthalten, welche auch in Profil Kp7 auftrat, die dort jedoch keine Grobreste enthielt. Insgesamt betrachtet, wiesen alle Bohrungen bei Kpoka auf sehr differenzierte Akkumulationsverhältnisse hin.

Weiter flussabwärts führte die Prospektion des Mbaéré von Kénengué aus zur Lokalisierung von insgesamt 10 Standorten, die beprobt wurden (Abb. 54).

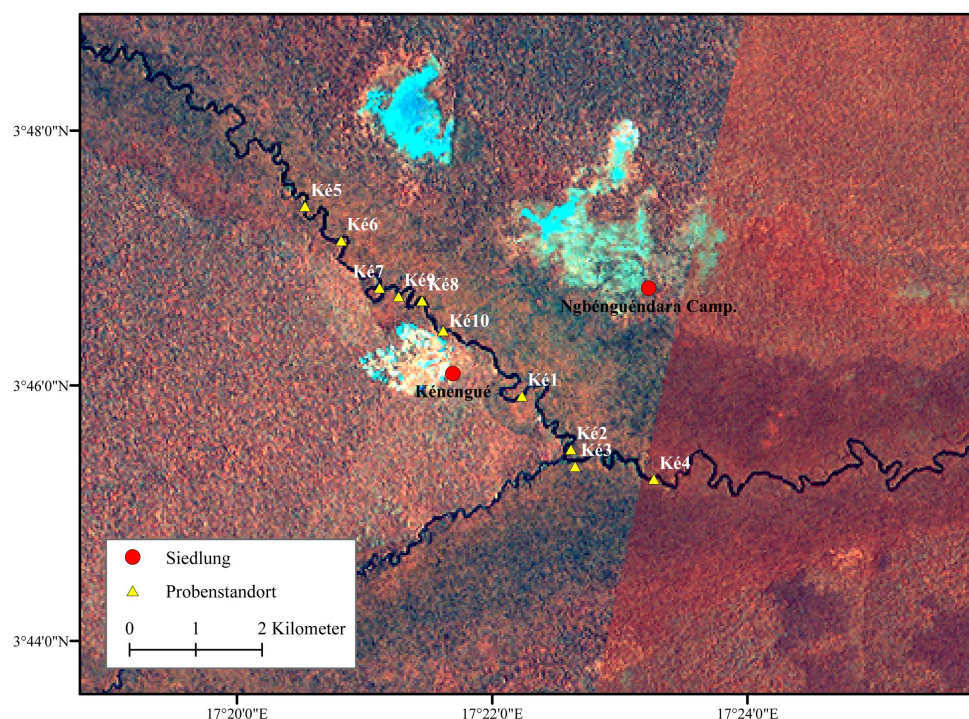


Abb. 54: Geländephase Kénengué, 2006: Lage der Standorte

In der Nähe von Kénengué waren die terrassenartigen Standorte entlang des Flussufers so zahlreich, dass ausschließlich diese Lokalitäten (insgesamt 10) beprobt wurden. Inselartige Reste in einiger Entfernung vom rezenten Gerinnebett existieren jedoch auch hier (Datengrundlage der Übersicht: Ausschnitt aus den Satellitenszenen 182-57, 01.04.2002 und 181-57, 03.03.2000).

Die flussabwärts der Siedlung liegenden Standorte Ké1 (Mamanzanga), Ké2 (*îlot de croisement* 1), Ké3 (*îlot de croisement* 2) und Ké4 (Motoko) befinden sich auf terrassenartigen Sedimentakkumulationen, die üblicherweise nicht überflutet werden. Motoko stellt die flächenmäßig größte dieser Formen dar. Die Lokalitäten zeichneten sich durch eine deutliche Wechsellage von Sedimenten aus, wobei in der Regel auf einen rezenten Auflagehorizont unterschiedlich mächtige helle Sandlagen folgten. Mit der Profiltiefe, die in Abhängigkeit vom Wassereinfluss variierte (Ké1: 160 cm, Ké2: 220 cm, Ké3: 200 cm, Ké4: 160 cm), schlossen sich Tonlagen an, die durchsetzt waren mit Holz- und Wurzelresten, welche in den Sanden

darüber fehlten. Bei den tiefer reichenden Bohrungen zeigte sich im Profil nach der Ton- eine weitere helle Sandlage, die zunächst vorwiegend aus grobem Material bestand und an der Basis des Profils durch ihre hier dunklere Farbe auf das Auftreten organischen Materials schließen ließ. Alle vier Bohrprofile zeigen abrupte Substratwechsel, die auf sich ändernde Akkumulationsverhältnisse schließen lassen. Während die Abfolge der Sediment-Stratigraphie der vier Standorte ähnlich war, variierte die Mächtigkeit der einzelnen Lagen von Standort zu Standort. Ké3 zeichnete sich durch eine mit 40 cm auffallend mächtige helle Grobsandlage aus. Im Mündungsbereich des Bodingué in den Mbaéré fanden sich zudem in zweien der Profile Hinweise auf die historische Nutzung dieser Orte. Um die Lokalitäten künstlich zu erhöhen und zu befestigen, ist bei Ké2 und Ké4 Material aufgeschüttet worden, welches sich im Bohrprofil als 10 bis 20 cm mächtige Lage durch seine auffallend rote Farbe und eine grobkörnige, scharfkantige Struktur der Einzelkomponenten deutlich von den anderen, meist gelblichen bzw. in der Tiefe braunen Sand- und Tonlagen abhob. Eine zeitliche Einordnung der in 30 bis 40 cm Tiefe auftretenden anthropogen aufgebrauchten Materialakkumulation ist aufgrund fehlender Relevanz für die der Arbeit zugrunde liegenden Fragestellungen nicht erfolgt, doch deuten Informationen seitens der Bevölkerung vor Ort darauf hin, dass es sich um Eingriffe in die Landschaft handelt, die einige Generationen zurückliegen müssen. Das Material, welches aufgrund fehlender Zurundung eindeutig nicht fluvial transportiert wurde und nicht aus der Talebene stammt, wurde vermutlich in der Nähe Kénéngués im Bereich der Schutzzone abgebaut.

Die flussaufwärts von Kénéngué beprobten terrassenartigen Standorte bei Ké5 (Mondoni), Ké7 (Ipoussa 1), Ké8 (Ipoussa 2), Ké9 (Ngindogesso) und Ké10 (Ngindomaka) zeigen diese für die Diskussion interessante Wechsellagerung von Sanden und Tonen nicht. Die hier erbohrten Profile wiesen oberflächennah vorwiegend feine graue Sande auf. Die Korngröße nahm mit der Tiefe kontinuierlich zu, und das Material zeigte, ähnlich wie im Falle der Profile aus der Kampagne 2004, eine hellere Farbe. Die Profiltiefe umfasste hier allerdings aufgrund des sich an diesen Lokalitäten bei der Probennahme rasch einstellenden Wassereinflusses teilweise nur zwischen 100 und 140 cm. In den Profilen Ké6 (Mbangamato) und Ké8 fanden sich mit dem roten, scharfkantigen Material in 40 bis 60 cm Tiefe wieder Hinweise auf anthropogene Aufschüttungen. In Ké6 lagerte dieses Material einer Lage offensichtlich organischen und durchwurzelter Sediments auf, dem darunter sehr helle, grobe Sande folgen. Alle Terrassenreste bei Ké5 bis Ké10 waren im übrigen auffallend kleinräumige Strukturen, die zum Zeitpunkt der Probennahme nicht mehr als 50 cm über der Wasserlinie lagen und von denen Ké5 und Ké7 nach Auskunft Ortskundiger rezent nicht anthropogen genutzt werden.

Westlich der Siedlung Moloukou vor der Mündung des Mbaéré in den Lobaye wurden entlang des Unterlaufs insgesamt 9 Bohrungen durchgeführt und 2 Aufschlüsse angelegt. Lediglich bei Mo3 (Massanza) und Mo6 (Mamiouata) handelt es sich um Probennahmen an Lokalitäten, die vollständig von Überflutungswald umgeben sind. Die übrigen Standorte befinden sich jeweils mehr oder weniger im Zentrum der bereits mehrfach beschriebenen Terrassenstrukturen am rezenten Flussufer. Einen Überblick über die Lage der Standorte gibt Abb. 55 (S. 122).

Der Bohrung bei Mo1 (Mbouya) folgte am selben Standort wegen der bereits in 100 cm Tiefe auftretenden, nicht mit dem Bohrer beprobaren Quarz-Gerölle die Anlage des Aufschlusses Mo2. Im Falle der Bohrung Mo9 (Tènè) erschien die Anlage des Aufschlusses Mo10 an derselben Stelle sinnvoll, da aus 60 bis 80 cm Tiefe mit Ornamenten verzierte Tonscherben

4. Regionale Untersuchung

geborgen wurden und das 160 cm umfassende Bohrprofil in der Tiefe verschiedenfarbige mächtige Tonlagen aufwies, die näher untersucht werden sollten.

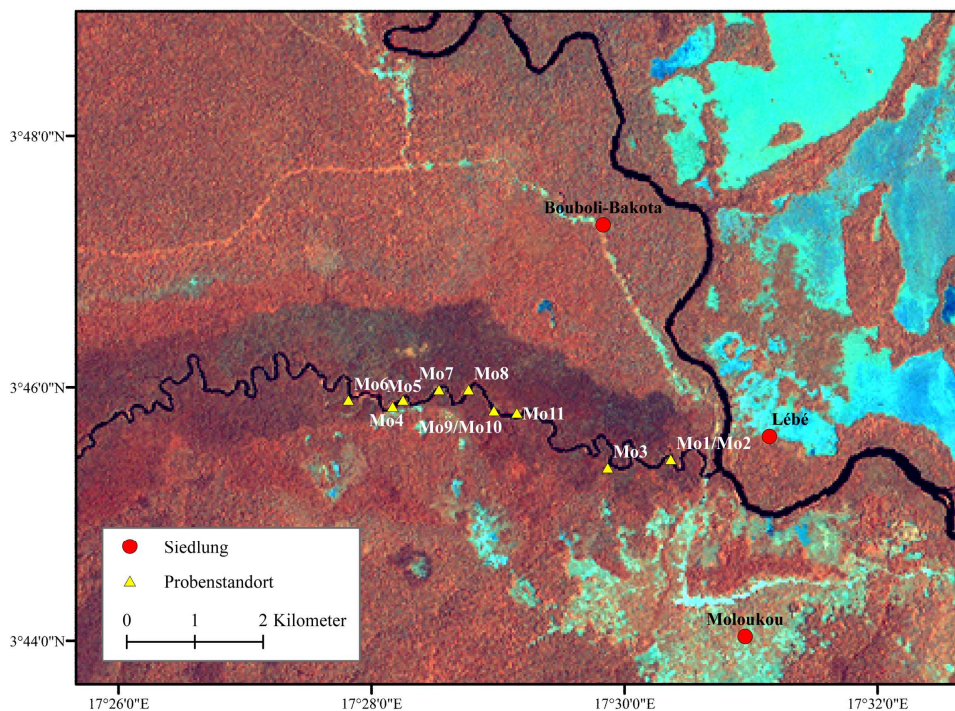


Abb. 55: Geländephase Moloukou, 2006: Lage der Standorte

Bei den im Unterlauf und im Mündungsbereich des Mbaéré beprobten Lokalitäten handelt es sich um acht rezent der Seitenerosion des Flusses ausgesetzte Terrassen sowie zwei inselartige Standorte (Datengrundlage der Übersicht: Ausschnitt aus Satellitenszene 181-57, 03.03.2000).

Im Hinblick auf die Ablagerungsverhältnisse zeigten die Probennahmen im Unterlauf des Mbaéré die größten Unterschiede, verglichen mit allen anderen Standorten dieser Geländekampagne. Der Aufschluss Mo2 wies einen organischen Auflagehorizont auf, dem graubraune, nicht durchwurzelte Sande folgten (Foto 26). Unter dieser Sandlage traten graue Sande auf, die Wurzelwerk enthielten, gefolgt von gelben Sanden, die in einem Teil der Aufschlusswand orangefarbene, auf Eisen hindeutende Flecken (Rost) zeigten, wie sie ansonsten in keiner anderen Probe der Geländekampagnen je aufgetreten waren. Unter den hellen Sanden befand sich eine mächtige Schotterlage, wobei die Größe der Gerölle innerhalb des 1,5 x 1 m großen Aufschlusses variierte: Auf der einen Seite lagen die Schotter in einer gelben Sandmatrix, auf der anderen Seite in einer grauen Ton-Sand-Matrix vor, wobei es sich bei den Sanden vorwiegend um Grobsande handelte. Erstmals konnten aus einer Tiefe von 60 cm aus dem Aufschluss auch zwei einzelne große Gerölle geborgen werden.

Aufeinanderfolgende, zunächst helle und in der Tiefe bräunliche Grobsande kennzeichneten das 160 cm umfassende Bohrprofil Mo3. In ähnlicher Abfolge präsentierten sich die oberen Bereiche von Mo4 (Mobonguelé), Mo5 (Gbakassa) und Mo6. Die 200, 160 und 220 cm mächtigen Profilbohrungen brachten in der zweiten Profilhälfte unter den Sanden jedoch eine Tonlage mit organischen Grobresten (Samen, Wurzeln und Holz) zum Vorschein, die einer weiteren Sandakkumulation auflagerte.

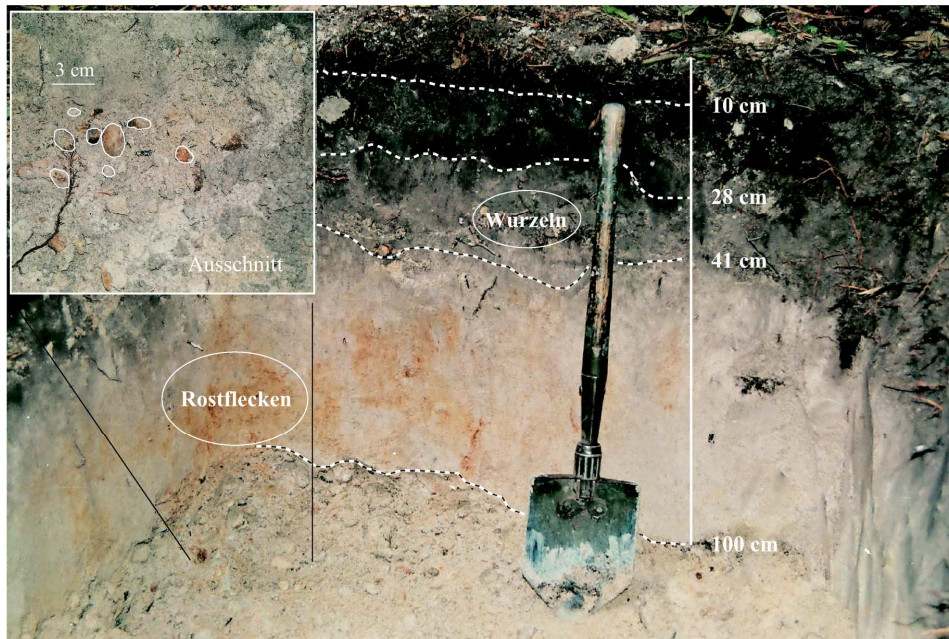


Foto 26: Aufschluss Mo2 mit Schotterlage, Mbaéré-Tal bei Moloukou

Der Terrassenstandort Mbouya, auf dem der Aufschluss Mo2 angelegt wurde, liegt in einem Bereich rezenter relativer Formungsruhe und ist in 60 cm Tiefe charakterisiert durch grobe Schotter (siehe Ausschnitt) in einer gelben bzw. grauen Ton-Sand-Matrix (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2006).

Mo7 (Mbengi) und Mo8 (Mangolo) zeigten eine gänzlich andere Sedimentabfolge. Auf eine organische Auflage folgten hier bräunliche Sande, die in einer tonigen Matrix vorlagen. Unter den Sanden lagerten offensichtlich organische Sedimente einer weiteren Tonschicht auf, die zunächst grau, mit der Tiefe aber braun war und Wurzeln und nussartige Früchte enthielt.

Der 160 cm tiefe Aufschluss Mo10 zeigte in den ersten 80 cm eine Wechsellagerung von organischen mit sandigen Sedimenten, aus denen Grobreste in Form von Keramikscherben (aus 20 cm, 50 cm, 60 cm), Fragmenten eines mit Dekor versehenen kalebasseartigen Trinkgefäßes (60 cm), Knochenstücken (40 cm), Zähnen (40 cm) und Schneckengehäusen (80 cm) geborgen wurden (Foto 27, S. 124).

In 100 cm Tiefe traten in dem Aufschluss außerdem Holzkohlen und gelbliche Konkretionen in einer Tonmatrix auf. In einer weiteren Tonlage, die auf eine Sandakkumulation folgte, konnten aus 140 cm Tiefe schwarze Konkretionen geborgen werden. Angesichts der sehr abwechslungsreichen und trennscharfen Stratigraphie deutet der Aufschluss auf eine sehr wechselhafte Abflusssituation am Standort hin.

Die aus dem Aufschluss geborgenen Keramikscherben sind von sehr unterschiedlicher Beschaffenheit. Die größeren Fragmente aus 60 cm Tiefe scheinen Teile eines größeren, dünnwandigen und reichverzierten Gefäßes zu sein, während die anderen Scherben kleinere Bruchstücke offensichtlich robuster gearbeiteter Gebrauchsgegenstände sind. Alle weisen unterschiedlich aufwändige Dekors auf (Foto 28, S. 125).

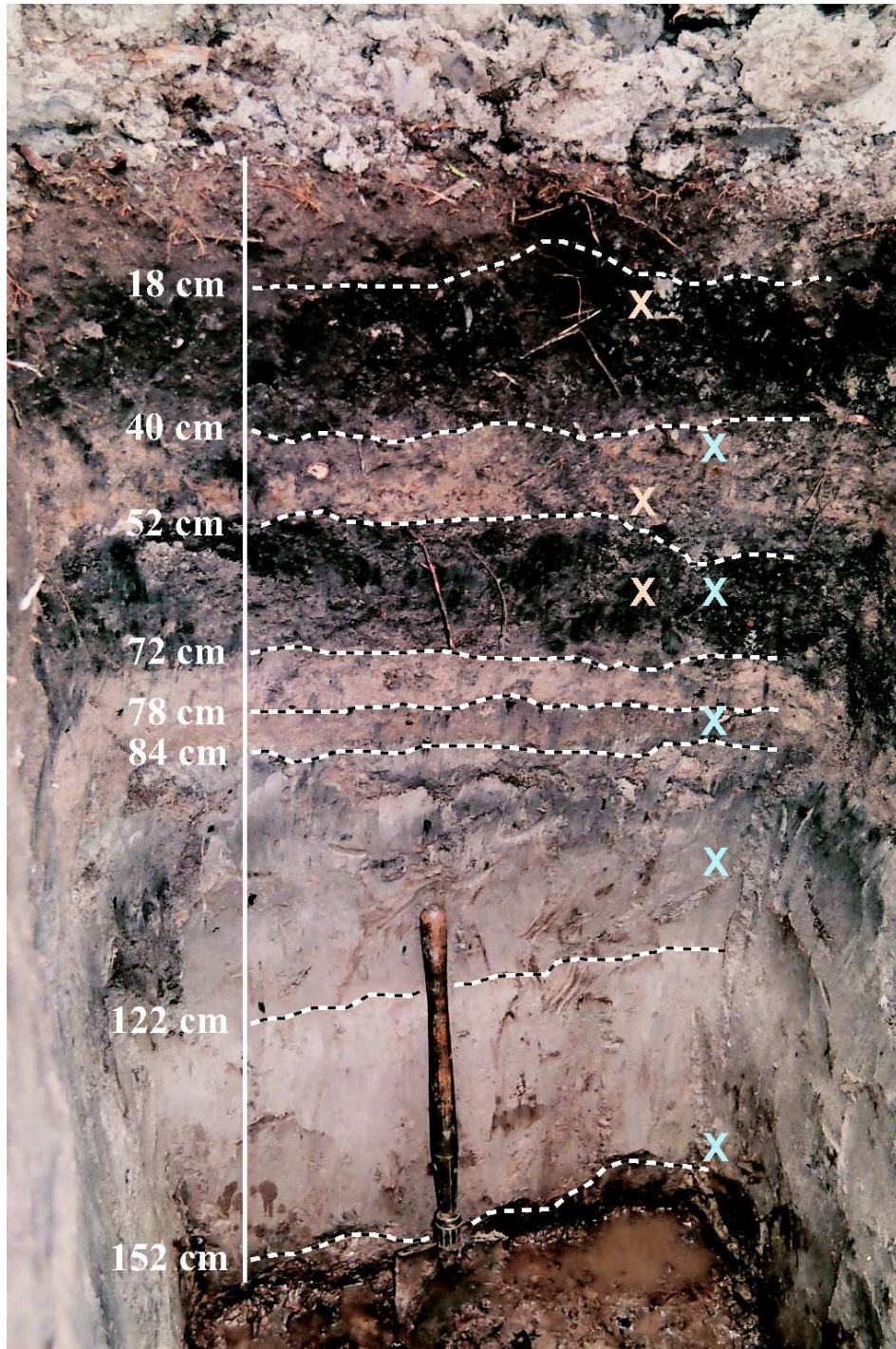


Foto 27: Aufschluss Mo10, Mbaéré-Tal bei Moloukou

Aufschluss Mo10, angelegt im Zentrum der Terrasse Tènè, zeigt eine deutliche Wechsellagerung von hellen Sanden unterschiedlicher Korngröße (mit und ohne organische Anteile) und dunklen Tonlagen, teilweise mit Wurzelresten. Die orangefarbenen Kreuze markieren die Fundtiefen der Keramik, die grauen Kreuze die der übrigen Fundstücke (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2006).

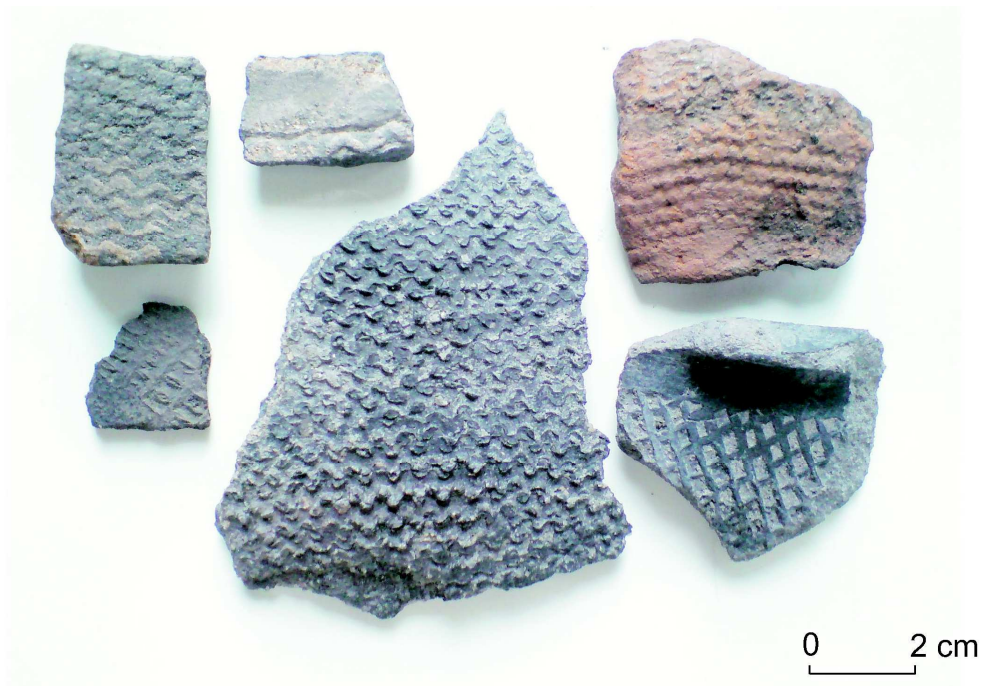


Foto 28: Keramikscherben aus dem Aufschluss Mo10, Mbaéré-Tal

Deutlich erkennbar: die sehr unterschiedliche Farbe, Wandstärke und Ornamentik der in unterschiedlichen Tiefen gefundenen Gefäßscherben, die auf unterschiedliche Entstehungszusammenhänge hinweisen (Aufnahme: M. Neumer, Mai 2007).

Die Keramik ist weniger für die dieser Arbeit zugrundeliegende naturräumliche Fragestellung als vielmehr für siedlungshistorische Untersuchungen von Interesse, wobei die Aspekte Mensch-Naturraum jedoch in einem kausalen Zusammenhang zu betrachten sind. Der von Ethnologen und Archäologen zwischen 2.000 v. Chr. und der Zeitenwende für weite Teile Afrikas postulierte tiefgreifende ökonomische und soziale Wandel ist besonders für den zentralafrikanischen Raum noch unzureichend erforscht, was teilweise auf die Schwierigkeit zurückzuführen ist, in den dichten und wenig besiedelten Tieflandsregenwäldern verwertbares Datenmaterial zu finden. Davon ausgehend, dass auf dem afrikanischen Kontinent eine Sesshaftwerdung von Jäger- und Sammler- Gesellschaften und nomadisierenden Viehhirten mit naturräumlichen Veränderungen in Zusammenhang stand, versuchen seit den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts dennoch vereinzelt archäologische Arbeiten, durchgeführt vor allem in Kamerun, Gabun, der D.R. Kongo und der RCA, Zusammenhänge zwischen Vegetationsveränderungen und Migrationsbewegungen bantustämmiger Völker vom Sahel in Richtung Regenwald herzustellen, dokumentiert durch Keramikfunde und Hinweise auf Eisenverhüttung, (PHILLIPSON 1985, SCHWARTZ 1992, WOTZKA 1995, LANFRANCHI et al. 1998, EGGERT 1987, 2002). Der ab 3.000 B.P. dokumentierte zunehmende anthropogene Einfluss wirft die Frage auf, ob und in welcher zeitlichen Auflösung Zusammenhänge zwischen Klimawandel, Migrationsbewegungen und Landnutzungsstrategien existieren. Zu untersuchen gilt, inwieweit der Vorstoß des Menschen in den ansonsten schwer zugänglichen Regenwald begünstigt war durch eine Regenwaldregression, die zwischen 3.000 und 2.500 B.P. zu einem teilweisen Zusammenbruch der Waldökosysteme und einer Regression des Waldes zugunsten von Pioniergesellschaften und Savannen geführt hat (VINCENS et al. 1999, MALEY 2002,

4. Regionale Untersuchung

RUNGE 2002), bzw. inwieweit diese Migrationsbewegung möglicherweise der Zerstörung der Waldökosysteme auch Vorschub geleistet haben könnte, beispielsweise durch die Einführung von Eisenverhüttung um 2.600 B.P. (SCHWARTZ 1992). Die in Mo10 enthaltenen Keramikfunde als siedlungshistorische Belege sind insofern bemerkenswert, als sie in einem heute wenig besiedelten und von den Rahmenbedingungen her siedlungsfeindlichen, aber dennoch nachweislich frequentierten Raum in unterschiedlicher Tiefe geborgen wurden.

Dazu weisen sie neben voneinander abweichender dekorativer Ornamentik auch variierende Materialmischungen, unterschiedliche Farben (rot, schwarz und grau) sowie unterschiedliche Wanddicken auf, was vor dem Hintergrund datierbarer Sedimentlagen im Rahmen der landschaftsgeschichtlichen Untersuchungen erste Anhaltspunkte für Fragen der Besiedlung dieses bisher wenig erforschten Regenwaldsaums liefern könnte.

Die Zähne und Kieferknochen aus dem Aufschluss scheinen, der Zahnkrone nach zu urteilen, zu einem grasfressenden Säugetier zu stammen, etwa von einer kleinen Antilopenart. Sie lassen in Verbindung mit den in größerer Menge auftretenden Schneckengehäusen und dem Fragment eines kalebasseartigen Trinkgefäßes vermuten, dass es sich um Abfälle handelt, die von Menschen auf diesen regelmäßig frequentierten trockeneren Standorten zurückgelassen wurden (Foto 29). Datierungen unter Einbeziehung solcher Fundstücke könnten weiterführende Schlüsse zulassen, was den Zusammenhang zwischen dem Bildungsalter der Sedimentlagen und der Deponierung der in ihnen enthaltenen Siedlungsspuren betrifft.



Foto 29: Weitere Funde aus dem Aufschluss Mo10, Mbaéré-Tal

Überreste von Schneckengehäusen (links), Kieferknochen mit Zähnen (oben rechts) und ein kalebasseartiges Trinkgefäß-Fragment mit linearer Ornamentik (unten rechts) aus Aufschluss Mo10 deuten durch ihre Funddichte auf einen Zusammenhang mit der temporären Nutzung der terrassenartigen Standorte hin (Aufnahme: M. Neumer, Mai 2007).

Ähnlich abwechslungsreich hinsichtlich der Sedimentabfolge zeigte sich schließlich die Probenahme der Bohrung Mo11 (Bongo), allerdings waren in der Tiefe des 140 cm umfassenden Profils die Sandlagen deutlicher ausgeprägt.

Fazit Geländearbeiten Mbaéré-Tal

Insgesamt zeigte die erste Geländekampagne im Mbaéré-Tal 2004, dass die Auswahl von Probenstandorten anhand der zuvor erarbeiteten Vorgaben aufgrund der naturräumlichen und infrastrukturellen Situation schwierig ist und schließlich vor Ort durch differenzierte individuelle Bewertung der Gegebenheiten erfolgen muss. Für die Verhältnisse im Talrandbereich ergaben sich aus den gewonnenen Bohrprofilen zudem keine nennenswerten Hinweise auf landschaftsgeschichtlich interpretierbare Sedimente, wie sie etwa durch Wechsellage von Material unterschiedlicher Korngröße und Farbe denkbar gewesen wären. Tatsächlich war den entnommenen Proben gemein, dass sie in der Regel mit zunehmender Tiefe an Farbe verloren, wobei die Korngröße meist kontinuierlich zunahm. Die terrassenartigen Strukturen, welche in relativer Nähe zum heutigen Gerinnebett des Mbaéré eher zufällig entdeckt und beprobt wurden, machten deutlich, dass unter den gegebenen Verhältnissen die genutzten Fernerkundungsdaten räumlich zu wenig auflösend sind und daher keine zufriedenstellenden Informationsmittel darstellen.

Die Beprobung ufernäher Bereiche, während der Kampagne 2006 an 35 Standorten entlang des Flusses durchgeführt, lieferte detailliertere Erkenntnisse und zeigte, dass die Tiefe der Bohrungen, vorgegeben durch das Erreichen des Grundwasserniveaus, von Standort zu Standort stark variierte. Ein direkter Zusammenhang scheint in jedem Fall zwischen der Bohrtiefe und den erbohrten Sedimentlagen zu bestehen. Wie auch bei der Beprobung der talrandnahen Standorte 2004, dominierte in einigen Profilen in Flussnähe eindeutig die Sandfraktion den gesamten Profilverlauf. In der Regel war hier mit 100 cm die maximale Beprobungstiefe erreicht. Dies betraf vor allem Strukturen, die von sehr begrenzter Ausdehnung waren und deren Höhendifferenz zum Wasserspiegel 50 cm nicht überschritt. In Bohrungen, die an großflächigeren Standorten mit deutlich exponierter Lage (ca. 1 m über dem Wasserspiegel) durchgeführt wurden, wechselten häufig tonreiche mit sandreichen Sedimentlagen ab, und es traten in der Tiefe zum Teil mächtige Tonlagen auf, was aufgrund der hohen Bindigkeit des Substrats die Bergung des Materials trotz Wassereinflusses auch in Tiefen bis zu 280 cm ermöglichte. Bei der Vorauswahl von Standorten zum Zwecke weiterer Untersuchungen sollte diesen Zusammenhängen mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Zumindest für die Einschätzung lohnenswerter Prospektionen im Untersuchungsgebiet erscheinen sie hilfreich, wenn sie auch vielleicht nicht übertragbar auf andere Räume sind.

Um mögliche Verteilungsmuster auszumachen und ggf. Hinweise auf die mittels der Karten und Luftbilder konstatierten Erosionstendenz der Mbaéré-Mäander Richtung S bzw. SW zu erhalten (vgl. Kap. 4.1.2), zeigt ein abschließender Lagevergleich der 2006 in Ufernähe beprobten Standorte, wie komplex die Zusammenhänge im Untersuchungsgebiet sind und wie schwierig es ist, aus den Geländebefunden eindeutige Schlüsse zu ziehen. Die im Anhang (Tab. A3) zusammengestellten Informationen dokumentieren, dass 6 inselartige Strukturen beprobt wurden, 5 davon auf der rechten, nur eine auf der linken Mbaéré-Seite. Weil der Mbaéré inzwischen in einigen Metern Entfernung fließt, getrennt durch einen Streifen Überflutungswaldes, ergibt sich das Problem, dass die Mehrzahl der beprobten Reliefformen dort liegt, wo die fluviale Morphodynamik offenbar gering ist, aber die rezente Erosionstendenz

der Argumentation einer einseitigen Erosion Richtung S bzw. SW nach viel intensiver sein müsste. Ähnlich widersprüchlich sind die Befunde im Falle der insgesamt 28 beprobten Terrassen, die rezent durch Seitenerosion vom Fluss unterschritten werden. 19 am linken Mbaéré-Ufer beprobten Strukturen stehen nur 9 gegenüber, die am rechten Ufer einer Prospektion unterzogen werden konnten. Dies spricht ebenfalls vordergründig gegen die Annahme, dass der Mbaéré aufgrund einer Veränderung der Kippungsachse des Plateaus rezent in Richtung seines moderateren Hanges vorwiegend an seinem rechten Ufer erodiert.

Das Problem der sicher unzureichenden Grundgesamtheit der Daten als mögliche Erklärung für beide Befunde außer Acht lassend, ist im Falle der inselartigen Strukturen zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um Lokalitäten handelt, die innerhalb der Überflutungsebene im Vergleich zu den ufernahen und regelmäßig zu Rastzwecken genutzten Standorten schwer zugänglich sind. Es kann deshalb mit einiger Sicherheit davon ausgegangen werden, dass ihre Verteilung im Rahmen der Prospektion eher zufälliger Natur ist und sich die Mehrzahl dieser Formen, wären sie hinreichend bekannt, bei intensiverer Nachforschung wahrscheinlich eher am linken Mbaéré-Ufer befindet. Im Hinblick auf die ufernahen und rezent unterschrittenen Terrassenstandorte ist einzuwenden, dass die traditionelle Nutzung bestimmter Lokalitäten ihren Bekanntheitsgrad bedingt und deshalb unterschiedlichste Gründe haben kann. Während auf der Höhe von Bambio die Anzahl der Terrassen/ temporären Lagerplätze auf beiden Seiten des Mbaéré annähernd gleich und wenig aussagekräftig ist (2 rechts, 3 links), sind es auf der Höhe von Kpoka, hier sicher aus Gründen der besseren (inzwischen illegalen) Jagdmöglichkeiten im Bereich des heutigen PN Mbaéré-Bodingué, zwei Drittel. Auf der Höhe von Kénéngué liegen oberhalb der Mündung des Bodingué in den Mbaéré mit 6 von 8 Standorten drei Viertel der Lokalitäten am linken Ufer, was sich hier durch den Umstand erklärt, dass der Mbaéré im Zuge seiner mit der Schwemmfächerbildung des Sadika einhergehenden Gerinnebettverlagerung an seinem rechten Ufer einen Steilhang zur Schutzzone ausgebildet hat. Auf der Höhe von Moloukou schließlich befinden sich ausnahmslos alle dieser beprobten Lokalitäten am linken Ufer des Mbaéré, hier mutmaßlich aus Gründen der Nähe zur Siedlung Moloukou und der etwas westlicher, ebenfalls am rechten Ufer gelegenen kleineren Siedlung Mobongué, die durch einfache Fußpfade miteinander verbunden sind. Auf der Basis der hergestellten Zusammenhänge wird deutlich, dass die Lage der 2006 beprobten potentiellen Paläoumweltarchive im Mbaéré-Tal weniger Ausdruck ihrer tatsächlichen Verteilung entlang des Ufers ist als vielmehr Folge ihrer anthropogenen Bedeutung und rezenten Nutzung. Im Hinblick auf weitere Untersuchungen, wie sie zur Verdichtung der Daten vor diesem Hintergrund sinnvoll erscheint, wäre der Versuch angebracht, mit Hilfe höher auflösender Fernerkundungsdaten potentielle Lokalitäten entlang des Flusses vorab auszuweisen und ungeachtet ihrer lokalen Bedeutung vor Ort systematisch zu beproben.

4.3.3 Sadika-Schwemmfächer

Geländekampagne 2005

Die Oberfläche des Schwemmfächers ist gekennzeichnet durch einen leichten Abfall des Geländes in Richtung Mbaéré und sehr unterschiedliche Vegetationseinheiten, die die Bodenfeuchteverhältnisse widerspiegeln. Entlang des etwa 1 m in den Schwemmfächer eingetieften Sadika befindet sich ein schmaler Streifen Galeriewaldes, der auf einer wenig

ausgeprägten uferwallartigen Struktur ausgebildet ist. Jenseits dieses Waldes schließen sich nach W und E saumartig mit kleineren Bäumen und Sträuchern bestandene Savannen an, die in eine reine Grasvegetation übergehen (Foto 30).



Foto 30: Überflutungsebene des Sadika, westlicher Teil

Eine schwache Abdachung der Schwemmfächer-Struktur in Richtung Mbaéré-Tal kennzeichnet den mit Gras bestandenen Überflutungsbereich des Sadika. Im Hintergrund zu erkennen: Der räumlich sehr begrenzte, durch einzelne höherstämmige Bäume akzentuierte Galeriewald, der den Sadika (links im Bild) säumt, und der Saum des Mbaéré-Überflutungswaldes (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2005).

Nach Auskunft Ortskundiger markiert diese Grasebene den rezenten Überflutungsbereich; die baumbestandene Savanne (*savane arbureuse*), welche die Grasebenen umschließt, ist dagegen sehr viel seltener (ca. alle 10 Jahre) von saisonaler Überflutung betroffen. Diese Informationen werden durch die Beobachtung untermauert, dass in der Baumsavanne rezent bewohnte Termitenbauten der Gattung *Macrotermes* vorhanden sind, die innerhalb des Graslandes fehlen.

Ursache für dieses regelhafte Vegetationsmuster ist, dass der Schwemmfächer zu beiden Seiten des Sadika zunächst durch eine sehr schwache Abdachung nach NW bzw. SE gekennzeichnet ist, der ein kaum quantifizierbarer Anstieg des Geländes folgt. Die Profilskizze (Abb. 56, S. 130) macht die Abdachungsverhältnisse schematisch deutlich.

Da der Sadika während der Regenzeit in seinem Unterlauf über die Ufer tritt, wird so das ablaufende Wasser vor allem über die zentralen Bereiche des Überflutungsgraslandes abgeführt. Die Arbeitsexkursion zu den Sadika-Quellen vermittelte einen Eindruck über die im Tallängsprofil wechselnden Talquerschnitte. Abb. 57 (S. 130) veranschaulicht die Veränderungen und die Schwemmfächer-Situation mit Austritt des Sadika in die Mbaéré-Talebene.

4. Regionale Untersuchung

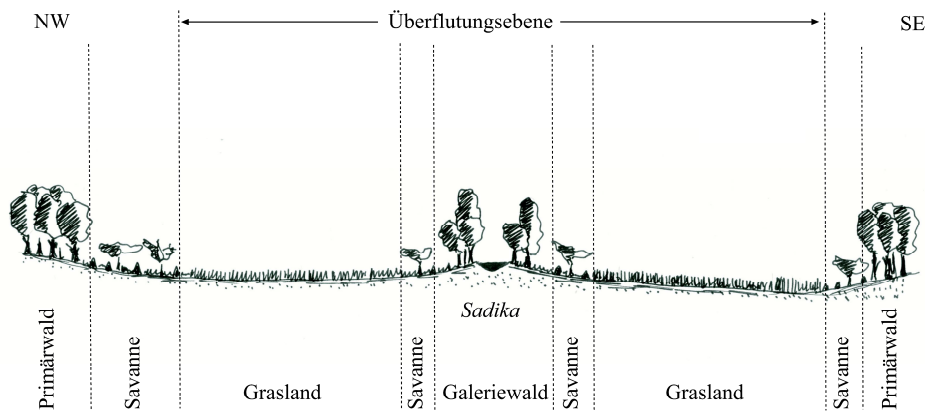


Abb. 56: Sadika-Schwemmfächer: Abdachungs-/ Vegetationsverhältnisse

Der Profilschnitt verdeutlicht die Abflusssituation sowie die Vegetationsverhältnisse westlich und östlich des Sadika, die Ausdruck des rezenten und subrezentem Überflutungsgeschehens sind.

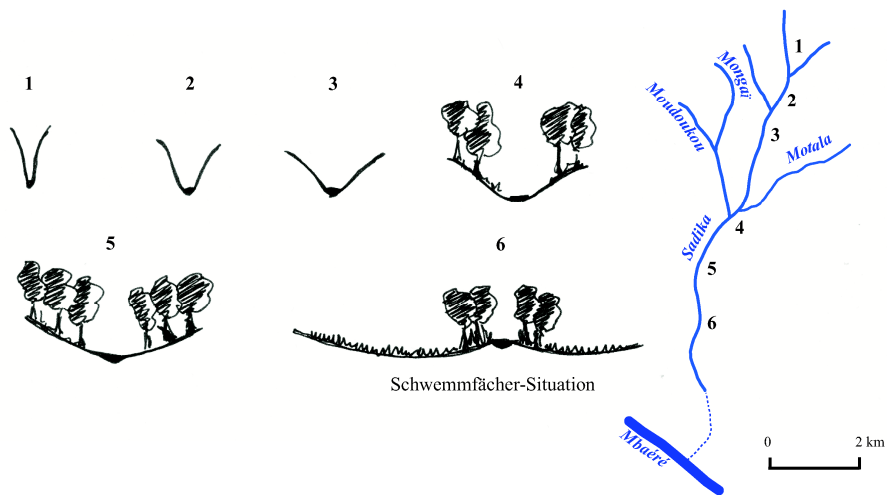


Abb. 57: Sadika: Talquerschnitt Quelle - Schwemmfächer

Die Schnitte sind NE-SW-gerichtet und verdeutlichen die Reliefveränderung, die mit dem Austritt des Sadika in die Ebene hier zu saisonalen Überflutungen des durch den Mbaéré-Nebenfluss aufgebauten Schwemmfächers führt.

Das Durchteufen der Sedimente des Schwemmfächers zum Zwecke der Beprobung älteren, vom Mbaéré abgelagerten Materials war, wie sich zeigte, technisch nicht durchführbar. Der Überflutungswald, der den Übergang des Schwemmfächers zum Mbaéré-Tal markiert, war für eine Beprobung trotz der relativ großen Entfernung zum rezenten Gerinnebett des Mbaéré zu feucht. Lediglich dort, wo ein auffälliges Mikrorelief unter Wald ausgebildet ist, war an einer leicht exponierten Stelle eine 200 cm umfassende Bohrung möglich (S1). Es ist denkbar, dass die im Gelände nicht quantifizierbaren Reliefunterschiede im Zusammenhang mit älteren uferwallartigen Akkumulationen des Mbaéré stehen, der gemäß der Annahme einer massiven Flussverlagerung durch den Aufbau des Schwemmfächers zuvor an dieser Talseite verlief. Aufgrund der Geländebeziehungen war jedoch eine Einschätzung der Größe dieser und zahlreicher ähnlicher, parallel auftretender Formen nicht möglich.

Die weitere Probennahme konzentrierte sich auf die Schwemmfächer-Struktur im Bereich der grasbestandenen Überflutungsebene. Hier stand westlich des Sadika am Hangfuß oberflächennah gleichfalls das Grundwasser an und ließ Bohrungen nur bis 40 cm Tiefe zu, wie systematische Versuche im westlichen unteren Bereich des Schwemmfächers belegten. Sie wurden im Abstand von etwa 20 m durchgeführt, beginnend jenseits des Sadika-Galeriewaldes. Im Überflutungsbereich östlich des Sadika stellte sich die Ausgangssituation im Übergang zwischen Überflutungsebene des Sadika zum Überflutungswald des Mbaéré zur Zeit der Probennahme aufgrund vereinzelter Regenfälle ähnlich dar. Der Schwemmfächer wurde entsprechend vor allem weiter hangaufwärts einer eingehenden Untersuchung unterzogen und beprobt, um ihn auf seinen Informationswert hinsichtlich der landschaftsgeschichtlichen Interpretation hin zu überprüfen. Abb. 42 (S. 106, Kap. 4.3.1) zeigt im Überblick die Lage der Probenstandorte auf dem Schwemmfächer.

S2 und S3 bezeichnen Standorte, an denen zunächst Bohrungen bis 160 cm Tiefe durchgeführt und später Aufschlüsse gleicher Tiefe angelegt wurden, weil sich Hinweise auf die Existenz überdeckter organischer Sedimente fanden. Die flächenhaften Einblicke in den Schwemmfächer an den beiden Standorten zeigten deutliche Unterschiede im Sedimentaufbau. S9, die bei S2 ausgehobene Grube, wies nach einem organischen Auflagehorizont mit der Tiefe heller werdende Sande auf. In 80 cm Tiefe zeigten sich feinere Wurzeln, die in den darüberliegenden Sedimenten fehlten. Dies ließ vermuten, dass hier eine vorhandene Grasvegetation von jüngerem Material zusedimentiert worden ist. Vereinzelt traten außerdem dunklere Stellen im Aufschluss auf, die aufgrund ihrer begrenzten räumlichen Ausdehnung und ihrer vorwiegend vertikalen Ausrichtung als Relikte tiefer wurzelnder Bäume oder Sträucher gedeutet wurden. Angesichts der relativ geringen Distanz zwischen dem Standort und den Baumsavannen sowie des Auftretens eines Baumstumpfes in der von Grasvegetation dominierten Umgebung ist anzunehmen, dass es sich bei dem organischen Sediment, das in der Prospektionsbohrung S2 erbohrt worden war, um Wurzelreste und somit (sub)rezentes Material handelt. In diesem westlichsten Teil der Struktur ist an jüngere Gras-Sukzession auf Kosten der Savanne aufgrund zunehmender räumlicher Ausdehnung der Überflutungen zu denken. In 100 bis 110 cm Tiefe fand sich schließlich eine einzelne kleinere Sedimenttasche extrem heller feiner Kiese, die nur an dieser einen Stelle des Aufschlusses auftrat. Da es sich nicht um eine durchgehende Lage handelt und ähnliche Phänomene bei weiteren Probennahmen nicht auftraten, muss es sich um eine lokale Besonderheit handeln, bedingt durch einen extrem weiten Transport größeren Materials aus dem Quellbereich, wie er etwa mit Starkregenereignissen in einem Milieu nicht festgelegter Abflussbahnen vorstellbar ist.

Aufschluss S6, welcher der am gleichen Ort vorgenommenen Prospektionsbohrung S3 folgte, ergab durch farblich variierende und teils deutlich abgrenzbare Sandlagen Hinweise auf wechselnde Abflussverhältnisse auf dem Schwemmfächer (Foto 31, S. 132). Auf den typischen grauen Auflagehorizont folgten hier hellgraue Sande, die ab 37 cm Tiefe dunkler und in 69 cm Tiefe wiederum von hellgrauen Sanden abgelöst wurden. An der Basis des Aufschlusses (ab 100 cm) trat eine kompaktierte Lage tiefbrauner Grobsande auf, die aufgrund ihrer Farbe einen hohen Anteil an organischer Substanz vermuten ließ.

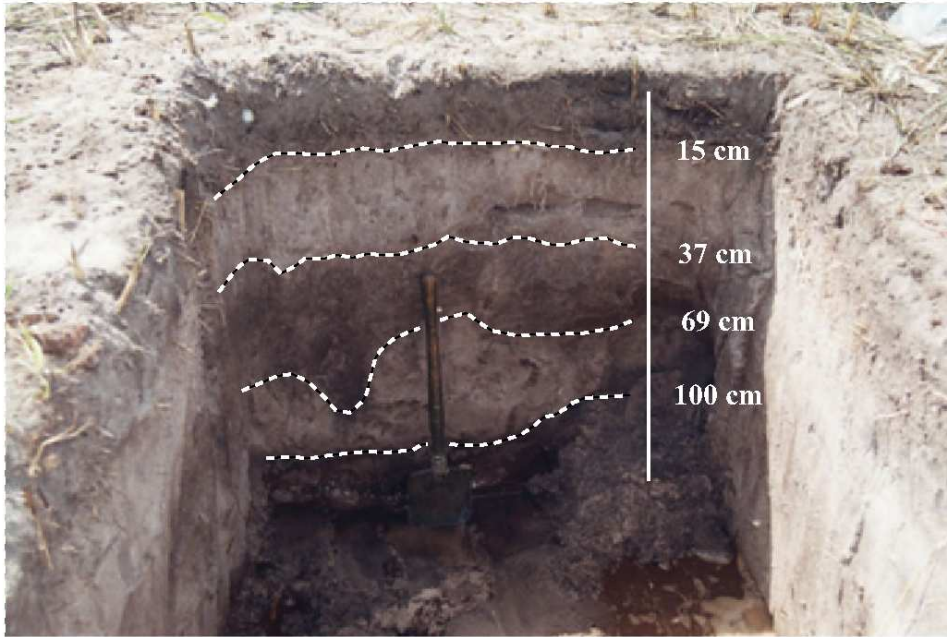


Foto 31: Aufschluss S6, Sadika-Schwemmfächer

Deutlich abgrenzbare Sandlagen, teilweise mit hohen Anteilen organischen Materials, deuten auf wechselhafte Ablagerungsverhältnisse hin, weniger trennscharfe Übergänge der Sedimente zwischen 37 und 69 cm auf mögliche pedogenetische Zusammenhänge (Aufnahme: M. Neumer, März 2005).

Bohrung S4 zeigte im Profil variierende Farbunterschiede, die auf erhöhte Anteile organischen Materials in 40 bis 60 cm Tiefe zurückgeführt wurden. Die dunkelbraunen Sande an der Profildbasis, wie sie oberflächennah in der Regel eher unter Wald als unter Savanne auftreten, lassen auf vorübergehend andere Vegetationsverhältnisse schließen, eine Ausbreitung von Wald etwa, die auf zeitweise trockenere Standortbedingungen zurückzuführen wäre. In mittlerer Profiltiefe deuteten dagegen die eher fließenden Übergänge bei Korngröße und Farbe nicht auf abrupt wechselnde Ablagerungsbedingungen hin, die eine solche Vermutung rechtfertigten.

S7, am westlichen Rand der Alluvialebene innerhalb eines auf halber Höhe in das Überflutungs-Grasland hineinragenden kleineren Savannenausläufers erbohrt, zeichnete sich durch wenig markante Übergänge hinsichtlich Farbgebung und Korngröße aus. Dieser Befund unterscheidet sich damit nicht grundlegend vom Befund der Bohrung S8, die am westlichen Fuß des eigentlichen Überschwemmungsbereichs durchgeführt wurde. Ausgehend von der Annahme, dass saisonal überflutete Grasflächen auf dem Schwemmfächer auch eine andere pedogenetische Entwicklung nehmen als die verhältnismäßig trockeneren Standorte unter Baum-/ Strauchsavanne, unterstützt dies die Vermutung, dass die westlichsten Bereiche des heutigen Überflutungsgebietes eine junge Vegetationsdynamik zeigen, welche auf sich wandelnde Bodenfeuchteverhältnisse zurückzuführen ist und sich hier noch nicht pedogenetisch manifestiert hat.

Die flussnahen Probenahmen S14 und S15 innerhalb des Graslandes bzw. unter Savanne umfassen aufgrund der Grundwasserproblematik Profile von nur 40 bzw. 60 cm Tiefe und dokumentieren die kurzfristig hohe Speicherleistung des Sandkörpers angesichts zuvor niedergegangener heftiger Niederschläge.

Im östlich des Sadika gelegenen Teil des Schwemmfächers wurden die Bohrungen S16, S17 und S18 angelegt, die allesamt wechselnde Substrate innerhalb des Profils aufwiesen. Die Auswahl der drei Standorte erfolgte systematisch vom Galeriewald (S16) aus, an den sich auch hier im Fußbereich des Schwemmfächers saumartig eine Baum-/ Strauchsavanne anschließt. Abb. 58 gibt einen schematischen Überblick über die Relief- und Vegetationsverhältnisse.

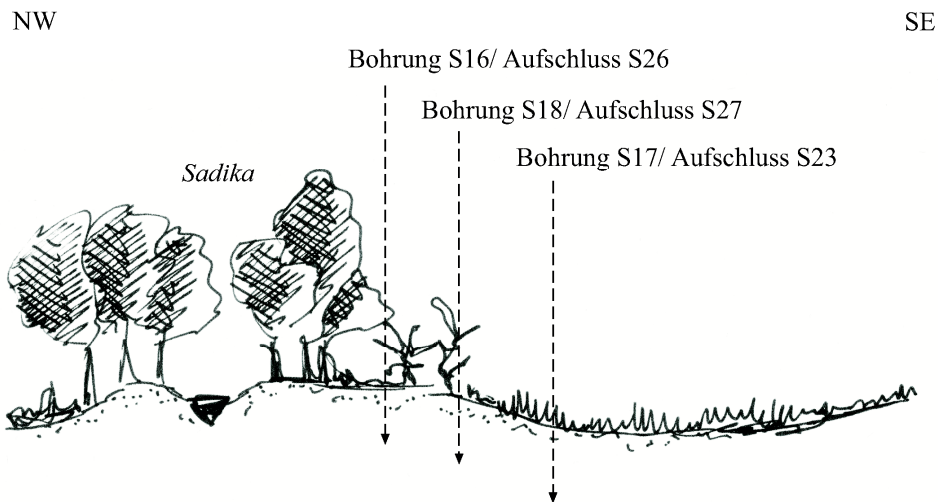


Abb. 58: Sadika-Schwemmfächer: Standortsituation S16 bis S18

Die Skizze verdeutlicht die Standortverhältnisse im Umfeld der Profile S16, S17 und S18 bzw. der Aufschlüsse S23, S26 bzw. S27 im Hangfußbereich des Schwemmfächers.

Im Hinblick auf das Überflutungsgrasland zeigten sich hier zu fortgeschrittener Trockenzeit Unterschiede in der Grasvegetation. Die Verbreitung binsenartiger Hartgräser, die eine hohe aktuelle Durchfeuchtung des Untergrundes markieren, beschränkt sich auf dieser Seite des Flusses auf die zentralen Bereiche der Alluvialebene. Die trockeneren Standorte im Fußbereich der Abdachung sind zudem durch vereinzelt auftretende Sträucher gekennzeichnet, die, verbunden mit der Verbreitung anderer Grasarten, auf einen Trend rezenter Vegetations-Sukzession hindeuten (Foto 32, S. 134).

Sträucher und Bäume hätten sich aufgrund der leicht exponierten Lage gegenüber dem senkenartigen Zentrum des überfluteten Bereichs in zunehmendem Maße sicher hier ansiedeln können, wäre das Gebiet nicht seitens der bis 2005 in Ngbénguéndara ansässigen BaAka regelmäßig zu Jagdzwecken gebrannt worden.

2006 bewirkte das wiederholte Auftauchen einer Elefantenpopulation, im Gebiet seit mehreren Jahren aktiv und dokumentiert durch entsprechende Spuren im Gelände, die spontane Aufgabe des Dorfes. Mit einer Neuansiedlung der Dorfbewohner in der Siedlung Ngola dürfte die Jagdaktivität sich räumlich verlagern und auf dem Schwemmfächer in der nächsten Zeit rückläufig sein.

Für die der Arbeit zugrundeliegende Fragestellung ist der Umstand interessant, dass sich hier möglicherweise eine andere Entwicklung abzeichnet als am westlichen Rand des Schwemmfächers, wo es Hinweise auf einen Trend zunehmender Ausdehnung der Grasvegetation nach Westen gibt. Keine der Annahmen lässt sich allerdings aufgrund der relativ

4. Regionale Untersuchung

grobe räumliche Auflösung der verwendeten Satellitenszenen aus den Jahren 1986 und 2003 (30 x 30 m) hinreichend validieren.

Wechselnde Vegetationsverhältnisse mit klimatisch induzierten Veränderungen in den Abflussgegebenheiten zu korrelieren, scheint bei lokal unter gleichen klimatischen Rahmenbedingungen derart unterschiedlich ablaufenden Prozessen demnach zumindest für den Schwemmfächer problematisch. In jedem Fall sind in der landschaftsgeschichtlichen Diskussion der Befunde selbst geringfügig andere Reliefverhältnisse und ein hier eher zufällig intensiverer anthropogener Einfluss zu berücksichtigen.



Foto 32: Saisonal überfluteter Teil des Schwemmfächers östlich des Sadika

Deutlich vom Hangfußbereich des Schwemmfächers aus zu erkennen sind der leichte Anstieg des Geländes (Blickrichtung: nach E) und die akzentuierten Vegetationsübergänge innerhalb des Graslandes. Vereinzelte gebrannte Sträucher (Vordergrund) kennzeichnen neben den Unterschieden in den hier verbreiteten Grasarten die unterschiedlichen Bodenfeuchteverhältnisse (Aufnahme: M. Neumer, März 2005).

Die Bohrungen S17 und S18 wurden im Übergangsbereich von Savanne zu den trockeneren Bereichen des Graslandes am Fuß des Schwemmfächers durchgeführt. Da sich in ihnen (wie auch in S16) Hinweise auf wechselnde Ablagerungsbedingungen fanden, wurden an gleicher Stelle Aufschlüsse angelegt. Aufschluss S26, am selben Standort wie Bohrung S16 und unter Galeriewald auf der den Sadika säumenden uferwallartigen Struktur gelegen, wies neben einer entsprechend höheren oberflächennahen Durchwurzelung an der Profilbasis (ab 93 cm Tiefe) eine auffällige kompaktierte Lage rotbraun bis dunkelbraunen Materials auf, die sich deutlich von dem sie umgebenden Sediment unterschied (Foto 33).

Aufgrund des sandigen Ausgangssubstrats und des wasserbeeinflussten Standortes wurde deshalb zunächst an einen Zusammenhang mit möglicher Podsolierung mit Ortsteinbildung gedacht. Podsole, wie sie in den Tropen vor allem in den höheren Lagen auftreten, wurden schon früh als azonale Böden erkannt (RICHARDS 1941, KLINGE 1968). Darüber hinaus finden sich Podsole aber auch in den Niederungen, dort vor allem in sandigen Ebenen im Bereich des

Grundwasserspiegels. Es handelt sich hierbei um intrazonale Böden, die sich unter bestimmten Standortbedingungen entwickeln: sandigem Material und Hydromorphie. DUCHAUFOUR (1977) grenzt ihr Vorkommen auf die sandigen Ränder der Ebenen ein, jedoch sind sie tatsächlich viel weiter verbreitet (KLINGE 1968), gebunden immer an die Existenz eines oberflächennahen Grundwasserspiegels oder ein Defizit externer Drainage. Einem Vorschlag AUBERTS (1965) folgend, sind sie im frankophonen Sprachraum mit dem Begriff *pseudopodzol de nappe* (soviel wie: „grundwasserbeeinflusster Pseudopodsol“), im anglophonen Sprachraum mit *lowland podzol* belegt. Von ihrer Genese und Morphologie her korrespondieren sie nicht mit den gleichnamigen Böden, wie sie klassischerweise in den gemäßigten Breiten vorkommen. Schon ab der Mitte des letzten Jahrhunderts wurde jedoch vermutet, dass die rezenten naturräumlichen Gegebenheiten nicht notwendigerweise jene sind, die zur Bildung dieser Böden beigetragen haben (DE HEINZELIN 1952, KLINGE 1969, FAIVRE et al. 1975). FLEXOR et al. (1975) nehmen an, dass es sich um alte grundwasserbeeinflusste Podsolbildungen handelt, deren Drainagegegebenheiten sich aus verschiedenen Gründen verbessert haben. SCHWARTZ (1988), der Podsole des Batéké-Plateaus in Gabun untersucht, kommt zu dem Schluss, dass es sich um Reliktböden handeln muss, die zwar der rezenten Morphodynamik unterliegen, aber entsprechend im Kontext von Paläoumweltbedingungen zu betrachten sind.

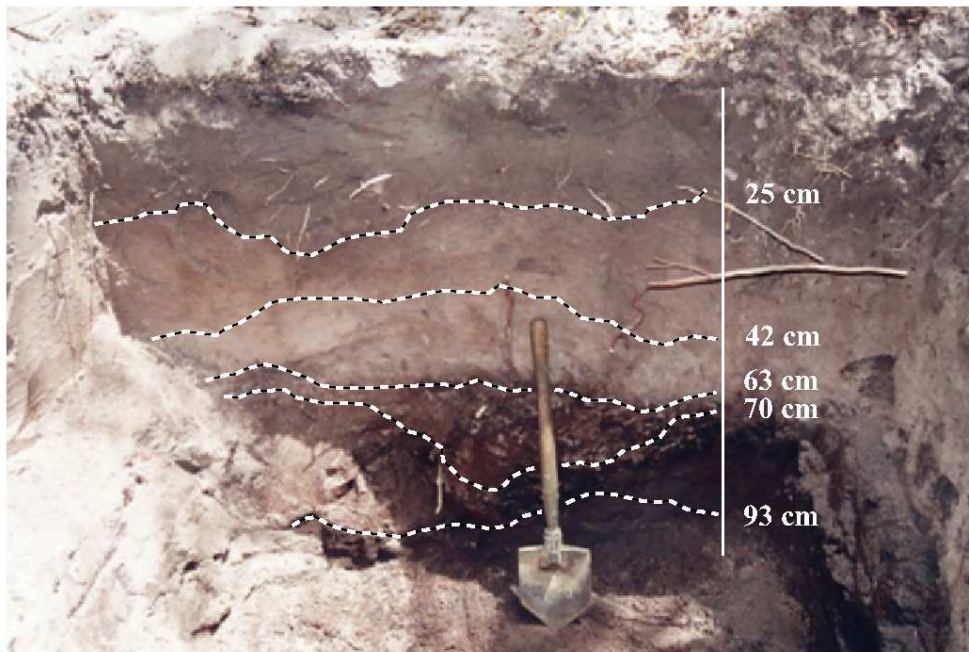


Foto 33: Aufschluss S26, Sadika-Schwemmfächer

Bei dem unter Galeriewald angelegten Aufschluss zeigte sich ab 93 cm Tiefe ein dunkelbraunes, stark verfestigtes sandiges Substrat, welches feine Durchwurzelung aufwies und als reliktsche Oberfläche gedeutet wurde (Aufnahme: M. Neumer, März 2005).

Aufgrund ihrer Konsistenz und Farbe, vor allem aber aufgrund der feinen Durchwurzelung, wie sie in den darüberliegenden helleren Sedimenten fehlt, wurde die beschriebene Lage kompaktierten Materials an der Basis des Aufschlusses S26 jedoch als fossiler Auflagehorizont angesprochen, der durch Abflussänderungen später zugedeckt worden sein muss.

4. Regionale Untersuchung

Der am Standort der Bohrung S17 angelegte Aufschluss S23 zeigte eine ähnliche Stratigraphie der Sedimentabfolgen wie S26, allerdings trat hier der dunkle Horizont an der Basis des Profils erst in 101 cm Tiefe auf und war weniger stark verdichtet. Aufschluss S27, am Standort der Bohrung S18 und relativ zu den anderen beiden Standorten tiefer und näher der rezenten Überflutungsebene gelegen, zeigte ein ähnliches Muster wie S23 mit Hinweisen auf organisches Material ab einer Tiefe von 111 cm (Fotos 34 und 35). Die kompaktierten Sande in S23 und S27 wiesen im Gegensatz zu S26 keine Durchwurzelung auf, wodurch ein Zusammenhang mit Podsolierung hier nicht ganz auszuschließen ist. Wahrscheinlich erscheint jedoch aufgrund der relativen räumlichen Nähe zueinander, dass eine höhere Zersetzungsrate des organischen Materials das Fehlen von Graswurzeln erklärt.

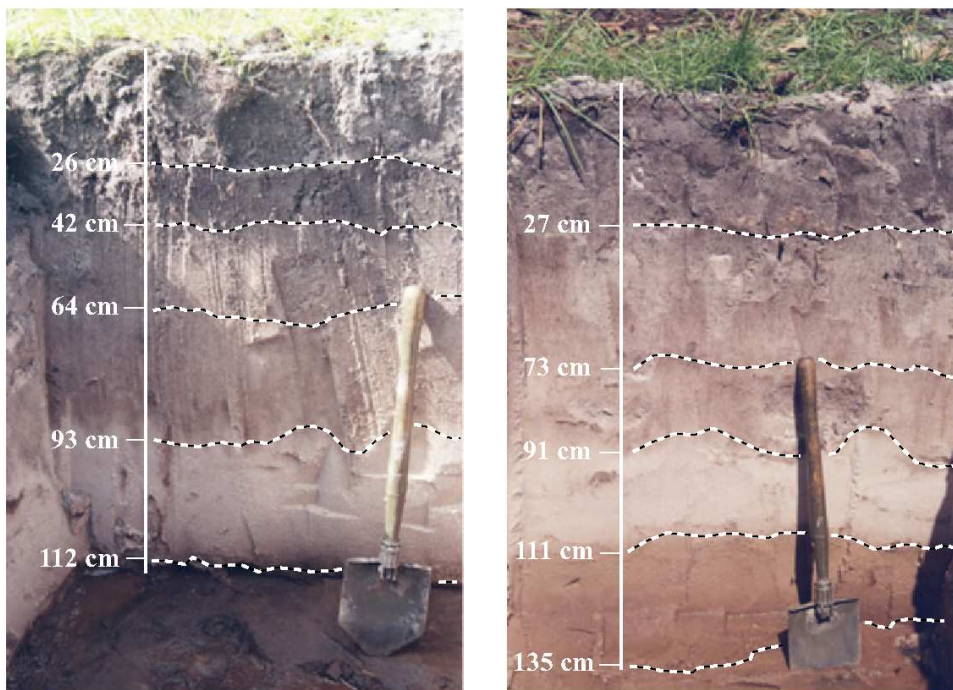


Foto 34: Aufschluss S23, Sadika-Schwemmfächer

Foto 35: Aufschluss S27, Sadika-Schwemmfächer

Im Bereich der Savannen- und trockeneren Grasstandorte am Fuß des Schwemmfächers östlich des Sadika aufgeschlossen zeigen die Profile von S26 und S27 auffällig ähnliche Sedimentlagen, die in ihrer Abfolge denen in Aufschluss S26 ähneln (Aufnahme: M. Neumer, März 2005).

Den östlich des Sadika gelegenen Teil des Schwemmfächers randlich zu prospektieren, war aufgrund der Bodenfeuchteverhältnisse ebenso wenig möglich wie systematische Bohrungen im Zentrum des Überflutungsbereichs. S19 lieferte innerhalb der die Überflutungsebene säumenden Strauchsavannen am Fuß der Struktur Daten aus bis zu 80 cm Tiefe. Mit S20, innerhalb einer inselartig exponierten und mit Bäumen und Sträuchern bewachsenen Struktur von nur wenigen Quadratmetern Fläche, konnte inmitten des Graslandes ein 100 cm umfassendes Profil erbohrt und beprobt werden, das sich durch tiefgründig hohe Anteile organischen Materials auszeichnete, wie es auf dem Schwemmfächer ansonsten nicht aufgetreten war (Foto 36).



Foto 36: Waldinsel, östlicher Teil der Sadika-Überflutungsebene

Blick Richtung Mbaéré-Tal (nach SE). Im Hintergrund (weiße gerissene Linie) befindet sich der Überflutungswald, rechts im Bild der den Sadika säumende Galeriewald. Die vereinzelter Bäume und Sträucher, dem Überflutungswald vorgelagert (weiße durchgezogene Linie), markieren die inselartige Struktur, innerhalb der die Bohrung S20 durchgeführt wurde (Aufnahme: M. Neumer, März 2005).

Diese Befunde und die rundlich bis ovale und zum Zentrum hin leicht aufgewölbte Form lassen vermuten, dass es sich um eine lokale Besonderheit in Verbindung mit ehemaliger Termitenaktivität der Art *Macrotermes subhyalinus* RAMBUR (*Macrotermes bellicosus* RUELLE, *Bellicositermes rex*.) handelt. Wenn auch das Fehlen weiterer ähnlicher Reliefstrukturen aufgrund der zu erwartenden, aber hier nicht beobachteten typischen Raummuster zunächst dagegen zu sprechen schien, zeigten Geländebeobachtungen, dass sich im nordöstlich an das Überflutungsgebiet anschließenden Regenwald markante kuppelförmige Reliefgegebenheiten existieren, die eine entsprechende räumliche Anordnung zeigen und auf derartige reliktsche Nestbauten hinweisen. Das Fehlen weiterer Strukturen und der schlechte Grad der Erhaltung jener Einzelform innerhalb des Sadika-Überflutungsbereichs ist deshalb möglicherweise der hohen fluvialen Morphodynamik geschuldet, die hier zu einer weitgehenden Zerstörung des landschafts- und klimageschichtlich interessanten Mikroreliefs beigetragen hat.

Die Bohrungen S21 und S22, die entlang der den Galeriewald säumenden Savannen durchgeführt wurden, ergaben Profiltiefen von nur 60 bzw. 100 cm und außer der Abfolge mit der Tiefe heller werdenden sandigen Substrats keine Anhaltspunkte für veränderte Abflussbedingungen am Standort.

Fazit Geländearbeiten Sadika

Insgesamt vermitteln bereits die Geländebefunde im Falle des Sadika-Schwemmfächers den Eindruck, dass die Ablagerungsbedingungen sich auf dieser morphologischen Großform in der Vergangenheit zum Teil drastisch geändert haben müssen. Vor allem die in vielen Profilen deutlich akzentuierte Wechsellage von organischem Sediment und helleren Sanden spiegelt eine

hohe Dynamik wider. Die in einigen Profilen ähnlichen Befunde hinsichtlich der Sedimentabfolge ließen zudem im Hinblick auf spätere Datierungen auf gewisse zeitlich-räumliche Korrelationen zwischen den Standorten hoffen, um so etwa Hinweise auf veränderte Klima- und Umweltbedingungen zu erhalten. Denkbar schien vor allem ein mehrphasiger Wechsel zwischen wechselfeucht-tropischen Bedingungen und Phasen größerer Saisonalität mit Aridisierungstendenzen. Die Beobachtungen, die im Hinblick auf die jüngere Vegetationsdynamik randlich der Überflutungsbereiche gemacht wurden, wiesen allerdings auf die Notwendigkeit hin, die Ablagerungsbedingungen auf dem Schwemmfächer auch mit lokal variierenden Gegebenheiten des Reliefs und der anthropogenen Nutzung in Verbindung zu bringen.

4.4 Laboranalysen

Bevor die Laborbefunde für die Profile im Mbaéré-Tal und auf dem Sadika-Schwemmfächer dargestellt, diskutiert und miteinander verglichen werden, wird im Folgenden zunächst, die Ausführungen zu den angewandten Methoden aus Kap. 1.3. vertiefend, auf die Interpretationsmöglichkeiten der Ergebnisse eingegangen. Anschließend werden nacheinander die Ergebnisse der im Mbaéré-Tal 2004/2005 und der auf dem Sadika-Schwemmfächer 2005 genommenen Proben vorgestellt und Gemeinsamkeiten wie Unterschiede herausgestellt und diskutiert. Die im Rahmen der dritten Geländekampagne 2006 im Mbaéré-Tal geborgenen Proben, die erst sehr spät aus der RCA ausgeführt werden konnten, finden der nicht abgeschlossenen konventionellen bodenchemischen und -physikalischen Laborbearbeitung wegen keinen Eingang in diese Dokumentation. Im Anhang findet sich eine Übersicht der den besprochenen Profilen zuzuordnenden Labornummern (Tab. A2, Anhang) sowie eine graphische Aufbereitung der Laborergebnisse (Abb. A1 und A2, Anhang).

4.4.1 Farbe

Bei der Beschreibung der Farbgebung der Profile nach MUNSSELL wird auf die Farbensprache an den feuchten Proben Bezug genommen, welche den Gegebenheiten zur Zeit der Probennahme am ehesten entspricht. Signifikante Farbänderungen können, im Zusammenhang mit anderen Messdaten betrachtet, vor dem Hintergrund der landschaftsgeschichtlichen Fragestellung Anhaltspunkte für abflussgesteuerte Sedimentationsvorgänge liefern und Hinweise auf pedogenetische Prozesse enthalten, welche an einzelnen Sedimentlagen in Abhängigkeit von den herrschenden klimatischen Rahmenbedingungen wirksam waren.

Mbaéré-Tal

Die Proben aus der Talebene des Mbaéré zeichnen sich durch zumeist dunkelbraune, seltener schwarz-braune oberflächennahe Horizonte aus. Die dunkelsten Farben (10 YR 2/2 und 10 YR 2/1), weisen die Profile K2, Q1 und M1 auf. Die Mächtigkeit der durch diese Farbe charakterisierten Sedimente liegt hier zwischen 40 und 80 cm. Bei Profil B1 fehlt oberflächennah die dunkle Farbe: Das Material ist stattdessen innerhalb des Profils (120 cm) durchweg mittelbraun (10 YR 3/2 bzw. 10 YR 5/2), und es tritt kein signifikanter Farbwechsel

auf. Ähnlich homogen präsentiert sich Profil M2, wo innerhalb des Profils (200 cm) nur leichte Farbänderungen zwischen schwarz bzw. dunkel- und mittelbraun festzustellen sind (10 YR 2/1 bis 10 YR 3/3). Bei den anderen Profilen wechselt dagegen mit der Tiefe die Bodenfarbe in der Regel über mittelbraun zu hellbraun, in einigen Fällen auch zu grau-braun oder es dominieren, wie in den Fällen K2 und K4, graue Farben, und die Töne wechseln von dunkelgrau über mittelgrau bis hin zu hellgrau an der Basis des Profils.

Insgesamt ist festzustellen, dass in den meisten Fällen die Farbintensität kontinuierlich abnimmt (Abb. 59, S. 140). Der Intensitätsverlust ist dabei je nach Standort mit der Beprobungstiefe sehr unterschiedlich. In den meisten Fällen ist eine Unterbrechung der Farbabnahme durch ein lokal beschränktes Auftreten gelblich-brauner (Profile N1, N2, K3 und G1) oder (selten) rötlich-brauner Sande zu beobachten (Profil M1), charakterisiert durch Farbwerte um 10 YR 5/6 bzw. 2,5 YR 4/3. Sie treten mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von etwa 40 cm auf und sind in sehr unterschiedlicher Profiltiefe (zwischen 80 und 240 cm) anzutreffen, tendenziell jedoch um 200 cm vorhanden. Dunklere Horizonte, die etwa Hinweise auf organische Substanz und ggf. fossile Bodenbildungen oder Umlagerungsprozesse geben, sind, abgesehen von den Profilen K4 und M2, nicht zu erkennen. In Klimaten, die eine ununterbrochene Aktivität der Bodenorganismen gestatten, wie dies in den Tropen der Fall ist, erfolgt ein rascher Abbau der Streu. Der dortige Nährstoffkreislauf, vor allem der intensive mikrobielle Abbau, ist Ursache dafür, dass die Nährstoffe praktisch nicht in den Mineralboden gelangen, so dass die organische Substanz sich unter anderem aus farblosen Aminosäuren und Polysacchariden zusammensetzt und dadurch häufig der typischen schwarzen Farbe entbehrt (MÜCKENHAUSEN 1993:368). Dies könnte erklären, warum selbst bei erhöhten Anteilen organischer Substanz in größerer Tiefe (vgl. Kap. 4.4.3) keine signifikante Farbänderung zu erkennen ist, wobei der Austrag dunkler Huminstoffe auch Folge der hohen Durchlässigkeit der sandigen Böden bei regelmäßiger Durchfeuchtung sein kann. Im Profil K4 findet sich in einer Tiefe von 175 bis 195 cm Sand, der mit einem Wert von 10 YR 5/2 etwas dunkler als das darüber- und darunterliegende Material ist (10 YR 6/2). Im Profil K2, wo dunkel- und mittelbraune Farben innerhalb des Profils wechseln, tritt in 140 cm Tiefe ein Farbwert von 10 YR 2/2 auf.

Sadika-Schwemmfächer

Die Bodenprofile des Sadika-Schwemmfächers zeigen von denen im Mbaéré-Tal deutlich abweichende Farbverläufe. Im Vergleich ist festzustellen, dass in der Regel die oberflächennahen Sedimente weniger dunkel wirken als die im Mbaéré-Tal und die meisten oberflächennahen Mineralstoffhorizonte, abgesehen von denen der Profile S19 und S20 (mit Werten von 10 YR 2/1 in den obersten 20 cm), eher eine dunkel- bis mittelgraue als die für die Profile im Mbaéré-Tal typische schwarz- bis dunkelbraune Farbgebung aufweisen. Dieses Phänomen ist sicherlich weniger vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Vegetationsbedeckung – hier vorwiegend Wald, dort vorwiegend Savanne - und der etwa unterschiedlichen Streu am Standort zu diskutieren. Da auch bei sehr unterschiedlicher Vegetation der Humuskörper recht ähnlich sein kann und umgekehrt bei ähnlicher Vegetation und unterschiedlicher Trophie, Wärme und/ oder Durchlüftung recht verschiedene Humuskörper auftreten können (SCHLICHTING 1986:98), steht vielmehr zu vermuten, dass hinsichtlich der Standortbedingungen vor allem die höheren bodennahen Temperaturen und eine wenigstens saisonal bessere Durchlüftung an der Oberfläche des Schwemmfächers hinsichtlich der unterschiedlichen Umformung des Mineralkörpers eine Rolle spielen.

4. Regionale Untersuchung

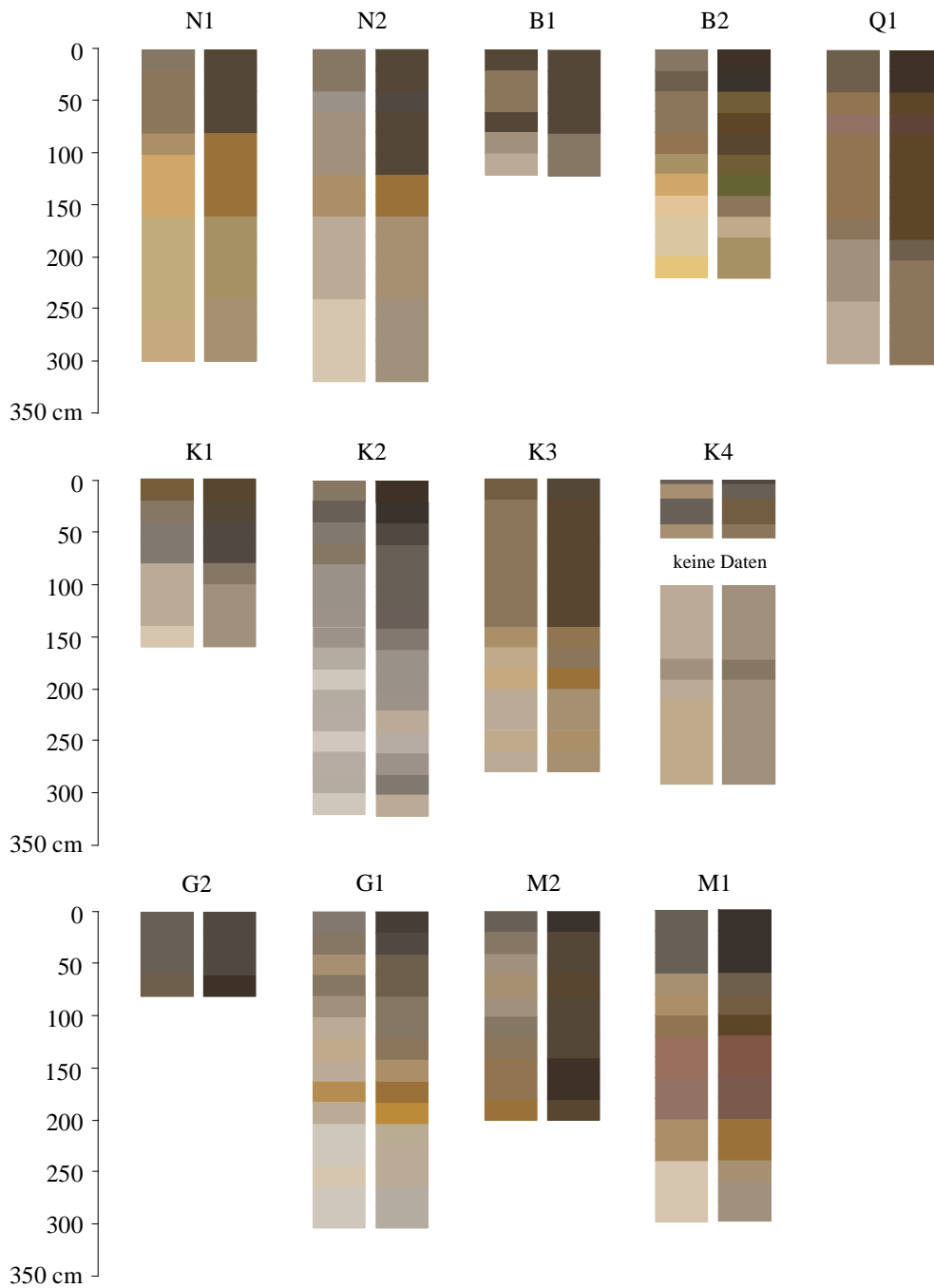


Abb. 59: Bodenfarben nach MUNSELL, Mbaéré-Tal, 2004 und 2005

Die Beschreibung der Bodenfarbe erfolgte nach der MUNSELL Farbskala an trockenen (in der Abbildung links) sowie feuchten Proben (rechts).

Die Mächtigkeit der dunkleren Sande in den Sadika-Profilen ist ebenso unterschiedlich wie die Farbveränderung mit der Tiefe, wobei in einigen Fällen eine dunklere Farbe des Materials nicht oberflächennah, sondern unmittelbar daran anschließend auftritt (Profile S4, S6, S21).

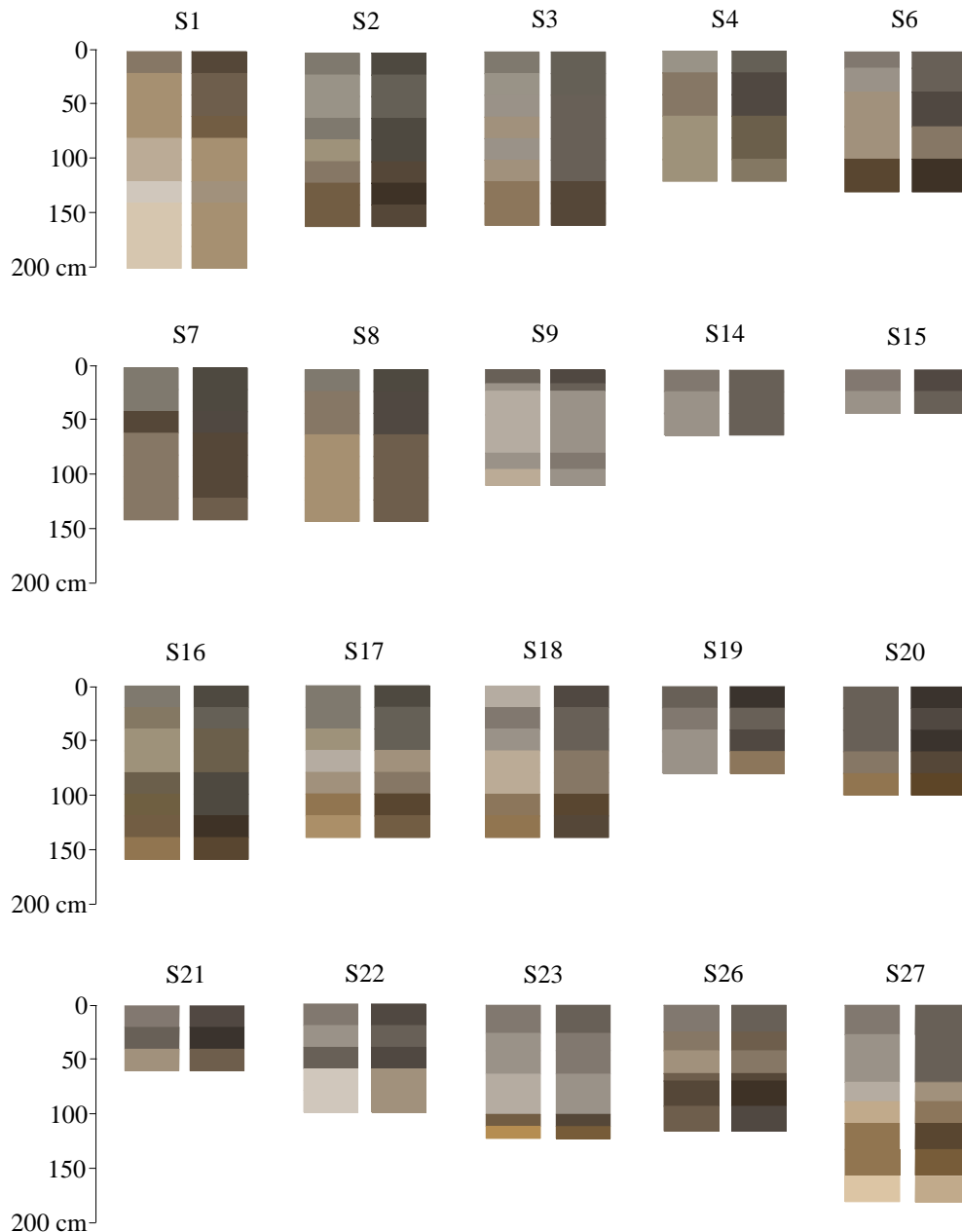


Abb. 60: Bodenfarben nach MUNSELL, Sadika-Schwemmfächer, 2005

Die Beschreibung der Bodenfarbe erfolgte nach der MUNSELL Farbskala an trockenen (in der Abbildung links) sowie feuchten Proben (rechts).

Im Hinblick auf den Farbverlauf lassen sich grob die Profile aus dem westlichen Bereich des Schwemmfächers von denen im östlichen Bereich unterscheiden (Abb. 60), da bei letzteren in Tiefen ab ca. 100 cm häufig auffallend bräunliche Farbtöne auftreten, während an den Profilen im westlichen Teilgebiet, abgesehen von Profil S1 aus dem Bereich des Überflutungswaldes, dieses Phänomen nicht festzustellen ist. (Aufgrund der geringen Profiltiefe werden S14, S15, S19 und S21 hier, wie auch in der weiteren Diskussion, nicht berücksichtigt.) Auffallend ist, dass die Farbveränderung mit der Tiefe in den seltensten Fällen kontinuierlich verläuft; vielmehr finden sich, anders als bei den Profilen aus dem Mbaéré-Tal, zahlreiche Profile sowohl

westlich als auch östlich des Sadika, in denen hellere Sande mit dunkleren Sanden wechsellagern. Besonders ausgeprägt ist dieser sehr scharfe Farbwechsel in den Profilen S2, S6, S16, S17, S18, S23, S26 und S27. Während bei den genannten Profilen aus dem westlichen Teil des Schwemmfächers Grautöne abwechseln und in unterschiedlicher Tiefe dunkelgraue oder sogar schwarze Sande auftreten, sind es bei den Profilen aus dem östlichen Teil vorwiegend mittel- bis dunkelbraune bzw. schwarze Sande, die sich deutlich von den darüberliegenden mittelgrauen Sanden abheben. In S2, S6, S16, S26 finden sich fast schwarze Sedimentabfolgen (10 YR 2/2), die sich scharf von den helleren Sedimenten darüber absetzen, in S17, S18, S23 und S27 sind die dunkelsten in der Tiefe auftretenden Sande dunkelbraun (um 10 YR 3/3).

Fazit Farbe

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die auf dem Sadika-Schwemmfächer beprobten Bohrprofile und Aufschlüsse eine im Gegensatz zu den Mbaéré-Profilen viel heterogenere Farbgebung aufweisen und in unterschiedlichen Tiefen zum größten Teil abrupte Wechsel von helleren zu dunkleren, von grauen zu braunen oder gar schwarzen Sanden auftreten. Diese deuteten auf differenzierte Abfluss- und Ablagerungsbedingungen hin, die im Vergleich zu den Verhältnissen im Mbaéré-Tal viel stärker variiert zu haben scheinen. Der unstete Abfluss auf einem solchen Schwemmfächer, charakterisiert durch eine veränderliche Lage der Abflussbahn(en) innerhalb des überfluteten Bereichs, lässt vermuten, dass die Akkumulation jüngerer Sedimente ebenso wie der Austrag bereits akkumulierten Materials sowohl Bodenbildung als auch Translokationsprozesse im Boden unterschiedlich und räumlich viel differenzierter beeinflusst haben. Die Kontinuität der farblichen Veränderungen, die die Mbaéré-Profile der Kampagne 2004 zeigen, deuten dagegen zunächst auf ungestörtere und eher kontinuierliche Sedimentationsverhältnisse und Bodenbildungsprozesse hin. Berücksichtigt man jedoch die Geländebeobachtungen der Kampagne 2006, die innerhalb zahlreicher Profile im Bereich von Terrassenresiduen eine ähnlich interessante Wechsellagerung belegen wie auf dem Schwemmfächer, so wird deutlich, dass die Verhältnisse innerhalb der Talebene lokal gleichfalls variieren.

4.4.2 Korngrößen

Die Sedimentationsprozesse, die in einem Tal ebenso wie auf einem Schwemmfächer zur Akkumulation der vom Fluss mitgeführten Fracht geführt haben, sind durch die Abflussgegebenheiten determiniert. Die Korngrößenanalyse macht Veränderungen in der Zusammensetzung der verschiedenen Fraktionen erkennbar, welche unter Berücksichtigung der in Kap. 3.3 getroffenen Einschränkungen vor dem Hintergrund wechselnder Abflussbedingungen diskutiert werden können.

Mbaéré-Tal

Die im Mbaéré-Tal entnommenen Proben der 12 Bohrprofile und der Aufschluss-Bohrprofil-Kombination K4 zeichnen sich alle durch fehlenden Skelettboden und hohe Sandanteile aus, die in der Regel zwischen 85 und 95 % liegen. Mit der Tiefe nimmt innerhalb der Profile der oberflächennah hohe Sand-Gehalt in der Regel zunächst ab und erreicht ab 160 cm (Profile N1 und B2), manchmal erst ab 200 cm Tiefe (Profile K2, K3, Q1, M1 und G1), ein weiteres Maximum, wobei jedoch keine signifikanten Sprünge auftreten. Nur in den Profilen K1 und G2 bleibt der Sandanteil mit der Tiefe nahezu konstant.

Der Mittelsand, der die Sand-Fraktion in allen Profilen deutlich dominiert, schwankt in ähnlicher Weise, abhängig von der Entnahmetiefe, zwischen 50 und 65 %. Ausnahmen bilden die Profile N1, M2 und G2. Profil N1 weist ab 140 cm mehr als 65 % Mittelsand auf, zwischen 160 und 300 cm sogar zwischen 70 und knapp 80 %. Bei M2 liegt der Anteil dagegen ab 40 cm unter 50 % und sinkt zwischen 140 und 180 cm unter 45 %. Bei G2 schließlich zeigen sich im gesamten Profil kaum Schwankungen in den Anteilen der Mittelsand-Fraktion.

Die Schluff- und Ton-Fraktionen weisen in ihrer Verteilung innerhalb der Profile ein etwas uneinheitliches Bild auf. Insgesamt ist festzustellen, dass die Mittel- und Feinschluff-Gehalte innerhalb der Profile in der Regel sehr gering sind und meist, unabhängig von der Entnahmetiefe der Proben, weniger als je 1 % betragen. Entsprechend dominieren entweder Ton oder Grobschluff die feineren Fraktionen. In den Profilen B1, B2, K1, K2, K3, K4, Q1 und G1 ist es jeweils der Ton, der mit teilweise über 10 % (Profile K2, K3, K4, Q1, G1) über das gesamte Profil klar überwiegt. In den Profilen N1, N2, M2 und G2 dagegen, wo oberflächennah Ton und Grobschluff mit je zwischen 3 und 5 % annähernd gleich vertreten sind, nimmt im mittleren Profilverbereich zunächst der Ton-Anteil zu Gunsten des Grobschluffs ab. Im unteren Drittel des Profils, unabhängig von der zum Teil sehr unterschiedlichen Profiltiefe, nimmt schließlich der Ton-Gehalt sehr deutlich zu und liegt dort bei 9 bis 12 %, während der Grobschluff weniger als 3 % ausmacht.

Profil M1 schließlich zeichnet sich durch mehrfache Schwankungen im Ton- und Grobschluff-Gehalt aus. Im unteren Profilverbereich (bei 280 bis 300 cm) liegt der Ton-Anteil nur unwesentlich über dem Grobschluff-Anteil.

Sadika-Schwemmfächer

Den im Bereich des Sadika-Schwemmfächers entnommenen Proben ist, wie den im Mbaéré-Tal entnommenen Proben, gemein, dass sie keinen Skelettboden enthalten. Die Sand-Fraktion beherrscht das Korngrößenspektrum noch deutlicher, da in der Regel der Gesamtgehalt an Sand deutlich über 90 % liegt und nicht selten in mittlerer Profiltiefe oder an der Basis des Profils sogar 98 % erreicht.

Innerhalb der Sand-Fraktion dominiert, abgesehen von je einer Probe in den Profilen S2 und S15, der Mittelsand, der oberflächennah meist über 50 %, mit größerer Tiefe über 60 % ausmacht. Der Sandanteil innerhalb eines Profils variiert nur mäßig, jedoch wird deutlich, dass hinsichtlich dieser Veränderungen im Profilverlauf zwei Fälle unterschieden werden können. Im einen Fall (Profile S3, S6, S8, S16, S18, S22, S23 und S27) nimmt der Sand-Gehalt in mittlerer Probentiefe zunächst leicht zu und dann ab. Bei den Bohr-Profilen S3, S8, S16 und S18 liegen die höchsten Sand-Anteile dabei in Tiefen zwischen 60 und 80 cm, bei den Aufschluss-Profilen S6, S22, S23 und S27 in Tiefen zwischen 60 und 100 cm. Im anderen Fall (Profile S2, S7, S9, S17, S20 und S26) ist mit zunehmender Tiefe zunächst eine Zunahme des Sand-Anteils, gefolgt von einer Abnahme und einer neuerlichen Zunahme im unteren Teil des Profils zu erkennen. Bei den Bohr-Profilen sind es Tiefen über 80 cm, in denen der Sand-Gehalt ein zweites Mal innerhalb des Profils ansteigt, bei den Aufschluss-Profilen S9 und S26 tritt das zweite Sand-Maximum ab ca. 90 cm auf, wobei der Sand-Gehalt in Probe S9f (ab 95 cm) annähernd 100 % (99,68 %) beträgt.

Ausnahmen bilden die Profile S1 und S4: In Profil S4 zeichnet sich nach ähnlicher Variation des Sand-Anteils wie in den letztgenannten Profilen ab 100 cm ein weiterer Rückgang der Sand-

4. Regionale Untersuchung

Fraktion ab, in Profil S1 nimmt nach anfänglicher Abnahme des Sand-Anteils der Sand-Gehalt bis in 200 cm Tiefe stetig zu, bis er annähernd 100 % erreicht (99,03 % in 160 bis 180 cm).

Die Schluff- und Ton-Anteile variieren innerhalb der Profile sehr unterschiedlich.

Anders als bei den Mbaéré-Proben, dominiert der Grobschluff-Anteil die kleineren Korngrößen in zahlreichen Profilen in den oberflächennahen Proben (bei Bohr-Profilen: 0 bis 20 cm) und liegt hier in der Regel zwischen knapp 1,5 und 4 % (Profile S6, S14, S15, S16, S18, S19, S26 und S27), in nur zwei Profilen (Profile S1 und S20: 8,92 bzw. 5,24 %) deutlich darüber. In ebenso vielen Fällen finden sich annähernd gleich viele Anteile von Grobschluff und Ton (Profile S2, S7, S8, S9 und S23), und nur in Ausnahmefällen dominiert in dieser Tiefe der Ton-Anteil den Grobschluff (Profile S3, S17 und S21), wobei in S3 der Mittelschluff-Gehalt innerhalb der vier Fraktionen mit fast 3 % deutlich über dem Ton-Gehalt liegt. Probe S4 zeichnet sich durch eine unübliche oberflächennahe Dominanz von Feinschluff aus.

Mit zunehmender Tiefe verringern sich die Anteile der Schluff- und Ton-Fraktionen in der Regel, wobei sich ein uneinheitliches Bild ergibt, was die Veränderungen innerhalb der Schluff- und Ton-Fraktionen betrifft. Bemerkenswert ist hierbei, dass mit der im weiteren Profilverlauf häufig auftretenden Zunahme der feineren Korngrößen-Anteile zu Lasten des Sandes, ähnlich wie in den Profilen des Mbaéré-Tals, häufig eine klare Dominanz des Ton-Gehalts einhergeht. Dieser ist in zahlreichen Fällen ab 120 cm besonders signifikant, da er hier um ein Vielfaches über den Ton-Gehalten in den rezenten Ah-Horizonten liegt. Deutlich wird dieses Phänomen in den Profilen S2, S6, S16, S18, S23, S26 und S27. Während beim Profil M2 der oberflächennahe Ton-Gehalt von 1,75 % einem Ton-Anteil von 4,22 % in 120 bis 140 cm Tiefe gegenübersteht, findet sich im Profil S26 zwischen 63 und 70 cm mit 10,17 % Ton mehr als das Sechsfache des Oberflächengehalts (zum Vergleich: 1,65 % in 0 bis 20 cm).

Nicht so signifikant, aber ähnlich stellt sich dieser Bezug zwischen Zunahme der Schluff- und Ton-Fraktionen mit der Tiefe bei gleichzeitiger überproportionaler Zunahme des Ton-Gehalts innerhalb der Korngrößen in den Profilen S3 und S17 dar. Dort nähert sich der Ton-Gehalt in Tiefen ab 120 cm nach vorherigem Rückgang lediglich den Werten in der ersten 20 cm des Profils, doch fällt auch hier die verhältnismäßig stärkere Zunahme des Tons gegenüber der der Schluff-Anteile auf.

Die Profile S7, S8 und S20 zeigen dagegen in fast jeder Profiltiefe vergleichsweise hohe Anteile an Ton, so dass hier auch bei insgesamt geringeren Schluff- und Ton-Gehalten der Ton-Gehalt fast immer den der anderen Korngrößen übertrifft. In Profil S4 zeigt sich ein Fehlen von Schluff in 40 bis 80 cm Tiefe, so dass, wie im gesamten Mittelteil des Profils, hier der Ton-Anteil dominiert. Profil S1 weist eine gleichmäßige Abnahme aller feineren Korngrößen und in 180 bis 200 cm nur noch Grobschluff- und Tonanteile unter je 0,7 % auf. In den Profilen S9 und S22 ist Ton dagegen nur im rezenten Ah (bzw. bei S9 in sehr geringer Menge in 95 cm Tiefe) vorhanden.

Es fällt auf, dass das Korngrößenspektrum in allen Profilen zwar variiert, aber signifikante Veränderungen, wie sie gegebenenfalls Hinweise auf drastische Veränderungen der Erosions- und Sedimentations-Gegebenheiten innerhalb des Alluvialkörpers liefern könnten, weitgehend fehlen.

Lediglich bei der Anlage von Aufschluss-Profil S9 wurde lokal in 105 cm Tiefe eine Sediment-Tasche aufgeschlossen, die nicht als Horizont ausgebildet ist und deshalb als Sonderfall

behandelt wurde. Diese Probe (S9x) zeigt einen deutlich erhöhten Grobsand-Anteil von über 43 %, der Sand-Gehalt beträgt annähernd 99 %. Zwei weitere Einzelfunde in den Aufschlüssen S26 und S27, einzelne Fragmente zerschlagener Gerölle von unterschiedlicher Größe, aus 60 bis 100 cm Tiefe geborgen, erscheinen ebenfalls nicht repräsentativ genug, um daraus Vermutungen zu verändertem Abflussverhalten abzuleiten, zumal ihre Deponierung am Fundort nicht zwingend einen fluvialen Hintergrund haben muss, bedenkt man den hier für die rezente Situation postulierten anthropogenen Einfluss. Ähnlich wie im Falle der trockenen Standorte entlang des Mbaéré-Ufers ist auch hier denkbar, dass sich Siedlungsaktivitäten und damit verbundene sozio-ökonomische Verhaltensmuster über längere Zeiträume erhalten haben. Ausgehend von dem Tatbestand, dass in den Quellbereichen des Sadika heute noch die auf dem Plateau seltenen größeren Steine gesammelt werden, um mit ihnen beim Fischfang die ausgelegten Netze zu beschweren, könnten die Fundstücke eine ähnliche Funktion gehabt haben und, achtlos weggeworfen, entsprechend anthropogen dort zur Ablagerung gelangt sein.

Fazit Korngrößen

Insgesamt deutet die Korngrößenanalyse darauf hin, dass, abgesehen von Ausnahmen, innerhalb des Sandsteinplateaus gröbere Verwitterungsprodukte, wie sie im Quellgebiet der Flüsse auftreten, schon nach kurzer Strecke durch den Transport stark zerkleinert und nach der Ablagerung in situ zu den charakteristischen Korngrößen verwittert werden. Im Fall des Sadika, der aus drei Hangaustritts-Quellen gespeist wird, konnte nachgewiesen werden, dass sich zwar im Quellgebiet bis zu walnussgroße Sandstein- und Lateritkrusten-Fragmente und Quarze aus erodierten Quarzbändern im Flussbett des Sadika finden, aber das vom Fluss transportierte Material mit zunehmender Entfernung zur Quelle sehr rasch an Größe verliert. Diese Beobachtung deckt sich mit jenen im Fall des Kélé, dem weiter nordwestlich bei Kpoka gelegenen Nebenfluss des Mbaéré, wo Gerölle gleichfalls nur in Quellnähe gefunden wurden. Dies erklärt möglicherweise das Fehlen gröberer Schotterlagen in den bereits im Labor analysierten Mbaéré- und Sadika-Proben. Das Auftreten grober Kiese, die bei der letzten, noch nicht labortechnisch ausgewerteten Geländekampagne im Unterlauf des Mbaéré in einer flussnahen Terrassenstruktur aufgeschlossen wurden (Aufschluss Mo2), zeigt aber, dass unter besonderen Bedingungen sehr wohl Grobmaterial durch den Fluss auch über weitere Strecken transportiert wurde. Ob die Ursache hierfür eher in einem singulären Abflussereignis zu suchen ist, welches den besonders langen Transportweg der Gerölle begünstigte, oder auf klimatische Rahmenbedingungen schließen lässt, die andere Verwitterungsprodukte hervorbrachten, ist ohne ähnliche Befunde dieser Art nur zu mutmaßen. Da es sich trotz vergleichsweise intensiver Beprobung der flussnahen Standorte um einen Einzelfall handelt, spricht mehr für die erstgenannte Erklärung.

4.4.3 Kohlenstoff und organische Substanz

Bei karbonathaltigen Proben kann der organische Kohlenstoff (C_{org} in Masse %) aus der Differenz zwischen Gesamtkohlenstoff und karbonatisch gebundenem Kohlenstoff berechnet werden, was aufgrund des Fehlens von Karbonat in den Proben zu einer Gleichsetzung von C_{ges} und C_{org} führte. Die Umrechnung des organischen Kohlenstoffgehaltes in den Gehalt an organischer Substanz wurde nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) und AD-HOC-

ARBEITSGRUPPE BODEN (1994) durch Multiplikation mit dem Faktor 1,724 vorgenommen, so dass der Anteil von C_{org} in etwa 58 % der organischen Substanz entspricht.

Tief in den Mineralkörper hineinreichende Humusgehalte, die sich in erhöhten Anteilen organischer Substanz in der Profiltiefe ausdrücken, können unterschiedliche Bildungs-Ursachen haben. Sie gehen auf biogene oder mechanische Durchmischung zurück, sind auf den Transport mit Sickerwasser zurückzuführen, stehen im Zusammenhang mit der Bildung von Wurzelhumus, oder aber sie treten in Lagen mit permanentem Stau- oder Grundwasser auf (SCHLICHTING et al. 1995:229). In einem fluvialen System mit schwankenden Abfluss- und variierenden Sedimentationsverhältnissen ist eine abrupte Zunahme der organischen Substanz in der Tiefe vor allem als mögliches Indiz für eine initiale Bildung von Wurzelhumus zu bewerten, auf die abflussbedingt eine Überdeckung mit fluvial transportiertem Sediment folgte. Die anderen genannten möglichen Bildungs-Ursachen dürfen dabei jedoch ebenso wenig außer Acht gelassen werden wie der Umstand, dass unterschiedliche Abflussbedingungen, die die Ausbildung verschiedener Sedimentlagen und die Überdeckung fossiler Humushorizonte bedingen, nicht unreflektiert mit klimatischen Veränderungen gleichgesetzt werden dürfen (vgl. Kap. 3.3).

Mbaéré-Tal

Generell ist festzustellen, dass sowohl der Kohlenstoff-Gehalt als auch der Anteil an organischer Substanz, unabhängig von der Entnahmetiefe der einzelnen entlang des Mbaéré genommenen Proben, unter 6 % (organische Substanz) bzw. unter 3 % (C_{org}) liegt, mit zunehmender Tiefe verschiedentlich sogar lediglich unter 0,15 bzw. 0,1 %.

In der Regel finden sich im rezenten Ah-Horizont die höchsten prozentualen Anteile. Die Profile lassen sich hinsichtlich ihres in den ersten 20, maximal 40 cm auftretenden organischen Materials unterscheiden nach solchen, die zwischen 4 und 6 %-Anteile enthalten und somit bestenfalls stark humos sind (K4, M1 und G2), solchen, die zwischen 3 und 4 %-Anteile enthalten (N1 und K2) und solchen, die unter 3 % aufweisen. Letztere zeichnen sich dabei durch Werte zwischen 1,5 und 2, maximal 2,5 % organische Substanz aus, sind also schwach bis mittel humos.

Mit zunehmender Profiltiefe zeigen die Analyse-Daten deutliche Unterschiede in der Verteilung. Während in einigen Fällen die Anteile an organischer Substanz und Kohlenstoff kontinuierlich und gleichmäßig abnehmen (Profile B1 und G1), lassen andere Profile erst ab einer bestimmten Tiefe (ab 80 bzw. ab 100 cm) eine abrupte Abnahme erkennen (Profile N1 und K1).

Interessant im Hinblick auf die mögliche Existenz fossiler und durch jüngere Sedimente überdeckter Ah-Horizonte sind besonders jene Profile, die nach signifikantem Rückgang von organischer Substanz und Kohlenstoff unter 1 % in der Tiefe neuerliche Anstiege aufweisen, die teilweise an die Werte in den rezenten Ah-Horizonten heranreichen.

So nimmt in Profil N2 der Anteil an organischer Substanz von fast 2 % an der Oberfläche bis auf unter 0,25 % in 60 bis 80 cm Tiefe ab und erreicht in 100 bis 120 cm Tiefe erneut knapp 1,7 %. Im weiteren Verlauf nimmt der Wert wieder ab und liegt ab 160 cm Tiefe unter 0,2 %. Einen ähnlichen, wenn auch weniger deutlichen Verlauf zeigen die Werte der Profile B2, K2, K3, K4 und Q1. In diesen Fällen nimmt der Anteil der organischen Substanz respektive des organischen Kohlenstoffs mit der Tiefe nicht so offensichtlich ab wie bei N2, und der plötzliche Anstieg des

Anteils an organischer Substanz ist weniger ausgeprägt, erreicht aber doch Werte, die wieder deutlich über 1 % liegen, bevor sich dann mit zunehmender Tiefe der Gehalt ab etwa 0,2 % nicht weiter verändert. Vergleicht man die sieben Profile mit Kohlenstoff-Maxima in der Tiefe, so fällt auf, dass in drei Fällen die Zunahme des Kohlenstoff-Anteils im Boden in einer Tiefe von 100 bis 120 cm auftritt (N2, Q1, M1). Bei B2 ist der erhöhte Anteil an $C_{org.}$ in 80 bis 100 cm und bei K2 und G1 in 60 bis 80 cm Tiefe dokumentiert. Eine Sondererscheinung hinsichtlich der Tiefe des zu verzeichnenden hohen Kohlenstoff-Anteils stellt Aufschluss-Profil K4 dar, wo nach Abnahme der organischen Substanz von fast 6 % auf unter 2 % ein neuerlicher Anstieg auf fast 3 % dokumentiert ist, jedoch in einer Tiefe von nur 18 bis 43 cm.

Während ein permanent relativ gleichbleibender Grund- oder Stauwasserspiegel angesichts saisonaler Überflutung des Talbodens und insbesondere randlich schwankender Grundwasserverhältnisse als Ursache für die erhöhten Anteile an organischer Substanz in der Tiefe weitestgehend unwahrscheinlich ist und auch eine biogene oder gar mechanische Durchmischung in diesen Tiefen nicht in Frage kommt, ist in den meisten Fällen ein Ausschluss der Faktoren Sickerwassereintrag bzw. Wurzelhumusbildung, welche zu einer lokalen Konzentration von Humus führen können, nicht möglich. In den in Frage kommenden Tiefen unter 150 cm sind sowohl Sickerwassereinfluss als auch eine Durchwurzelung des Bodens angesichts des lockeren Ausgangssubstrats und der Vegetationsbedeckung gegeben. Ebenso wahrscheinlich ist es jedoch, dass die erhöhten Gehalte organischen Kohlenstoffs auf durch Sedimentation unterbrochene Bodenbildungen zurückzuführen sind, geht man von raum-zeitlich differenzierten Sedimentationsphasen aus. Die betreffenden Proben mit den signifikanteren Kohlenstoffgehalten sind deshalb im Hinblick auf die Diskussion einer Landschaftsdynamik von besonderem Interesse.

Die verbleibenden zwei Profile, die vergleichsweise hohe Werte an Kohlenstoff und organischer Substanz aufweisen, heben sich von den restlichen Befunden deutlich ab und lassen sich nur einzeln betrachten. Es fällt auf, dass in Profil M2 der Anteil an organischem Material von knapp über 2 % an der Oberfläche zunächst bis fast 3 % in 60 bis 80 cm Tiefe zunimmt, in 80 bis 100 cm auf unter 1 % fällt und ab 100 cm derart ansteigt, dass der Anteil in einer Tiefe von 180 bis 200 cm bei über 4,5 % liegt. Das Profil G2, welches insgesamt nur 80 cm umfasst, lässt sich aufgrund der deutlich geringeren Beprobungstiefe nicht mit den anderen vergleichen und nimmt auch aufgrund der besonderen Standortfaktoren eine Sonderstellung ein. Auffällig sind der hohe Anteil an organischer Substanz im rezenten Ah, der bei über 4,5 % liegt, sowie der Umstand, dass nach raschem Rückgang auf knapp die Hälfte des Oberflächenwertes der Anteil ab 40 cm erneut zunimmt und in 60 bis 80 cm wieder über 3 % liegt. Da die besonderen Reliefgegebenheiten am Standort M2 die Existenz eines fossilen Termitenhügels nahelegten, könnten die hohen Anteile organischer Substanz auf Termitenaktivitäten zurückzuführen sein. Im Falle des Standorts G2, der im Inneren der Alluvialebene liegt und durch ein zum Entnahmezeitpunkt (Ende der Trockenzeit) immer noch sehr oberflächennah anstehendes Grundwasser gekennzeichnet ist, mag diese Grundwasser-Situation der ausschlaggebende Faktor für einen Anstieg des Humusgehalts respektive der organischen Substanz an der Basis des Bohrprofils sein.

Sadika-Schwemmfächer

Der Anteil der organischen Substanz in den Proben, die im Bereich des Sadika-Schwemmfächers genommen wurden, liegt in den rezenten Ah-Horizonten, abgesehen von

4. Regionale Untersuchung

wenigen Ausnahmen (Proben S15, S16 und S17 mit knapp 2,5 % und S19 und S21 mit über 3%), immer unter 2 % (schwach humos), im Falle der Proben S18, S26, S27 sogar unter 1 % (sehr schwach humos). Lediglich Probe S20 stellt mit über 6 % organischer Substanz in den ersten 20 cm eine Ausnahmeerscheinung dar, die vor dem Hintergrund der bis in die maximale Profiltiefe von 100 cm immer 2 % übersteigenden Anteile an organischer Substanz den sich bereits bei der Probennahme abzeichnenden Sonderfallstatus untermauert. Da es in unmittelbarer Umgebung des Standortes Hinweise auf tiefgründige Bioturbation durch Termiten gab (vgl. Kap. 4.3.3), ist anzunehmen, dass die hohen Werte wie bei Probe M2 aus dem Mbaéré-Tal hier im Zusammenhang mit dem ökologischen Umfeld und einer biologischen Durchmischung zu sehen sind. Interessant ist der Vergleich der Anteile der organischen Substanz beider Profile (S20 und M2), die sich auffallend ähneln.

Im Unterschied zu den meisten im Tal des Mbaéré angelegten Profilen findet sich bei den Sadika-Proben der Hauptanteil des organischen Kohlenstoffs nicht zwangsläufig in den ersten 20 bis 40 cm des Profils; in einigen Fällen sind die höchsten Werte vielmehr in größerer Tiefe vorhanden. Insgesamt zeigt sich im Vergleich ein uneinheitlicheres Bild, jedoch lassen sich die Profile hinsichtlich der prozentualen Anteile des Kohlenstoffs bzw. der organischen Substanz in den rezenten Ah-Horizonten und dem Verlauf der Schwankungen mit zunehmender Tiefe in ähnlicher Weise gruppieren.

Eine gleichmäßige Abnahme mit der Tiefe weisen von allen Profilen nur S1 und S4 auf, wo der organische Anteil von über 1,5 bzw. 1 % im rezenten Ah auf rund 0,1 bzw. 0,25 % in maximaler Profiltiefe fällt. Die Analysen der Profile S8, S9, S14, S15, S19, S21 und S22 zeigen gleichfalls eine Reduzierung der organischen Substanz mit der Profiltiefe, jedoch fällt hier der Abfall nach vergleichsweise hohen Werten von bis zu knapp 3,5 % (S19) auf Werte bis zu weniger als 0,2 % (S9) sehr abrupt aus.

Allen verbleibenden Profilen ist gemein, dass in der Tiefe nach anfänglichem Absinken mindestens ein weiterer Anstieg des organischen Anteils dokumentiert ist. Ausgehend vom Verlauf der Daten innerhalb der Profile sind drei charakteristische Muster differenzierbar. Im Falle der Profile S7, S16 und S17 fällt der Anteil im oberen Teil des Profils nach Ausgangswerten um 2 % unterschiedlich stark ab, erreicht dann aber in der unteren Hälfte des Profils nach deutlichem Anstieg Werte, die zwischen knapp 2 % (Profil S16) und rund 1,3 % (Profil S17) liegen. Hier ist eine deutliche Zunahme in Tiefen zwischen 80 und 140 cm also erkennbar, erreicht aber nicht die oberflächennahen Werte.

Profil S23 weist dagegen mit einer sehr abrupten Zunahme des organischen Materials in 101 bis 112 cm Tiefe ein Muster auf, bei dem im Falle einer gleichfalls einmaligen Zunahme des Kohlenstoffs in der Tiefe der Wert annähernd den Verhältnissen im rezenten Ah entspricht. Ähnlich verhält es sich, vergleicht man die höchsten Werte der Profile S2 und S3, die gleichfalls eine annähernde Übereinstimmung der Kohlenstoff-Anteile zwischen rezentem Ah und dem erhöhten Kohlenstoff-Anteil in der Tiefe zeigen, jedoch nimmt hier der Anteil ab 60 cm (S2) bzw. ab 100 cm (S3) nicht abrupt, sondern kontinuierlich zu. Während der Kohlenstoff-Anteil im Profil S23 ab 112 cm bereits um weit mehr als die Hälfte zurückgegangen ist, deutet sich bei den anderen beiden Proben erst in einer Tiefe von 140 bis 160 cm (Profil S2) eine neuerliche, wenn auch weniger markante Verringerung der organischen Substanz an.

S18, S26 und S27, deren Werte in den ersten 20 cm durchweg unter 1,5 % liegen, charakterisiert eine zunächst sehr deutliche Abnahme bis unter 0,2 %, der in unterschiedlicher

Tiefe eine markante Zunahme auf Werte um 2,5 % (Profil S18) bzw. sogar um 4 % (Profile S26, S27) folgt, so dass hier der Anteil des organischen Materials, das in der Tiefe nachgewiesen ist, offensichtlich den im rezenten Ah-Horizont deutlich übersteigt. Dies ist auch im Profil S6 der Fall, wo ab 99 cm der Wert deutlich über 2 % liegt, während er in den ersten 15 cm nicht einmal 1,5 % erreicht. Anders als in allen zuvor besprochenen Profilen jedoch ist nach einer anfänglichen Abnahme in 37 bis 69 cm Tiefe ein weiterer, weniger ausgeprägter Anstieg der organischen Substanz dokumentiert.

Ähnlich wie im Falle der Proben mit in der Tiefe erhöhten Anteilen organischer Substanz in den Mbaéré-Profilen, ist auch für den Sadika-Schwemmfächer die Ursache für erhöhte Anteile organischen Kohlenstoffs nicht eindeutig auszumachen. Da die Profile insgesamt weniger mächtig sind, könnten hier insbesondere angesichts des noch sandigeren Ausgangssubstrats eine tiefgründige Durchwurzelung und ein damit verbundener Sickerwassereintrag eine Rolle spielen. Aufgrund des stärkeren Gefälles Richtung Mbaéré-Tal und der viel stärker schwankenden Grundwasserverhältnisse auf dem Schwemmfächer, belegt durch Probennahmen vor und nach Niederschlagsereignissen, ist eine Konzentration sicher nicht im Zusammenhang mit gleichbleibendem Grundwasserstand zu sehen, und auch eine biologische oder mechanische Durchmischung ist, abgesehen von Profil S20, weitgehend auszuschließen. Noch deutlicher als im Falle der Proben aus dem Mbaéré-Tal deuten die Befunde auf dem Schwemmfächer vor allem auf unterbrochene Bodenbildungen durch wechselnde Abfluss- und Sedimentationsverhältnisse hin. Hierfür spricht vor allem der Umstand, dass die auf erhöhte Huminstoffanteile hinweisenden dunkleren Horizonte in der Tiefe teilweise eine Kompaktierung und eine feine Durchwurzelung zeigen, welche sich in den darüberliegenden Horizonten nicht findet. Insgesamt ist also (auch angesichts der weniger tiefgründig wurzelnden Vegetation) auf dem Sadika-Schwemmfächer eine Bodenbildung in situ wahrscheinlicher als ein Humuseintrag durch rezente Wurzeln, was die Ausweisung potentieller fossiler Ah-Horizonte erleichtert.

Beim Vergleich der Korngrößen-Daten mit der organischen Substanz/ dem Kohlenstoff-Gehalt ist bei den Profilen aus dem Bereich des Sadika-Schwemmfächers zudem ein erstaunliches Muster zu erkennen, das auf einen Zusammenhang zwischen erhöhtem Ton-Gehalt und erhöhten Anteilen an organischer Substanz/ Kohlenstoff hindeutet.

Besonders gut lässt sich dies im Fall der Proben aus dem Aufschluss S6 verdeutlichen, wo in 0 bis 15 cm Tiefe die organische Substanz bei 1,29 % liegt, zwischen 15 und 37 cm auf 0,24 % zurückgeht, zwischen 37 und 69 cm auf 0,72 % ansteigt, zwischen 69 und 99 cm auf nur 0,16 % sinkt, um ab 99 cm mit 2,29 % einen Wert zu erreichen, der über dem im rezenten Ah-Horizont liegt. In exakt dieser Weise verändern sich in genanntem Profil auch die Ton-Anteile in den fünf Entnahmetiefen der Proben: von 0,65 % an der Oberfläche über 0,42 % in einer Tiefe von 37 bis 69 cm bis hin zu 3,48 % in der Tiefe. In den dazwischen liegenden Proben beträgt der Ton-Gehalt 0 %.

In den Profilen S2, S3, S7, S9, S14 und S18 ist dieser Zusammenhang ebenso offensichtlich und deutet darauf hin, dass eine signifikante Erhöhung des Ton-Anteils immer dort auftritt, wo auch der Anteil an Kohlenstoff und organischer Substanz deutlich zunimmt. In den Profilen S8, S16, S17, S20, S23, S26 und S27 ist eine ähnlich übereinstimmende Veränderung der Werte offensichtlich, sieht man von geringfügigen Abweichungen in einzelnen Proben ab; nur bei S4 ist dieser Bezug nicht herzustellen. Im Falle der Proben aus dem Mbaéré-Tal scheint es dagegen

keine diesbezüglichen Zusammenhänge zu geben, vielmehr treten hier in der Mehrzahl der Fälle insbesondere in den unteren Bereichen der Profile auch dann besonders hohe Ton-Gehalte auf, wenn die organische Substanz/ der Kohlenstoff sehr niedrig sind (Profile N1, N2, B1, B2, K1, K2, K3, K4, Q1, M1 und G1). Lediglich in den Profilen M2 und G2 zeigt sich eine Korrelation, die der im Falle der Sadika-Profile ähnelt.

Fazit Kohlenstoff und organische Substanz

Der konstatierte Zusammenhang zwischen organischer Substanz und erhöhtem Ton-Gehalt im Bereich des Sadika-Schwemmfächers könnte sich auf die Bildung von Ton-Humus-Komplexen unter besonderen tropischen Rahmenbedingungen zurückführen lassen. In gut durchlüfteten, zeitweilig trockenen Böden bringen Termiten beim Aufbau ihrer Galerien humoses Material mehrere Meter tief in die Böden ein, wandeln es, ähnlich den Regenwürmern in anderen Klimazonen, in kleinste Humuspartikel um und vermengen es mit anorganischen Teilchen kolloidaler Größenordnung (KUNTZE et al. 1994:143). Da die aufgeführten Standorte in unmittelbarer Nachbarschaft oder sogar direkt im Bereich termitenbeeinflusster Savannen (S7, S15, S19, S20, S21 und S22) liegen, ist diese Erklärung denkbar, zumal sie begründete, warum sich dieser Zusammenhang bei den Proben aus den Randbereichen des Mbaéré-Tals nicht findet: Dort kann Termitentätigkeit aufgrund der saisonal hohen Bodenfeuchte weitgehend ausgeschlossen werden. Dagegen spricht jedoch die Tatsache, dass die Termitenbauten in den Savannen, die den Überflutungsbereich des Sadika säumen, nicht sehr zahlreich sind (verglichen beispielsweise mit den Verhältnissen auf dem Mbomou-Plateau im SE des Landes) und weitere Hinweise auf Bioturbation in den Bodenprofilen (abgesehen von S20) fehlen. Wahrscheinlicher ist deshalb, dass aufgrund des lockeren Gefüges der Sande bei steter Auswaschung der in nur geringer Menge vorhandene Bestand an Tonmineralen lokal dort angereichert wurde, wo vorhandene Huminstoffe – z.B. in fossilen Ah-Horizonten – mit den Tonteilchen Bindungen eingehen konnten. Da im Falle des Sadika-Schwemmfächers die höchsten Anteile organischer Substanz in größerer Tiefe auftreten und die Horizonte mit entsprechenden Spitzenwerten sich durch ihre auf Huminstoffe hindeutende, deutlich dunklere Farbe ausweisen, erklärte dies das Fehlen eines Ton-Humus-Zusammenhangs im Mbaéré-Tal, wo die Zunahme an organischer Substanz in größerer Profiltiefe meist weniger stark ausgeprägt und die entsprechenden Horizonte durch ihre Farbgebung nicht differenzierbar sind.

4.4.4 Stickstoff

Die Stickstoffanteile, wichtig für das Wachstum von Pflanzen, können absolut oder relativ zum Kohlenstoffgehalt diskutiert werden. Die absoluten Werte liefern Informationen zur Fruchtbarkeit der Böden, die im Zusammenhang mit der dieser Arbeit zugrunde liegenden Fragestellung keine Rolle spielen und deshalb im Folgenden der Vollständigkeit halber nur kurz behandelt werden. Für Mineralböden liegen Gesamt-Stickstoffanteile von 0,03 bis 0,3 % im Normalbereich, die Trockensubstanz von Moorböden weist zwischen 0,3 und 4,0 % dieses Spurenelements auf (KUNTZE et al. 1994). Proben mit 0,05% N gelten als stickstoffarm, solche mit 0,2% als stickstoffreich.

Mbaéré-Tal

Die höchsten Anteile an Stickstoff finden sich in fast allen Profilen in den oberen 20 cm. Die Werte liegen hier zwischen 0,121 % in Profil N1 und 0,038 % in Profil K1. Lediglich Aufschluss-Profil K4 zeigt seinen höchsten Stickstoff-Wert von 0,063 % erst in 18 bis 43 cm Tiefe. Während in K4 der Stickstoffgehalt zunächst also zu- und anschließend wieder abnimmt, zeigt sich bei den anderen Profilen zumeist eine Abnahme des Stickstoffs mit der Tiefe. Diese kann, wie in den Profilen B1 und K1, sehr kontinuierlich verlaufen oder erfolgt, wie bei den Profilen N1, N2, B2, K3 und G1, mit leichten Schwankungen. In Profil G2, das aufgrund der geringen Profiltiefe (80 cm) nicht repräsentativ ist, nimmt der Stickstoff-Anteil nach den ersten 20 cm abrupt ab, ein Phänomen, welches auch Profil K2 (340 cm) nach den ersten 40 cm zeigt. Auffällig ist Profil M2, worin nach einer deutlichen Abnahme des Gesamtstickstoffs von 0,067 % auf 0,014 % der Gehalt wieder zunimmt, bis er in 180 bis 200 cm mit 0,064 % fast den Ausgangswert erreicht. Von dieser Ausnahme und dem kurzen Profil G2 abgesehen, liegen die Gehalte in den tieferliegenden Bereichen der Profile zwischen 0,002 und 0,012 %.

Sadika-Schwemmfächer

Mit Ausnahme der Profile S4, S26 und S27 sind die höchsten Stickstoffgehalte bei den Bohrprofilen in den obersten 20 cm, bei den Aufschlüssen in Oberflächennähe zu finden. Sie liegen bei den Profilen S15 und S19 knapp über 0,1 %, bei S1, S7, S8, S9, S14, S21 und S22 unter 0,1 % und bei S2, S3, S6 und S23 sogar unter 0,05 %. S4 zeigt mit 0,05 % den höchsten Anteil innerhalb des Profils in 100 bis 120 cm, S26 mit 0,098 % und S27 mit 0,089 % in 63 bis 70 bzw. in 111 bis 135 cm Tiefe.

Als stickstoffreich kann mit einem Gehalt von 0,222 % lediglich die in 0 bis 20 cm Tiefe genommene Probe aus dem Profil S20 angesprochen werden. Es steht zu vermuten, dass auch hier die bereits erwähnten Termitenaktivitäten am Standort eine Rolle spielen. Möglicherweise besteht ein direkter Zusammenhang zwischen dem N-Gehalt und dem Umstand, dass Darmbakterien in Termiten für eine Stickstofffixierung verantwortlich sein können (BRUNE 2005).

Im Profilverlauf stellt sich der Stickstoffgehalt sehr unterschiedlich dar. In einigen Fällen (Profile S1, S9, S19 und S22) nimmt er mit der Tiefe mal mehr, mal weniger gleichmäßig ab und erreicht an der Basis Werte, die gegen 0 % tendieren und folglich klar jenseits der Nachweisgrenze sind. In anderen Fällen schwankt der Stickstoffanteil innerhalb des Profils. So liegt er in den Profilen S2, S3, S6, S7, S8, S17, S18, S23 in mittlerer Entnahmetiefe der Proben teilweise unter 0,01 % und nimmt darunter wieder zu, wobei aufgrund der durchweg geringen Stickstoffgehalte in diesen Profiltiefen, die bei maximal 0,043 % (S18, 120-140 cm), häufiger jedoch jenseits der Nachweisgrenze liegen, diese Schwankungen für die weitere Auswertung irrelevant sind.

Fazit Stickstoff

Ingesamt zeigt die Untersuchung der Stickstoffgehalte, dass sie tendenziell niedrig sind und den Erwartungen in dem temporär bis permanent wasserbeeinflussten Milieu entsprechen. Abgesehen von dem Sonderfall S20, bei dem die relativ hohen Stickstoffanteile mit biogener Aktivität in Verbindung gebracht werden können und die Geländebefunde erhärten, sind die Werte somit, für sich betrachtet, weder ökologisch noch pedogenetisch auffällig.

4.4.5 C/N-Verhältnis

Das C/N-Verhältnis gibt die im organischen Material enthaltene Menge von Stickstoffverbindungen im Verhältnis zu den enthaltenen Kohlenstoffverbindungen an und gilt als Maß für die Zersetzbarkeit der organischen Substanz und die biologische Aktivität. Mikroben, welche Stickstoff benötigen, um körpereigenes Eiweiß aufzubauen, bevorzugen C/N-Gehalte von <20 , ansonsten sind sie in ihrer Aktivität gehemmt (KUNTZE et al. 1994:110). Ein enges Verhältnis (<16) bedeutet eine potentiell rasche Umsetzung der organischen Substanz und lässt auf eine hohe Aktivität schließen. Weite Verhältnisse (>25) deuten auf eine ungenutzte Fixierung bzw. ein reduziertes Bodenleben und schlechte Humusformen (Rohhumus) hin. Je weiter das durch den Wert ausgedrückte Verhältnis, desto geringer ist die biologische Aktivität und desto reduzierter ist auch der Abbau der organischen Substanz.

Von Interesse für die Betrachtung des C/N-Verhältnisses sind die Proben, die in hinreichender Menge Kohlenstoff enthalten, also jene, die an der Oberfläche genommen wurden, oder jene, die als fossile Ah-Horizonte gedeutet werden. Voraussetzung für eine Korrelation von Kohlenstoff und Stickstoff ist weiterhin, dass der Stickstoffgehalt in der Probe die Nachweisgrenze nicht unterschreitet, da sonst bei extrem niedrigen Stickstoffwerten der Divisor im C/N-Quotienten zu völlig abwegigen Werten oder aber geringste Veränderungen des Kohlenstoffgehalts (Dividends) zu dramatischen Werteunterschieden führten.

Mbaéré-Tal

Bei den meisten Mbaéré-Proben liegt das C/N-Verhältnis in den rezenten Ah-Horizonten in der Regel zwischen 15 und 20, im Falle des Profils N2 leicht darunter (>14). Ein über 20 liegendes oberflächennahes Verhältnis, welches auf eine im Vergleich weniger starke biologische Aktivität hindeutet, findet sich in den Profilen K2 (>20), Q1 (>23) und M1 (>23). An den meisten Standorten ist die Waldvegetation mehr oder weniger dicht, und so kann unter den gegebenen Rahmenbedingungen zwar von einer ausreichenden Streuzufuhr ausgegangen werden, die aber durch hohe Bodenfeuchte und damit verbundene zeitweise anaerobe Verhältnisse kompensiert wird, was den mikrobiellen Abbau betrifft. Somit entsprechen diese Werte in etwa den Erwartungen im Hinblick auf die rezente mikrobielle Aktivität (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998:67).

Mit dem Auftreten von höheren Anteilen von Kohlenstoff in jenen Proben, die in der Tiefe entnommen wurden, zeigt sich ein uneinheitlicheres C/N-Verhältnis. Bei den Profilen M2 und G2, wo in 180 bis 200 cm bzw. 60 bis 80 cm Kohlenstoffmaxima zu verzeichnen sind, ergibt sich für das C/N-Verhältnis ein Wert von über 42 (M2) bzw. über 50 (G2). Das C/N-Verhältnis wird auch in anderen Fällen bei Existenz humoser Lagen in der Tiefe weiter. Die Werte in den entsprechenden Profilen N2 und Q1 (jeweils bestimmt für die Proben aus 100 bis 120 cm Tiefe) sowie K4 (18 bis 43 cm) sind jedoch mit über 19 (N2), 25 (Q1) und über 26 (M1) weniger auffällig.

Sadika-Schwemmfächer

Das C/N-Verhältnis in den oberflächennahen Proben ist hier von Standort zu Standort unterschiedlich. Während der weitaus größte Teil der Profile insgesamt durch Werte zwischen 10 und 20 charakterisiert ist (S15: >11 , S3: >19), liegen die der Proben S21 und S22 bei knapp über 20. In den Oberflächenproben der Profile S23 und S26 ist das C/N-Verhältnis mit über 36 bzw. über 29 sogar noch weiter, weist also auf eine ungenutzte Fixierung hin, was angesichts

der Vegetation der betreffenden Lokalitäten (Galeriewald bzw. Randlage innerhalb der Überflutungs-Grasebene) und der hier zur Zeit der Entnahme reduzierten Bodenfeuchte verwundert. Die Proben, die, aus größerer Tiefe entnommen, einen Kohlenstoff-Gehalt aufweisen, welcher deutlich höher liegt als in den anderen, nicht oberflächennahen Proben des Profils, weisen mit Werten zwischen 23 (S7, Entnahmetiefe: 80-100 cm) und 59 (S3, Entnahmetiefe: 120-140 cm) ausschließlich weite C/N-Verhältnisse auf.

Fazit C/N-Verhältnis

Insgesamt zeigt die Berechnung dieser Größe, dass in den Alluvionen des Mbaéré ebenso wie auf dem verhältnismäßig (temporär) trockeneren Sadika-Schwemmfächer die biotische Aktivität nicht so hoch ist, wie unter den klimatischen Rahmenbedingungen zu erwarten wäre, und deshalb die Zersetzbarkeit der organischen Substanz defizitär ist. Die zeitweise hydromorphen Bedingungen, die dazu führen, dass die mikrobiellen Abbauprozesse im Boden wegen des Mangels an Sauerstoff gehemmt sind, scheinen somit auch ein Grund dafür zu sein, dass sich eine oberflächennah nicht vollständig zersetzte Streuauflage bei entsprechender sedimentärer Überdeckung in Tiefen bis 100 bis 200 cm erhält. Dies erklärt die zahlreichen Grobreste (Wurzeln, Holzstücke, Samen), die in den noch nicht ausgewerteten Profilen der letzten Geländekampagne in entsprechender Tiefe an den Terrassenstandorten auftraten.

4.4.6 pH-Wert

Der Boden-pH-Wert als Maß für den Säuregrad eines Bodens (Azidität) hat für die Bodenentwicklung, die Bodeneigenschaften und das Pflanzenwachstum vielfache Bedeutung, spielt jedoch auch bei der Diskussion der Reaktivität eines Bodens als Folge von Bodenbildungs-, Verwitterungs- und Stofftransportprozessen eine Rolle. Im Rahmen der landschaftsgeschichtlichen Fragestellung wurde der pH-Wert der Proben ermittelt, um über mögliche signifikante Schwankungen und die Korrelation mit anderen Parametern etwa Rückschlüsse auf Bodenbildungsphasen verschiedener Sedimentlagen zu ziehen.

Mbaéré-Tal

Der mittlere pH-Wert aller Proben, die im Mbaéré-Tal genommen wurden, liegt mit 4,35 im sehr sauren Bereich, was im Hinblick auf das Ausgangsgestein (Sandstein) und die stete Auswaschung basisch wirkender austauschbarer Kationen in den sanddominierten Böden unter den wechselfeuchten klimatischen Rahmenbedingungen zu erwarten ist. Die oberflächennah gewonnenen Proben weisen dabei mit einem pH, der zwischen 3,16 und 4,29, im Mittel bei 3,73 liegt, sehr niedrige Werte auf.

Profil K3 zeichnet sich durch einen im gesamten Profilverlauf annähernd konstanten pH-Wert aus, der zwischen 4,14 und 4,52 schwankt. Abgesehen von diesem Fall steigt mit abnehmendem Gehalt an organischer Substanz ab einer Tiefe von 20 cm der pH-Wert zunächst in allen Fällen an. Die höchsten pH-Werte liegen, sieht man von zwei Extremwerten (in den Profilen G2 und N1) ab, zwischen 4,63 und 5,68, im Mittel bei 4,86. In den Profilen B1, K1, K2, M2, G1 und G2 wird der höchste pH-Wert in maximal 100 cm gemessen, in den Profilen N1, N2, B2, K4, Q1 und M1 erst in größerer Tiefe. Ein einheitliches Muster bezüglich der Zunahme dieses Wertes ist nicht zu erkennen: Während im Profil Q1 der maximale pH von 4,91 in 180 bis 200 cm Tiefe

4. Regionale Untersuchung

auftritt, liegt der höchste Wert im Fall K1 bei 4,65 in nur 40 bis 60 cm und im Fall N2 bei 5,68 in 220 bis 240 cm.

Weitaus interessanter als die zumeist kontinuierliche Erhöhung des pH-Wertes, der in den meisten Fällen eine ebenso gleichmäßige sukzessive Absenkung des pH im unteren Bereich der Profile folgt (Profile B1, B2, K1, K2, K4, Q1, M1, M2 und G1), erscheint die Tatsache, dass in einigen Fällen sehr abrupte Veränderungen der Werte auftreten.

In den Profilen N1 und N2 zeigt sich nach dem langsamen Anstieg des Boden-pH bis in Tiefen von 180 bzw. 240 cm ein deutlicher Sprung. Im Profil N1 sinkt der Wert dabei von einer Probe zur nächsten von 6,16 auf 4,36, im Profil N2 von 5,68 auf 4,85, um danach sehr gleichmäßig wieder leicht anzusteigen.

Sadika-Schwemmfächer

Der pH-Mittelwert aller im Bereich des Sadika-Schwemmfächers entnommenen Proben liegt mit 4,57 gleichfalls im sehr sauren Bereich.

Aufgrund der geringen Beprobungstiefe lässt sich hinsichtlich S14 und S15 lediglich feststellen, dass die Werte in den oberen maximal 60 cm nicht wesentlich variieren, und bei S19, S21 und S22 zeichnet sich in den beprobten 80 cm eine leichte Zunahme des Boden-pH ab.

Während die Profile S4, S7 und S20 eine mit der Tiefe sehr konstante H⁺-Ionen-Konzentration zeigen, die zwischen 3,5 und 4,5 liegt, schwankt der pH-Wert in den anderen tiefreichenden Profilen. In jenen, die eine Mindest-Beprobungstiefe von 100 cm aufweisen, nimmt der pH-Wert, der oberflächennah zwischen 3,56 und 5,48, im Mittel aller Profile um 4,27 liegt, in den meisten Fällen zunächst zu. Das Profil S1 zeigt eine kontinuierliche Zunahme des pH-Wertes, der in der Tiefe (180 bis 200 cm) mit 6,07 sein Maximum erreicht. Im Profil S26 verhält sich der pH-Wert mit zunehmender Tiefe ähnlich. Gleichmäßig steigende pH-Werte, die im mittleren Profilbereich ihr Maximum erreichen und im unteren Profilbereich ebenso kontinuierlich wieder sinken, finden sich in den Profilen S8 und S27. S18 und S23 dagegen zeigen in Tiefen ab 60 cm eine abrupte Abnahme der H⁺-Konzentration (von pH 4,75 auf 6,23 bzw. pH 4,09 auf 5,19), der jedoch eine ebenso deutliche Zunahme ab 80 bzw. 100 cm folgt. S2 zeigt eine ähnlich deutliche Zunahme der H⁺-Konzentration bereits in 60 cm Tiefe (pH 6,4 – pH 4,92). In S3 schwankt der pH-Wert mehrfach innerhalb des Profils zwischen 4,38 und 5,3.

Die Profile S6, S9 und S16 zeigen im Gegensatz zu den übrigen einen sinkenden pH-Wert bereits ab 13, 15 bzw. 20 cm, jedoch sind diese Schwankungen, ebenso wie jene im weiteren Profilverlauf, nicht sehr signifikant. Von größerer Bedeutung dagegen scheint der Umstand, dass in Profil S9 alle Werte über pH 5 liegen, also im mittelsauren Bereich.

Fazit pH-Wert

Insgesamt ist festzustellen, dass der Boden-pH im Untersuchungsgebiet großteils im mittel bis sehr sauren Bereich liegt. Die Böden im Tal des Mbaéré und vor allem im Bereich des Sadika zeigen in der Regel mit der Tiefe gewisse pH-Wert-Schwankungen, die teilweise signifikant zu sein scheinen, doch ergeben sich weder ein einheitliches Muster noch Zusammenhänge mit anderen, in ähnlicher Weise schwankenden Laborwerten, die eventuell Anhaltspunkte für eine Diskussion der aktuellen Reaktivität der Böden als Folge von Bodenbildungs-, Verwitterungs- und Stofftransportprozessen liefern könnten. Der Boden-pH beeinflusst in jedem Falle aber die mikrobielle Aktivität und die Zersetzung der organischen Substanz. Regenwürmer, die für die

Durchmischung des Bodens sorgen, bevorzugen einen pH, der über 4,5 liegt, Bakterien zeigen bei tiefen, d.h. sauren pH-Werten eine geringere Aktivität, und Pilze benötigen ein neutrales bis schwach saures Milieu. Angesichts der vorliegenden pH-Werte ist deshalb festzustellen, dass neben dem Aspekt der Hydromorphie und des Sauerstoffmangels der Böden der pH-Wert sicher auch in enger Verbindung zu den errechneten C/N-Verhältnissen und der reduzierten Zersetzbarkeit des organischen Materials steht (vgl. Kap. 4.4.5).

4.4.7 Dithionit- und oxalatlösliches Eisen und Mangan

Eisen- und Manganoxide sind in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat, der Körnung und dem Stadium der Pedogenese im Boden in unterschiedlichen Bildungsformen anzutreffen. Hervorgerufen durch Wasserstandsänderungen, wie sie in Flussnähe abflussbedingt auftreten können, kann es zu An- und Abreicherung von Eisen und Mangan kommen. Für die weitere Diskussion erscheint die Feststellung wesentlich, dass die Nachweisgrenze der gewählten Methode (vgl. Kap. 1.3) für dithionitlösliches Eisen (Fe_d) wie auch für oxalatlösliches Eisen (Fe_o) und entsprechende Manganoxide bei 0,01 % liegt. Da in annähernd allen untersuchten Proben Mangan in beiden Formen nur in Spuren erhalten ist und jenseits dieser Nachweisgrenze liegt, erübrigt sich aufgrund der hohen Streuung der Werte eine weitere Betrachtung des Mangan-Anteils, und nur die Eisengehalte werden im Folgenden einer näheren Betrachtung unterzogen.

Der Gesamtgehalt an Eisen im Boden setzt sich aus pedokristallinen sowie amorphen, löslichen und organisch gebundenen Anteilen und den Beständen in den primären Tonmineralen zusammen. Untersuchungen aus den 1960er und 70er Jahren gehen davon aus, dass die Bestimmung des Eisengehalts unter besonderen Voraussetzungen zur Lösung paläobodenkundlicher Fragen beitragen kann (HÄDRICH 1970, BLUM 1968). Ausgehend von der Überlegung, dass das „Gesamteisen“ (Fe_t) alle wesentlichen im Boden vorhandenen Eisenverbindungen erfasst, wurden im Zuge dieser ersten Untersuchungen Fe_t (mit Königswasser-Auszug aufgeschlossen) und der Quotient Fe_o/Fe_d (sogenannter „Aktivitätsgrad“) untersucht, um über die pedogene Umwandlung des Mineralkörpers auf das Alter der Böden (u.a. Lössböden) zu schließen. Grundgedanke war, dass der Oxalat-Auszug dabei die schlecht kristallisierten, d.h. amorphen und leicht löslichen Eisenoxide, der Dithionit-Auszug dagegen die gesamten pedogenen Eisenoxide, also auch die gut kristallisierten und in verdünnten Säuren nur schwer löslichen Formen, erfasst (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1984). Da mit zunehmendem Alter eine zunehmende Umkristallisierung des bei der Verwitterung entstandenen amorphen (Fe_o) Eisens zu kristallinem Eisen (Fe_d) stattfindet (BRUNNACKER 1970), steigt der Anteil des Dithioniteisens am Gesamteisen dabei umso stärker an, je intensiver die Bodenbildung abgelaufen ist oder je länger die Phase der Bodenbildung andauert. Aus den Mengenverhältnissen von Fe_o zu Fe_d lässt sich somit auf das Alter schließen, da der Anteil an Fe_o im Laufe der Zeit abnimmt, vorausgesetzt, der Verwitterungsprozess kommt zum Stillstand (HÄDRICH 1970). In den häufig sehr alten tropischen Böden sind geringe Fe_o -Anteile zu erwarten, in den zumeist jüngeren Böden der gemäßigten Klimabereiche ist der Fe_o -Gehalt deutlich höher (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1984).

Die ursprünglichen Untersuchungen und die getroffenen Aussagen beziehen sich dabei auf gewachsene Bodenprofile aus homogenem Ausgangssubstrat. Da es sich im Fall alluvialer

Verfällungen dagegen um eine Abfolge sukzessive akkumulierter Sedimente handelt, die nacheinander pedogenetisch verändert wurden und noch werden, kann der Vergleich der Eisenwerte hier genaugenommen nur zur Charakterisierung der pedogenen Überprägung einzelner Sedimentlagen und nicht für ein Gesamtprofil herangezogen werden. Trotzdem wurden Fe_o und Fe_d in der Erwartung analysiert, durch einen Vergleich der Einzelergebnisse zumindest tendenzielle Aussagen zur jeweiligen Genese bestimmter Sedimentlagen und gegebenenfalls zum relativen Alter der Lagen zueinander treffen zu können.

Mbaéré-Tal

Das oxalatlösliche Eisen in den Proben liegt in den meisten Fällen unter 0,1 %. Sehr vereinzelt Werte über 0,1 % weisen nur die Profile B1 (20-40 cm: 0,113 %), B2 (0-120 cm: zwischen 0,118 und 0,141 %), Q1 (40-100 cm: zwischen 0,111 und 0,118 %) und M1 (80-100 cm: 0,113 %) auf. Die höchsten Anteile finden sich in allen Fällen in den oberen Lagen; in der Tiefe liegen sie deutlich unter 0,05 %. An der Basis der Profile, in einigen Fällen in der gesamten unteren Hälfte des Profils, macht das oxalatlösliche Eisen nur noch zwischen 0,001 (B1) und 0,024 % (N1) aus.

Der Anteil an dithionitlöslichem Eisen in den Proben aus dem Mbaéré-Tal liegt in den meisten Fällen, unabhängig von der Entnahmetiefe, konstant unter 0,2 % und ist damit gleichfalls sehr gering (Profile N1, N2, K1, K2, K4 und M2). Unter 0,1 % dithionitlösliches Eisen weisen dabei alle Proben des Profils N2, unter 0,05 % alle Proben der Profile M2 und G2 auf.

Über 0,2 % liegende Gewichtsanteile finden sich vereinzelt in Proben der Profile B1 (20-40 cm: 0,203 %), K3 (0-20cm: 0,214 %, 40-160 cm: zwischen 0,204 und 0,232 %), Q1 (20-100 cm: zwischen 0,207 und 0,271 %), M1 (80-100 cm: 0,221 %) und G1 (160-200 cm: um 0,275 %). Hier zeigt sich, dass Fe_d mit der Tiefe zunächst zunimmt und dann innerhalb der Profile unterschiedlich stark schwankt. Die niedrigsten Anteile werden allerdings in jedem Fall an der Basis der Profile erreicht und liegen dort zum Teil unter der Nachweisgrenze (Profile G2, K2, M2, G1).

Der Vergleich der Eisenoxid-Gehalte zeigt, dass die Schwankungen innerhalb der Profile insgesamt gering sind und das Verhältnis von Fe_o und Fe_d zueinander sich nicht in der erwarteten Weise (Abnahme von Fe_o bei Zunahme von Fe_d in annähernd gleicher Profiltiefe) entwickelt (vgl. Abb. A1.1a-e, Anhang). Der aus Fe_o und Fe_d gebildete Quotient lässt sich somit zwar rein rechnerisch für alle untersuchten Proben bilden, erscheint jedoch aufgrund der insgesamt sehr niedrigen Eisenoxid-Anteile für eine Auswertung im Sinne der Fragestellung ungeeignet. In den wenigen Fällen, wo innerhalb des Profils Wertesprünge des Quotienten auftreten (N1: 180-200 cm, B2: 80-100 cm, G1:120-140 cm), finden sich in den anderen Laboruntersuchungen (Korngröße, organische Substanz) keine Hinweise auf etwa vorhandene Schichtgrenzen der Sedimentlagen, die einen signifikanten Wechsel im Verhältnis der kristallinen zu den pedogenen Eisenoxiden erklären.

Sadika-Schwemmfächer

Die Laborbefunde der Fe_o -Gehalte zeigen, dass sich eine Bestimmung des Aktivitätsgrades der Proben hier weitgehend erübrigt. Im Profil S1 finden sich nur in den ersten 40 cm Tiefe zwei Proben, deren Anteil an amorphem Eisenoxid die Nachweisgrenze mit Werten von 0,047 und 0,037 % übersteigt. Im Falle der Profile S7, S9, S15, S19 und S21 liegen die Fe_o -Anteile in den ersten 20 cm nur knapp über 0,01 %, um anschließend unter die Nachweisgrenze abzufallen.

Einzig Profil S20 zeigt innerhalb der ersten 40 cm Werte (0-20 cm: 0,118 %, 20-40 cm: 0,048 %), die deutlich über denen der anderen Profile liegen und für die Berechnung von Fe_o/Fe_d verwertbar sind. Im Sinne der Fragestellung ist eine Diskussion solcher Einzelergebnisse jedoch unergiebig.

Fazit dithionitlösliches und oxalatlösliches Eisen und Mangan

Der Mangan-Anteil ist sowohl in den Mbaéré- als auch in den Sadika-Proben zu gering für eine differenzierte Betrachtung.

Die Analysen des dithionitlöslichen und des oxalatlöslichen Eisens zeigen sowohl bei den Mbaéré- als auch bei den Sadika-Proben, dass der Eisenoxidgehalt in den beprobten Böden insgesamt gleichfalls sehr gering ist. Die Ursache, warum die Bodenanteile der Fe_o -Oxide für die Schwemmfächer-Proben dabei noch unter jenen derer aus den Proben des Mbaéré-Tals liegen, mag in der höheren Sand-Fraktion der Schwemmfächer-Sedimente und in dem dadurch insgesamt höheren Porenvolumen des Sedimentkörpers liegen. Die im Grund- und Stauwasserbereich durch Reduktion erfolgende Bildung mobiler Fe^{2+} -Ionen bedingt eine stark ansteigende Löslichkeit der Oxide (KUNTZE et al. 1994), welche bei entsprechend lockerem Gefüge dem Austrag gelöster Eisenoxide dienlich ist. Denkbar ist auch ein Zusammenhang zwischen dem niedrigeren Eisenoxidgehalt und dem höheren Gefälle des Schwemmfächers, der einen stärkeren saisonalen Wechsel der Bodenwasserverhältnisse mit sich bringt. Da auf das mit dem Talboden des Mbaéré korrespondierende Grundwasserniveau eingestellt, ist mit der Drainage ein kompletter Austrag gelöster Eisenoxide aus dem zeitweise trockenfallenden (?) Sedimentkörper des Sadika wahrscheinlicher als im mehr oder weniger perennierend grundwasserbeeinflussten Sedimentkörper des Mbaéré.

Bei der Ermittlung des Aktivitätsgrades lassen Schwankungen der Eisen-Werte, die im unteren Profildrittel zumeist jenseits der Nachweisgrenze und im mittleren Drittel nur wenig darüber liegen, keine verlässlichen Aussagen zu. Umsomehr, als in der Aue eine Aussage zum relativen Alter der Bodenentwicklung über den Aktivitätsgrad dadurch erschwert wird, dass die pedogenen sich nicht eindeutig von den geogenen Prozessen trennen lassen und die Ausgangssituation der Sedimentation unbekannt ist (SCHWARTZ, GRÖNGRÖFT & MIEHLICH 1999), ist unter Berücksichtigung der Laborwerte angesichts der für den Schwemmfächer und das Tal konstatierten morphodynamisch aktiven Prozesse die mit der Erhebung der Werte intendierte paläobodenkundliche Diskussion müßig.

4.5 Datierungen und $\delta^{13}C$ -Werte

4.5.1 ^{14}C (AMS)-Datierungen

Die Datierungen ausgewählter Proben wurden mittels ^{14}C AMS (Accelerator Mass Spectrometry) durchgeführt. Dabei erfolgte die Auswahl bei den 2004 im Mbaéré-Tal entnommenen Proben auf der Grundlage der konventionellen Labordaten (hier vor allem nach dem Gehalt an organischer Substanz/ Kohlenstoff). Bei den 2005 im Bereich des Sadika-Schwemmfächers und im Mbaéré-Tal entnommenen Proben wurde der Auswahl die Profilsprache im Gelände zugrundegelegt. Insgesamt konnten im Rahmen dieser beiden

Kampagnen 16 Proben aus unterschiedlicher Tiefe, 8 aus jedem der beiden hydrologischen Teilräume, datiert werden, wobei hierfür mangels Makroresten in der Regel organisches Sediment herangezogen wurde. Im Falle der Geländekampagne 2006 wurden ebenfalls auf der Basis der Profilansprache im Gelände 13 Proben aus 6 der 37 Bohr- und Aufschluss-Profile ausgewählt und ¹⁴C-datiert. Die Existenz von Makroresten vor allem in den tonig-schluffigeren Lagen machte hier die Untersuchung von Holzresten und Holzkohle zum Zwecke der Altersbestimmung möglich.

Mbaéré-Tal

Die an den Standorten der Geländekampagne 2004 in sehr unterschiedlichen Positionen im Talquerprofil erbohrten Profile weisen, wie die konventionellen Analysen zeigen, bei zumeist geringen Anteilen an organischer Substanz (1 bis 4 %) einzelne Kohlenstoffmaxima in der Tiefe auf, die auf mögliche fossile Ah-Horizonte hindeuten. Die auf der Grundlage dieser Annahme anhand organischen Sediments datierten Proben, welche visuell aber in der Regel nicht durch eine dunklere Farbe hervortreten, stammen entsprechend aus unterschiedlichen Entnahmetiefen zwischen 18 und 200 cm. Sie weisen teils rezente, teils auch subrezente, historische und jung- bis mittelholozäne Alter auf. Aus dem Profil K4, im Rahmen der Feldkampagne 2005 angelegt als Aufschluss und daran anschließende Bohrung (maximale Tiefe: 295 cm), wurden die Einzelproben in Tiefen von 18-43 bzw. 144 cm aufgrund des lokalen Auftretens von Holz bzw. Holzkohle datiert (Tab. 2).

Profil	Labornummer	Tiefe (cm)	Probenart	¹⁴ C B.P.	cal. Alter (95,4%)
M1	Erl-8221	100-120	Sediment	1.733 ± 56	BC 5924 -5673
M2	Erl-8222	60-80	Sediment	rezent	-
M2	Erl-8223	180-200	Sediment	3.323 ± 64	BC 1748-1489
B2	Erl-8220	60-80	Sediment	rezent	-
K4	Erl-8214	18-43	Holz	236 ± 49	AD 1615-1694
K4	Erl-8213	144	Holzkohle	6.921 ± 71	BC 5924-5673
Q1	Erl-8219	100-120	Sediment	4.011 ± 59	BC 2698-2399
N2	Beta-201296	100-120	Sediment	1.450 ± 40	AD 540-660

Tab. 2: Datierungsergebnisse Mbaéré-Tal, 2004/2005

Die Analyse-Ergebnisse zeigen, dass Proben aus weniger als 100 cm Tiefe durch rezente bzw. subrezente Alter (B2, K4, M2) gekennzeichnet sind, wobei im direkten Vergleich nicht zwangsweise höhere Alter in größerer Tiefe auftreten. Dieses Resultat, das sicher auf die unterschiedliche Lage der Standorte im Mittellaufabschnitt des Mbaéré zwischen 450 m ü.M. (M1) und 425 m ü.M. (N2) sowie die variierende räumliche Anordnung im Talquerprofil zurückzuführen ist, deckt sich mit ähnlichen Ergebnissen im Tal des Mbari im SE der RCA (RUNGE 2001a). Datierungen aus mehr als 100 cm Tiefe bestätigen gleichfalls die fehlende Korrelation von Entnahmetiefe und Alter. Auffällig ist auch, dass nicht zwangsläufig die am

flussnächsten liegenden Standorte K4 und M1 aufgrund der vermeintlich dort herrschenden rezent stärkeren morphodynamischen Aktivität als potentielle Archive älteren Materials auszuschließen sind, sondern sich vielmehr dort in 144 cm (K4) bzw. in 100 bis 120 cm Tiefe (M1) holozäne Sedimente und Holzkohle mit Altern zwischen 1.733 ± 56 und 6.921 ± 71 nachweisen lassen. Im Fall M1 ist dies möglicherweise mit der leicht exponierten inselartigen Lage des Probenstandortes unter (primärem) Regenwald zu erklären, im Falle K4 gegebenenfalls mit der terrassenartigen und folglich ebenso exponierten Lage des Aufschluss-Profils an einem Standort, der durch rezente Waldvegetation geschützt ist.

Im Umkehrschluss ist auch festzustellen, dass nicht automatisch an den flussfernsten Standorten im Randbereich der Alluvialebene ältere Archive erhalten sind, obwohl dort aufgrund eines verlangsamten Abflusses zur Zeit der Talüberflutung von den rezent moderatesten fluvialen Umlagerungsprozessen auszugehen ist. An diesen Standorten weisen Proben aus B2 (60 bis 80 cm Tiefe) und M2 (60 bis 80 cm Tiefe) in mittlerer Profiltiefe rezente Datierungsalter auf; in größerer Tiefe dagegen ergeben sich aus den Geländebefunden und aus den konventionellen Analysen keine Hinweise auf erhöhte Kohlenstoffanteile. Sicher ist, dass im Talrandbereich die hangdenudativ gesteuerten Prozesse eine Rolle spielen und das von den Hängen abfließende Niederschlagswasser zu einer viel stärkeren randlichen Umlagerung der Sedimente beigetragen hat, als dies unter heutigen Verhältnissen innerhalb der Alluvialebene der Fall ist. Unter rezenten Abflussbedingungen scheint sich also die Vermutung zu bestätigen, dass im Talinneren die fluvial induzierten Umlagerungsprozesse weniger intensiv sind und deshalb der rezenten Vegetation eine besondere Bedeutung im Hinblick auf die Konservierung von Paläoumweltarchiven zukommt. Trotz regelmäßiger Überflutung des kompletten Talbereichs und hochstehenden Grundwassers während mehrerer Monate im Jahr ist hier, bedingt durch den dichten Bewuchs mit Überflutungswald und die damit einhergehende intensive Durchwurzelung des Bodens, zu vermuten, dass weitaus weniger Material aus dem System ausgetragen wird als dort, wo unter ähnlichen naturräumlichen Rahmenbedingungen mit Gräsern statt mit Wald bestandene Talauen (z.B. die des Mbari oder des Lobaye) periodisch überflutet werden.

Bei der Auswahl von Probenmaterial der Geländekampagne 2006 wurde auf eine gewisse räumlich Streuung der entsprechenden Standorte über die vier beprobten Abschnitte der Mbaéré-Talebene geachtet. Unter den ausgewählten Standorten waren Ba9 (Ndimangonzo) auf der Höhe von Bambio, Kp1 (Ngindoitola) und Kp5 (Mokpakato) auf der Höhe von Kpoka, Ké2 (*îlot de croisement* 1) und Ké6 (Mbangamato) auf der Höhe von Kénéngué und Mo4 (Mobonguélé) auf der Höhe von Moloukou. Zwecks besserer Vergleichbarkeit der Datierungen wurde in der Regel ähnliches Material (meist Holzreste oder Holzkohle) ausgewählt. Wo es aufgrund der Verfügbarkeit organischer Makroreste möglich war, wurden Proben aus gleichen Profiltiefen zur Untersuchung herangezogen. Da sich innerhalb der Profile im Gegensatz zu denen aus der Kampagne 2004 die Sedimentlagen deutlich voneinander abhoben und bei den ausgewählten Profilen meist in mehreren Lagen Grobreste vorhanden waren, wurde zudem in allen Fällen aus unterschiedlichen Profiltiefen innerhalb eines Profils Material datiert. Eine Übersicht über die Entnahmetiefen und die Ergebnisse bietet Tab. 3 (S. 160).

4. Regionale Untersuchung

Profil	Labornummer	Tiefe (cm)	Probenart	¹⁴ C B.P.	cal. Alter (95,4%)
Ba9	Erl-10353	60-80	Holzkohle	302 ± 35	AD 1483-1604
Ba9	Erl-10354	160-180	Holzreste	1176 ± 39	AD 770-906
Kp1	Erl-10357	120-140	Holzreste	197 ± 37	AD 1726-1813
Kp1	Erl-10358	160-180	Holzreste	176 ± 39	AD 1719-1818
Kp1	Erl-10359	200-220	Holzkohle	172 ± 36	AD 1719-1818
Kp5	Erl-10355	100-120	Holzreste	86 ± 36	AD 1804-1935
Kp5	Erl-10356	180-200	Holzreste	2396 ± 40	BC 556-392
Ké2	Erl-10362	140-160	Holzreste	2265 ± 40	BC 321-206
Ké2	Erl-10363	180-200	Holzkohle	1927 ± 40	BC 3-AD 140
Ké6	Erl-10360	100-120	Holzreste	2129 ± 40	BC 214-46
Ké6	Erl-10361	180-200	Holzreste	2739 ± 42	BC 978-809
Mo4	Erl-10364	100-120	Holzkohle	172 ± 32	AD 1721-1816
Mo4	Erl-10365	180-200	Holzreste	1304 ± 48	AD 645-782

Tab. 3: Datierungsergebnisse Mbaéré-Tal, 2006

Die Abfolge der datierten Proben wurde aus Übersichtsgründen der Position im Tallängsprofil, dem Gefälle folgend, angepasst.

Aus Tiefen zwischen 180 und 200 cm stammende Holzkohlen und Holzreste weisen die höchsten Datierungsalter auf. Die zwischen 1304 ± 48 B.P. (Mo4) und 2739 ± 42 B.P. (Ké6) liegenden Datierungen lassen den Schluss zu, dass eine innerhalb dieses Zeitraums erfolgte Sedimentakkumulation zu einer, auf die Fläche gerechnet, beachtlichen jungholozänen Verfüllung der Talebene beigetragen hat.

Die Sedimentation scheint jedoch standortbedingt recht unterschiedlich verlaufen zu sein. Hierfür spricht im Falle der Proben aus 180 bis 200 cm Tiefe die Altersdifferenz der datierten Grobreste von bis zu 1400 Jahren. Vergleicht man die Datierungsergebnisse für Material, das aus geringerer Tiefe entnommen wurde, so sind die Unterschiede teilweise noch deutlicher. Aus 100 bis 120 cm Tiefe geborgene Grobreste weisen im extremsten Fall Alter zwischen 86 ± 36 B.P. (Kp5) und 2129 ± 40 (Ké6) und somit eine Differenz von knapp 2000 Jahren auf. In Tiefen zwischen 160 und 180 cm sind mit Altern zwischen 176 ± 39 B.P. (Kp1) und 1176 ± 39 B.P. (Ba9) standortabhängig 1.000 Jahre Differenz zu verzeichnen.

Ein wesentlicher Grund für unterschiedliche Sedimentationsraten über einen fiktiv gewählten Zeitraum hinweg ist sicherlich in der Lage des Standorts innerhalb der Talebene zu suchen. Geht man davon aus, dass aufgrund der Position im Tallängsprofil flussabwärts oder auch in Gleithangpositionen eine relativ größere Akkumulation von Sediment zu erwarten ist, so finden sich dennoch beim Vergleich der Datierungsergebnisse keinerlei Muster, die die skizzierten Unterschiede erklären. Ähnlich wie bei den Datierungsergebnissen aus 2004 für das Mbaéré-Tal, können an vermeintlich „ungünstigeren“ Standorten die Datierungen für eine lokal relativ hohe Sedimentationsrate sprechen, legt man das durch die Datierung gegebene Alter zugrunde,

während an anderen Positionen, wo ein höherer Materialgewinn erwartet würde, der Sedimentzuwachs deutlich geringer ausfällt, gemessen an der Mächtigkeit der Sedimente, welche die datierten Grobreste überdecken.

Betrachtet man zudem im Vergleich die Ergebnisse mehrerer Datierungen aus dem gleichen Profil, so finden sich zwar in einigen Fällen chronologisch mit der Tiefe zum Teil deutlich zunehmende Alter (Ba9, Kp5, Ké6 und Mo4). In den Profilen Kp1 und Ké2 stellt sich die Situation jedoch ganz anders dar. Auf ein grundsätzliches Problem, jegliche ^{14}C -Datierungen im Zusammenhang mit Alluvialsedimenten betreffend, machen dabei die Ergebnisse für die beiden Proben aus Profil Ké2, 2265 ± 40 B.P. (aus 140-160 cm) und 1927 ± 40 B.P. (aus 180-200 cm) aufmerksam. Da das rund 350 Jahre jüngere Material aus größerer Tiefe stammt, vermitteln sie vordergründig den Eindruck, dass hier lokal Umlagerungsprozesse stattgefunden haben müssen, die dazu geführt haben, dass älteres Material remobilisiert und in geringerer Tiefe neu eingearbeitet wurde. Wenn man auch aufgrund der vergleichsweise geringen Zahl vorgenommener Datierungen nicht ausschließen kann, dass solche Umlagerungsprozesse in der Talebene stattfinden, handelt es sich doch im Rahmen der Untersuchung um das einzige Profil, in dem sich dieses Phänomen andeutet. Vor allem aber spricht die „gewachsen“ wirkende Wechsellagerung feinerer und grober Sedimente an diesem Standort (wie auch an anderen) gegen die Annahme einer Remobilisierung und Durchmischung. Bei der Interpretation von ^{14}C -Datierungen ist grundsätzlich neben dem Problem der Verunreinigung von Proben mit artfremden Kohlenstoff als weitere mögliche Ursache für mit der Tiefe asynchrone Alter vor allem daran zu denken, dass durch Fehler bei der Probennahme Material aus anderer Tiefe als aus der dokumentierten mit der falschen Sedimentlage korreliert worden sein könnte. Aufgrund der geringen Neigung zu Verunreinigungen sind die für die Datierung ausgewählten Holzreste und Holzkohle als Probenmaterial verhältnismäßig unproblematisch. Die saubere Abgrenzung der einzelnen Lagen und die Einbindung der Grobreste in eine Matrix bestimmter Sedimente, wie sie auch an den anderen Standorten zu beobachten war, lässt auch die Fehlerquelle „Probenentnahme“ hier unrealistisch erscheinen. Das Problem mag daher im sogenannten „Altholz-Effekt“ zu suchen sein. Da mit der ^{14}C -Methode strenggenommen das Alter einer Holz-Probe, nicht aber ein Ereignis ihrer Ablagerung bestimmt wird und auch in den Tropen Bäume mehrere hundert Jahre alt werden können, muss grundsätzlich der mögliche Unterschied im Alter des Holzes bzw. der Holzkohle zum Zeitpunkt der Ablagerung berücksichtigt werden, der in diesem konkreten Fall die einzige Erklärung für die Datierungsalter zu sein scheint.

Im Fall des Profils Kp1 sind dagegen zum einen in einer vergleichsweise großen Tiefe von 200-220 cm mit 172 ± 36 B.P. Materialien subrezentem Alters datiert, zum anderen weisen die in den drei Entnahmetiefen geborgenen Grobreste keine grundlegenden Datierungsunterschiede auf. Aufgrund der meist in größerer Zahl in einer schluffig-tonigeren Matrix eingebetteten und klar der Entnahmetiefe zuzuordnenden Grobreste kann die Kontaminierung mit Material aus darüberliegenden sandigeren Sedimentlagen weitgehend ausgeschlossen werden. Lässt man auch die bereits diskutierten anderen möglichen Fehlerquellen außer Acht (siehe oben), ist für den Standort der Schluss zu ziehen, dass hier in vergleichsweise kurzer Zeit mit mehr als 2 m Mächtigkeit verhältnismäßig viel Material in relativ kurzer Zeit akkumuliert wurde, das zudem frappierende Unterschiede hinsichtlich Korngröße und Grobreste-Vorkommen in den einzelnen Lagen aufweist. Dies deutete, fände man vergleichbare Hinweise auch an anderer Stelle, auf entsprechend starke Schwankungen in der Transportleistung des Mbaéré vor rund 300 Jahren hin, die als möglicherweise klimainduziert aufgefasst werden könnten und mit existierenden

Paläoumwelt-Daten abzugleichen wären. Als Einzelbefund unterstreicht es dagegen eher die aus den bisherigen Erkenntnissen gewonnene Einsicht, dass die Standortgegebenheiten für Unterschiede im Sedimentationsverhalten des Mbaéré verantwortlich zeichnen können.

Sadika-Schwemmfächer

Im Mbaéré-Tal waren die auf organische Substanz und fossile Böden hindeutenden Kohlenstoffmaxima der Proben von 2004 visuell nicht durch Farbveränderungen sichtbar, und erst die Laborbefunde ermöglichten eine Auswahl zu datierender Proben. Demgegenüber wurden bei den Feldarbeiten am Sadika-Schwemmfächer die für Datierungen in Frage kommenden Horizonte (wie auch in der Kampagne 2006) bereits aufgrund der Farbansprache ausgewählt, die in den betreffenden Fällen auf die Existenz von zumeist dunkel erscheinenden Huminstoffen hindeutete. Die Ergebnisse der Datierungen (Tab. 4) zeichnen ein sehr differenziertes Bild der Situation auf dem Schwemmfächer.

Profil	Labornummer	Tiefe (cm)	Probenart	¹⁴ C B.P.	cal. Alter (95,4%)
S4	Erl-8209	60-80	Sediment	1269 ± 63	AD 653-889
S6	Erl-8210	37-69	Sediment	951 ± 69	AD 971-1223
S6	Erl-8211	> 99	Sediment	rezent	-
S9	Erl-8212	79-95	Wurzeln	rezent	-
S16	Erl-8215	80-100	Sediment	rezent	-
S23	Erl-8216	101-112	Sediment	3.191 ± 69	BC 1624-1312
S26	Erl-8217	70-93	Sediment	4.162 ± 78	BC 2906-2568
S27	Erl-8218	111-135	Holz	348 ± 48	AD 1453-1641

Tab. 4: Datierungsergebnisse Sadika-Schwemmfächer, 2005

Auffällig ist, dass verschiedene Proben aus Tiefen um 100 cm rezente Alter aufweisen (S6, S9 und S16), wohingegen andere Proben aus geringerer Tiefe älteres Material enthalten (S4, S6, S26). Die Datierungen liegen hier zwischen 951 ± 69 (in 37 bis 69 cm) und 4.162 ± 78 B.P. (in 70 bis 93 cm), variieren also stark, ohne dass sich ein direkter Zusammenhang mit der Entnahmetiefe herstellen ließe. Dies wird besonders deutlich an den Datierungsergebnissen der Proben S23 und S27, die aus räumlich benachbarten Standorten aus dem Ostteil der Überflutungsebene stammen. In mehr als 100 cm Tiefe findet sich hier zum einen organisches Sediment, welches auf 3.191 ± 69 B.P. (S23), zum anderen Holz, das auf nur 348 ± 48 B.P. (S27) datiert ist. Besonders auffällig ist die offensichtlich tiefenunabhängige Altersstruktur der Befunde im Falle zweier Datierungen am Probenstandort S6 (Aufschluss). Das organische Sediment, aus 37-69 cm Tiefe entnommen, ist mit 951 ± 69 B.P. deutlich älter als das, welches aus mehr als 99 cm Tiefe stammt und rezent ist. Ein Fehler, der im Zusammenhang mit dem an anderer Stelle erläuterten „Altholz-Effekt“ steht, ist hier, da es sich nicht um Holzproben handelt, und aufgrund der großen Altersdifferenz auszuschließen. Aufgrund der Art der Beprobung (Aufschluss) ist auch eine Kontaminierung des Probenmaterials nicht sehr wahrscheinlich, so dass als mögliche Erklärung für diese achronologischen Befunde lediglich

die Remobilisierung älteren Materials und dessen neuerliche Akkumulation an anderer Stelle in Betracht kommen.

Diese Ergebnisse verstärken den bereits durch die Geländebeobachtungen entstandenen Eindruck, dass die Umlagerungsprozesse auf dem grasbestandenen, temporär überfluteten Schwemmfächer des Sadika unter rezenten klimatischen Gegebenheiten viel intensiver sind als im beprobten Mbaéré-Talabschnitt. Akkumulation und Remobilisierung der Sedimente mögen hier aufgrund des deutlicheren Gefälles parallel erfolgen, so dass eine rezente Zerschneidung der Struktur bei zeitgleich erfolgender Umlagerungstendenz mehr als wahrscheinlich ist.

Vor dem Hintergrund dieser Ausgangs-Überlegungen lässt ein eingehender Vergleich der Befunde aus den Aufschlüssen S23 und S27 (siehe oben) mit Aufschluss S26 weitere Annahmen hinsichtlich der morphodynamischen Aktivität auf dem Schwemmfächer zu. S26 und S23, beide im östlichen Teil des Schwemmfächers unter Galeriewald bzw. in randlicher Lage am Fuß der Überflutungsebene gelegen, weisen hier in mittleren Aufschlusstiefen mit 4.162 ± 78 B.P. bzw. 3.191 ± 69 B.P. mittelholozäne Alter auf, die, geht man von einer Phase der Formungsruhe mit Bodenbildung aus, auf eine mögliche Aridisierung hindeuten könnten. S27, etwas weiter nördlich im Inneren der Überflutungsebene beprobt, enthält dagegen in größerer Tiefe (111-135 cm) nur subrezentem Material (348 ± 48 B.P.). Sicher ist nicht ganz auszuschließen, dass es sich bei dem in diesem Fall datierten Holz um Reste tief wurzelnder Waldvegetation handelt, die entsprechend eine Vegetationsdynamik in jüngerer geschichtlicher Zeit dokumentiert. Das Fehlen weiterer, auf fossile Bodenbildungen hindeutender Horizonte am Standort S23 kann in jedem Fall aber so interpretiert werden, dass hier offensichtlich älteres Material fehlt, während es sich an den Standorten S26 und S27, wahrscheinlich aufgrund der besonderen randlichen Standort-Situation, erhalten hat. Dies würde auf eine besondere morphodynamische Aktivität im stärker geneigten Inneren der grasbestandenen Überflutungsbereiche hindeuten und randliche Standorte als Bereiche relativer rezenter Formungsruhe bzw. Akkumulation ausweisen, insbesondere, wenn sie durch entsprechend höhere Vegetation stabilisiert sind.

Gegen diese Annahme scheinen zunächst die Altersbefunde aus Bohr-Profil S16 und Aufschluss-Profil S26 zu sprechen. Beim direkten Vergleich fällt auf, dass hier in gleicher Tiefe am gleichen Standort entnommene Proben vom Alter her deutlich voneinander abweichen. Während Profil S16 aus 80-100 cm Bohrtiefe rezentes organisches Sediment aufweist, ist das Sediment aus Profil S26 (70-93 cm) auf 4.126 ± 78 B.P. datiert. Dieser Befund deutet selbst für diesen wenig geneigten Standort in Randlage eher auf einen sehr kleinräumigen Wechsel unterschiedlich alter Sedimente im Meterbereich hin und somit offensichtlich auch hier sehr dynamische Umlagerungsverhältnisse. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass es sich bei dem rezenten Material aus S16 um eine bohrtechnisch bedingte Kontaminierung mit Oberflächenmaterial handelt. Als Ursache hierfür kann die besonders schwierige Probennahme unter Wald angeführt werden, bei der sich insbesondere aufgrund des tiefgründig durchwurzelter Substrats ein Eintrag jüngeren Materials aus geringerer Tiefe als Fehlerquelle nicht ganz ausschließen lässt.

Eine Kontaminierung mit jüngerem Material ist dagegen im Fall des Standorts S9 ganz offensichtlich. Die in einer Tiefe von 79-95 cm entnommenen Wurzeln, die sich auch an anderen Aufschlüssen in ähnlicher Tiefe fanden, wurden exemplarisch datiert und legen mit einem rezenten Probenalter die Vermutung nahe, dass entweder das sehr feine Wurzelgeflecht

der rezenten Grasvegetation im Überflutungsbereich aufgrund des sehr lockeren Sandgefüges bis in diese Tiefe reicht oder erst vor kurzem eine neuerliche Akkumulation von Material diesen Bereich zusedimentiert hat.

Fazit ^{14}C (AMS)-Datierungen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Datierungen an Ablagerungen aus den bis zu 3,40 m tiefen Probenahmen am Mbaéré und am Sadika insgesamt bis zu mittel- bis jungholozäne Alter liefern, welche aber, vermutlich als Folge unterschiedlicher Ab- und Umlagerungsverhältnisse im Tal und auf dem Schwemmfächer, voneinander abweichen und so Hinweise auf unterschiedliche morphodynamische Prozesszusammenhänge geben. Da der hohe Grundwasserspiegel der maximalen Beprobungstiefe mit dem Eijkelkamp-Schattenbohrer wie auch der Anlage von Aufschlüssen Grenzen setzt und weder das Anstehende noch saprolithischer Zersatz des Carnot-Sandsteins erreicht werden, ist zu vermuten, dass die Alluvionen des Mbaéré und der Schwemmfächer des Sadika weitaus mächtiger sind und in größerer Tiefe, insbesondere im Mbaéré-Tal, auch noch ältere, prä-holozäne Sedimente vorhanden sind.

4.5.2 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnis ($\delta^{13}\text{C}$ -Wert)

Massenspektrometrische Analysen geben Hinweise darauf, ob der in rezenten oder fossilen Humusschichten enthaltene Kohlenstoff in der organischen Substanz tendenziell eher von Gräsern oder von Bäumen aufgenommen wurde, was unter Berücksichtigung der Datierungen einen Hinweis auf die jeweiligen naturräumlichen Verhältnisse der Bodenbildung geben kann.

Grundlage für diese Einschätzung ist der Umstand, dass der in der organischen Bodensubstanz enthaltene und bei der Photosynthese in der Pflanze gebildete Kohlenstoff von C3-Pflanzen und C4-Pflanzen auf eine unterschiedliche biochemische CO_2 -Fixierung zurückzuführen ist. C3-Pflanzen, zu denen viele der tropischen Waldbäume gehören, bauen CO_2 über den sogenannten Calvin-Benson-Zyklus in ihre Zellen ein, während C4-Pflanzen, zu denen 80 bis 85 % der Gräser aus tropischen Savannen zählen (SCHWARTZ 1991), über den sogenannten Hatch-Slack-Kortschak-Weg (LARCHER 1980) die CO_2 -Fixierung unter Verwendung von vier statt drei Kohlenstoffatomen vornehmen. Die kleine Gruppe tropischer Gräser im Grenzbereich Regenwald/ Savanne, die nach dem C3-Prinzip assimiliert (>10 %), findet sich hauptsächlich in geschlossenen Baumbeständen.

Ausschlaggebend für die vegetationsgeschichtliche Rekonstruktion ist, dass C3- und C4-Pflanzen die in unserer Atmosphäre enthaltenen Kohlenstoffisotope ^{12}C und ^{13}C bei der CO_2 -Aufnahme unterschiedlich verwenden (v. DENFFER et al. 1978). Dadurch, dass C3-Pflanzen das in geringerer Menge in der Luft verfügbare $^{13}\text{CO}_2$ gegenüber $^{12}\text{CO}_2$ diskriminieren, verfügen C4-Pflanzen über einen relativ höheren Anteil an ^{13}C . Das hat zur Folge, dass der durch Gräser gebildete organische Kohlenstoff im Boden geringfügig schwerer ist als der durch C3-Pflanzen fixierte (BOUTTON 1996, SCHWARTZ 1991). $\delta^{13}\text{C}$ gibt das Verhältnis von ^{13}C zu ^{12}C als negativen Promille-Wert an (v. DENFFER et al. 1978). Liegt dieser bei einer untersuchten Probe zwischen -10 ‰ und -17 ‰, so ist anzunehmen, dass vorzugsweise Gräser, wie sie in Savannen, aber auch Alluvialbereichen, häufig zu finden sind, für diesen Wert verantwortlich zeichnen und zur Zeit der Humusbildung das Vegetationsbild dominierten. Liegt der $\delta^{13}\text{C}$ -Wert dagegen

zwischen -20 ‰ und -35 ‰, kann davon ausgegangen werden, dass Laubfall und Humifizierung von Waldbäumen einen C3-Humus entstehen ließen (v. DENFFER et al. 1978, LARCHER 1980).

Hinsichtlich der klimatischen Ansprüche von C3- und C4-Pflanzen ist festzustellen, dass die optimale Wachstumstemperatur von C4-Pflanzen mit 30 bis 45°C, die von C3-Pflanzen mit 15 bis 25°C angegeben wird. Zur Bildung von 1 g Trockenmasse liegt der Wasser-Bedarf der C3-Pflanzen in der Regel zwei- bis dreimal über dem der C4-Pflanzen. Unter Berücksichtigung dieser Standortansprüche und der bereits existierenden Hypothesen zur Paläoumweltgeschichte Zentralafrikas ließen sich in der Vergangenheit auf der Grundlage der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte Annahmen hinsichtlich der Vegetations- und Klimaveränderungen formulieren (RUNGE 2001a, 2002).

Mbaéré-Tal

Die als rezentes Material datierten Sedimente der Geländekampagnen 2004 und 2005 weisen mit $\delta^{13}\text{C}$ -Werten von -29,0 ‰ (Probe B2) bzw. -29,6 ‰ (Probe M2 aus 60 bis 80 cm Tiefe) auf von Baumarten dominierte Bildung von organischem Kohlenstoff in der Humusschicht hin, was angesichts der rezenten Gegebenheiten im Übergangsbereich Überflutungswald/ Regenwald zu erwarten ist. Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der anderen datierten Proben aus dem Mbaéré-Tal liegen alle zwischen -24,9 ‰ und -30,1 ‰. Diese Werte sprechen somit ebenfalls eindeutig für eine von Bäumen dominierte Standortsituation zur Zeit der Humusbildung (Tab. 5). Erstaunlich ist, dass weder die Lage im Talquer- noch im Tallängsprofil noch die Entnahmetiefe der Proben signifikante Unterschiede aufweisen.

Profil	Labornummer	Tiefe (cm)	Probenart	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
M1	Erl-8221	100-120	Sediment	-29,6
M2	Erl-8222	60-80	Sediment	-29,6
M2	Erl-8223	180-200	Sediment	-30,1
B2	Erl-8220	60-80	Sediment	-29,0
K4	Erl-8214	18-43	Holz	-28,5
K4	Erl-8213	144	Holzkohle	-30,4
Q1	Erl-8219	100-120	Sediment	-27,1
N2	Beta-201296	100-120	Sediment	-24,9

Tab. 5: $\delta^{13}\text{C}$ -Werte Mbaéré-Tal, 2004/2005

Standort N2, der in 100-120 cm Tiefe mit -24,9 ‰ den niedrigsten und dennoch klar auf einen Waldstandort hindeutenden Wert zeigt, liegt im Vergleich zu den anderen Standorten zwar am entferntesten zum rezenten Flussbett, der mit -30,4 ‰ in einer Profiltiefe von 144 cm dokumentierte höchste Wert dagegen in unmittelbarer Nähe zum Fluss (Standort K4). Dies muss jedoch angesichts im gleichen Profil in 18 bis 43 cm Tiefe mit -28,5 ‰ angegebenen $\delta^{13}\text{C}$ nicht viel bedeuten, zumal die unterschiedlich nahe beim Fluss gelegenen Profile M1 und M2 in voneinander abweichenden Entnahmetiefen keine Variation hinsichtlich ihrer $\delta^{13}\text{C}$ -Kennung (-29,6 ‰) aufweisen. Ähnlich stellt sich die Situation dar, vergleicht man die Verteilung der Werte im Tallängsprofil.

Die vom Alter, der Entnahmetiefe und der Lage der Proben im Talverlauf offenbar unabhängig gleichbleibend waldanzeigenden Werte deuten an, dass sich innerhalb dieser Talebene langfristig weder die rezent im Plateaubereich stellenweise auftretende grasdominierte Savannenvegetation noch die für Täler unter vergleichbaren klimatischen Gegebenheiten charakteristischen Überflutungsgrasländer ausgebildet haben können.

Die in den 90er Jahren im SE der RCA auf dem Mbomou-Plateau durchgeführte Untersuchung zur Vegetations- und Klimaveränderung am Beispiel des Mbari-Tals (vgl. Kap. 3.3), wo rezent ähnliche wechselfeuchte Klimabedingungen herrschen, führte zu der Annahme, dass dort das Auftreten von C4-Pflanzen in den Alluvialbereichen an die heutigen Klima- und schwankenden Abflussverhältnisse gebunden ist und dass im Umkehrschluss der Nachweis von C3-Pflanzen über fossilen organischen Kohlenstoff die stärkere Ausbreitung des Primärwaldes unter stabileren (immerfeuchten?) Abflussbedingungen und fehlender saisonaler Überflutung andeutet (RUNGE 2001a, 2002). In dem daraus entwickelten landschaftskundlichen Modell wird von einem klimatisch induzierten Wechsel von flussbegleitenden Grasländern und bis an den Fluss heranreichender Waldvegetation ausgegangen, ein Szenario, welches angesichts der am sensitiven Kontakt Regenwald/ Savanne untersuchten rezenten Vegetationsveränderungen (RUNGE & NEUMER 2000) auch plausibel erscheint (Abb. 61).

Die für das Mbari-Tal durchgeführte Untersuchung kommt zu dem Schluss, dass dort die holozänen Klimamodifikationen und der so mehrfach eingeleitete Wechsel in der Vegetationsbedeckung innerhalb der Talebene nicht zu einer dauerhaften Dominanz von Wald- oder Grasvegetation geführt haben können. Um einen Grenzwert bei -20‰ schwankende $\delta^{13}\text{C}$ -Werte machen dies deutlich. Es wird davon ausgegangen, dass es, ähnlich der dort zu beobachtenden heutigen Situation im Übergangsbereich Regenwald/ Savanne, unter variierenden Niederschlagsbedingungen ein „pulsierendes Vegetationsmosaik“ (RUNGE 2001a:196) aus Wald und Savanne gegeben haben muss, welches durch zunehmend anthropogene Nutzung (Jagdfeuer, Ackerbau) ab ca. 1 ka weiter modifiziert wurde.

Im Falle des Mbaéré jedoch, wo innerhalb der Alluvialebene Waldvegetation auch unter den bestehenden wechselfeuchten Bedingungen existiert, lässt sich anhand der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte diese Veränderung der klimatischen Rahmenbedingungen weder nachweisen noch ausschließen: Ob und inwiefern sich die Qualität des von Bäumen aus beiden Waldbeständen (Tieflandsregenwald bzw. Überflutungswald) produzierten organischen Kohlenstoffs auf die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte auswirkt, ist nicht klar und müsste gegebenenfalls anhand der Analyse des im rezenten Humus enthaltenen organischen Kohlenstoffs untersucht werden. Da sich die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ansonsten nicht voneinander trennen lassen, ist eine eindeutige qualitative Aussage hinsichtlich der Art der Waldbedeckung auf der Grundlage der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte nicht möglich.

Insgesamt impliziert die Erkenntnis, dass es sich aller Wahrscheinlichkeit nach trotz ansonsten ähnlicher klimatischer Rahmenbedingungen wie auf dem Mbomou-Plateau um einen grundsätzlich waldbegünstigenden Standort handelt, auf der Basis der naturräumlichen Kenntnis zwei mögliche Interpretationsansätze im Hinblick auf die Vegetationsgegebenheiten im Mbaéré-Tal. Analog zu den aus dem Mbari-Tal gewonnenen Erkenntnissen ist einerseits die Schlussfolgerung möglich, dass grasdominierte Vegetation zu keiner Zeit den Charakter des Tals geprägt und die Waldgesellschaft in der existierenden Form, also als Überflutungswald, seit 7 ka Bestand hat, was entweder auf stabile Klima- und Abflussbedingungen hindeutet oder aber auf eine sehr große Anpassungsfähigkeit der Überflutungswälder an unterschiedliche

klimatische Rahmenbedingungen. Analog zu den besonderen Vegetationsbedingungen auf dem Sandstein-Plateau und dem Wissen um die hohe Sensitivität der Waldvegetation in Bezug auf die Standortfaktoren lässt sich andererseits die Hypothese formulieren, dass hier im Übergangsbereich Überflutungswald/ Tieflandsregenwald nicht Gräser und Bäume, sondern verschiedene Baumgesellschaften miteinander konkurrieren und auf klimatisch bedingte Standortveränderungen (vor allem den Bodenwasserhaushalt betreffend) mit entsprechend wechselnder Einnahme der Talaue reagiert haben müssen.

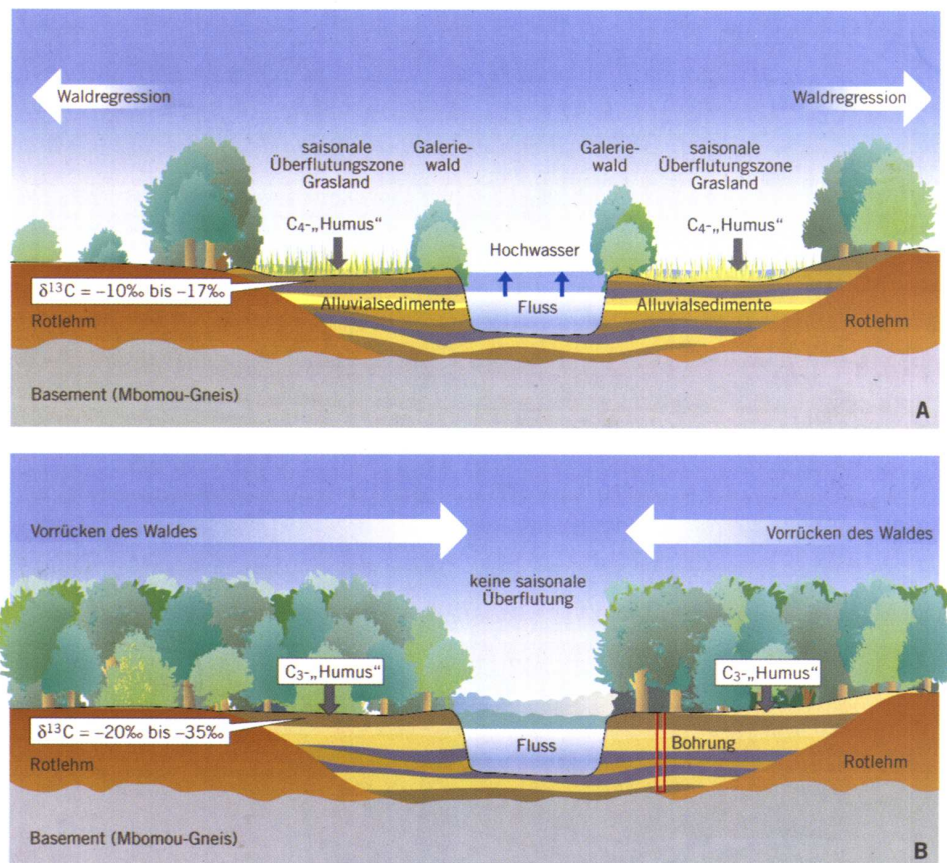


Abb. 61: Landschaftskundliches Modell eines zentralafrikanischen Flusses unter verschiedenen Abflussbedingungen

Situation A: Wechselfeuchtes, semi-humides Klima bringt durch regelmäßige Überflutung des Talbereiches eine Überflutungsvegetation mit sich, die aus flussbegleitenden Grasländern (vorwiegend C4-Pflanzen) besteht. Situation B: Der gleichbleibende Abfluss bei immerfeuchten Klimabedingungen dagegen bedingt das Fehlen regelmäßiger Überflutungen und schlägt sich in der Ausbildung von Waldvegetation (vorwiegend C3-Pflanzen) nieder. Im Oberboden entwickelt sich je nach Situation eine auf C4- oder C3- Pflanzen hinweisende Humusauflage (RUNGE 2002:62).

Angesichts der bereits vorliegenden Paläoumweltarbeiten aus den wechselfeuchten Tropen Afrikas ist es zwar denkbar, dass sich im Falle des Untersuchungsgebietes ökologisch bedingte Abweichungen von den bisher dokumentierten quartären Landschaftsveränderungen in anderen Untersuchungsgebieten manifestieren, dass aber ausgerechnet das Mbaéré-Tal auf völlig stabile Klima- und Abflussbedingungen zurückblicken soll, ist auszuschließen. Damit ließe der erste

4. Regionale Untersuchung

Analogschluss nur die Deutung zu, dass bei gleichbleibender Vegetationsbedeckung in der Talaue unter wahrscheinlich wechselnden klimatischen Einflüssen der Überflutungswald eine überdurchschnittlich hohe Anpassungsfähigkeit an veränderliche Standortparameter zeigt. Auch das ist angesichts der Geländebeobachtungen undenkbar, da innerhalb der Talebene lokal zahlreiche inselartige und exponierte Standorte mit leicht abweichenden edaphischen Verhältnissen existieren, auf denen der Überflutungswald aussetzt und einer Mischvegetation Platz macht, welche von der Artenzusammensetzung her stärker der des Tieflandsregenwaldes entspricht. Es ist offensichtlich, dass die Artenzusammensetzung der Waldvegetation auf dem höchst wasserdurchlässigen sandigen Ausgangssubstrat sehr stark von den Feuchtebedingungen abhängt. Demzufolge ist der zweite Analogschluss der weitaus realistischere, und es ist anzunehmen, dass es sich bei der Talebene um einen Raum handelt, der unter den gegebenen wechselfeuchten Rahmenbedingungen mit saisonaler Überflutung die Ausdehnung von Überflutungswald begünstigt. Bei ganzjährig stabilen Abflussverhältnissen, begleitet von rückläufigen Niederschlägen und einer geringerer Überflutungstendenz der Talebene ist dagegen davon auszugehen, dass diese als Standort insgesamt trockener ist und die Arten des Überflutungswaldes den an die trockeneren Verhältnisse besser angepassten Arten des Primärwaldes weichen.

Profil	Labornummer	Tiefe (cm)	Probenart	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Ba9	Erl-10353	60-80	Holzkohle	-26,3
Ba9	Erl-10354	160-180	Holzreste	-30
Kp1	Erl-10357	120-140	Holzreste	-26,7
Kp1	Erl-10358	160-180	Holzreste	-27,5
Kp1	Erl-10359	200-220	Holzkohle	-28,6
Kp5	Erl-10355	100-120	Holzreste	-29,7
Kp5	Erl-10356	180-200	Holzreste	-26,3
Ké2	Erl-10362	140-160	Holzreste	-27
Ké2	Erl-10363	180-200	Holzkohle	-28,4
Ké6	Erl-10360	100-120	Holzreste	-32,5
Ké6	Erl-10361	180-200	Holzreste	-27,7
Mo4	Erl-10364	100-120	Holzkohle	-30,9
Mo4	Erl-10365	180-200	Holzreste	-29,9

Tab. 6: $\delta^{13}\text{C}$ -Werte Mbaéré-Tal, 2006

Die Geländebeobachtungen und die Ergebnisse der $\delta^{13}\text{C}$ -Wert-Bestimmung aus der Kampagne im Jahr 2006 unterstützen diese Hypothese. Tab. 6 gibt einen Überblick über die in den Sedimenten der Terrassenreste enthaltenen $\delta^{13}\text{C}$ -Informationen.

Wie bereits zuvor, finden sich in keiner der untersuchten Proben Werte zwischen -10 und -17 ‰, wie sie für grasdominierte Verhältnisse zur Zeit ihrer Ablagerung am Standort sprechen

würden. Dies muss allerdings darauf zurückgeführt werden, dass es sich bei dem Probenmaterial nicht um organisches Sediment, sondern vielmehr ausschließlich um Makroreste handelt, deren Baumherkunft (Holz, Holzkohle) unstrittig ist. Die zwischen -26,3 und -32,5 ‰ variierenden Werte sind also für die vegetationsgeschichtliche Interpretation insofern von geringerer Aussagekraft, als sie nicht, wie im Falle von Humus, eine Mischinformation hinsichtlich der Herkunft des fossilen organischen Kohlenstoffs darstellen, welcher auf die dominierende Standortsituation schließen lässt. Der Umstand jedoch, dass überhaupt Baumreste in den Sedimenten eingebettet sind, belegt immerhin die Verbreitung von Baumbestand. Da versucht wurde, innerhalb einer Probe möglichst zahlreich vorhandene Holzreste offenkundig identischer Herkunft (etwa Baumrinde) zu verwenden, mag sich ein aus etwaigen Umlagerungen ergebender möglicher Interpretationsfehler aber in Grenzen halten, und es darf davon ausgegangen werden, dass am Standort zur Zeit der Ablagerung tatsächlich Bäume verbreitet waren. Im Falle der gleichfalls für die Datierungen verwendeten Holzkohle mag es sein, dass es sich um Bildungen handelt, die auf Feuereinfluss zurückzuführen sind, wie er beispielsweise zum Zwecke der Befreiung eines Lagerplatzes von Unterwuchs oder Ungeziefer denkbar ist. In diesem Falle handelte es sich bei der Information aus der Holzkohle um Hinweise auf die vor Ort existierende Baumvegetation. Es besteht dagegen aufgrund der historisch verbürgten regelmäßigen anthropogenen Nutzung der Terrassen-Standorte die Gefahr, dass das Material aus zu Versorgungszwecken angelegten Feuerstellen stammt und entsprechend nicht zwangsläufig die Vegetationsgegebenheiten am Standort widerspiegelt. Beobachtungen belegen, dass Feuerholz in den seltensten Fällen aus der näheren Umgebung der räumlich sehr begrenzten terrassenartigen Rastplätze stammt, sondern unterwegs gesammelt wird.

Man kann ungeachtet dieses Umstands jedoch sicher davon ausgehen, dass es sich in der größeren Zahl der Fälle um Baumbestand handelt, der im Einzugsgebiet des Mbaéré sehr wahrscheinlich im Inneren der Talebene zur fraglichen Zeit existiert haben muss. Die Verbreitung einer typischen grasdominierten Vegetation ohne Bäume, wie sie das Mbari-Tal auf dem Mbomou-Plateau, aber auch das Tal des Lobaye unter rezenten Bedingungen charakterisiert, kann dadurch weitgehend ausgeschlossen werden.

Sadika-Schwemmfächer

In Profil S9 aus der Geländekampagne 2005, die aus dem westlichen Teil der Überflutungsebene stammt und ein rezentes Alter aufweist, ist in 79 bis 95 cm Tiefe mit -15,9 ‰ ein deutlicher Hinweis auf die auch rezent grasdominierten Vegetationsverhältnisse gegeben. Der mit -26,8 ‰ angegebene Wert der gleichfalls als rezent eingestuften Probe aus Profil S16 (80 bis 100 cm) östlichen Teil korrespondiert mit dem den Standort charakterisierenden Galeriewald, während der rezente organische Kohlenstoff, der aus Profil S6 (um 100 cm) aus der nordwestlichen Ecke des Überflutungsbereichs untersucht wurde, mit -29,8 ‰ auf Baumbestand hindeutet, der hier gegenwärtig nicht existiert. Angesichts der nördlich unmittelbar anschließenden Baum-Strauch-Savanne steht zu vermuten, dass in jüngster Zeit unter zunehmend anthropogenem Einfluss (Jagdfeuer?) eine Vegetationsveränderung stattgefunden hat, welche durch Reste einer verdrängten Waldvegetation im Boden, beispielsweise Wurzeln, in entsprechenden $\delta^{13}\text{C}$ -Werte resultiert. Die zunehmende Ausdehnung der Grasvegetation unter den aktuellen Rahmenbedingungen belegen mündliche Berichte der dort bis unlängst ansässigen Bevölkerung (BaAka-Pygmäen) und eigene Beobachtungen (frische Brandspuren).

4. Regionale Untersuchung

Der an Proben des Sadika-Schwemmfächers untersuchte fossile organische Kohlenstoff liefert $\delta^{13}\text{C}$ -Werte, die zwischen $-22,7 \text{ ‰}$ und $-29,8 \text{ ‰}$ liegen und eindeutig auf Bäume als dominierende Vegetation hinweisen (Tab. 7). Dieser Zusammenhang besteht unabhängig davon, ob es sich um auf subrezent (348 ± 48) oder jungholozän (4.162 ± 78) datierte Bodenhorizonte handelt. Da auf dem Schwemmfächer aufgrund des Gefälles, des sehr sandigen und durchlässigen Substrats und der zeitlich stärker begrenzten Überflutung die Bildung von Überflutungswald ausgeschlossen werden kann, ist denkbar, dass es sich um Tieflandsregenwald handelte, welcher sich unter günstigen Voraussetzungen hier etablieren konnte.

Profil	Labornummer	Tiefe (cm)	Probenart	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
S4	Erl-8209	60-80	Sediment	-22,7
S6	Erl-8210	37-69	Sediment	-24,9
S6	Erl-8211	> 99	Sediment	-29,8
S9	Erl-8212	79-95	Wurzeln	-15,9
S16	Erl-8215	80-100	Sediment	-26,8
S23	Erl-8216	101-112	Sediment	-26,2
S26	Erl-8217	70-93	Sediment	-28,8
S27	Erl-8218	111-135	Holz	-27,5

Tab. 7: $\delta^{13}\text{C}$ -Werte Sadika-Schwemmfächer, 2005

Da im Übergangsbereich Regenwald/ Savanne ein klimatisch induzierter Wechsel dieser zwei Vegetationseinheiten realistisch erscheint, könnte man aufgrund der Befunde darauf schließen, dass etwa eine stärkere Gleichverteilung der Niederschläge im Jahresverlauf bei immerfeuchten Klimabedingungen einen gleichbleibenden Abfluss zur Folge hatte. Da das regelhafte Hochwasser fehlte, könnte sich an diesem Standort nach einer Phase der Savannensukzession, wie sie am Standort zu beobachten ist, abseits des Flussbetts Waldvegetation durchgesetzt haben, welche bei einer neuerlichen Verschiebung zu wieder wechselfeuchteren Verhältnissen wiederum durch die Grasländer verdrängt wurde (vgl. Abb. 61, S. 167).

Da sich, wie die bisherigen Beobachtungen und Labordaten zeigen, die Dynamik auf dem Schwemmfächer jedoch weitaus komplexer darstellt und vieles darauf hindeutet, dass die Umlagerungsprozesse unter den wechselfeuchten Bedingungen hier viel intensiver sind als innerhalb des Mittel- und Unterlaufs eines Flusses wie des Mbaéré, ist eine klimatisch gesteuerte Veränderung der Vegetationsbedeckung in diesem Fall aber wenig wahrscheinlich. Ausgehend von der höheren fluvialen Morphodynamik, ist vielmehr anzunehmen, dass der hier auch rezent in mehrere Arme aufgeteilte Sadika durch seine eigenen Sedimente behindert wurde und sich immer wieder, möglicherweise ausgelöst durch singuläre Hochflutereignisse, auf dem Schwemmfächer verlagerte. Hinweise darauf ergeben sich beispielsweise durch die Beobachtung, dass gegen Ende der Trockenzeit im Inneren des saisonal überfluteten Graslandes nach vereinzelt intensiven Niederschlagsereignissen vernässte Bereiche existieren, die sich als lokal auftretende und nicht sehr ausgeprägte Depressionen beschreiben lassen. In ihnen bewegt

sich das Wasser dem Gefälle folgend Richtung Mbaéré-Talebene (Foto 37). Dies deutet darauf hin, dass während der mitunter noch intensiveren Niederschlagsereignisse der Regenzeit auch jenseits des rezenten Sadika-Gerinnebettes eine beachtliche Drainage auf dem Schwemmfächer stattfinden muss, die an diese bereits vorgezeichneten Abflussbahnen gebunden zu sein scheint. Aufgrund der nicht immer dichten Vegetationsdecke (zerstörte Grasnarbe, bedingt durch Wildaktivität), ist auf dem Schwemmfächer mit Erosion von bereits abgelagertem Sediment bei gleichzeitigem Austrag und Umlagerung von Material zu rechnen. Die Waldsukzession auf dem Schwemmfächer ist dementsprechend eher im Zusammenhang mit raum-zeitlichen, mehr oder weniger willkürlichen und klimaunabhängigen Modifikationen der Abflussbahnen zu verstehen.



Foto 37: Rezenter Abfluss auf dem Schwemmfächer jenseits des Gerinnebettes

In den Grasländern finden sich nach einmaligen Regenereignissen gegen Ende der Trockenzeit Überflutungsbereiche, in denen eine intensive Drainage Richtung Mbaéré sichtbar wird. Beobachtungen wie diese deuten auf rezente Abfluss- und Erosionsprozesse auch jenseits des Sadika-Gerinnebettes in der Regenzeit hin. Das Foto zeigt die Situation im südöstlichen Teil des Schwemmfächers (Aufnahme: M. Neumer, Februar 2005).

Fazit $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnis ($\delta^{13}\text{C}$ -Wert)

Insgesamt lässt sich feststellen, dass ganz offensichtlich die rezenten naturräumlichen Gegebenheiten berücksichtigt werden müssen, will man auf der Grundlage von $\delta^{13}\text{C}$ -Werten in sich plausible landschaftskundliche Modelle entwickeln. Die Hauptursache für die unterschiedliche Reaktion der fluvialen Teilsysteme Mbaéré und Sadika ist dabei sicher in den aufgrund des Gefälles sehr unterschiedlichen Abflussbedingungen und den lagebedingt voneinander abweichenden edaphischen Verhältnissen zu suchen, die im Fall des Mbaéré auch die unter den gegebenen wechselfeuchten Bedingungen mögliche Ausbreitung von Überflutungswald erklären.

5. Diskussion der Ergebnisse

Die in Kap. 1.1 formulierten vier Kernfragen aufgreifend, lassen sich für die abschließende Diskussion die folgenden Aspekte einzeln betrachten:

- der Informationsgehalt verschiedener miteinander verglichener fluvialmorphologisch bzw. paläohydrologisch ausgerichteter Untersuchungen zur Paläoumweltgeschichte der niederen Breiten sowie des Karten-/ Fernerkundungsmaterials im Hinblick auf die Ausweisung von Zonen relativer Formungsruhe,
- die Übertragbarkeit der aus diesem Vergleich hervorgegangenen Vorüberlegungen zur Lage potentieller Paläoumweltarchive auf andere Untersuchungsgebiete,
- die aus den regionalen Befunden abzuleitenden Aussagen zur Landschaftsgeschichte des Mbaéré-Tals und des Sandstein-Plateaus von Gadzi-Carnot im SW der RCA und schließlich
- die Korrelierbarkeit der für diesen Raum aufgestellten Hypothesen mit bereits vorliegenden landschaftsgeschichtlichen Referenzdaten aus den niederen Breiten Zentralafrikas.

5.1 Paläoumweltarchive in tropischen Alluvionen

Ausweisung von Raummustern

Die vorhandenen und der Arbeit zugrunde gelegten Literaturquellen sind offensichtlich zu dürftig und in ihrer Darstellung der Standort-Rahmenbedingungen zu ungenau, um die Standortverhältnisse in den durchgeführten Untersuchungen im Detail nachzuvollziehen und in Beziehung zueinander und zu den Verhältnissen im Untersuchungsgebiet zu setzen. Hinweise auf räumliche Muster solcher Archive und Vorüberlegungen zu ihrer Erschließung sind bisher selten Gegenstand der Diskussion gewesen. Dies zeigt der Vergleich entsprechender Daten aus unterschiedlichen Studien (Kap. 3.3). Warum sich Sedimente, beispielsweise in Form von Terrassen, an bestimmten Positionen innerhalb einer Überflutungsebene erhalten, ist von einer Vielzahl von Geofaktoren abhängig, in deren Kombination die Ursache für das Auftreten von räumlichen Verteilungsmustern gut erhaltener Paläoumweltarchive zu suchen ist. Die rezente Ausgangssituation hinsichtlich dieser Geofaktoren und ihrer Interdependenzen ist in den miteinander verglichenen Untersuchungsgebieten der niederen Breiten aber zu verschieden, die fluviale Morphodynamik noch zu unerforscht, um klare Vorstellungen von den Auf- und Abbauprozessen innerhalb der zum Teil auch sehr unterschiedlich dimensionierten Alluvialebenen zu gewinnen. Die Ausweisung von regelhaftem Vorkommen auswertbarer älterer Sedimentarchive ist somit zum derzeitigen Stand der Forschung auf der Basis von ähnlichen Untersuchungen problematisch. Ein Vergleich von Untersuchungsgebieten anhand von Literaturquellen erscheint nur dann sinnvoll, wenn vergleichsweise ähnliche naturräumliche Rahmenbedingungen vorliegen, was das Ausgangssubstrat, die Böden, die Reliefverhältnisse, die Vegetationsbedeckung, die klimatischen Kenngrößen, die wesentlichen fluvialmorphologischen Parameter (Größe des Einzugsgebiets, Talsituation, Lage im Tallängsprofil, etc.) sowie tektonische und anthropogene Einflüsse angeht, eine Bedingung, die aufgrund mangelnder Quantität entsprechender Studien und zu unterschiedlicher naturräumlicher Settings kaum zu erfüllen ist.

Zu fordern ist deshalb eine viel detailliertere und differenziertere Diskussion auch der regionalen Rahmenbedingungen in vergleichbaren Studien, um mittelfristig über eine zunehmende Datendichte auch die Vergleichsmöglichkeiten zu optimieren.

Die Auswertung der Karten, der Luftbilder und Satellitendaten ergab in Ergänzung zur Auswertung der Literatur über das Untersuchungsgebiet Hinweise auf die rezenten naturräumlichen Prozesszusammenhänge unter lokal unterschiedlich intensiver anthropogener Nutzung (vor allem Forstwirtschaft). Während für das Plateau insgesamt eine hohe Sensitivität des Naturraums auf Eingriffe durch den Menschen konstatiert werden kann, ließen die ausgewerteten Daten die Formulierung erster Annahmen hinsichtlich rezent vergleichsweise stabiler Vegetations- und Abflussbedingungen im Mbaéré-Tal zu, die insgesamt für einen Erhalt von Paläoumweltarchiven sprechen. Anhand des Kartenmaterials konnte im Hinblick auf die existierende Talasymmetrie die initiale Einschneidung des Mbaéré auf eine nach NNW gerichtete Kippung des Plateaus und eine spätere Drainageumkehr zurückgeführt werden, die aufgrund der relativen Gefälleveränderung und vermutlich mehrfachem Wechsel in den klimatischen Rahmenbedingungen mit der Verfüllung der weiten Talebene in Verbindung gebracht werden kann. Dieser Zusammenhang ist deshalb von Bedeutung, weil er mit der Änderung der Entwässerungsrichtung auf eine einseitige, den ursprünglichen Verhältnissen entgegengerichtete relative Formungsruhe am linken Mbaéré-Ufer und eine intensivere Erosion am rechten Ufer (vor allem in Prallhangpositionen der zahlreichen Mäanderbögen) hindeutet. Obwohl anhand des multitemporalen Abgleichs der Fernerkundungsdaten dieser fluviale Prozesszusammenhang nicht nachweisbar ist, bestätigen die zahlreichen, auf den Luftbildern besonders gut auszumachenden Altarme und abgeschnittenen Mäander am linken Ufer eine grundsätzliche Tendenz der Gerinnebettverlagerung Richtung SW. Die Annahme, bestimmte, farblich akzentuierte Strukturen in den Satellitenbildausschnitten spiegelten ein für die Fragestellung relevantes räumliches Muster wider und deuteten etwa auf uferwallartige Strukturen im Unterlauf des Mbaéré hin, jenseits derer sich Paläoumweltarchive erhalten haben könnten, bestätigte sich im Gelände jedoch nicht.

Ausgehend von der Überlegung, im flussfernen Talrandbereich seien die Umlagerungsprozesse durch die regelmäßige Überflutung der weiten Ebene vergleichsweise gering und der Eintrag kolluvialen Materials der dichten Vegetation wegen hier eine zu vernachlässigende Größe, führte zur Ausweisung von Probenstandorten im Hangfußbereich zu beiden Seiten des Talbodens. Die aus diesen Proben gewonnenen Befunde ergaben jedoch weder am Fuße der steileren noch an den moderateren Hängen Hinweise auf ältere, fluvial abgelagerte Sedimente, die für die landschaftsgeschichtliche Fragestellung auswertbar gewesen wären. Als wertvolle Archive von Paläoumwelt-Informationen erwiesen sich dagegen Terrassenreste, die, vom Fluss rezent angeschnitten oder in einiger Entfernung vom rezenten Gerinnebett gelegen, auf den Luft- und Satellitenbildern nicht ohne weiteres auszumachen gewesen waren. Erst Geländebefunde, die die Existenz solcher hier sehr kleinräumiger Lokalitäten in den dichten Überflutungswäldern bestätigten, zeigten die Notwendigkeit auf, in einem naturräumlichen Milieu wie diesem mit hochauflösenderen Daten (z.B. SRTM-Daten) zu arbeiten, um im Vorfeld potentiell prospektierbare Standorte anhand der Reflexionsmuster ausweisen zu können.

Im Hinblick auf den Schwemmfächer des Sadika, der untersucht wurde, um an seinem Fuß etwa überdeckte ältere Mbaéré-Sedimente aufzuspüren bzw. der als durch fluviale Prozesse aufgebaute Struktur zu Vergleichszwecken auf seinen landschaftsgeschichtlichen

Informationsgehalt hin geprüft werden sollte, zeigte sich, dass eine systematisch geplante Vorgehensweise, wie sie das vorhandene Karten- und Fernerkundungsmaterial suggerierte, unter den wechselfeucht-tropischen Rahmenbedingungen nur bedingt möglich ist. Die Beprobung des Fußbereichs und weiter Teile der Struktur erwies sich aufgrund der Vegetations- und Bodenfeuchteverhältnisse, bedingt durch die rezenten Rahmenbedingungen, als undurchführbar.

Übertragbarkeit der Befunde

Gemeinsame Verteilungsmuster aus den vorliegenden Untersuchungen herauszuarbeiten, die sich auf ein beliebiges anderes Untersuchungsgebiet übertragen lassen, ist, wie die vorangegangenen Ausführungen zeigen, nicht möglich. Im Umkehrschluss sind auch die Erkenntnisse, was die Ausweisung potentieller Paläoumweltarchive im Untersuchungsgebiet für andere Studien dieser Art angeht, wenig hilfreich. Die Ergebnisse der Untersuchung legen vielmehr nahe, dass die Vorgehensweise insgesamt sehr speziell auf die Gegebenheiten im naturräumlichen Kontext abzustimmen ist. In diesem Zusammenhang zeigt die vorliegende Arbeit Ansätze auf, wie die Prospektion eines gegebenen Gebietes vorbereitet werden kann bzw. wodurch diese Vorbereitung ggf. zu optimieren ist.

Der vermeintliche Vorteil, mit dem Sandstein-Plateau einen petrographisch homogenen Komplex ausgewählt zu haben, erweist sich hier als insofern problematisch, als die übrigen Geofaktoren in höherem Maße als andernorts auf diese geologische Vorgabe eingestellt sind. Kleinräumige Reliefunterschiede innerhalb des Talbereichs und zu den Hängen hin, welche die Bodenfeuchteverhältnisse determinieren und die Ausprägung der hier vergesellschafteten Waldhabitate beeinflussen, zeigen deutlich die starke strukturelle Kontrolle und machen die auch im Vergleich mit anderen Untersuchungsgebieten erhöhte ökologische Komplexität am Übergang Regenwald/ Savanne deutlich. Verwitterungsprodukte des Sandsteins von größerer Korngröße fanden sich im Rahmen der drei Geländekampagnen beispielsweise nur sehr vereinzelt, wodurch sich auch das Fehlen größerer Sedimentlagen innerhalb der Alluvialebene erklärt. Diese liefern in anderen Untersuchungen aber bereits erste wertvolle Hinweise auf veränderte Abfluss- und Sedimentationsgegebenheiten, welche dort im Zusammenhang mit Veränderungen der klimatischen Parameter diskutiert werden.

Um der offenkundigen Besonderheit des Naturraums Rechnung zu tragen und dennoch eine systematische Vorbereitung der Feldarbeiten zu ermöglichen, wurde im Vorfeld der Probennahmen die Lage möglicher auswertbarer Standorte räumlich eingegrenzt, indem zunächst stark vereinfachende Grundüberlegungen zur fluvialen Dynamik auf der Basis der herangezogenen Vergleichsstudien angestellt und sehr allgemeingültige Annahmen hinsichtlich der Lage von Standorten morphologischer Formungsruhe innerhalb tropischer fluvialer Systeme formuliert wurden (vgl. Kap. 3.3). Diese Annahmen sind im Hinblick auf potentiell landschaftsgeschichtlich auswertbare Sedimentkörper andernorts sicher so allgemein formuliert, dass sie einen Ansatz bieten, sich der Frage der Standortauswahl zu nähern. Die Vorauswahl entsprechender potentieller Probenstandorte in der vorliegenden Untersuchung erfolgte (auf dieser Grundlage) mittels Auswertung des vorhandenen Fernerkundungs- und Kartenmaterials (vgl. Kap. 4.2). Die tatsächliche Auswahl war jedoch schlussendlich erst auf der Grundlage von Geländebeobachtungen möglich, wobei aufgrund der infrastrukturellen Gegebenheiten vor Ort nicht alle in Frage kommenden Standorte aufgesucht werden konnten. Im Gelände zeigte sich auch, dass die nach den Vorüberlegungen ausgewählten Lokalitäten zum Teil ungeeignet für

eine Beprobung waren oder sich die Erwartungen hinsichtlich der Paläoumwelt-Informationen nach der Laborauswertung nicht erfüllten. Im Gegenzug fanden sich dafür während der Geländearbeiten andere Positionen entlang des Flusses (Stichwort „Terrassen“), die sich hinsichtlich einer Beprobung anboten und relevante Daten lieferten (vgl. Kap. 4.3 ff).

Insgesamt ist festzustellen, dass die Hypothesenbildung im Hinblick auf die Vorab-Ausweisung von potentiellen Paläoumweltarchiven sicher ein wichtiger und notwendiger Schritt der Vorbereitung von paläohydrologisch ausgerichteten Untersuchungen in den niederen Breiten ist: dies umso mehr, als die infrastrukturellen Rahmenbedingungen und die zeitliche Limitierung von Geländearbeiten auf die Trockenzeit umfassenden Vorarbeiten vor Ort Grenzen setzen. Wie die Untersuchung zeigt, kann die Korrelation der bisher vorliegenden Befunde aus anderen feuchttropischen Regionen, wie sie THOMAS (2000) für notwendig erachtet, um sie aus dem regional begrenzten Kontext zu lösen, hier aber nur unzureichend zu einem Erkenntniszuwachs beitragen. Bei der derzeitigen Datenlage sind aufgrund der Besonderheit jedes einzelnen Einzugsgebietes neben Fernerkundungsdaten deshalb weiterhin eine intensive Geländearbeit und die genaue Einschätzung der Geofaktoren-Interdependenzen vor Ort für die Standortauswahl nach wie vor von höchster Relevanz. Die Auswahl weiterer potentieller Probenstandorte ist durch das durch eine solche Vorarbeit erweiterte Wissen um Lage, Struktur und Ausdehnung der Terrassenreste bei späteren Prospektionen über hochauflösende Fernerkundungsdaten und mittels entsprechender überwachter Klassifikationen denkbar.

5.2 Landschaftsgeschichtliche Interpretation

Regionale Befunde

Die Auswertung der Befunde deutet bei den Sadika-Proben auf differenzierte Umlagerungs- und Bodenbildungsprozesse hin, dokumentiert durch deutliche farbliche und bodenchemische Wechsel in den so leicht voneinander abzugrenzenden Sedimentlagen. Da einige von ihnen auch in der Tiefe vergleichsweise hohe Anteile dunklen organischen Materials enthalten oder, überdeckt von zumeist hellen Sanden, rötliche und teilweise lateritartige Lagen auftreten, zeugt das Alluvialfächer-Sediment von einer hohen fluvialen Morphodynamik und entsprechend sehr deutlichen Wechseln der Abfluss- und Akkumulationsprozesse in diesem räumlich begrenzten Bereich. Phasen intensiver Ablagerung des mitgeführten Materials wechseln mit Ruhephasen, in denen offenkundig teilweise Bodenbildung einsetzte bzw. sich aufgrund trockener Standortverhältnisse und einer hohen Evaporationsrate Ansätze zur Bildung pedogener Krusten entwickelten. Podsolierungsprozesse, wie sie im Falle einiger Befunde zunächst nahe lagen, scheinen trotz entsprechender Voraussetzungen für pedogene Prozesse dieser Art in den tropischen Niederungen – Hydromorphie und sandiges Substrat – jedoch nicht nachweisbar zu sein.

Der klimahistorische Zusammenhang, den diese Befunde zunächst vermuten ließen, konnte durch die Datierungen des organischen Materials nicht bestätigt werden. Die auf Waldvegetation hinweisenden $\delta^{13}\text{C}$ -Werte sind vor dem Hintergrund der rezent von Savanne dominierten Vegetationseinheiten zwar ein deutlicher Hinweis darauf, dass hier seit 4.162 ± 78 B.P. Vegetationswechsel stattgefunden haben müssen. Diese lassen sich mit den im Vergleich

zu den Verhältnissen im Mbaéré-Tal viel stärker aufgrund der Topographie wechselnden hygri-schen Bedingungen am Sadika erklären. Der un-stete Abfluss auf einem Schwemmfächer, charakterisiert durch eine typischerweise veränderliche Lage der Abflussbahn(en), lässt vermuten, dass die Akkumulation jüngerer Sedimente ebenso wie der Austrag bereits akkumulierten Materials sowohl Bodenbildung als auch Translokationsprozesse im Boden unterschiedlich und räumlich viel differenzierter beeinflusst haben. Die an organischem Sediment durchgeführten Datierungen wie auch die Farbansprache innerhalb der Sadika-Profile belegen diese sehr kleinräumigen Veränderungen, die entsprechend kaum als klimatisch gesteuert angesehen werden können und sicher eher auf Standorteigenheiten in einem in der Anlage sehr dynamischen Teilsystem zurückzuführen sind. Da der klimatische Zusammenhang somit sehr fraglich ist und die Ausbreitung des Waldes hier vor allem durch die (möglicherweise durch singuläre Starkregenereignisse bedingte?) Verlagerung des Sadika und eine vorübergehende relativ trockenere Standortsituation zurückgeführt werden kann, sind die Aussagen von räumlich begrenztem Wert und hier nicht verwertbar im Sinne der landschaftsgeschichtlichen Fragestellung. Erschwerend kommt hinzu, dass in diesem Teil des Arbeitsgebietes der anthropogene Einfluss, wenigstens in jüngster Vergangenheit, durch regelmäßige Brandrodung dokumentiert ist und im historischen Rahmen aufgrund der bei verschiedenen Gelegenheiten beobachteten tradierten Verhaltensmuster der hier siedelnden Menschen nicht ausgeschlossen werden kann. Was die Existenz möglicher reliktscher Termitenbauten angeht, deren initiale Bildung auf trockenere Standortverhältnisse zurückzuführen ist (S20), so ist nach Auswertung der übrigen Befunde auch hier weniger ein klimatischer als vielmehr standortspezifischer Zusammenhang wahrscheinlich.

Die Kontinuität der farblichen Abstufungen der ausgewerteten Mbaéré-Profile wie auch die Datierungsergebnisse weisen in einigen Bereichen der Talebene auf ungestörtere und eher kontinuierliche Sedimentationsverhältnisse hin, die durch Bodenbildungsprozesse unter relativ trockenere Rahmenbedingungen unterbrochen wurden. In anderen Teilen der Talebene geben die Wechsellagerung von tonigen und sandigen Sedimenten unter Berücksichtigung der Datierungen Hinweise auf drastisch wechselnde Abflussgegebenheiten innerhalb vergleichbar kurzer Zeiträume. Anhand der als mittel- bis jungholozän datierten Proben lässt sich für den Mbaéré insgesamt folgern, dass die gegebenen naturräumlichen Bedingungen, insbesondere die den Sedimentaustrag hemmenden Vegetationsverhältnisse, hier den Erhalt von Paläoumweltarchiven in Form von Terrassen fördern, wenn auch aufgrund der hygri-schen Verhältnisse bodenchemisch auswertbare Stoffe ausgetragen wurden. Aufgrund letztgenannten Umstandes konnten weder für den Schwemmfächer noch für das Mbaéré-Tal selbst verwertbare Rückschlüsse auf die Anreicherung von Eisenoxiden und das relative Alter der Böden gezogen werden, und die Berechnung des C/N-Verhältnisses lieferte lediglich Hinweise darauf, dass die organische Substanz im Boden als Konsequenz aus niedrigen pH-Werten und reduzierter biotischer Aktivität unter teils hydromorphen Gegebenheiten verhältnismäßig langsam abgebaut wird.

Die auf eine permanente Bewaldung des Tals hinweisenden $\delta^{13}\text{C}$ -Werte zeigen, dass sich innerhalb dieser Talebene langfristig weder von Gräsern dominierte Savannenvegetation noch die für Täler unter vergleichbaren klimatischen Gegebenheiten charakteristischen Überflutungsgrasländer ausgebildet haben können. Ein einzelner Hinweis auf einen möglicherweise reliktschen Termitenbau der Art *Macrotermes subhyalinus* RAMBUR (*Macrotermes bellicosus* RUELLE, *Bellicositermes rex*.) an Standort M2 innerhalb des Mbaéré-

Tals, der auf eine Bildung unter savannenähnlichen Vegetationsbedingungen hindeuten würde, scheint in jedem Fall nicht haltbar zu sein.

Um welche Art Waldbestand es sich im landschaftsgeschichtlichen Zusammenhang innerhalb der Talebene, gebunden an wechselnde klimatische Rahmenbedingungen, handelte, lässt sich auf der Grundlage der vorliegenden Daten nicht klären, zumal allein die Existenz einer auf einsetzende Bodenbildung hindeutende Humusanreicherung in der Tiefe nicht zwangsläufig mit der Humusproduktion unter Regenwald-Bedeckung gleichzusetzen ist: Die Laboranalysen zeigen unter anderem, dass auch unter den heutigen Vegetationsgegebenheiten trotz saisonaler Überflutung ein Zersetz stattfindet und die Sedimentation infolge der Tiefe des rezenten Bachbettes und der reduzierten Schleppkraft im Unterlaufbereich vermutlich häufig auf Huminstoffe beschränkt ist. Die im Gelände zu beobachtenden, an die hygrischen Bedingungen geknüpften kleinräumigen Wechsel in der Vegetationszusammensetzung legen nahe, dass aride Phasen im Holozän zu einem Rückzug des Überflutungswaldes zugunsten des Regenwaldes führten. In darauffolgenden humideren Phasen muss die Rekolonialisierung der Talebene mit Überflutungswald dann von räumlich sehr begrenzten feuchteren Waldzellen in Flussnähe ausgegangen sein. Für das engere Untersuchungsgebiet hat also nicht, wie im Falle des Mbari im SE der RCA (Mbomou-Plateau, vgl. Kap. 3.3) ein „pulsierendes Vegetationsmosaik aus Wald und Savanne“ (RUNGE 2001a:196), sondern eines aus Regenwald und Überflutungswald auf klimatische Veränderungen reagiert. Eine abschließende zeitliche Einordnung vergangener ariderer oder humiderer Verhältnisse ist trotz der Datierungen vor dem Hintergrund der nicht nach Waldbeständen differenzierbaren $\delta^{13}\text{C}$ -Werte schwierig und macht es notwendig, die Befunde in einem größeren Zusammenhang zu betrachten.

Kontext tropischer Paläoumweltforschung

Legt man verschiedene Quellen zugrunde, die sich mit der paläoökologischen Rekonstruktion in Afrika auf der Grundlage vor allem palynologischer Forschung befassen, so ergeben sich für den mittels der Datierungen abgedeckten Zeitraum bis ca. 7.000 B.P. unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten, da je nach Art der regionalen Befunde die Dauer des relativ feuchten sogenannten Kibangien (ab 12.000 B.P.), das einer Aridisierung im Léopoldvillien (ab etwa 30.000 B.P.) folgte, zeitlich unterschiedlich eingegrenzt wird. Während der Beginn des Kibangien aufgrund der deutlichen Veränderungen im Sedimentationsverhalten des Kongo-Einzugsgebietes ziemlich präzise auf 12.000 B.P. datiert werden kann (GIRESSE et al. 1982), existieren aus den 90er Jahren Annahmen hinsichtlich des Endes dieser Phase bzw. des Beginns des demgegenüber wieder trockeneren Subactuel, die je nach Untersuchungszusammenhang zwischen 3.500 B.P. und 500 B.P. variieren (SCHWARTZ 1988, BOULVERT 1996, RUNGE 2001a). Jüngere Arbeiten, die sich vor allem mit abrupten Klimaveränderungen in den afrikanischen und südamerikanischen Tropen befassen, machen auf einen landschaftlichen Wandel seit 4.000 B.P. aufmerksam, der sich in Veränderungen im Wasserhaushalt und Vegetationsveränderungen in zahlreichen Sümpfen und See-Einzugsgebieten manifestiert (MARCHANT & HOOGHIEMSTRA 2004). Während in Südamerika Hinweise auf aridere Rahmenbedingungen vorliegen, werden demgegenüber für die tropischen Regionen Afrikas insgesamt Veränderungen hin zu feuchteren Bedingungen postuliert, die sich jedoch nicht mit allen regionalen Befunden aus diesem Raum decken. Vor allem die in Kap. 3.3 diskutierten Arbeiten des ECOFIT-Programms zu west- und zentralafrikanischen Seen und Sümpfen machen deutlich, dass regionale Besonderheiten bei der Einschätzung der landschaftlichen Veränderungen eine Rolle spielen. Auswirkungen ariderer Verhältnisse sind durch die

ermittelten Pollenspektren dadurch an verschiedenen Lokalitäten in Ghana, Kamerun, Gabun und der Demokratischen Republik Kongo zwischen 4.200 B.P und 1.300 B.P. dokumentiert. Unsicherheiten dieser Art verdeutlichen, dass der Übergang von einer Phase zur nächsten nicht abrupt erfolgt und vor allem nicht überall gleichzeitig. Die entsprechenden palynologischen Befunde für die Diskussion der zeitlichen Einordnung klimatisch induzierter Vegetationswechsel im Mbaéré-Tal und auf dem Plateau von Gadzi-Carnot heranzuziehen, erscheint neben dem Umstand, dass es sich um eine grundlegend andere Methodik handelt, entgegen der zu Beginn der Studie formulierten Erwartung nicht sinnvoll.

Im Hinblick auf Befunde aus Untersuchungen an Talverfüllungen besteht vor allem das grundlegende Problem mangelnder Datendichte. Uneinheitliche Reaktionen der Abflussverhältnisse größerer Flusseinzugsgebiete wie die des Oubangui und des Kongo auf klimatisch belegte Veränderungen in den Niederschlagsverhältnissen in der jüngeren Vergangenheit (nachfolgend diskutiert) zeigen zudem, dass je nach Einzugsgebiet unter ähnlichen Rahmenbedingungen fluviale Systeme unterschiedlich schnell reagieren. Sich dieser Daten zu bedienen, um den regionalen Befunden im SW der RCA ein zeitliches Raster zuzuweisen, erscheint deshalb zum Abschluss der Betrachtung ebenfalls problematisch. Angesichts der mittlerweile angenommenen Kontinuität des Klimacharakters in einander benachbarten Räumen ist jedoch im Hinblick auf vergleichbare fluvialmorphologische Befunde anzunehmen, dass die für das Mbari-Tal auf dem Mbomou-Plateau im SE der RCA dokumentierten klimatischen Wechsel zu arideren Verhältnissen (RUNGE 2001a) in der einen oder anderen Weise auch auf dem Plateau von Gadzi-Carnot Einfluss genommen haben müssen. Hierfür sprechen die den beiden Plateaus gemeinsame kontinentale Lage, die ähnlichen Abdachungsverhältnisse Richtung Kongobecken, der stark eingerumpfte Charakter der die beiden Gebiete trennenden Schwellenregion und der damit verbundene, annähernd äquatorparallele Klimagradient, der sich rezent in ähnlichen klimatischen Gegebenheiten niederschlägt (vgl. Kap. 2.2.1). Dagegen spricht allerdings, um dies nicht auszublenden, die unterschiedliche petrographische Ausgangssituation, die sich in ausgeprägten, pedogenen Krusten auf dem Mbomou-Plateau niederschlägt. Vor allem dieser besonderen aklimatischen Geofaktoren des Untersuchungsraumes wegen haben sich deshalb vermutlich im Landschaftsbild andere Auswirkungen klimatischer Impulse gezeigt bzw. die Vegetation hat wahrscheinlich auf veränderte Niederschlags- und Abflussbedingungen unterschiedlich schnell bzw. unterschiedlich stark reagiert. Insgesamt ist unter Berücksichtigung der bekannten Prozesszusammenhänge im Untersuchungsgebiet auf dem Plateau im SW der RCA davon auszugehen, dass die Speicherqualität der Mbaéré-Talverfüllung die gesamte räumliche Einheit im Hinblick auf die Paläoumwelt-Gegebenheiten in ähnlicher Weise hydrologisch stark begünstigte, wie sie es heute zu tun scheint. Für die im Vergleich trockeneren Standorte der Plateauhöhen dagegen mag ein Wechsel zu trockeneren Verhältnissen Auswirkungen auf den sensiblen auf Veränderungen reagierenden Regenwald gezeigt haben, die jenen auf dem 700 km entfernten Plateau vergleichbar sind.

Aus den diskutierten Untersuchungsergebnissen lässt sich für die Talebene des Mbaéré und für das Plateau ein landschaftsgeschichtliches Szenario ableiten, das für die Zeit seit dem LGM eine mehrphasige, der Entwicklung auf dem Mbomou-Plateau ähnliche Reaktion plausibel beschreibt.

Die Ende des Mesozoikums einsetzende Kippung des Plateaus von Gadzi-Carnot, das bis dahin über zwei Becken, die Doba-Mulde (Tschad) und das Touboro-Becken (Kamerun), in den Golf

von Benue entwässerte (CENSIER & LANG 1999), verstärkte sich im Tertiär und führte zu einer Änderung in der prinzipiellen Drainagerichtung des zuvor initial angelegten Mbaéré.

Damit ging die weitere Zerschneidung des Sandstein-Plateaus einher. Wann innerhalb des Quartär die Verfüllung des Tales erfolgte, ist für das Untersuchungsgebiet ungeklärt, jedoch wird hieran die Léopoldvillien-zeitliche Aridisierung ab etwa 30.000 B.P. wesentlichen Anteil haben. Geht man von der aus den afrikanischen Tropen beschriebenen hochglazialzeitlichen Waldregression zwischen 20.000 und 15.000 B.P. (LGM) aus, ist zu vermuten, dass auf dem Plateau der äquatoriale Tieflands-Regenwald in jener Zeit ganz oder wenigstens teilweise den Savannen weichen musste (Abb. 62).

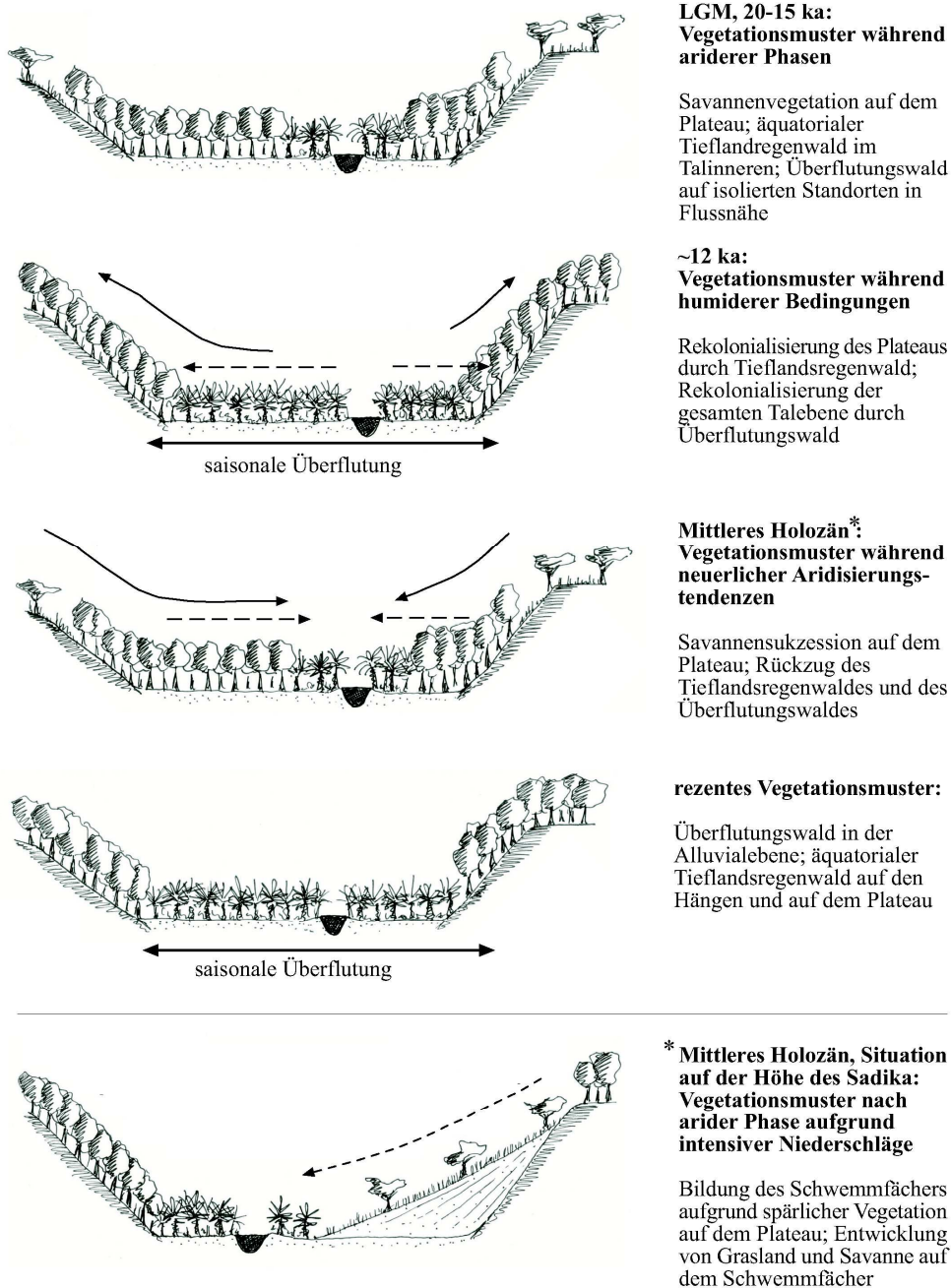


Abb. 62: Szenario der Landschaftsdynamik im Mbaéré-Tal seit dem LGM

Hatte sich innerhalb der Überflutungsebene des Mbaéré in humideren Phasen des Holozän (etwa um 36.000 B.P., THOMAS 2000) bereits Überflutungswald in der Talebene etablieren können, so wurde dieser, wie dies auch rezent anhand des kleinräumigen Wechsels der hygri-schen Gegebenheiten zu beobachten ist, durch die LGM-zeitliche Aridisierung auf eng begrenzte inselartige Standorte in Flussnähe mit lokaler hygri-scher Gunst zurückgedrängt.

Der Regenwald hingegen muss von den Talhängen aus sukzessive weite Teile des Tals kolonialisiert haben, die als sogenannte „Refugialgebiete“ angesehen werden können. Mit einem Wechsel zu neuerlich humideren Klimabedingungen, wie er ab ca. 12.000 B.P. im SE der RCA angenommen wird (RUNGE 2001a) ist auf dem Plateau ein Vordringen des Regenwaldes gegen die Savanne und eine Wiederbesiedlung der gesamten Talebene durch den Überflutungswald wahrscheinlich.

Die für den zentralafrikanischen Raum im Laufe des Holozän festgestellten, regional variierenden klimatischen Oszillationen (GASSE 2000), die neben methodisch bedingten Unterschieden auf unterschiedliche Ausgangsbedingungen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten zurückzuführen sind, lassen vermuten, dass sich mit dem wiederholten Wechsel von humideren zu arideren Verhältnissen die beschriebene Vegetationssukzession als Reaktion auf veränderte hydrologische Gegebenheiten auch hier seither mehrfach wiederholt haben muss. Klimatisch induzierte Wechsel in den Vegetationsgegebenheiten haben damit aller Wahrscheinlichkeit nach auch auf dem Plateau von Gadzi-Carnot zu Verschiebungen der Regenwald-Grenze geführt, die auf dem Mbomou-Plateau um 5.000 B.P. und seit 1.000 B.P. einer Ausdehnung von Savannen Vorschub leistete (RUNGE 2001a). Für das Sandsteinplateau zog eine ähnliche Vegetationssukzession auf den Plateauhöhen jeweils einen Rückzug des Regenwaldes in die Tallagen und einen Rückzug des Überflutungswaldes in die Uferbereiche der großen Flüsse nach sich.

Dies deutet auf eine permanente und langfristige Konkurrenzsituation der Baumarten beider Waldeinheiten in dem weiteren Untersuchungsgebiet hin, was erklärte, warum der äquatoriale Tieflandsregenwald des Kongobeckens in diesem rezent nordwestlichsten Ausläufer durch eine Verarmung an ayous (*Triplochiton scleroxylon*) auffällt (DE MADRON, 2003) und sich auch sonst in seiner Artenzusammensetzung von typischem Primärwald des Beckens unterscheidet (ALAIN PENELON, ECOFAC Ngotto, *Ex-Chef de la Composante*, persönliche Mitteilung 2004). Davon ausgehend, dass sich mit jedem Wechsel zu arideren Verhältnissen eine Reaktion der Plateauvegetation möglicherweise rascher einstellte und die relative Speicherfähigkeit der Mbaéré-Sedimente in der Talebene eine zeitverzögerte Reaktion der dortigen Vegetation auf Niederschlags- und Abflussveränderungen bedingte, wie sie die Ergebnisse aus den Abflussveränderungen des Oubangui und des Kongo auf den rezent zu beobachtenden Niederschlagsrückgang andeuten, ist anzunehmen, dass vor allem jene Arten des Tieflandsregenwaldes der Konkurrenzsituation mit den Arten des Überflutungswaldes im Tal nicht gewachsen waren, die im Hinblick auf höhere Bodenfeuchte empfindlich reagieren. *Triplochiton scleroxylon* zeichnet sich zwar dadurch aus, dass er sich rasch ausbreitet und mit potentiellen Wachstumsraten von 15 m³/ha/Jahr relativ schnell wächst.

Im Sinne der Argumentation interessant ist aber, dass diese Baumart einen hohen Lichtbedarf hat und auf eine Konkurrenzsituation im Wurzelbereich sowie sumpfige Bedingungen sensibel reagiert (TAYLOR 1962, HARDCASTLE et al 1998, ODOOM 2002, www.fao.org/DOCREP/005/Y7210E/y7210e0e.htm#bm14). Da sie zudem auf flachgründigen

und nassen Standorten anfällig für Windwurf ist, kann davon ausgegangen werden, dass schon im Hangbereich die Ausgangsbedingungen einer Ausbreitung dieser Art abträglich waren und die Talebene selbst ihr nicht die notwendigen Standortbedingungen lieferte, trockenere Phasen zu überdauern.

Die Schwemmfächerbildung des Sadika zeitlich in dieses Szenario einzuordnen, ist schwierig, kann aber im Unterlauf des Mbaéré erst erfolgt sein, als die Verfüllung des Tals in der heutigen Form schon weitgehend abgeschlossen war. Anzunehmen ist, dass eine signifikante Zunahme der Niederschläge im mittleren Holozän nach zuvor vergleichsweise trockeneren Verhältnissen die Bildung des Schwemmfächers begünstigte. Die durch eine Klimaveränderung erhöhte Verwitterungsrate und die auf dem Plateau noch vorherrschende Savannenvegetation wird vor dem Hintergrund exzessiv hoher Niederschläge zu einer tiefgründigen Durchfeuchtung der so destabilisierten Hänge und einem raschen Aufbau des Paläo-Schwemmfächers geführt haben, bevor die Waldvegetation auf die veränderten Rahmenbedingungen mit einer Sukzession reagierte. Die rezenten Klima- und Abflussbedingungen führen zu einem sukzessiven Abbau dieser Form.

Die Vegetationsmuster im äquatorialafrikanischen Raum, vor allem determiniert durch klimatische Parameter, wurden vor dem Hintergrund glazialzeitlicher Zäsuren in der Vergangenheit intensiv untersucht. Bereits BOOTH (1958) diskutierte die disjunkte Verteilung von Waldorganismen in westafrikanischen Waldlandschaften. Die seither entwickelten und viel diskutierten Refugial- (*core area*-) Theorien und Konzeptionen zu möglichen Rückzugsräumen des während ariderer Verhältnisse zurückgedrängten Regenwaldes fußen auf unterschiedlichen Annahmen, die vorwiegend die rezenten Verbreitungsmuster bestimmter Arten in Flora und Fauna heranziehen, um ihre Entwicklung nachzuzeichnen. So entwarfen im letzten halben Jahrhundert AUBRÉVILLE (1962), MOREAU (1963), CARCASSON (1964), MEGGERS et al. 1973, HAMILTON (1976, 1982, 1988, 1992), VAN ZINDEREN-BAKKER (1976), KINGDON (1980), COLYN (1987, 1988), LITTMANN (1987, 1988), MALEY (1987, 1989, 1990, 1991), LIEDTKE (1990), COLYN et al. (1991) und HAMILTON & TAYLOR (1991) Theorien, die in Lage und Größe der vorgeschlagenen Refugien von Autor zu Autor differierten. Eine grundsätzliche Einigkeit existiert jedoch inzwischen darüber, dass es drei Refugial-Gebiete gegeben haben muss, von denen aus sich die Rekolonisierung der Westküste Afrikas und des inneren Kongobeckens nach Rückkehr zu humideren Bedingungen vollzogen hat: eines entlang der oberen Guinea-Küste, eines entlang der Küste Kameruns/ Gabuns, sowie ein drittes im östlichen Kongobecken (KADOMURA 1995).

Besonders für die Untersuchungsbefunde aus dem Mbaéré-Tal sind aber die Ergebnisse von COLYN et al. (1991) und MALEY (1995) von Interesse. Das Hauptaugenmerk der zugrundegelegten Dynamik, wonach Flora und Fauna während um etwa $4 \pm 2^\circ\text{C}$ kühlerer Phasen in einzelnen Rückzugsgebieten im Zentrum des Kongobeckens im Bereich größerer Galeriewaldsysteme überdauerten und sich nach einer so isolierten Progression der Arten in Zeiten neuerlicher Erwärmung von dort wieder ausdehnten, liegt hier auf den großen Talstrukturen. Im Gegensatz zu anderen Konzeptionen, die ein großes, in sich geschlossenes Waldareal zwischen dem Lualaba und dem westlichen Rift postulieren (MEGGER et al. 1973, HAMILTON 1976, 1982, LITTMANN 1987, 1988, LIEDTKE 1990), wird auf der Basis der Verbreitung von Primaten- und Pflanzenarten davon ausgegangen, dass der Kongo, der Oubangui und der Kasai als „fluviale Refugien“ (*fluvial refuge*) zu bewerten sind, entlang derer die Rückzugsgebiete des Waldes lagen (Abb. 63, S. 182).

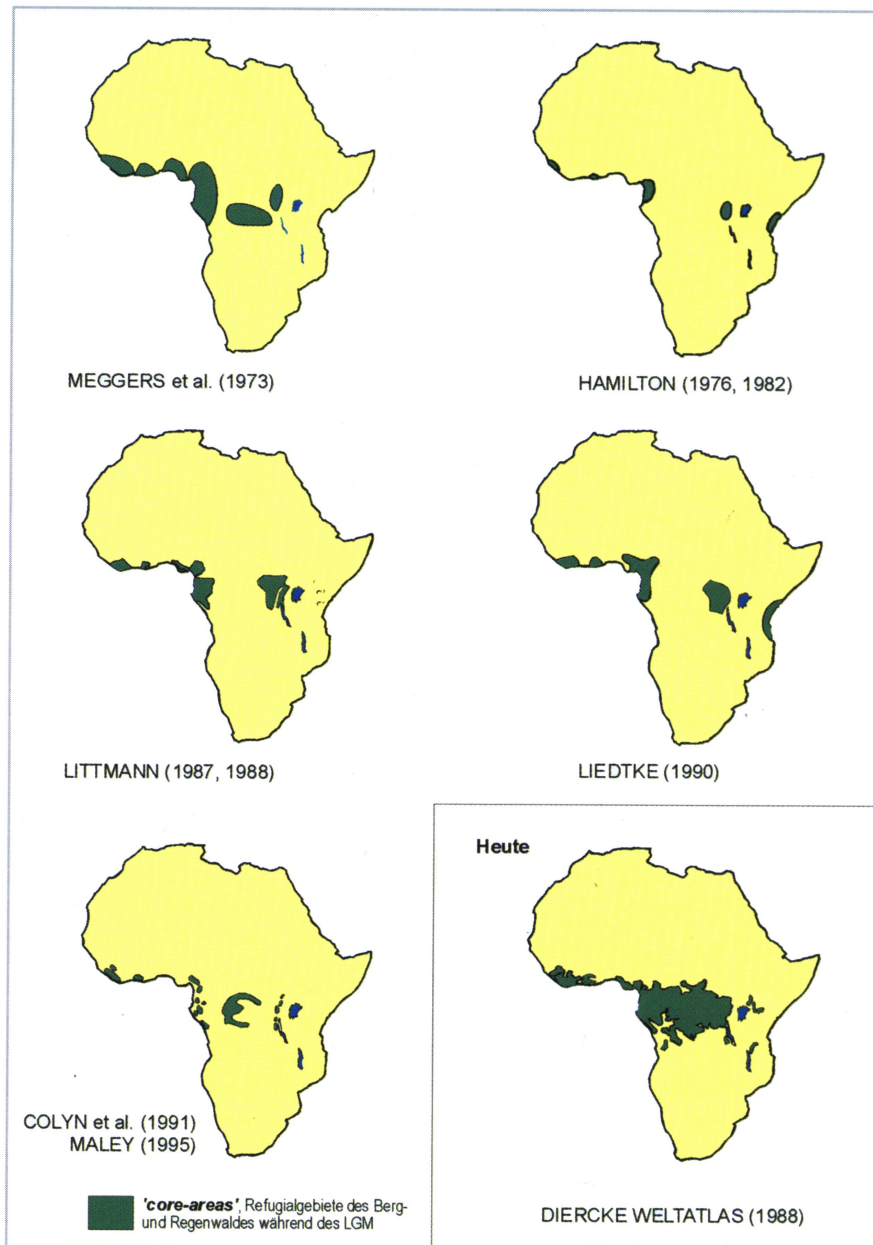


Abb. 63: Berg- und Tieflandsregenwald in Afrika während des LGM, Konzepte

Die Übersicht zu glazialzeitlichen core area-Konzepten und Refugien des Regenwaldes zeigt im Vergleich mit der heutigen Tropenwaldverbreitung nach Diercke Weltatlas (1988) die hypothetische Verbreitung nach verschiedenen Autoren (RUNGE 2001a:95).

Verbreitungsmuster scheinen, wie auch jüngere Untersuchungen zeigen, durch ökologische und historische Faktoren vorgegeben zu sein. Im Falle zentralafrikanischer Waldeinheiten werden die komplexen Flusssysteme auch heute noch als grundlegende, die Verbreitung der Taxa beeinflussende ökologische Zentren betrachtet (GRUBB 1990, HAPPOLD 1996, DELEPORTE & COLYN 1999).

Wenn auch die Refugial-Theorien nach wie vor kontrovers diskutiert werden (MORITZ et al 2000) und die Korrelierung verschiedener Spezies und ihrer Ausbreitung zur Erhärtung der

Befunde gefordert wird (QUÉROUIL et al. 2003), geben vereinzelte Studien Anlass zu der Annahme, dass es sich bei dem Regenwald-Block auf dem Plateau von Gadzi-Carnot um einen sehr speziellen Teilraum handelt. Dieser ist eindeutig mit dem Kongobecken und weniger mit den angrenzenden atlantischen Einzugsgebieten in Verbindung zu setzen (COLYN 2000). Ausgehend von den Erkenntnissen zur Landschaftsdynamik auf dem Sandsteinplateau im SW der RCA ist naheliegend, dass es sich bei der Talebene des Mbaéré demnach um den nördlichsten Ausläufer im Sinne dieser fluvialen Refugien handelt, der aufgrund der besonderen petrographischen und hydrologischen Situation das glazialzeitliche Überdauern des Tieflandsregenwaldes und der damit verbundenen Fauna in einem von Savannen gekennzeichneten Raum ermöglichte.

Die im Kontext des Globalen Wandels abschließend zu diskutierende zukünftige Entwicklung der naturräumlichen Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet betreffend, lassen sich mittels der Befunde auf der Basis von Niederschlags- und Abflussmessungen aus anderen Untersuchungen ebenfalls einige Hypothesen ableiten.

Nachdem für das Subactuel, welches die heutigen Verhältnisse am Äquator einschließt, grundsätzlich ein Rückgang der Niederschläge dem Kibangien gegenüber angenommen wird, ist die räumliche Ausprägung dieser Entwicklung seit Mitte der 70er Jahre Gegenstand des wissenschaftlichen Diskurses gewesen. Arbeiten aus der frühen Zeit unterscheiden hinsichtlich zweier klimatischer Tendenzen dabei den S des Kongo-Einzugsgebietes, wo demnach die größere Trockenheit zu verzeichnen ist, und den N, der aufgrund höherer Niederschläge die Ausdehnung der Wälder begünstigt (LANFRANCHI 1976, PEYROT 1978). Beobachtungen deuteten aber bereits Ende der 80er Jahre darauf hin, dass auch der N des Kongobeckens und der westafrikanische Äquatorialraum in der jüngeren Vergangenheit einen ausgeprägten Niederschlagsrückgang zu verzeichnen haben (NICHOLSEN et al. 1988, MAHÉ & OLIVRY 1991, BOULVERT 1996).

Eine jüngere Auswertung pluviometrischer Daten von 200 Messstationen im äquatorialen West- und Zentralafrika hat für den Zeitraum zwischen 1950 und 1989 inzwischen eine deutliche Tendenz zu trockeneren Gegebenheiten auch für den sub-sahelischen Raum bestätigt (SERVAT et al. 1997). Für die RCA fällt die ermittelte Klimazäsur (*période de rupture*) auf die Jahre 1968/1969, wobei das angegebene Niederschlagsdefizit mit 17 % vergleichsweise gering ist und unter dem des Durchschnitts der 15 untersuchten Länder (ca. 20 %) liegt. Deutlich wird diese Entwicklung darin, dass sich zwischen 1997 und 2002 die Trockenzeit, wie Beobachtungen in der Hauptstadt Bangui belegen, teilweise bis in den Juni (statt bis Ende März) hinein ausdehnte (KOKO & RUNGE 2004).

Abflussmessungen am Kongo und am Oubangui deuten darauf hin, dass sich die beobachteten Niederschlagsrückgänge nicht unmittelbar auf die Abflussverhältnisse auswirken. Während sich für den Oubangui bereits seit Mitte/ Ende der 60er Jahre ein Rückgang des Abflusses belegen lässt (RUNGE & NGUIMALET 2005), ist der Abfluss des Kongo erst seit 1971 rückläufig, wobei die Auswertungen einen zweiten Abflussrückgang zwischen 1980 und 2000 ergaben (LARAQUE et al. 2001). Insgesamt geben die Kongo-Befunde Grund zu der Annahme, dass die Trockenheit im N des Einzugsgebietes mittlerweile deutlicher spürbar ist als im S.

Obwohl die heutigen Niederschlags- und Abflussmessungen im zentralen Afrika also insgesamt einen deutlichen Trend hin zu einer weiteren Aridisierung andeuten, ist im Hinblick auf die Vegetationsverhältnisse im nördlichen Kongobecken eine Tendenz zur erneuten

Waldausbreitung festzustellen, wie eigene Geländebefunde im Rahmen der Untersuchung (Wiederbewaldung der Savannen, vgl. Kap. 2.3.2) sowie der multitemporale Vergleich von Fernerkundungsdaten für den wenig besiedelten N der D.R. Kongo zeigen (RUNGE & NEUMER 2000). Dieses Phänomen kann vor dem Hintergrund negativer Migrationsbewegungen und abnehmender anthropogener Eingriffe sowie der Erhöhung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre diskutiert werden. Kohlen(stoff)dioxid, als natürlicher Bestandteil der Luft eines der bekanntesten Treibhausgase, war in der jüngeren Erdgeschichte starken Schwankungen ausgesetzt. Während die Konzentration in den letzten 10.000 Jahren konstant bei 280 ppm lag, stieg der Anteil mit der Industrialisierung seit Beginn des 19. Jahrhunderts vor allem durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe auf 380 ppm. Damit ist der derzeitige CO₂-Gehalt in der Atmosphäre der höchste in den letzten 420.000, womöglich mehreren 10 Millionen Jahren (IPCC 2001). Der von ROBINSON (1994) erbrachte Nachweis, dass C4-Pflanzen (vor allem Gräser) ihre maximale Netto-Photosynthese bei einer CO₂-Konzentration von 180 ppm erreichen, sowie der experimentell erbrachte Nachweis von POLLEY et al. (1993) auf einen direkten Zusammenhang zwischen einer Zunahme der CO₂-Konzentration und einer zunehmenden Photosyntheserate bei C3-Pflanzen (vor allem Bäumen) spricht für eine tendenzielle Begünstigung der Baumarten unter dem vor allem anthropogen induzierten CO₂-„Dünger-Effekt“ ab einer Konzentration von 330 ppm (RUNGE 2001b). Unter Berücksichtigung der im Rahmen dieser Untersuchung diskutierten relativ geringen Besiedlungsdichte des Plateaus von Gadzi-Carnot und der lokal beschränkten forstwirtschaftlichen Aktivitäten ausländischer Konzessionäre ist damit unter dem Einfluss der skizzierten CO₂-Problematik eine Situation gegeben, die trotz des jüngeren Niederschlagsrückgangs die Existenz des Waldes favorisiert. Die unter Verwendung von Landsat TM-Fernerkundungsdaten der Jahre 1994/1995 im SW der RCA zu Feuerbeeinflussung der verschiedenen Vegetationseinheiten durchgeführte Untersuchung von BUCINI & LAMBIN (2002) verweist zwar auf einen deutlichen Einfluss der meist zu Jagdzwecken angelegten Buschfeuer an der Peripherie des Regenwaldes, zeigt aber, dass im unzugänglicheren Inneren dieser Waldeinheit Feuer ausgesprochen selten sind.

Vor dem Hintergrund des mittlerweile unbestrittenen, sich allmählich vollziehenden globalen Klimawandels ergeben sich aus der skizzierten klimahistorischen Entwicklung für das regionale Beispiel im SW der RCA je nach Veränderung bestimmter Einflussgrößen damit drei mögliche Entwicklungsrichtungen.

Nicht ganz unwahrscheinlich ist, dass dort, wo anthropogene Eingriffe weiterhin gering bleiben und Feuerdynamik keine große Rolle spielt, die naturräumlichen Ausgangsbedingungen der Erhaltung des Waldbestandes insgesamt tendenziell weiterhin förderlich sind. Für das Mbaéré-Tal bedeutet dies angesichts der traditionell sehr geringen Eingriffe seitens des wirtschaftenden Menschen, dass die Überflutungswälder hier auch in Zukunft das charakteristische Erscheinungsbild prägen dürften. Unter Berücksichtigung der erläuterten jüngsten Veränderungen wirtschaftlicher Aktivitäten auf dem Plateau (vgl. Kap. 2.4) und der seitens der Regierung angestrebten und von ONGs kontrollierten nachhaltigeren Nutzung der Waldressourcen (vgl. Kap. 4.1.3) ist theoretisch auch hier der Erhalt der Regenwaldvegetation möglich, hängt jedoch in der Praxis weiterhin in hohem Maße von der Effizienz entwicklungspolitischer Instrumente und Strategien ab, wie das Beispiel des 2 Jahre ruhenden ECOFAC-Projektes und die damit verbundenen intensiveren Aktivitäten des Forstunternehmens IFB zeigen.

Im Falle der Nichtumsetzung der ambitionierten Pläne nachhaltiger forstwirtschaftlicher Nutzung und einer weiteren unkontrollierten Exploitation des Tieflandsregenwaldes vor allem Richtung W ist allerdings mit einer weiteren Migration der Bevölkerung entlang der Exploitations-„Korridore“ zu rechnen, die einer sukzessiven Degradation des gesamten Waldblocks entlang der Siedlungsachsen Vorschub leistet. Nimmt der für die letzten knapp 40 Jahre konstatierte Niederschlagsrückgang nicht zeitgleich zu und bewirkt aufgrund eines deutlichen Abfluss-Rückgangs in Kombination mit ausbleibender saisonaler Überflutung keine Regression des Überflutungswaldes in den großen Tälern des Plateaus, ist ein Rückzug der Regenwald-Arten in die großen Talsysteme nicht wahrscheinlich. In letzter Konsequenz ist in diesem Fall mit einer Savannisierung des gesamten Plateaus zu rechnen, die nicht mehr in der Form umkehrbar erscheint, wie dies in der Vergangenheit der Fall war, weil das für den Raum angenommene Konzept eines fluvialen Refugiums nur unter der Voraussetzung trockenerer Standortgegebenheiten im Tal greift.

Sollte schließlich durch nachhaltige Nutzung der moderate Siedlungsdruck annähernd gleich bleiben, ist unter der Annahme einer weiteren Aridisierung denkbar, dass sich die Vegetationsveränderungen in der bereits mehrfach beschriebenen Weise vollziehen und der Tieflandsregenwald auf die Talbereiche zurückgedrängt wird, wo er gemäß der Refugial-Theorie nach COLYN et al. (1991) und MALEY (1995) eine weitere aride Phase als nördlichster Ausläufer überdauern könnte. Dies würde vielleicht auch dann der Fall sein, wenn sich bei gleichbleibenden klimatischen und atmosphärischen Gegebenheiten das von LÜTTGE (1997) befürchtete „*deterministic chaos*“ mit nicht-linearer Dynamik einstellte, nach dem der CO₂-„Dünge-Effekt“ der Waldvegetation ab einem gewissen Punkt seine Wirksamkeit verliert (RUNGE 2001b). Gänzlich unklar ist jedoch, ob und wie ähnlich oder unterschiedlich die Baumarten der verschiedenen Waldeinheiten auf diese Stresssituation reagieren würden.

Die dargelegten denkbaren landschaftlichen Veränderungen machen deutlich, dass in Zukunft dem Menschen als Einflussfaktor in dem sensitiven Saumbereich des Tieflandsregenwaldes auf dem Sandsteinplateau eine wichtige Rolle zukommt. Klimatische Veränderungen, welche die tropischen Waldökosysteme an Gunststandorten wie dem Mbaéré-Tal in der Vergangenheit mehr oder weniger schadlos überstanden haben, stellen für die Zukunft grundsätzlich eine weitaus geringere Gefahr für den Erhalt der Waldökosysteme dar als die anthropogenen Eingriffe, die neben einer selektiven Entnahme bestimmter Baumarten vor allem durch groß angelegte infrastrukturelle Erschließung einer Binnenmigration und weiteren Zerstörung der Waldvegetation Vorschub leistet.

6. Zusammenfassung

Nicht erst mit Einsetzen der Diskussion um den Globalen Wandel wird kontrovers über den Einfluss der pleistozänen Vereisungen auf das Globalklima und die Ausdehnung tropischer Regenwälder und anderer feuchttropischer bis wechselfeuchter Biome diskutiert. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung von Modellierungen vergangener und zukünftiger Vegetations- und Klimaveränderungen werden die Tieflandsregenwälder der niederen Breiten aufgrund ihrer Ausdehnung inzwischen als größte konvektive Zentren des Festlandes betrachtet und sind damit von wesentlicher Bedeutung im globalen Zirkulationsgeschehen. Bisher vorliegende Befunde, vor allem abgeleitet aus Untersuchungen von Pollen, Diatomeen, Phytoliten, Isotopen organischen Kohlenstoffs ($\delta^{13}\text{C}$) und mineralogischen Daten haben die Einblicke in die globalen Wirkungszusammenhänge und ihren Einfluss auf die Klima- und Vegetationsgeschichte des tropischen Afrika inzwischen zwar vertiefen können, weisen jedoch räumlich insbesondere für Zentralafrika noch erhebliche Lücken auf. Fluvial abgelagerte Sedimente, in den gemäßigten Breiten inzwischen als wertvolle Paläoumweltarchive anerkannt und eingehend untersucht, sind in den Tropen aufgrund ihrer Verteilung über den Raum für die Paläoumweltforschung von besonderem Interesse, aufgrund fehlender Konzeptionen und mangelnder Einsicht in die dortigen fluvialen Prozesse aber noch wenig erforscht.

Vorliegende Untersuchung zielt darauf ab, die bisherigen Erkenntnisse im Hinblick auf landschaftsgeschichtliche Veränderungen seit dem Letzten Glazialen Maximum (LGM) für den zentralafrikanischen Raum zu ergänzen. Im Hinblick auf die der Untersuchung zugrundeliegende Auswertung tropischer Talverfüllungen wird diskutiert, wie unter den rezenten Rahmenbedingungen in einem dynamischen fluvialen System potentielle Probenstandorte identifiziert werden können, welche Aussagen sie zu vergangenen und zukünftigen Entwicklungen zulassen und welche Interpretationshilfe hinsichtlich des Klimawandels die Kenntnis anderer Untersuchungen, Karten und Fernerkundungsdaten sowie das Wissen um die geoökologischen Zusammenhänge des Raums für die zu diskutierenden jungquartären Veränderungen im Landschaftsbild bieten. Da der sensitiven Grenze von Regenwald zu Savanne, wo bereits durch geringfügige Variabilität in der Niederschlagsleistung oder der Temperaturverhältnisse die Vegetation mittelfristig mit Ausdehnung oder Rückzug reagiert, eine besondere Bedeutung zukommt, liegt der regionale Schwerpunkt der Studie auf einem der nördlichen Ausläufer des Tieflandsregenwaldes des inneren Kongobeckens. Gegenstand der Untersuchung sind das Mbaéré-Tal im SW der Zentralafrikanischen Republik, eingetieft in die Sandsteine des Plateaus von Gadzi-Carnot, und der innerhalb des Tals ausgebildete Schwemmfächer des Sadika. Anhand geomorphologischer wie bodenphysikalischer/ bodenchemischer Untersuchungen wird unter Berücksichtigung von ^{14}C (AMS)-Datierungen und $\delta^{13}\text{C}$ -Werten der größere geoökologische Zusammenhang eines fest umrissenen Einzugsgebietes untersucht und werden die für die landschaftsgeschichtliche Rekonstruktion notwendigen Hypothesen abgeleitet.

Im Falle des Sadika-Schwemmfächers wird deutlich, dass die rezenten und subrezentem Abflussbedingungen sehr variabel sind. Dies ist auf die besonderen naturräumlichen Gegebenheiten, vor allem auf das starke Gefälle und die damit korrespondierenden hydrologischen Verhältnisse zurückzuführen. Aufgrund der Geländebeobachtungen und der ^{14}C (AMS)-Datierungen ist davon auszugehen, dass die rezenten Umlagerungsprozesse hier

intensiver als im Mbaéré-Tal selbst sind und eine Interpretation der Schwemmfächer-Sedimente im Sinne der landschaftsgeschichtlichen Fragestellung deshalb nicht zielführend ist.

Innerhalb der Mbaéré-Talebene existieren dagegen, wie die Geländebefunde und anschließende Probenauswertungen zeigen, Lokalitäten, die auf ihren landschaftsgeschichtlichen Informationsgehalt hin auswertbar sind. Angesichts der wiederholt auftretenden Wechsellagerung von Sanden und Tonen (vor allem in den flussabwärts existierenden Terrassen des Mbaéré) sind Einblicke in die landschaftsgeschichtliche wie auch in die siedlungs- und kulturhistorische Entwicklung dieses einzigartigen Naturraums möglich, für den im Rahmen der Untersuchung unter Berücksichtigung der regionalen naturräumlichen Spezifika ein landschaftsgeschichtliches Szenario entwickelt werden konnte.

Dieses Szenario, das die naturräumliche Entwicklung seit dem LGM nachzeichnet, macht für das Mbaéré-Tal, vor allem vor dem Hintergrund der durchweg waldanzeigenden $\delta^{13}\text{C}$ -Werte, deutlich, dass der Alluvialbereich wenigstens seit etwa 7.000 B.P. stets mit Wald bestanden gewesen ist. Eine wiederholte Kolonialisierung des Tals mit Primärwald unter zeitweise arideren Verhältnissen ist anzunehmen, so dass dieser Raum im Sinne eines „fluvialen Refugiums“ verstanden werden kann. In Anlehnung an Befunde aus dem inneren Kongo-Becken handelt es sich bei dem Mbaéré-Tal demzufolge um den nördlichsten Ausläufer einer galeriewaldartigen Regenwaldverbreitung während der klimatisch induzierten Waldregressionen des Holozän, deren Hauptvorkommen bislang vor allem entlang der Flüsse Kongo, Oubangui und Kasai vermutet wurde. Die hohe Speicherkapazität und der für die rezenten Verhältnisse dokumentierte zeitversetzte Abfluss aus dem Sandsteinkomplex unterstützen diese Hypothese ebenso wie die Beobachtung, dass der Überflutungswald insgesamt sensibel auf Veränderungen der Bodenwasserverhältnisse reagiert. So weicht er unter rezenten Bedingungen an trockeneren Standorten anderer Waldvegetation. Der heute im Tal verbreitete Überflutungswald wurde so auch im Falle entsprechender klimatischer Impulse bei einer geringeren Durchfeuchtung der Alluvialebene auf lokal begrenzte, feuchtere Standorte der unmittelbaren Uferbereiche zurückgedrängt, und die weitere Talebene war zeitweise durch Tieflandsregenwald bestanden. Für das weitere Untersuchungsgebiet, das Plateau von Gadzi-Carnot, wo die wasserdurchlässigen Verwitterungsprodukte des Sandsteins mit großer Mächtigkeit dem Anstehenden auflagern und kaum oberflächennahe Drainagebahnen ausgebildet sind, kann zudem davon ausgegangen werden, dass unter trockeneren Klimaverhältnissen auf den Plateauhöhen der Regenwald der Savanne weichen musste. Hinweise hierauf finden sich in zahlreichen Untersuchungen im Übergangsbereich von Regenwald zu Savanne, werden vor allem aber durch die auch vor Ort beobachtete hohe Sensitivität dieser Regenwaldeinheit deutlich.

Eine zeitliche Einordnung der ökologischen Gegebenheiten auf der Grundlage der Datierungsergebnisse, wie sie durch Abgleich mit den $\delta^{13}\text{C}$ -Werten in anderen Fällen aufgrund einer Verschiebung der Regenwald-Savannen-Grenze möglich ist, stößt im Fall des Mbaéré-Tals an gewisse Grenzen. Die Schwierigkeit besteht vor allem darin, dass sich die durchweg walddominierte Vegetationsverhältnisse anzeigenden $\delta^{13}\text{C}$ -Werte für den Talbereich des Mbaéré nicht einem bestimmten Waldbestand zuordnen lassen, Fluktuationen in der Vegetationszusammensetzung sich also nicht anhand der vorliegenden Datierungen nachvollziehen lassen. Ein Rückschluss auf die Phasen Regenwald dominierter Verhältnisse im Tal ist deshalb nicht möglich. Der direkte Abgleich der Ergebnisse mit Daten aus anderen landschaftsgeschichtlichen Untersuchungen ist hier demzufolge von besonderer Bedeutung.

Aufgrund eines annähernd äquatorparallelen Klimagradienten dieses Kontinentalraumes und der vergleichsweisen räumlichen Nähe zum Mbomou-Plateau im SE der RCA, wo ähnliche Untersuchungen an den Sedimenten des Mbari-Tales eine zeitliche Zuordnung der Befunde zu Phasen unterschiedlicher klimatischer Rahmenbedingungen zulassen, ist davon auszugehen, dass sich die Klimaentwicklung in beiden Regionen grundsätzlich ähnlich vollzogen hat. Die für das Mbomou-Plateau um 5.000 B.P. und ab 1.000 B.P. postulierten arideren klimatischen Rahmenbedingungen werden für die Vegetationsverhältnisse auf dem Plateau von Gadzi-Carnot aufgrund der besonderen Gunst des Mbaéré-Tals aber zeitlich leicht versetzte Konsequenzen gehabt haben. Im Zusammenhang mit der so wiederholt aufgetretenen Konkurrenzsituation zwischen den Arten des Überflutungswaldes und jenen des Regenwaldes sind die Verdrängung bestimmter Regenwald-Arten und die Unterschiede in der rezenten Zusammensetzung der Waldeinheiten zu erklären.

Für die Diskussion im Kontext des Globalen Wandels wurde im Rahmen der Untersuchung auf der Basis von jüngeren Arbeiten zum Niederschlags- und Abflussgeschehen im Kongo-Einzugsgebiet ein genereller Trend zu arideren Verhältnissen aufgezeigt, der seit Ende der 60er Jahre dokumentiert ist. Unter Berücksichtigung der naturräumlichen Ausgangsbedingungen und der erörterten rezenten Einflüsse konnten in Abhängigkeit von bestimmten Parametern (forstwirtschaftlicher Aktivität, Migrationsbewegungen, Feuereinfluss, zunehmender Aridisierung, Reaktion der Bäume auf CO₂-Konzentration in der Atmosphäre) schließlich verschiedene Hypothesen zu möglichen zukünftigen Entwicklungen dieses Naturraums formuliert werden, die deutlich machen, dass auf dem Sandsteinplateau für den Erhalt des nordwestlichen Regenwald-Ausläufers des inneren Kongo-Beckens weniger eine weitere Aridisierung als vielmehr die Intensivierung anthropogener Eingriffe ein grundsätzliches Problem darstellt.

7. Quellenverzeichnis

7.1 Verzeichnis der Literatur und Internet-Quellen

Literatur

- ABRANTES, F. (2003): A 340,000 year continental climate record from tropical Africa - news from opal phytoliths from the equatorial Atlantic.- *Earth and Planetary Science Letters*, 209 (1-2):165-179.
- ADAMS, J.M. & H. FAURE (1996): Changes in moisture balance between glacial and interglacial conditions, influence on carbon cycle processes.- *in*: BRANSON J., A.G. BROWN & K.J. GREGORY (Hrsg.): *Global Continental Changes: The Context of Palaeohydrology*, Geological Society Special Publication, 115, 27-42
- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*.- Schweizerbart, Stuttgart, 1-438.
- ALEXANDRE, A., J.-D. MEUNIER, A.-M. LÉZINE, A. VINCENS & D. SCHWARTZ (1997): Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the Holocene in intertropical Africa.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 136:213-229.
- ALEXANDER, J. & M.R. LEEDER (1990): Geomorphology and surface tilting in an active extensions basin, SW Montana, USA.- *Journal of the Geological Society of London*, 147:461-467.
- ALEXANDRE, J., K. ALONI & M. DE DAPPER (1994): Géomorphologie et variations climatiques au Quaternaire en Afrique Centrale.- *Géo-Eco-Trop*, 16:167-205.
- ALEXANDRE-PYRE, S. (1971): Le Plateau de Bianco (Katanga). *Géologie et Géomorphologie*.- Académie Royale des Sciences Outre-Mer, Classe des Sciences Naturelles et Médicales, N.S., 18, 3:1-151.
- ANHUF, D. (2000): Vegetational history and climate changes in Africa north and south of the equator (10°N – 10°S) during the Last Glacial Maximum (LGM).- *in*: SMOLKA, P., W. VOLKHEIMER (Hrsg.): *Southern Hemisphere Paleo- and Neoclimate*, Springer, Berlin, 225-248.
- ANHUF, D., M.P. LEDRU, H. BEHLING, F.W. DA CRUZ JR., R.C. CORDEIRO, T. VAN DER HAMMEN, I. KARMANN, J.A. MARENGO, P.E. DE OLIVEIRA, L. PESSENDA, A. SIFFEDINE, A.L. ALBUQUERQUE & P.L. DA SILVA DIAS (2006): Paleo-environmental change in Amazonian and African rain forest during the LGM.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 239:510-527.
- ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT (1998): *Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands*.- Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, 86, 1-180.
- ATLAS JEUNE AFRIQUE (1984): République Centrafricaine.- IGN, Paris, 1-64.
- AUBERT, G. (1965): La classification des sols. La classification pédologique française.- *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, 3:1-7.
- AUBRÉVILLE, A. (1962): Savanisation tropical et glaciations quaternaires.- *Adansonia*, N.F., 2:16-84.
- AUBRÉVILLE, A. (1949): Contribution à la paléohistoire des forêts de l'Afrique tropicale.- Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales, Paris, 1-98.

- BAKER, V.R. (1998): Palaeohydrology and the hydrological sciences.- *in*: BENITO, G, V.R. BAKER & K.J. GREGORY (Hrsg.): Palaeohydrology and Environmental Change, Wiley, Chichester, 1-12.
- BAKER, V. R. (1989): Magnitude and frequency of palaeofloods.- *in*: BEVEN, K. & P. CARLING (Hrsg.): Floods: Hydrological, Sedimentological and Geomorphological Implications, Wiley, Chichester, 171–184.
- BAKER, V.R. (1983): Large-scale fluvial palaeohydrology.- *in*: GREGORY, K.J. (Hrsg.): Background to Palaeohydrology, Wiley, Chichester, 453-478.
- BALEK, J. (1983): Hydrology and water resources in tropical regions.- *Development in Water Science*, 18, 1-271.
- BALLOUCHE, A. & K. NEUMANN (1995): A new contribution to the Holocene vegetation history of the west African Sahel – pollen from Oursi, Bakina-Faso, and charcoal from three sites in north eastern Nigeria.- *Vegetation History and Archaeobotany*, 4:31-39.
- BARKER, P.A., M.R. TALBOT, F.A. STREET-PERROTT, F. MARRET, J. SCOURSE, & E.O. ODADA (2004): Late Quaternary climate variability in intertropical Africa.- *in*: BATTARBEE, R.W., F. GASSE. & C. STICKLEY (Hrsg.): Past climate variability through Europe and Africa, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- BARKER, P.A., R.A. PERROT, F.A. STREET-PERROT & Y HUANG (1999): Evolution and the carbon cycle in Lake Kimilili Mt. Elgon, Kenya, since 14.000 cal yr B.P.: a multiproxy study.- *Palaeoecology of Africa*, 18:77-94.
- BARRIERE, P., V. NICOLAS, R.K. MARO & G. YANGOUNDJARA (2000): Écologie et Structuration des Peuplements de Micro-mammifères Musaraignes et Rongeurs.- *Rapport ECOFAC*, Libreville, Gabon.
- BASTIN, D. (1995): Forêt de Ngotto - Inventaire des zones 1 et 2. - CIRAD-Forêt.
- BELLION, Y (1989): Histoire géodynamique post-paléozoïque de l’Afrique de l’Ouest d’après l’étude de quelques bassins sédimentaires (Sénégal, Taoudeni, Lullemeden, Tchad).- *Thèse, Université de Avignon (France), Publ. Occasion. CIFEG*, 17:1-302.
- BENITO, G., V.R. BAKER & K.J. GREGORY (1998) (Hrsg.): Palaeohydrology and Environmental Change.- Wiley & Sons, Chichester, 1-353.
- BENKHELIL, J. (1986): Structure et évolution géodynamique du bassin intracontinental de la Bénoué (Nigéria).- *Thèse, Université de Nice*, 1-231.
- BENOIT-JANIN, P. (1960): Les sols formés sur les Grès de Carnot.- *Comptes Rendus de la Troisième Conférence Inter africaine des Sols, Dalaba*, 2.-11. Nov. 1959, I:459-462.
- BENOIT-JANIN, P. (1956): Le sols de la région de Bambio.- *Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Institut des Études Centrafricaines, Service Pédologique.- www.bondy.ird.fr/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_10-11/12045.pdf (28.07.2007)*
- BENOIT-JANIN, P. & P. KOEHLIN (1953): Étude pédo-botanique de la région des Grès de Carnot.- *ORSTOM, Institut d’Études Centrafricaines, Sèction de Pédologie*, 1- 64.
- BERGLUND, B.E. (Hrsg.) (1986): Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology.- Wiley & Sons, Chichester, 1-370.
- BERTHOUMIEUX, G. & F. DELANY (1957): Mission diamant dans l’ouest-Oubangui.- *Bull. Dir. Min. Géol., A.E.F., Brazzaville*, 8:77-85.
- BESSE, F. (1994): Mission agroforesterie.- *Raport ECOFAC*, Libreville, Gabon.
- BEUNING, K.R.M., M.R. TALBOT & K. KELTS (1997): A revised 30.000-year palaeoclimatic and palaeohydrologic history of Lake Albert, East Africa.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 136:259-279.

- BLUM, W.E. (1968): Sedimentogene und pedogene Entwicklungsmerkmale von Böden auf Karbonatgestein am Beispiel des südlichen Oberrheingrabens.- Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen, 1, 1-207.
- BONANNÉE (1994): Contribution à l'analyse des systèmes agraires dans la zone d'intervention du projet ECOFAC/ RCA. Diagnostic régional pour la mise en route du volet développement rural.- Montpellier, Mémoire Diplôme d'Agronomie Tropicale.
- BOOTH, A.H. (1958): The Niger, the Volta, and the Dahomey Gap as geographical barriers.- *Evolution*, 12:48-62.
- BOULTON, G.S. (1979): Processes of glacier erosion on different substrata.- *Journal of Glaciology*, 23:15-38
- BOULVERT, Y. (1996): Étude géomorphologique de la République Centrafricaine. Carte à 1:1.000.000 en deux feuilles ouest et est.- ORSTOM, notice explicative, 110,1-258.
- BOULVERT, Y. (1987): Carte oro-hydrographique de la République Centrafricaine à 1:1.000.000.- ORSTOM, notice explicative, 106, 1-103.
- BOULVERT, Y. (1986): Carte phytogéographique de la République Centrafricaine à 1:1.000.000.- ORSTOM, notice explicative, 104, 1-131.
- BOULVERT, Y. (1983): Carte pédologique de la République Centrafricaine à 1:1.000.000.- ORSTOM, notice explicative, 100, 1-126.
- BOULVERT, Y. (1980): Végétation forestière des savanes centrafricaines.- *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 191:21-45.
- BOUTTON, T.W. (1996): Stable carbon isotope ratios of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change.- *in*: BOUTTARAND, YAMASAKI & DEKKER (Hrsg.): *Mass spectrometry of soils*, New York, 47-82.
- BRADLEY, R.S. (1985): Quaternary palaeolimnology – methods of palaeoclimatic reconstruction.- Unwyn Hyman, Boston
- BREMMER, J.M. (1965): Total nitrogen.- *in*: Black, C.A. (Hrsg.), *Methods of Soil Analysis*, 2, *Agronomy*, 9:1149-1178.
- BREMMER, J.M. (1960): Determination of nitrogen in soils by the Kjeldahl method.- *J. Agric. Sci.*, 55:11-33.
- BRENAC, P. (1989): Analyse palynologique du Lac Barombi Mbo: histoire de la forêt tropicale humide et du climat dans le 30.000 dernières années.- *Symposium Association des Palynologues de Langue Française*, Orléans, Sept. 1989.
- BRIDGES; E.M. (1990): *World Geomorphology*.- Cambridge University Press, Cambridge.
- BROWNE, S.E. & J.D. FAIRHEAD (1983): Gravity study of the Central African rift system: a model of continental disruption, 1. The Ngaoundere and Abu Gabra rifts.- *Tectonophysics*, 94:187-203.
- BRUGIERE, D. & A. PENELON (1999): Proposition au gouvernement de la République Centrafricaine de classement du site de Mbaéré-Bodingué comme zone humide d'importance internationale au titre de la convention de Ramsar.- *Rapport ECOFAC*, Libreville, Gabon.
- BRUGIERE, D., D. SAKOM & A. GAUTIER-HION (1999): Structure de la communauté des primates simiens de la forêt de Ngotto. Importance des milieux marginaux dans le maintien de la biodiversité.- *Rapport ECOFAC*, Libreville, Gabon.
- BRUNE, A. (2005): Symbiotic associations between termites and prokaryotes.- *in*: DWORKIN, M. (Hrsg.): *The Prokaryotes: an Evolving Electronic Resource for the Microbiological Community*, Springer, New York.

- BRUNNACKER, K. (1970): Bemerkungen zur Feinstgliederung und zum Kalkgehalt des Lösses.- Eiszeitalter und Gegenwart, 8:107-115.
- BUCINI, G. & E.F. LAMBIN (2002): Fire impacts on vegetation in Central Africa: a remote-sensing-based statistical analysis.- Applied Geography, 22:27-48.
- BÜDEL, J. (1977): Klima-Geomorphologie.- Borntraeger, Stuttgart, 1-304.
- BÜDEL, J. (1957): Die „Doppelten Einebnungsflächen“ in den feuchten Tropen.- Z. Geomorph., N.F., 1:201-228.
- BURKE, K.C. (1976): The Chad Basin: an active intra-continental basin.- Tectonophysics, 36:197-206.
- BUSCH, P. (1986): Geomorphologie.- Grundriss Allgemeine Geographie, 3, 1-94.
- BUTZER, K.W., G.L. ISAAK, J.L. RICHARDSON & C. WASHBOURN-KAMOU (1972): Radiocarbon dating of East African lake-levels.- Science, 175:1069-1976.
- CAILLEUX, A. & J. TRICART (1958): Introduction à la géomorphologie climatique.- Cours de Géomorphologie, Paris V.
- CAILLEUX, A. & J. TRICART (1956): Le problème de la classification des factes geomorphologiques.- Annales de la Geographie, 349:162-186.
- CALLEDE, J., Y. BOULVERT & J.P. THIEBAUX (1998): Le Bassin de l'Oubangui.- Éditions ORSTOM, Collection Monographies Hydrologiques, Paris.
- CANT, D.J. & R.G. WALKER (1978): Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan River, Canada.- Sedimentology, 25:625-648.
- CARCASSON, R.H. (1964): A preliminary survey of the zoogeography of African butterflies.- East African Wildlife Journal, 2:122-157.
- CENSIER, C. (1991): Dynamique sédimentaire d'un système fluvial diamantifère mésozoïque: la Formation de Carnot (République Centrafricaine).- BRGM Éd., Orléans, Doc. BRGM, 205:1-568.
- CENSIER, C. & J. LANG (1999): Sedimentary processes in the Carnot formation (Central African Republic) related to the palaeogeographic framework of Central Africa.- Sedimentary Geology, 127:47-64.
- CENSIER, C., B. HENTY, H. HOREN & J. LANG (1995): Age dévono-carbonifère de la Formation Glaciaire de la Mambéré (République Centrafricaine): Arguments paléomagnétiques et géologiques.- Bull. Soc. Géol. Fr. 166(1):21-33.
- CHATELAIN, C. & D. BRUGIERE (1999): Proposition de classement du Parc National Mbaéré-Bodengué et de l'aire d'utilisation durable des écosystèmes de la Mbaéré dans la zone d'intervention de projet ECOFAC-RCA.- Rapport ECOFAC, Libreville, Gabon.
- CHOW, VEN TE (Hrsg.) (1964): Handbook of applied hydrology. A compendium of water resources technology.- McGraw-Hill, London, 1-1523.
- CLAUSSEN, M., V. BROVKIN, A. GANOPOLSKI, C. KUBATZKI & V. PETOUKHOV (2003): Climate change in Northern Africa: the past is not the future.- Climatic Change, 57:99-118.
- CLIMAP PROJECT MEMBERS (1981): Seasonal reconstruction of the earth's surface at the last glacial maximum.- Geological Society of America, Map and Chart Series 36.
- CLIMAP PROJECT MEMBERS (1976): The surface of the ice-age earth.- Science, 191:189-208.
- COHEN, A.S., M.R. TALBOT, S.M. AWRAMIK, D.L. DETTMAN & P. ABELL (1997): Lake-level and palaeoenvironmental history of Lake Tanganyika, Africa, as inferred from Late Holocene and modern stromatolites.- Geological Society of America Bulletin, 109:444-460.

- COHMAP PROJECT MEMBERS (1988): Climatic changes of the last 18.000 years: observations and model simulations.- *Science*, 241:1043-1052.
- COLEMAN, J.M. (1969): Brahmaputra River: Channel processes and sedimentation.- *Sedimentary Geology*, 3:129-239.
- COLYN, M. (1988): The distribution of guenon monkeys in the lowland rain forest of the Zaïre-Lualaba-Lomami river system.- *in*: GAUTIER-HION, A., F. BOURLIÈRE, J.P. GAUTIER & P.KINGDON (Hrsg.): *A Primate Radiation. Evolutionary Biology of the African Guenons*, Cambridge University Press, Cambridge, 104-124.
- COLYN, M. (1987): Les primates des forêts ombrophiles de la Cuvette du Zaïre: Interprétations zoogéographiques des modèles de distribution.- *Rev. Zool. Afr.*, 101:183-196.
- COLYN, M., A. GAUTIER-HION & W. VERHEYEN (1991): A re-appraisal of palaeoenvironmental history in Central Africa: evidence for a major fluvial refuge in the Zaïre basin.- *Journal of Biogeography*, 18:403-407.
- DE DAPPER, M. (1985): Quaternary aridity in the tropics as evidenced from geomorphological research using conventional panchromatic aerial photographs. Examples from peninsular Malaysia and Zaïre.- *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, 3:199-207.
- DE DAPPER, M. (1981): The microrelief of the sandcovered plateau near Kolwezi (Shaba/ Zaïre) II. The microrelief of the crest dilungu.- *Géo-Eco-Trop*, 5:1-12.
- DE GARINE, E. (1996): *Volet Anthropologie*.- Rapport ECOFAC, Libreville, Gabon.
- DEGENS, E.T. & R.E. HECKY (1974): Palaeoclimatic Reconstruction of Late Pleistocene and Holocen Based on Biogenic Sediments from the Black Sea and a Tropical African Lake.- *Colloques Internationaux de C.N.R.S.*, 219:13-24.
- DE HEINZELIN, J. (1952): Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur nord-oriental du Bassin du Congo.- *Publ. Inst. Nat. pour l'Étude Agron. du Congo belge (INEAC)*, Brüssel, 1-168.
- DELEPORTE, P. & M. COLYN (1999): Biogéographie et dynamique de la biodiversité: application de la PAE aux forêts planitiaires d'Afrique Centrale.- *Biosystema*, 17:37-43.
- DE MENOCA, P., ORTIZ, J., GUILDERSON, T., ADKINS, J., SARNTHEIM, M., BAKER, L. & YARUSINSKY, M. (2000): Abrupt onset and termination of the African Humid Period: rapid climate responses to gradual insolation forcing.- *Quaternary Science Reviews*, 19:347-361.
- DESANKER, P.V., P.G.H. FROST, C.O. JUSTICE & R.J. SCHOLLES (1996): The Miombo Network: Framework for a terrestrial transect study of land-use and land-cover change in the Miombo ecosystems of Central Africa: conclusion of the Miombo Network Workshop, 41, International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm.
- DETHIER, M. & A. GHIURGI (1999): *Étude "Chasse Villageoise"*.- Rapport ECOFAC, Libreville, Gabon.
- DIN 19683 (1973): *Bodenuntersuchungsverfahren im landwirtschaftlichen Wasserbau, Physikalische Laboruntersuchungen, Teil 1*, Beuth, Berlin.
- DIN 19683 (1973): *Bodenuntersuchungsverfahren im landwirtschaftlichen Wasserbau, Physikalische Laboruntersuchungen, Teil 2*, Beuth, Berlin.
- DIN 19684 (1977): *Bodenuntersuchungsverfahren im landwirtschaftlichen Wasserbau, Chemische Laboruntersuchungen*, Beuth, Berlin.
- D'ORGEVAL, T., J. POLCHER & L. LI (2006): Uncertainties in modelling future hydrological change over West Africa.- *Climate Dynamics*, 26:93-108.

- DUCHAUFOR, P. (1977): Pédologie. Tomé 1: Pédogenèse et classification.- Masson, Paris, 1-477.
- DURRIEU DE MADRON, X.L. (2003): Suivi de la régénération de la forêt en RCA.- Canopée, 23:21-22.
- DURRIEU DE MADRON, X.L. (1999): Suivi de l'application d'un plan d'aménagement en Centrafrique.- Rapport ECOFAC, Libreville, Gabon.
- DURY, G.H. (1964a): Principles of underfit streams.- US Geological Survey Professional Paper 452A.
- DURY, G.H. (1964b): Subsurface exploration and chronology of underfit streams.- US Geological Survey Professional Paper 452B.
- DURY, G.H. (1965): Theoretical implications of underfit streams.- US Geological Survey Professional Paper 452C.
- DUHEM, C. (1993): Enquêtes socio-économique en Forêt de Ngotto.- Rapport ECOFAC, Libreville, Gabon.
- ECOFAC (2001): Rapport d'activités, Janvier – Juin 2001.- Rapport ECOFAC, Libreville, Gabon.
- E DIN ISO 10694 (1994): Bodenbeschaffenheit – Bodenbestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse), Beuth, Berlin.
- EGGERT, M.K.H. (2002): Southern Cameroon and the settlement of the equatorial rain forest: early ceramics from fieldwork in 1997 and 1998/99.- Africa Praehistorica, 14:507-522.
- EGGERT, M.K.H. (1987): Imbonga and Batalimo: ceramic evidence for early settlement of the equatorial rainforest.- The African Archaeological Review, 5:129-145.
- ELENGA, H., D. SCHWARTZ, A. VINCENS, J. BERTAUX, C. DE NAMUR, L. MARTIN, D. WIRRMANN & M. SERVANT (1996): Diagramme pollinique holocène du lac Kitina (Congo): mise en évidence de changements paléobotaniques et paléoclimatiques dans le massif forestier du Mayombe.- C.R. Acad. Sci., Ser. IIa, 323:403-410.
- FAIRHEAD, J.D. & R.M. BINKS (1991): Differential opening of the Central and South Atlantic Oceans and the opening of the Central African Rift System.- Tectonophysics, 187:191-203.
- FAIVRE, P., F. ANDREUX & G. ANNIBAL BURGOS (1975): Podzoles y suelos podsolicos de la région de sabana de Torres (Santander).- Suelos ecuatoriales, VII(1-2):41-58.
- FAVIER, C., J. CHAVE, A. FABING, D. SCHWARTZ & M.A. DUBOIS (2004): Modelling forest-savanna mosaic dynamics in man-influenced environments: effects of fire, climate and soil heterogeneity.- Ecological Modelling, 171:85-102.
- FLEXOR, J.M., J.J. DE OLIVEIRA, J.L. RAPAIRE & G. SIEFFERMANN (1975): La dégradation des illites en montmorillonite dans l'altération de podzols tropicaux humo-ferrugineux du reconcavo bahianais et du Pará.- Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., XIII:41-48.
- FLOHN, H. (1950): Neue Anschauungen über die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre und ihre klimatische Bedeutung.- Erdkunde, 4:141-162, 256.
- FÖLSTER, H. (1983): Bodenkunde – Westafrika (4°-8°N, 3°15'-9°30'E).- Afrika-Kartenwerk, Beiheft W4, Stuttgart.
- FOLEY, J.A., I.C. PRENTICE, N. RAMANKUTTY, S. LEVIS, D. POLLARD, S. SITCH & A. HAXELTINE (1996): An integrated biosphere model of land surface processes, terrestrial carbon balance, and vegetation dynamics.- Global Biogeochemical Cycles, 10:603-628.

- FRENZEL, B., J. VANDERBERGHE, C. KASSE & S. BOHNCKE (Hrsg.)(1995): European river activity as a function of climate changes during the Late Glacial and Early Holocene.- *Paläoklimaforschung*, 14, 1-226.
- FRIEND, A.D, A.K. STEVENS, R.G. KNOX & M.G.R. CANNELL (1997): A process-based, terrestrial biosphere model of ecosystem dynamics (Hybrid v3.0).- *Ecological Modelling*, 95:249-287.
- GASSE, F. & C. DESCOUTIEUX (1979): Diatomees et évolution de trois milieux Ethiopiens d'altitude différente au cours de Quaternaire supérieur.- *Palaeoecology of Africa*, 11:117-134.
- GAUTIER-HION, A., M. COLYN & J.-P. GAUTIER (1999): Histoire naturelle des primates d'Afrique Centrale.– Rapport ECOFAC, Libreville, Gabon.
- GASSE, F. (2005): Continental palaeohydrology and palaeoclimate during the Holocene.- *Comptes Rendus Geoscience*, 337:79-86.
- GASSE, F. (2002): Diatom-inferred salinity and carbonated oxygen isotopes in Holocene waterbodies of the western Sahara and Sahel (Africa).- *Quaternary Science Reviews*, 21:737-767.
- GASSE, F. (2000): Hydrological changes in the African tropics since the Last Glacial Maximum.- *Quaternary Science Reviews*, 19:189-211.
- GASSE, F. & C. DESCOUTIEUX (1979): Diatomees et évolution de trois milieux Ethiopiens d'altitude différente, au cours du Quaternaire supérieur.- *Palaeoecology of Africa*, 11:117-134.
- GENIK, G.J. (1992): Regional framework, structural and petroleum aspects of rift basins in Niger, Chad and the Central African Republic (C.A.R.).- *Tectonophysics*, 213:169-185.
- GEYH, M. (2005): *Handbuch der physikalischen und chemischen Altersbestimmung*.- Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1-224.
- GHIENNER, J.F., M. SCHUSTER, A. BERNARD, P. DURINGER & M. BRUNET (2002): The Holocene giant Lake Chad revealed by digital elevation models.- *Quaternary International*, 87:81-85.
- GILLESPIE, R., F.A. STREET-PERROT & R. SWITSUR (1983): Postglacial arid episodes in Ethiopia have implications for climate prediction.- *Nature*, 306:680-682.
- GIRESE, P. & R. LANFRANCHI (1984): Les climats et les océans de la région congolaise pendant l'Holocène - bilans selon des échelles et les méthodes de l'observation.- *Palaeoecology of Africa*, 16:77-88
- GIRESE, P., J. MALEY & P. BRENAC (1994): Late Quaternary palaeoenvironments in the Lake Barombi Mbo (West Cameroon) deduced from pollen and carbon isotopes of organic matter.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 107:65-78.
- GIRESE, P., G. BONGO-PASSI, G. DELIBRIAS & J.C. DU PLESSY (1982): La lithostratigraphie des sédiments hémiplagiques du delta profond du fleuve Congo et ses indications sur les paléoclimats de la fin du Quaternaire.- *Bulletin Société Géologique Française, Série 24*:803-815.
- GONZALEZ, P. (2001): Desertification and a shift of forest species in the West African Sahel.- *Climate Research*, 17:217-228.
- GORDON, W.S. & J.S. FAMIGLIETTI (2004): Response of the water balance to climatic change in the United States over the 20th and 21st centuries: results from the VEMAP phase 2 model comparisons.- *Global Biogeochemical Cycles*, 18, doi:10.1025/800.GB/00205e.
- GOUDIE, A. (1995): *Physische Geographie – eine Einführung*.- Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1-402.

- GREGORY, K.J. (Hrsg.) (1983): Background to Palaeohydrology.- Wiley, Chichester, 1-392.
- GREGORY, K.J. & G. BENITO (Hrsg.) (2003): Palaeohydrology – Understanding Global Change.- Wiley & Sons, Chichester, 1-396.
- GREGORY, K.J., L. STARKEL & V.R. BAKER (1995)(Hrsg.): Global Continental Palaeohydrology.- Wiley, Chichester, 1-334.
- GRUBB, P. (1990): Primate geography in the Afro-Tropical forest biome.- in: PETERS, G. & R. HUTTERER (Hrsg.): Vertebrates in the Tropics, Museum Alexander Koenig, Bonn, 187-214.
- GUPTA, A. (1984): Urban hydrology and sedimentation in the humid tropics.- in: COSTA, J.E. & P.J. FLEISCHER (Hrsg.): Developments and Applications of Geomorphology, Springer, Berlin.
- HABERYAN, K.A. & R.E. HECKEY (1987): The Late Pleistocene and Holocene stratigraphy and palaeolimnology of lakes Kivu and Tanganyika.- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 61:169-197.
- HÄDRICH, F. (1970): Zur Anwendbarkeit einiger bodenkundlicher Untersuchungsmethoden in der paläopedologischen und quartärgeologischen Forschung unter besonderer Berücksichtigung der Untersuchung von Proben aus Lössaufschlüssen.- Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 60:103-137.
- HALFMAN, J. & T. JOHNSON (1988): High-resolution record of cyclic change during the past 4.000 years at Lake Turkana, Kenya.- Geology, 16:496-500.
- HALL, A.M., M.F. THOMAS & M.B. THORP (1985): Late Quaternary alluvial placer development in the humid tropics: the case of the Birim Diamond Placer, Ghana.- J. Geol. Soc. London, 142:777-787.
- HAMILTON, A.C. (1992): History of forests and climates.- in: SAYER, J.A., C.S. HARCOURT & N.M. COLLINS (Hrsg.): The Conservation Atlas of Tropical Africa, IUCN, Gland/Simon & Schuster, New York, 17-25.
- HAMILTON, A.C. (1988): Guenon evolution and forest history.- in: GAUTIER-HION, A, F. BOURLIÈRE, J.P. GAUTIER & J. KINGDON (Hrsg.): A Primate Radiation: Evolutionary Biology of the African Guenons, Cambridge University Press, Cambridge, 13-34.
- HAMILTON, A.C. (1982) Environmental history of East Africa - A study of the Quaternary.- Academic Press, New York, London, 1-328.
- HAMILTON, A.C. (1976): The significance of patterns of distribution shown by forest plants and animals in tropical Africa for the reconstruction of Upper Pleistocene palaeoenvironments: a review.- Palaeoecology of Africa, 9:63-97.
- HAMILTON, A.C. & D. TAYLOR (1991): History of climate and forest in tropical Africa during the last 8 million years.- Climatic Change, 19:65-78.
- HAPPOLD, D.C.D. (1996): Mammals of the Guinea-Congo rain forest.- Proc. R. Soc. Edinburgh, 104B, 243-284.
- HARDIN, R. & M. REMIS (1997): Research and Rural Development Work Sessions.- Proceedings from meetings in Bayanga, RCA, July 31-August 2 1997. Report to World Wide Fund for Nature - U.S. and Central Africa Regional Program for the Environment (USAID).
- HARDCASTLE, P.D. et al. (1998): Silvicultural options for the rainforest zone of Cameroon. Report prepared for the Government of Cameroon under Assignment from the British Department for Industrial Development.- DFID, London.
- HART, T.B., J.A. HART, R.DESCHAMP, M. FOURNIER & M. ATAHOLS (1996): Changes in forest composition over the last 4000 years in the Ituri basin, Zaïre.- in: VAN DER MAESEN,

- L.J.G., X.M. VAN DER BURGT & J.M. VAN MEDENBACK DE ROOY (Hrsg.): The Biodiversity of African Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- HECKY, R.E. (1978): The Kivu-Tanganyika basin: the last 40.000 years.- *Polske Archiwum Hydrobiologii*, 25:1/2:159-165.
- HÉLY, C., L. BREMOND, S. ALLEAUME, B. SMITH, M. SYKES & J. GUIOT (2006): Sensitivity of African biomes to changes in the precipitation regime.- *Global Ecology and Biogeography*, 15:258-270.
- HEWLETT, B.S. (unv.): Projet ECOFAC - Composante RCA: Ngotto Reserve, Foragers and rural development.-
www.vancouver.wsu.edu/fac/hewlett/akacons.html (28.07.2007)
- HOLMES, J.A., A. STREET-PERROT, A. PERROT, S. STOKES, M.P. WALLER, Y. HUANG, G. EGLINGTON & M. IVANOVICH (1999): Holocene landscape evolution in the Manga Grasslands, NE Nigeria: evidence from palaeolimnology and dune chronology.- *Journal of the Geological Society (London)*, 156:357-368.
- HOLVOETH, J., KOLONIC, S. & WAGNER, T. (2005): Soil organic matter as an important contributor to late Quaternary sediments of the tropical West African continental margin.- *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69:2031-2041.
- HOUBEN, P. (2002): Die räumlich-zeitlich veränderte Reaktion des fluvialen Systems auf jungquartäre Klimaänderungen. Eine Fallstudie aus der Hessischen Senke.- Dissertation, FB Geowissenschaften/Geographie, J. W. Goethe-Universität Frankfurt am Main, 1-189.
- HUGHES, T. (1983): On the desintegration of ice shelves: the role of fracture.- *Journal of Glaciology*, 29:98-117.
- IPCC (2001): The third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).- Cambridge University Press, Cambridge, UK & New York, USA.
- JOHNSON, T.C., C.A. SCHOLZ, M.R. TALBOT, K.KELTS, R.D. RICKETTS, R.D. NGOBI, K. BEUNING, I. SSEMANDA & J.W. MCGILL (1996): Late Pleistocene dessication of Lake Victoria and rapid evolution of Cichlid fishes.- *Science*, 273:1091-1093.
- KADOMURA, H. (1995): Palaeoecological and Palaeohydrological Changes in the Humid Tropics during the last 20.000 Years, with Reference to Equatorial Africa.- in: GREGORY, K.J. et al. (Hrsg.): *Global Continental Palaeohydrology*, Wiley & Sons, 177-202.
- KADOMURA, H., N. HORI, M. KUETE, T. TAMURA, G. OMI, M. HARUKI & H. CHUJO (1986): Late Quaternary environmental changes in Southern Cameroon: a synthesis. in: KADOMURA, H. (Hrsg.): *Geomorphology and environmental changes in tropical Africa: Case studies in Cameroon and Kenya*, Hokkaido University, Sapporo, 145-158.
- KAPLAN, J.O., N.H. BIGELOW, I.C. PRENTICE, S.P. HARRISON, P.J. BARTLEIN, T.R. CHRISTENSEN, W. CRAMER, N.V. MATVEYEVA, A.D. MCGUIRE, D.F. MURRAY, V.Y. RAZZHIVIN, B. SMITH, D.A. WALKER, P.M. ANDERSON, A.A. ANDREEY, L.B. BRUBAKER, M.E. EDWARDS & A.V. LOZHKIN (2003): Climate change and Arctic ecosystems: 2. Modelling, palaeodata-model comparison, and future projections.- *Journal of Geophysical Research*, 108:8171.
- KENDALL, R.L. (1969): An ecological history of the Lake Victoria basin.- *Ecological Monographs*, 39:121-176.
- KINGDON, J.S. (1980): The role of visual signals and face patterns in African forest monkeys (guenons) of the genus *Cercopithecus*.- *Trans. Zool. Soc. London*, London, 35:425-475.

- KITTEL, T.G.F., W.L. STEFFEN & F.S. CHAPIN (2000): Global and regional modelling of Arctic-boreal vegetation distribution and its sensitivity to altered forcing.- *Global Change Biology*, 6:1-18.
- KLINGE, H. (1968): Report on tropical podzols.- FAO, Rom, IV, 1-88.
- KLINGE, H. (1969): Climatic conditions in lowland tropical podzol areas.- *Tropical Ecology*, 10(2):222-239.
- KNOX, J.C. (1995): Fluvial systems since 20.000 years B.P.- *in*: GREGORY, K.J., L. STARKEL & V.R. BAKER (Hrsg.): *Global Continental Palaeohydrology*, Wiley, Chichester, 87-108.
- KÖPPEN, W. (1931): *Grundriss der Klimakunde*.- Berlin, Leipzig, 1-388.
- KOKO, M. & J. RUNGE (2004): La dégradation du milieu naturel en République Centrafricaine.- *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F., 133:19-47.
- KUETE, M. (1986): Palaeoforms and superficial deposits: evolution of footslopes and river valleys in the West-Central part of the Cameroon Plateau.- *in*: Kadomura, H. (Hrsg.): *Geomorphology and environmental changes in tropical Africa: Case studies in Cameroon and Kenya*, Hokkaido University, Sapporo, 11-27.
- KUNTZE, H., G. ROESCHMANN & G. SCHWERDTFEGER (1994): *Bodenkunde*.- Ulmer, Stuttgart, 1-424.
- KUTZBACH, J., R. GALLIMORE, S. HARRISON, P. BEHLING, R. SEIN & F. Laarif (1998): Climate and biome simulations for the past 21.000 years.- *Quaternary Science Reviews*, 17:473-506.
- LAMB, A.L., M. LENG, H.F. LAMB & M. ULMER (2000): A 9000-year oxygen and carbon isotope record of hydrological change in a small Ethiopian crater lake.- *Holocene*, 10:167-177.
- LANE, E.W. (1955): The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering.- *Proceedings American Society of Civil Engineers*, 81:1-17.
- LANFRANCHI, R. (1976): Rapport des missions d'études et de recherches préhistoriques pour l'année 1975-1976.- *Laboratoire d'Anthropologie, diffusion restreinte*, Université Brazzaville, 1-28.
- LANFRANCHI, R., J. NDANGA & H. ZANA (1998): Nouvelles datations ¹⁴C de la métallurgie du fer dans la forêt dense centrafricaine.- *Yale Bulletin*, 102:46-55.
- LANGBEIN, W.B. & S.A. SCHUMM (1958): Yield of sediment in relation to mean annual precipitation.- *Transactions, American Geophysical Union*, 39:1076-1084
- LARAQUE, A., G. MAHÉ, D. ORANGE & B. MARIEU (2001): Spatiotermal variations in hydrologic regimes within Central Africa during the XXth century.- *Journal of Hydrology*, 245:104-117.
- LARCHER, W. (1980): *Ökologie der Pflanzen auf physiologischer Grundlage*.- Ulmer, Stuttgart, 1-403.
- LATRUBESSE, E.M. & E. FRANZINELLI (2002): The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil.- *Geomorphology*, 44:241-257.
- LIABASTRE, T. & J.M. BORIE (unv.): Aménagement forestier en Centrafrique – juin 2005.- www.cbfp.org/documents/rca/statgraph.pdf (28.07.2007)
- LEEDER, M.R. (1993): Tectonic controls upon drainage basin development, river channel migration and alluvial architecture: implications for hydrocarbon reservoir development and characterization.- *in*: NORTH, C.P. & D.J. PROSSER (Hrsg.): *Characterization of Fluvial and Aeolian Reservoirs*, Geological Society of London, Special Publication, 7-22.

- LEEDER, M.R. & J.A. JACKSON (1993): The interaction between normal faulting and drainage in active extensional basins, with examples from the western United States and central Greece.- *Basin Research*, 5:79-102
- LEJOLY (1995): Utilisation de la méthode des transects en vue de l'étude de la biodiversité dans la zone de conservation de la forêt de Ngotto, République Centrafricaine.- *Rapport ECOFAC*, Libreville, Gabon.
- LEOPOLD, L.B. & MILLER, J.P. (1954): Postglacial Chronology for Alluvial Valleys in Wyoming.- *US Geological Survey Water Supply Paper* 1261:61-85.
- LEROUX, M. (1983): Le climat de l'Afrique tropicale.- *Chamion-Zlatkine*, Paris, 1-633.
- LETOUZEY, R. (1985): Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1:500.000. IRA Yaoundé et Inst. Cart. Intern. Végétation, Toulouse.
- LETOUZEY, R. (1968): Étude phytogéographique du Cameroun.- *Lechevalier*, Paris.
- LEWIN, J. (1989): Floods in fluvial geomorphology.- *in*: BEVEN, K. & P. CARLING (Hrsg.): *Floods: Hydrological, Sedimentological and Geomorphological Implications*, Wiley, Chichester, 265-284.
- LEZINE, A.M. (1987): Paléoenvironnements végétaux d'Afrique occidentale nordtropicale depuis 12.000 B.P. Analyse pollinique de séries sédimentaires continentales (Sénégal-Mauritanie).- *Géodynamique*, 2:137-138.
- LÉZINE, A.-M. & CAZET, J.P. (2005): High-resolution pollen record from core KW31, Gulf of Guinea, documents the history of the lowland forests of West Equatorial Africa since 40,000 yrs ago.- *Quaternary Research*, 64:432-443.
- LÉZINE, A.M., J. CASANOVA & C. HILLAIRE-MARCEL (1990): Across an early Holocene humid phase in western Sahara, pollen and isotope stratigraphy.- *Geology*, 18:264-267.
- LÉZINE, A.M. & J. CASANOVA (1989): Pollen and hydrological evidence for interpretation of past climates in tropical Africa during the Holocene.- *Quaternary Science Reviews*, 8:45-55
- LEZINE, A.M., S. BIEDA, H. FAURE & J.L. SAOS (1985): Étude palynologique et sédimentologique d'un milieu margino-littoral: la tourbière de Thiaye (Sénégal).- *Sciences Géologiques Bulletin*, 38:79-89.
- LIEDTKE, H. (Hrsg.)(1990): *Eiszeitforschung*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 1-354.
- LITTMANN, T. (1988): Jungquartäre Ökosystemveränderungen und Klimaschwankungen in den Trockengebieten Amerikas und Afrikas.- *Bochumer Geographische Arbeiten*, 49:1-210.
- LITTMANN, T. (1987): Klimaänderungen in Afrika während der Würm-Eiszeit.- *Geoökodynamik* 8:245-257.
- LOPEZ-GOMEZ, J. & A. ARCHE (1993): Architecture of the Canizar fluvial sheet sandstones, Early Triassic, Iberian Ranges, eastern Spain.- *Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol.*, 17:363-381.
- LÜTTGE, U. (1997): Nichtlineare Dynamik beim Wandel von Klima und Biodiversität. Zentrum für Umweltforschung (ZUFO) der Universität Münster, *Vorträge und Studien*, 7:59-81.
- MACKLIN, M.G. (1999): Holocene river environments in prehistoric Britain: human interaction and impact.- *Journal of Quaternary Science*, 14:521-530.
- MAHANEY, W. & K. SANMUGADAS (1990): Extractable Al and Fe in early to middle Quaternary Palaeosols in Gorges Valley, Mount Kenya, East Africa.- *Catena*, 17:563-572.
- MAHÉ, G. & J.G. OLIVRY (1991): Changements climatiques et variations des écoulements en Afrique occidentale et centrale du mensuel à l'interannuel.- *in*: *Hydrology for the Water*

- Management of Large River Basins, Proc. Vienne Symposium, August 1991, IAHS Publ., 163-172.
- MAITIMA, J. (1991): Vegetation response to climate change in the Central Rift Valley, Kenya.- *Quaternary Research*, 35:234-245.
- MALEY, J. (2002): A Catastrophic Destruction of African Forests about 2,500 Years Ago Still Exerts a Major Influence on Present Vegetation Formations.- *IDS Bulletin*, 33/I:13-30.
- MALEY, J. (1997): Middle to Late Holocene Changes in Tropical Africa and other Continents: Paleomonsoon and Sea Surface Temperature Variations.- *NATO ASI Series*, 49, Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse, 611-639.
- MALEY, J. (1996): The African rain forest – main characteristics of changes in vegetation and climate from the Upper Cretaceous to the Quaternary.- *in*: ALEXANDER, I.J., et al. (Hrsg.): *Essays on the Ecology of the Guinea-Congo Rain Forest*, Proc. R. Soc. Edinb., B, 104:31-73.
- MALEY, J. (1995): Les fluctuations majeures de la forêt dense humide Africaine au cours des vingt dernières millénaires.- *in*: HLADIK, C.M. (Hrsg.): *L'alimentation en Forêt Tropicale: Interactions Bioculturelles et Applications au Développement*, UNESCO Parthenon, Paris, 1-14.
- MALEY, J. (1991): The African rain forest vegetation and palaeoenvironments during late Quaternary.- *Climatic Change*, 19:79-98.
- MALEY, J. (1990): Conclusions de la quatrième partie: synthèse sur le domaine forestier africain au quaternaire récent.- *in*: LANFRANCHI, R., & D. SCHWARTZ (Hrsg.): *Paysages Quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique*, Éditions de l'ORSTOM, Paris, 383-389.
- MALEY, J. (1987): Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent: Nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques.- *Palaeoecology of Africa*, 18:307-334.
- MALEY, J. (1989): Late Quaternary climatic changes in the African rain forest: Forest refugia and the major role of sea surface temperature variations.- *in*: LEINEN, M. & M. SARNTHEIM (Hrsg.): *Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport*, Kluwer Academic Press, Dordrecht, 585-616.
- MALEY, J. & P. BRENAC (1998): Vegetation dynamics, palaeoenvironments and climatic changes in the forests of western Cameroon during the last 28.000 years B.P.- *Review of Palaeobotany and Palynology*, 99:157-187.
- MALEY, J. & H. ELENGA (1993): The role of clouds in the evolution of tropical African environments.- *Veille Climatique Satellitaire*, 46:51-63.
- MANGELSDORF, J. & K. SCHEURMANN (1980): *Flussmorphologie. Ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure*.- Oldenbourg, München, 1-262.
- MARCHANT, R. & H. HOOGHIEMSTRA (2004): Rapid environmental change in African and South American tropics around 4.000 years before present: a review.- *Earth-Science Reviews*, 66:217-260.
- MARIOTTI, A. (1991): Le carbone 13 en abondance naturelle, tracer de la dynamique de la matière organique des sols et de l'évolution des paléoenvironnements continentaux.- *Cahiers ORSTOM, Série Pédologique*, 26:299-313.
- MARRET, F., MALEY, J. & SCOURSE, J. (2006): Climatic instability in west equatorial Africa during the Mid- and Late Holocene.- *Quaternary International*, 150:71-81.

- MARRET, F., J. SCOURSE, J.H.F. JANSEN & R. SCHNEIDER (1999): Changements climatiques et paléocéanographiques en Afrique centrale atlantique au cours de la dernière déglaciation: contribution palynologique.- C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des Planètes, 329:721-726.
- MARRET, F., J.D. SCOURSE, G. VERSTEEGH, F.J.H. JANSEN, & R. SCHNEIDER (1998): Integrated marine and terrestrial evidence for abrupt Congo River palaeodischarge fluctuations during the last deglaciation.- Quaternary Research, 50:34-45.
- MEGGERS, B.J., E.S. AYENSU & W.D. DUCKWORTH (1973): Tropical Forest Ecosystems in Africa and South America: a comparative review.- Smithsonian Institute, Washington.
- MEHRA, O.P. & M.L. JACKSON (1960): Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate.- Clays and Clay Minerals Proc., 7:317-377.
- MEIWES, K.-J., N. KÖNIG, P.K. KHANNA, J. PRENZEL & B. ULRICH (1984): Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralboden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden.- Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/ Waldsterben, 7:67.
- MERCADER, J., F. RUNGE, L. VRYDAGHS, H. DOUTRELEPONT, C.E.N. EWANGO & J.J. TRESSERAS (2000): Phytoliths from archaeological sites in the tropical forest of Ituri, Democratic Republic of Congo.- Quaternary Research, 54:102-112.
- MESTRAUD, J.L. (1982): Géologie et ressources minérales de la République Centrafricaine. État des connaissances à fin 1963 (avec la coopération de B. Bessoles).- Mém. BRGM, Orléans, 60:1-186.
- MIALL, A.D. (1982): Analysis of fluvial depositional systems.- Am. Assoc. Pet. Geol. Educ. Course, 20:1-75.
- MIALL, A.D. (1978): Fluvial Sedimentology.- Can. Soc. Pet. Geol. Mem., 5:1-859.
- MIALL, A.D. (1977): A review of the braided river depositional environment.- Earth Science Reviews, 13:1-62.
- MILLE, G. & Y. PETRUCCI (1997): Plan d'Aménagement Forestier du PEA n°169. - CIRAD-Forêt.
- MOREAU, R.E. (1963): The distribution of tropical African birds as an indicator for past climatic changes.- in: HOWELL, F.C. & F. BOURLIÈRE (Hrsg.): African Ecology and Human Evolution, Aldine, Chicago, 28-42.
- MORITZ, C., J.L. PATTON, C.J. SCHNEIDER & T.B. SMITH (2000): Diversification of rain forest faunas: an integrated molecular approach.- Annu. Rev. Ecol. Syst., 31:533-563.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1993): Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen.- DLG, Frankfurt am Main, 1-579.
- MUNSELL SOIL COLOUR CHARTS (1988): Kollmorgen Instruments Corp., Baltimore.
- NANSON, G.C. & D.M. PRICE (1998): Quaternary Change in the Lake Eyre basin of Australia: an introduction.- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 144:235-237.
- NEUMER, M. (unv.): Alluvialsedimente und fluviale Morphodynamik im Mbari-Tal im SE der zentralafrikanischen Republik.- Magisterarbeit, Universität Paderborn.
- NGUETSOP, V.F., S. SERVANT-VILDARY & M. SERVANT (2004): Late Holocene climatic changes in West Africa, a high resolution diatom record from equatorial Cameroon.- Quaternary Science Reviews, 23:591-609.

- NGUIMALET, C.R. & S. NJENDOLE (in Vorbereitung): Les extrêmes hydrologiques: des indicateurs d'hydrodynamisme ou d'hydraulicité au plateau gréseux de Mouka-Ouadda sur la rivière Pipi à Ouadda (République Centrafricaine).
- NICHOLSON, S.E., J. KIM & J. HOOPINGARNER (1988): Atlas of African rainfall and its interannual variability.- Department of Meteorology, Florida State University, Tallahassee, Florida.
- NICHOLAS, A.P., P.J. ASHWORTH, M.J. KIRBY, M.G. MACKLIN & T. MURRAY (1995): Sediment slugs: large-scale fluctuations in fluvial sediment transport rates and storage volumes.- *Progress in Physical Geography*, 19, 4:500-519.
- NOTT, J. & D. PRICE (1999): Waterfalls, floods and climate change: evidence from tropical Australia.- *Earth and Planetary Science Letters*, 171:267-276.
- ODOOM, F. (2002): Hardwood plantations in Ghana.- Forest Resources Development Service, Forest Resources Division, Forestry Department, Working Paper FP/24, Rom.
- PARRISH, J.T., A.M. ZIEGLER & C.R. SCOTSE (1982): Rainfall patterns and the distribution of coals and evaporites in the Mesozoic and Cenozoic.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 40:67-101.
- PARTRIDGE, T.C., L. SCOTT & J.E. HAMILTON (1999): Synthetic reconstruction of Southern African environments during the Last Glacial Maximum (21-18 kyr) and the Holocene Altithermal (8-6 kyr).- *Quaternary International*, 57/58:207-214.
- PARTRIDGE, T.C. & R.R. MAUD (1987): Geomorphic evolution of Southern Africa since the Mesozoic.- *South African Journal of Geology*, 90:179-208.
- PETIT-MAIRE, N. (1986): Paleoclimates in the Sahara of Mali: a multidisciplinary study.- *Episodes*, 9:7-16
- PETTERS, S.W. (1991): Regional Geology of Africa.- *Lecture Notes in Earth Sciences*, 40:1-722.
- PETRUCCI, Y. (1996): Forêt de Ngotto - Inventaire de la zone 3.- CIRAD-Forêt.
- PEYROT, B. (1978): Contribution à la géomorphologie de la République Populaire du Congo.- Univ. Marien Gouabi, Brazzaville, Département. Géographie, diffusion interne.
- PHILLIPSON, D.W. (1985): An archaeological reconsideration of Bantu expansion.- *Muntu (Revue scientifique et culturelle du CICIBA, Libreville, Gabon)*, 2:69-85.
- POLLEY, H.W., H.B. JOHNSON, B.D. MARIONO & H.S. MAYEUX (1993): Increase in C3 plant water-use efficiency and biomass over Glacial to present CO₂ concentrations.- *Nature*, 361:61-64.
- POPOFF, M. (1988): Du Gondwana à l'Atlantique Sud: Les connexions du fossé de la Bénoué avec les bassins du Nord-Est Brésilien jusqu'à l'ouverture du golfe de Guinée au Crétacé inférieur.- *Journal of African Earth Science*, 7(2):409-431.
- PREUSS, J. (1990): L'évolution des paysages du bassin intérieur du Zaïre pendant les quarante derniers millénaires.- in: LANFRANCHI, R. & D. SCHWARTZ (Hrsg.): *Paysages Quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique*, Éditions de l'ORSTOM, Paris, 260-270.
- PREUSS, J. (1986): Die Klimaentwicklung in den äquatorialen Breiten Afrikas im Jungpleistozän. Versuch eines Überblicks im Zusammenhang mit Geländearbeiten in Zaïre.- *Marburger Geographische Schriften*, 100:132-148.
- QUÉROUIL, S., R. HUTTERER, P. BARRIÈRE, M. COLYN, J.C.K. PETERHANS & E. VERHEYEN (2001): Phylogeny and evolution of Africa shrews (Mammalia: Soricidae) inferred from 16s rRNA sequences.- *Mol. Phylogenet. Evol.*, 20(2):185-195.
- RÄSÄNEN, M.E., J.S. SALO, H. JUNGNERT & L. ROMERO PITMAN (1990): Evolution of western Amazon lowland relief: impact of Andean foreland dynamics.- *Terra Nova*, 2:320-332.

- READING, A.J., R.D. THOMPSON & A.C. MILLINGTON (1995): Humid tropical environments.- Blackwell, Oxford.
- REYNAUD-FARRERA, I. (1997): Late Holocene vegetational changes in South-West Cameroon.- *Global Environmental Change*, 49: 641-652.
- REYNAUD-FARRERA, I. (1995): Histoire des paléoenvironnements forestiers du Sud-Cameroun à partir d'analyses palynologiques et statistiques de dépôts holocènes et actuels.- Thèse, Université Montpellier II.
- REYNAUD, I & J. MALEY (1994): Histoire récente d'une formation forestière du Sud-Ouest Cameroun à partir d'analyses palynologiques.- *C.R. Acad. Sci. Paris, Sci. Vie*, 317:575-580.
- REYNAUD-FARRERA, I., J. MALEY & D. WIRRMANN (1996): Végétation et climat dans les forêts du Sud-Ouest Cameroun depuis 4.770 ans B.P., analyse pollinique des sédiments du Lac Ossa.- *C.R. Acad. Sci Paris, Série 2a*, 322:749-755.
- REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE, MINISTERE DES EAUX ET FORETS, CHASSE ET PECHE (unv.): Les statistiques forestières centrafricaines en graphiques.- www.cbfp.org/documents/rca/statgraph.pdf (28.07.2007)
- REPUBLIQUE DU ZAÏRE (1974): Notice explicative de la carte géologique du Zaïre au 1:2.000.000.- Département des Mines, Direction de la Géologie, Kinshasa, Tervuren, 1-67.
- RICHARDS, P.W. (1941): Lowland tropical podsoles and their vegetation.- *Nature*, 3744:129-131.
- RIND, D. & D. PETEET (1985). Terrestrial conditions at the Last Glacial Maximum and CLIMAP sea-surface temperature estimates: Are they consistent?- *Quaternary Research*, 24:1-22.
- ROBERTS, N. & P. BAKER (1993): Landscape stability and biogeomorphic response to past and future climatic shifts in intertropical Africa.- *in*: THOMAS, D.S.G. & R.J. ALLISON (Hrsg.): *Landscape Sensitivity*, Wiley & Sons, Chichester, New York, 65-82.
- ROBINSON, J.M. (1994): Atmospheric CO₂ and plants.- *Nature*, 368:105-106.
- ROHDENBURG, H. (1972): Einführung in die klimagenetische Geomorphologie.- Lenz, Gießen, 1-350.
- ROHDENBURG, H. (1969): Hangpedimentation und Klimawechsel als wichtigste Faktoren der Flächen- und Stufenbildung in den wechselfeuchten Tropen an Beispielen aus Westafrika, besonders aus dem Schichtstufenland Südost-Nigerias.- *Göttinger Bodenkundliche Berichte*, 10:57-152.
- RUDDIMAN, W.F. (1997): Tropical Atlantic terrigenous fluxes since 25.000 yrs B.P.- *Marine Geology*, 136, 3-4:189-207.
- RUNGE, J. (2003): Rezente und vorzeitliche Landschaftsdynamik der Regenwald-Savannen-Grenze in Zentralafrika.- *Geoöko*, 24:137-152.
- RUNGE, J. (2002): Wie alt ist der Regenwald? Umweltgeschichtliche Forschungen im Kongobecken Zentralafrikas.- *in*: JUNGE, A. (Hrsg.) *Geowissenschaften in Frankfurt, Kleine Senckenbergreihe*, 43:57-64.
- RUNGE, J. (2001a): Landschaftsgenese und Paläoklima in Zentralafrika. Physiogeographische Untersuchungen zur Landschaftsentwicklung und klimagesteuerten quartären Vegetations- und Geomorphodynamik in Kongo/Zaire (Kivu, Kasai, Oberkongo) und der RCA (Mbomou).- *Gebrüder Bornträger, Relief Boden Paläoklima*, 17, 1-294.
- RUNGE, J. (2001b): Stable carbon isotope ($\delta^{13}\text{C}$) analysis of alluvial sediments and Holocene environmental changes in the Mbari valley in the Southeast of the Central African Republic (CAR).- *Palaeoecology of Africa*, 27:135-151.

- RUNGE, J. (1996): Palaeoenvironmental interpretation of geomorphological and pedological studies in the rain forest *core areas* of eastern Zaire (Central Africa).- South African Geographical Journal, 78:91-97.
- RUNGE, J. (1992): Geomorphological observations concerning palaeoenvironmental conditions in eastern Zaire.- Zeitschrift für Geomorphologie, N. F., Suppl., 91:109-122.
- RUNGE, J., J. EISENBERG & M. SANGEN (2006): Geomorphic evolution of the Ntem alluvial basin and physiogeographic evidence for Holocene environmental changes in the rain forest of SW Cameroon (Central Africa).- Zeitschrift für Geomorphologie, N.F., Suppl., 145:63-79.
- RUNGE, J. & M. NEUMER (2000): Dynamique du paysage entre 1955 et 1990 à la limite forêt-savane dans le Nord du Zaïre, par l'étude de photographies aériennes et de données LANDSAT-TM.- *in*: SERVANT, M. & S. SERVANT-VILDARY (Hrsg.): Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux (ECOFIT), UNESCO, IRD, Paris, 311-317.
- RUNGE, J. & C.R. NGUIMALET (2005): Physiogeographic features of the Oubangui catchment and environmental trends reflected in discharge and floods at Bangui 1911-1999, Central African Republic.- Geomorphology, 70:311-324.
- RUST, B.R. (1978): Depositional models for braided alluvium.- *in*: MIALL, A.D.(Hrsg.): Fluvial Sedimentology.- Can. Soc. Pet. Geol. Mem., 5:605-625.
- SALZMANN, U. & M. WALLER (1998): Holocene vegetation history of the Nigerean Sahel based on multiple pollen profiles.- Review of Palaeobotany and Palynology, 100:39-72.
- SANGEN M. (2008): New evidence on palaeoenvironmental conditions in SW Cameroon since the Late Pleistocene derived from alluvial sediments of the Ntem River.- *in*: RUNGE, J. (Hrsg.): Dynamic of forest ecosystems in Central Africa during the Holocene. Past–Present–Future. Palaeoecology of Africa, 28.
- SCHEFFER, F.& P. SCHACHTSCHABEL (1998): Lehrbuch der Bodenkunde.- Enke, Stuttgart, 1-494.
- SCHLICHTING, E. (1986): Einführung in die Bodenkunde.- Parey, Hamburg, 1-131.
- SCHLICHTING, E., H.-P. BLUME & K. STAHR (1995): Bodenkundliches Praktikum: eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte, und für Geowissenschaftler.- Blackwell, Berlin, 1-295.
- SCHUMM (2003): Preface.- *in*: GREGORY, K.J. & G. BENITO (Hrsg.): Palaeohydrology – Understanding Global Change, Wiley & Sons, Chichester.
- SCHUMM, S.A. (1969): River metamorphoses.- Journal Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers, 95:255-273.
- SCHUMM, S.A. (1965): Quaternary Palaeohydrology.- *in*: WRIGHT, H.E. JR. & D.G. FREY (Hrsg.), The Quaternary of the United States, Princeton, New Jersey, 783-794.
- SCHWARTZ, D. (1992): Assèchement climatique vers 3.000 B.P. et expansion Bantu en Afrique centrale atlantique: quelques réflexions.- Bull. Soc. Géol. France, 163:353-361.
- SCHWARTZ, D. (1991): Intérêt de la mesure de ¹³C des sols en milieu naturel équatorial pour la connaissance des aspects pédologiques et écologiques de relations savane-forêt.- Cahiers ORSTOM, Sér. Pédol., 4,26:327-341.
- SCHWARTZ, D. (1988): Histoire d'un paysage: Le Lousséké. Paléoenvironnements quaternaires et podzolisation sur sables Batéké.- Éditions de l'ORSTOM, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, Collection Études et Thèses, Paris, 1- 285.

- SCHWARTZ, R., A. GRÖNGRÖFT & G. MIEHLICH (1999): Auswirkung von Eindeichung und Melioration auf den Wasserhaushalt von Auenböden – aufgezeigt am Beispiel zweier Grünlandstandorte an der unteren Mittelelbe bei Lenzen.- Auenreport, Sonderband 1:41-54.
- SERVANT, M. & S. SERVANT-VILDARY (Hrsg.) (2000): Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux.- Publications issues du Symposium international Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux, Paris, 20-22 mars 1996, UNESCO, 1-434.
- SERVANT, M. & S. SERVANT-VILDARY (1980): L'environnement quaternaire du bassin du Tchad.- in: M.A.J. WILLIAMS & H. FAURE (Hrsg.): The Sahara and the Nile, Balkema, Rotterdam, 33-162.
- SERVAT, E., J.-E. PATUREL, H. LUBÈS-NIEL, B. KOUAMÉ & J.-M. MASSON (1997): Variabilité des régimes pluviométriques en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne.- C.R. Acad. Sci. Paris, Sér. IIA, 835-838.
- SEUFFERT, O. (1986): Geoökodynamik – Geomorphodynamik. Aktuelle und vorzeitliche Formungsprozesse in Südindien und ihre Steuerung durch raum-zeitliche Variationen der geoökologischen Raumlagerung.- Geoökodynamik, 7:161-214.
- SEUFFERT, O. (1976): Formungsstile im Relief der Erde. Programmierung, Prozesse und Produkte der Morphodynamik im Abtragungsbereich.- Braunschweiger Geographische Studien, 1, 1-171.
- SITCH, S., B. SMITH, I.C. PRENTICE, A. ARNETH, A. BONDEAU, W. CRAMER, J.O. KAPLAN, S. LEVIS, W. LUCHT, M.T. SYKES, K. THONICKE & S. VENEVSKY (2003): Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography, and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model.- Global Change Biology, 9:16-185.
- SOYER, J. (1983): Microrelief de buttes basses sur sols inondés saisonnièrement au Sud-Shaba (Zaire).- Catena, 10:153-265.
- SSEMAMANDA, I. & A. VINCENS (1993): Végétation et climate dans le Bassin du Lac Albert (Oganda, Zaire) depuis 13.000 ans B.P. Apport de la palynologie.- C.R. Acad. Sci. Paris, 316(2):561-567.
- STAGER, J.C., P.A. MAYEWSKI, & D.L. MEEKER (2002): Cooling cycles, Heinrich event 1, and the desiccation of Lake Victoria.- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 183:169-178.
- STAGER, J.C. & R. ANFANG-SUTTER (1999): Preliminary evidence of environmental changes at Lake Bambili (Cameroon, West-Africa) since 24.000 B.P.- Journal of Paleolimnology, 22:319-330.
- STAGER, J.C., B. CUMMING & L. MEEKER (1997): A high resolution 11.4000-yr. Diatom record from Lake Victoria, East Africa.- Quaternary Research, 47:81-89.
- STAGER, J.C. & P.A. MAYEWSKI (1997): Abrupt early to Mid-Holocene climatic transitions registered at the equator and the poles.- Science 276:1834-1836.
- STARKEL, L. (1995): Introduction to global palaeohydrological changes.- in: GREGORY, K.J., L. STARKEL & V.R. BAKER (Hrsg.): Global Continental Palaeohydrology, Wiley, Chichester, 233-257.
- STARMANS, G.A.N. (1970): Soil erosion of selected African and Asian catchments.- in: Intern. Water Er. Symp., Prag.
- STEVEAUX, J.C. (1994): The upper Paraná River (Brazil): Geomorphology, sedimentation and palaeoclimatology.- Quaternary International, 21:143-161.

- STEVAUX, J.C. & M.L. DOS SANTOS (1998): Palaeohydrological changes in the upper Paraná River, Brazil, during the late quaternary: a facies approach.- *in*: BENITO, G. et al. (Hrsg.): Palaeohydrology and Environmental Change, Wiley & Sons, 273-285.
- STREET, F.A. & A.T. GROVE (1979): Global maps of lake-level fluctuations since 30.000 years B.P.- *Quaternary Research*, 12:83-118.
- STREET, F.A. & A.T. GROVE (1975): Environmental and climatic implications of Late Quaternary lake-level fluctuations in Africa.- *Nature*, 261:385-390.
- STREET-PERROT, F.A., J.F. HOLMES, M. WALLER, M.J.ALLEN, N.G.H. BARBER, P.A. FOTHERGILL, D.D. HARKNESS, M. IVANOVICH, D. KROON & D. PERROT (2000): Drought and dust deposition in the West African Sahel: a 5.500-year record from Kajemarum Oasis, northeastern Nigeria.- *Holocene*, 10:293-302.
- STREET-PERROTT, F.A. & S.P. HARRISON (1984): Lake levels and climate reconstruction.- *in*: HECHT, A. (Hrsg.): Palaeoclimatic analysis and Modelling, New York, 291-340.
- SUMMERFIELD, M.A. (1981): Macroscale geomorphology.- *Area* 13:3-8.
- TALBOT, M.R. & T. LAERDAL (2000): The Late Pleistocene-Holocene palaeolimnology of Lake Victoria, East Africa, based upon elemental and isotopic analyses of sedimentary organic matter.- *Journal of Palaeolimnology*, 23:141-164.
- TALBOT, M.R. & T. JOHANNESSEN (1992): A high resolution palaeoclimatic record for the last 27.500 years in tropical Africa from the carbon and nitrogen isotopic composition of lacustrine organic matter.- *Earth and Planetary Science Letters* 100:23-37.
- TALBOT, M.R. & D.A. LIVINGSTONE (1989): Hydrogen index and carbon isotopes of lacustrine organic matter as lake-level indicators.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 80,283-300
- TALBOT, M.R., D.A. LIVINGSTONE, P.G. PALMER, J. MALEY, J.M. MELACK, G. DELIBRIAS & S. GULLIKSEN (1984): Preliminary results from sediment cores from Lake Bosumtwi, Ghana.- *Palaeoecology of Africa*, 16:173-192.
- TAYLOR, C.J. (1962): *Synecology and Silviculture in Ghana*.- Nelson, Edinburgh.
- TAYLOR, D. (1990): Late Quaternary pollen records from two Ugandan mires: evidence for environmental change in the Rukiga Highlands of southwest Uganda.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 80:283-300.
- TAYLOR, D. & R.A. MARCHANT (1996): Human impact in the interlacustrine region: long-term pollen records from the Rukiga Highlands.- *Azania*, 29-30:283-295.
- TAYLOR, M.P. & J. LEWIN (1997): Non-synchronous response of adjacent floodplain systems to Holocene environmental change.- *Geomorphology* 18:251-264.
- TELFORD, R.J. & H.F. LAMB (1999): Groundwater-mediated response to Holocene climate change recorded by the diatom stratigraphy of an Ethiopian crater lake.- *Quaternary Research*, 52:63-75.
- THIELICKE, G. (1987): Zusammenstellung einiger wichtiger bodenchemischer und – mechanischer Laboratoriumsmethoden, ihre Anwendungen, Ergebnisdarstellungen und Fehlerquellen.– *Geol. Jb. Hessen*, 118: 423-448.
- THOMAS, M.F. (2004): Landscape sensitivity to rapid environmental change – a Quaternary perspective with examples from tropical areas.- *Catena*, 55:107-124.
- THOMAS, M.F. (2000): Late Quaternary environmental changes and the alluvial record in humid tropical environments.- *Quaternary International*, 72:23-36.

- THOMAS, M.F. (1998): Late Quaternary Landscape Instability in the Humid and Sub-Humid Tropics.- *in*: BENITO, G. et al. (Hrsg.): Palaeohydrology and Environmental Change, Wiley & Sons, 247-258.
- THOMAS, M.F. (1994): Geomorphology in the Tropics. A study of weathering and denudation in low latitudes.- Wiley & Sons, New York, Brisbane, Toronto, 1-460.
- THOMAS, M.F. (1974): Tropical Geomorphology: a study of weathering and landform development in warm climates.- Macmillan, London, 1-332.
- THOMAS, M.F. & P.A. SHAW (1991): 'Relict' desert dune systems: interpretation and problems.- *Journal of Arid Environments*, 20:1-14.
- THOMPSON, L.G., E. MOSELY-THOMPSON, M.E.DAVIS, K.A. HENDERSON, H.H. BRECHER, V.S. ZAGORODNOV, T.A. MASHIOTTA, P.-N. LIN, V.N. MIKHALENKO, D.R. HARDY & J. BEER (2002): Kilimanjaro ice core records: evidence of Holocene climate change from tropical Africa.- *Science*, 298:589-593.
- THORP, M. & M. THOMAS (1992): The timing of alluvial sedimentation and floodplain formation in the lowland humid tropics of Ghana, Sierra Leone and western Kalimantan (Indonesian Borneo).- *Geomorphology*, 4:409-422.
- TIERCELLIN, J.-J., A. MONDEGUER, F. GASSE, C. HILLAIRE-MARCEL et al (1988): 25.000 ans d'histoire hydrologique et sédimentaire du lac Tanganyika, Rift est-africain.- *C.R. Acad. Sci.*, 307:1375-1382.
- TRIMBLE, S. W. (1983): A sediment budget for Coon Creek basin in the Driftless area, Wisconsin, 1953-1975.- *Am. J. Sci.*, 283:454-474.
- TRIMBLE, S. W. (1975): Denudation studies: can we assume stream steady state? - *Science*, 188: 1207-1208
- UNESCO (1978): Tropical forest ecosystems.- Natural Resources Research, UNEP/FAO, Paris, 1-683.
- VANDERBERGHE, J., P. GIBBARD & M. VAN DEN BERG (Hrsg.)(1994): Pleistocene river systems in Europe. *Terra Nova*, 6(5).
- VANDERBERGHE, J. & D. MADDY (2000): The significance of fluvial archives in geomorphology.- *Geomorphology*, 33:127-130.
- VAN ESSCHE, K. (1995): Préparation de la synthèse informatique des inventaires de biodiversité végétale dans la Forêt de Ngotto.- Rapport ECOFAC, Libreville, Gabon.
- VAN ZINDEREN-BAKKER, E.M. (1976): The evolution of late Quaternary palaeoclimates of southern Africa.- *Palaeoecology of Africa*, 9:160-202.
- VAN ZINDEREN-BAKKER, E.M. & J.D. CLARK (1962): Pleistocene climates and cultures in North-Eastern Angola.- *Nature*, 196:639-642.
- VINCENS, A (1993): Nouvelle séquence pollinique du Lac Tanganyika: 30.000 ans d'histoire botanique et climatique du Bassin Nord.- *Review of Palaeobotany and Palynology*, 78:381-394.
- VINCENS, A., D. SCHWARTZ, J. BERTAUX, H. ELENGA & C. DE NAMUR (1998): Late Holocene climatic changes in western Equatorial Africa inferred from pollen lake Sinnda, Southern Congo.- *Quaternary Research*, 50:34-45.
- VINCENS, A., D. SCHWARTZ, H. ELENGA, I. REYNAUD-FARRERA, A. ALEXANDRE, J. BERTAUX, A. MARIOTTI, L. MARTIN, J.D. MEUNIER, F. NGUETSOP, M. SERVANT, S. SERVANT-VILDARY & D. WIRRMANN (1999): Forests response to climate changes in Atlantic Equatorial Africa during the last 4.000 years B.P. and inheritance on the modern landscape.- *J. Biogr.*, 26:879-885.

- VON DENFFER, D., F. EHRENDORFER, K. MÄGDEFRAU & H. ZIEGLER (1978): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, Fischer, Stuttgart, 1-1078.
- WANG, G., E.A.B. ELTAHIR, J.A. FOLEY, D. POLLARD & S. LEVIS (2004): Decadal variability of rainfall in the Sahel: results from the coupled GENESIS-IBIS atmosphere-biosphere mode.- *Climate Dynamics*, 22:625-637.
- WEBB, R.S., D.H. RIND, S.J. LEHMANN, R.J. HEALY & D. SIGMAN (1997): Influence of ocean heat transport on the climate of the Last Glacial Maximum.- *Nature*, 385:695-699.
- WEBB, B.W. & D.E. WALLING (1982): The magnitude and frequency characteristics of fluvial transport in a Devon drainage basin and its geomorphological implications.- *Catena*, 9:9-23.
- WEIJERS, J.W.H., E. SCHEFUß, S. SCHOUTEN & J.S. SINNINGHE DAMSTÉ (2007): Coupled thermal and hydrological evolution of tropical Africa over the last deglaciation.- *Science*, 315:1701-1704.
- WILHELMY, H. (1990): Klimageomorphologie in Stichworten: Beiträge zur Allgemeinen Geographie.- Hirt, Hamburg, 1-356.
- WILLIAMS, M.A.J. (1969): Prediction of rainsplash erosion in the seasonally wet tropics.- *Nature*, 222:763-765.
- WILLIAMS, M.A.J. & H. FAURE (1980): Evolution of the Nile.- *in*: WILLIAMS, M.A.J. & H. FAURE (Hrsg.): *The Sahara and the Nile*, Balkema, Rotterdam, 207-224.
- WOHL, E.E. & Y. ENZEL (1995): Data for palaeohydrology.- *in*: GREGORY, K.J., L. STARKEL & V.R. BAKER (Hrsg.): *Global Continental Palaeohydrology*, Wiley, Chichester, 23-59.
- WOLFF, J.P. (1962): Carte géologique de reconnaissance à l'échelle de 1:500.000, Feuille de Nola avec notice explicative.- *Publ. Inst. Equat. Rech. Géol. Min.*, Brazzaville, 1-32.
- WOLMAN, M.G. & J.P. MILLER (1960): Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes.- *J. Geol.*, 68:54-74.
- WOODWARD, E.L. & M.R. LOMAS (2004): Vegetation dynamics – simulating responses to climatic change.- *Biological Review*, 79:643-670.
- WOTZKA, H.-P. (1995): Studien zur Archäologie des zentralafrikanischen Regenwaldes. Die Keramik des inneren Zaïre-Beckens und ihre Stellung im Kontext der Bantu-Expansion.- *Africa Praehistorica*, 6:1-582.
- YALIBANDA, Y. (2004): Situation des ressources génétiques forestières de la République Centrafricaine.- Note thématique sur les ressources génétiques forestières, document de travail FGR/71F, service de la mise en valeur des ressources forestières, division de ressources forestières, FAO, Rom, 1-44.
- YONGO, O.D. (2003): Contribution aux études floristiques, phytogéographique et phytosociologique de la Forêt de Ngotto (République Centrafricaine).- *Acta Botanica Gallica*, 150(1):119-124.
- ZABEL, M., R. SCHNEIDER, T. WAGNER, A.T. ADEGBIE, U. DE VRIES & S. KOLONIC (2001): Late Quaternary Climate Changes in Central Africa as inferred from Terrigenous Input in the Niger Fan.- *Quaternary Research*, 56:207-217.
- ZEESE, R. (1991): Fluviale Geomorphodynamik im Quartär Zentral- und Nordostnigerias.- *in*: *Freiburger Geographische Hefte*, 33:199-208.
- ZOGNING, A., P. GRESSE, J. MALEY, & F. GADEL (1997): The Late Holocene palaeoenvironment in the Lake Njupi area, West Cameroon: implications regarding the history of Lake Nyos.- *Journal of African Earth Science*, 24/3:285-300.

Internet-Quellen

www.ramsar.org/sitelist.pdf (28.07.2007)

www.forafri.org/7dispositifs/projetecofac.php (28.07.2007)

www.cbfp.org/documents/rca/amenagement_rca.pdf (28.07.2007)

www.cbfp.org/documents/rca/statgraph.pdf (28.07.2007)

www.vancouver.wsu.edu/fac/hewlett/akacons.html (28.07.2007)

www.bondy.ird.fr/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_10-11/12045.pdf (28.07.2007)

www.fao.org/DOCREP/005/Y7210E/y7210e0e.htm#bm14 (28.07.2007)

7.2 Verzeichnis der Karten, Satelliten- und Luftbilder

Karten

Carte Générale au 1:1.500.000 de la République Centrafricaine. Pays et villages du monde (carte touristique).- Institut Géographique National (IGN), Paris, Edition 3 (1980), Ausgabe 1993.

Fond Planimétrique au 1:200.000 de l'Afrique Centrale.- Institut Géographique National (IGN), Paris, Blatt:

- Mbaïki, NA-33-XXIV, Paris 1963.

Carte de l'Afrique Centrale au 1:200.000.- Institut Géographique National (IGN), Paris 1961-1968, Blätter:

- Boda, NB-33-VI, Paris 1961.
- Gadzi, NB-33-V, Paris 1961.
- Mbaïki, NA-33-XXIV, Paris 1968.
- Nola, NA-33-XXIII, Paris 1964.

Russische Generalstabskarte im Maßstab 1:500.000.- UdSSR, Blatt:

- Мбаики (Mbaïki), OI-33-2, A-33-Б, Ausgabe 1980.

BOULVERT (vgl. Literaturverzeichnis):

- Carte pédologique de la République Centrafricaine à 1:1.000.000, ORSTOM, Paris 1983.
- Carte phytogéographique de la République Centrafricaine à 1:1.000.000, ORSTOM, Paris 1986.
- Carte oro-hydrographique de la République Centrafricaine à 1:1.000.000, ORSTOM, Paris 1987.
- Carte géomorphologique de la République Centrafricaine. à 1:1.000.000, ORSTOM, Paris 1996.

Satellitenbilder

Landsat TM Szenen 182-57 und 181-57, Aufnahmedatum: 16.01.1986

Landsat-ETM+ Szene 182-57, Aufnahmedatum: 01.04.2002

Landsat ETM+ Szene 181-57, Aufnahmedatum: 03.03.2000

Luftbilder

Photos Aériennes de la République Centrafricaine de la Mission AE 1963-64 (NA 33 XXIII-XXIV IR), Aufnahmen: 549, 485-490, 472-479.

8. Anhang

Profil	dd x	dd y	Lon°(E)	Lon'	Lon''	Lat°(N)	Lat'	Lat''
N1	17,37027778	3,786666667	17	22	13	3	47	12
N2	17,37027778	3,787777778	17	22	13	3	47	16
B1	17,14583333	3,880555556	17	8	45	3	52	50
B2	17,14611111	3,880277778	17	8	46	3	52	49
K1	17,15416667	3,900555556	17	9	15	3	54	2
K2	17,15861111	3,899722222	17	9	31	3	53	59
K3	17,15583333	3,901388889	17	9	21	3	54	5
K4	17,15805556	3,896944444	17	9	29	3	53	49
Q1	17,22472222	3,985277778	17	13	29	3	59	7
M1	16,93666667	3,985277778	16	56	12	3	59	7
M2	16,93638889	3,984166667	16	56	11	3	59	3
G1	17,02694444	3,957222222	17	1	37	3	57	26

Tab. A1.1: GPS-Koordinaten, Mbaéré-Tal, 2004/ 2005

Angaben der geographische Länge (Long) und der geographischen Breite (Lat) in Grad, Minuten und Sekunden sowie als Dezimalangaben (dd x/ dd y). Aufgrund der Abschirmung durch das Kronendach des Waldes und entsprechend lokal schwacher Satellitensignale sind Abweichungen zur tatsächlichen Lage der Standorte (auch in den folgenden Tabellen) möglich. Fehlende Daten (z.B. im Falle G2) sind auf fehlenden Satelliten-Empfang zurückzuführen.

Profil	dd x	dd y	Lon°(E)	Lon'	Lon''	Lat°(N)	Lat'	Lat''
S1	17,34527778	3,796666667	17	20	43	3	47	48
S2/S9	17,35694444	3,806666667	17	21	25	3	48	24
S3/S6	17,35805556	3,8075	17	21	29	3	48	27
S4	17,35861111	3,806388889	17	21	31	3	48	23
S7	17,3575	3,806944444	17	21	27	3	48	25
S8	17,35583333	3,806388889	17	21	21	3	48	23
S15	17,35611111	3,799444444	17	21	22	3	47	58
S16/S26	17,35916667	3,795277778	17	21	33	3	47	43
S17/S23	17,35972222	3,796666667	17	21	35	3	47	48
S18/S27	17,36	3,795833333	17	21	36	3	47	45
S19	17,36111111	3,7975	17	21	40	3	47	51
S20	17,36083333	3,798055556	17	21	39	3	47	53
S21	17,36111111	3,800555556	17	21	40	3	48	2
S22	17,36055556	3,799166667	17	21	38	3	47	57

Tab. A1.2: GPS-Koordinaten, Sadika-Schwemmfächer, 2005

Profil	dd x	dd y	Lon°(E)	Lon'	Lon''	Lat°(N)	Lat'	Lat''
Ba1	16,97147222	3,975	16	57	77,3	3	57	90
Ba2	16,96994444	3,97275	16	57	71,8	3	57	81,9
Ba3	16,95652778	3,974277778	16	57	23,5	3	58	27,4
Ba4	16,97166667	3,969222222	16	57	78	3	58	9,2
Ba5	16,97313889	3,97575	16	57	83,3	3	57	92,7
Ba6	17,00869444	3,951527778	16	59	91,3	3	56	65,5
Ba7	17,00002778	3,958472222	16	59	60,1	3	56	90,5
Ba8	17,02094444	3,956027778	17	0	75,4	3	56	81,7
Ba9	17,03030556	3,9515	17	1	49,1	3	56	65,4
Kp1	17,15119444	3,901138889	17	9	4,3	3	53	64,1
Kp2	17,15244444	3,903444444	17	8	68,8	3	53	72,4
Kp3	17,13811111	3,904194444	17	8	17,2	3	53	75,1
Kp4	17,15852778	3,900861111	17	8	90,7	3	53	63,1
Kp5	17,18691667	3,888861111	17	11	12,9	3	52	79,9
Kp6	17,17102778	3,890777778	17	10	15,7	3	53	26,8
Kp7	17,16594444	3,897777778	17	9	57,4	3	53	52
Ké1	17,37344444	3,775583333	17	22	24,4	3	45	92,1
Ké2	17,38394444	3,764166667	17	22	62,2	3	45	51
Ké3	17,38483333	3,760277778	17	22	65,4	3	45	37
Ké4	17,39080556	3,757527778	17	23	26,9	3	45	27,1
Ké5	17,34852778	3,794805556	17	20	54,7	3	47	41,3
Ké6	17,35602778	3,783722222	17	20	81,7	3	47	1,4
Ké7	17,35327778	3,788027778	17	21	11,8	3	46	76,9
Ké8	17,35125	3,785277778	17	21	4,5	3	46	67
Ké9	17,35741667	3,786194444	17	21	26,7	3	46	70,3
Ké10	17,36725	3,778833333	17	21	62,1	3	46	43,8
Mo1/Mo2	17,51047222	3,762083333	17	30	37,7	3	45	43,5
Mo3	17,50758333	3,760611111	17	29	87,3	3	45	38,2
Mo4	17,47158333	3,773833333	17	28	17,7	3	45	85,8
Mo5	17,47397222	3,775083333	17	28	26,3	3	45	90,3
Mo6	17,47269444	3,775222222	17	27	81,7	3	45	90,8
Mo7	17,4815	3,777444444	17	28	53,4	3	45	98,8
Mo8	17,48833333	3,777638889	17	28	78	3	45	99,5
Mo9/Mo10	17,49369444	3,773111111	17	28	97,3	3	45	83,2
Mo11	17,48775	3,772416667	17	29	15,9	3	45	80,7

Tab. A1.3: GPS-Koordinaten, Mbaéré-Tal, 2006

Profil	Standort	Labornummer	Art der Probennahme
N1	Ngbénguéndara	Ne 04/121 - Ne 04/135	Bohrung
N2	Ngbénguéndara	Ne 04/136 - Ne 04/151	Bohrung
B1	Bassamba	Ne 04/33 - Ne 04/38	Bohrung
B2	Bassamba	Ne 04/39 - Ne 04/49	Bohrung
K1	Kpoka	Ne 04/1 - Ne 04/8	Bohrung
K2	Kpoka	Ne 04/65 - Ne 04/81	Bohrung
K3	Kpoka	Ne 04/82 - Ne 04/95	Bohrung
K4	Kpoka	Ne 05/61 - Ne 05/72	Aufschluss/ Bohrung
Q1	<i>Route Q</i>	Ne 04/18 - Ne 04/32	Bohrung
M1	Mboum	Ne 04/96 - Ne 04/110	Bohrung
M2	Mboum	Ne 04/111 - Ne 04/120	Bohrung
G1	Grima	Ne 04/50 - Ne 04/64	Bohrung
G2	Grima	Ne 04/9 - Ne 04/12	Bohrung

Tab. A2.1: Labordaten-Übersicht, Mbaéré-Tal, 2004/2005

Profil	Standort	Labornummer	Art der Probennahme
S1	Sadika West	Ne 05/1 - Ne 05/10	Bohrung
S2	Sadika West	Ne 05/11 - Ne 05/18	Bohrung
S3	Sadika West	Ne 05/19 - Ne 05/26	Bohrung
S4	Sadika West	Ne 05/27 - Ne 05/32	Bohrung
S6	Sadika West	Ne 05/34 - Ne 05/38	Aufschluss
S7	Sadika West	Ne 05/39 - Ne 05/45	Bohrung
S8	Sadika West	Ne 05/46 - Ne 05/52	Bohrung
S9	Sadika West	Ne 05/53 - Ne 05/58	Aufschluss
S14	Sadika West	Ne 05/73 - Ne 05/75	Bohrung
S15	Sadika West	Ne 05/76 - Ne 05/77	Bohrung
S16	Sadika Ost	Ne 05/78 - Ne 05/85	Bohrung
S17	Sadika Ost	Ne 05/86 - Ne 05/92	Bohrung
S18	Sadika Ost	Ne 05/93 - Ne 05/99	Bohrung
S19	Sadika Ost	Ne 05/100 - Ne 05/103	Bohrung
S20	Sadika Ost	Ne 05/104 - Ne 05/108	Bohrung
S21	Sadika Ost	Ne 05/109 - Ne 05/111	Bohrung
S22	Sadika Ost	Ne 05/112 - Ne 05/116	Bohrung
S23	Sadika Ost	Ne 05/117 - Ne 05/122	Aufschluss
S26	Sadika Ost	Ne 05/125 - Ne 05/130	Aufschluss
S27	Sadika Ost	Ne 05/131 - Ne 05/137	Aufschluss

Tab. A2.2: Labordaten-Übersicht, Sadika-Schwemmfächer, 2005

Profil	Standort	Art der Probennahme	Art der Lokalität	Lage
Ba1	Kodongo 1	Bohrung	inselartig	rechts
Ba2	Kodongo 2	Bohrung	inselartig	rechts
Ba3	Ngonda	Bohrung	Talrandbereich	rechts
Ba4	Nguindo 1	Bohrung	terrassenartig	links
Ba5	Nguindo 2	Bohrung	terrassenartig	links
Ba6	Mokongo	Bohrung	terrassenartig	rechts
Ba7	Pikemonkongo	Bohrung	terrassenartig	rechts
Ba8	Kpaya	Bohrung	terrassenartig	links
Ba9	Ndimangonzo	Bohrung	inselartig	links
Kp1	Ngindoitola	Bohrung	terrassenartig	rechts
Kp2	Ngindowanzanga	Bohrung	inselartig	rechts
Kp3	Ngindonzapa	Bohrung	terrassenartig	links
Kp4	Ngindovolengué	Bohrung	terrassenartig	links
Kp5	Mopakato	Bohrung	terrassenartig	rechts
Kp6	Ngindozekebala	Bohrung	terrassenartig	rechts
Kp7	Ngindodoua	Bohrung	terrassenartig	rechts
Ké1	Mamanzanga	Bohrung	terrassenartig	rechts
Ké2	<i>îlot de croisement 1</i>	Bohrung	terrassenartig	links
Ké3	<i>îlot de croisement 2</i>	Bohrung	terrassenartig	rechts
Ké4	Motoko	Bohrung	terrassenartig	links
Ké5	Mondoni	Bohrung	terrassenartig	links
Ké6	Mbangamato	Bohrung	terrassenartig	links
Ké7	Ipoussa 1	Bohrung	terrassenartig	links
Ké8	Ipoussa 2	Bohrung	terrassenartig	links
Ké9	Ngindogesso	Bohrung	terrassenartig	rechts
Ké10	Ngindomaka	Bohrung	terrassenartig	links
Mo1/ Mo2	Mbouya	Bohrung/ Aufschluss	terrassenartig	links
Mo3	Massanza	Bohrung	inselartig	rechts
Mo4	Mobonguelé	Bohrung	terrassenartig	links
Mo5	Gbakassa	Bohrung	terrassenartig	links
Mo6	Mamiouata	Bohrung	inselartig	rechts
Mo7	Mbengi	Bohrung	terrassenartig	links
Mo8	Mangolo	Bohrung	terrassenartig	links
Mo9/ Mo10	Tènè	Bohrung/ Aufschluss	terrassenartig	links
Mo11	Bongo	Bohrung	terrassenartig	links

Tab. A3: Art und Lage der Profile, Mbaéré-Tal, 2006

Die Lagebezeichnung (rechts/ links) bezieht sich auf das jeweilige Flussufer des Mbaéré und wird in Kap. 4.3.2 vor dem Hintergrund der rezenten Morphodynamik diskutiert.

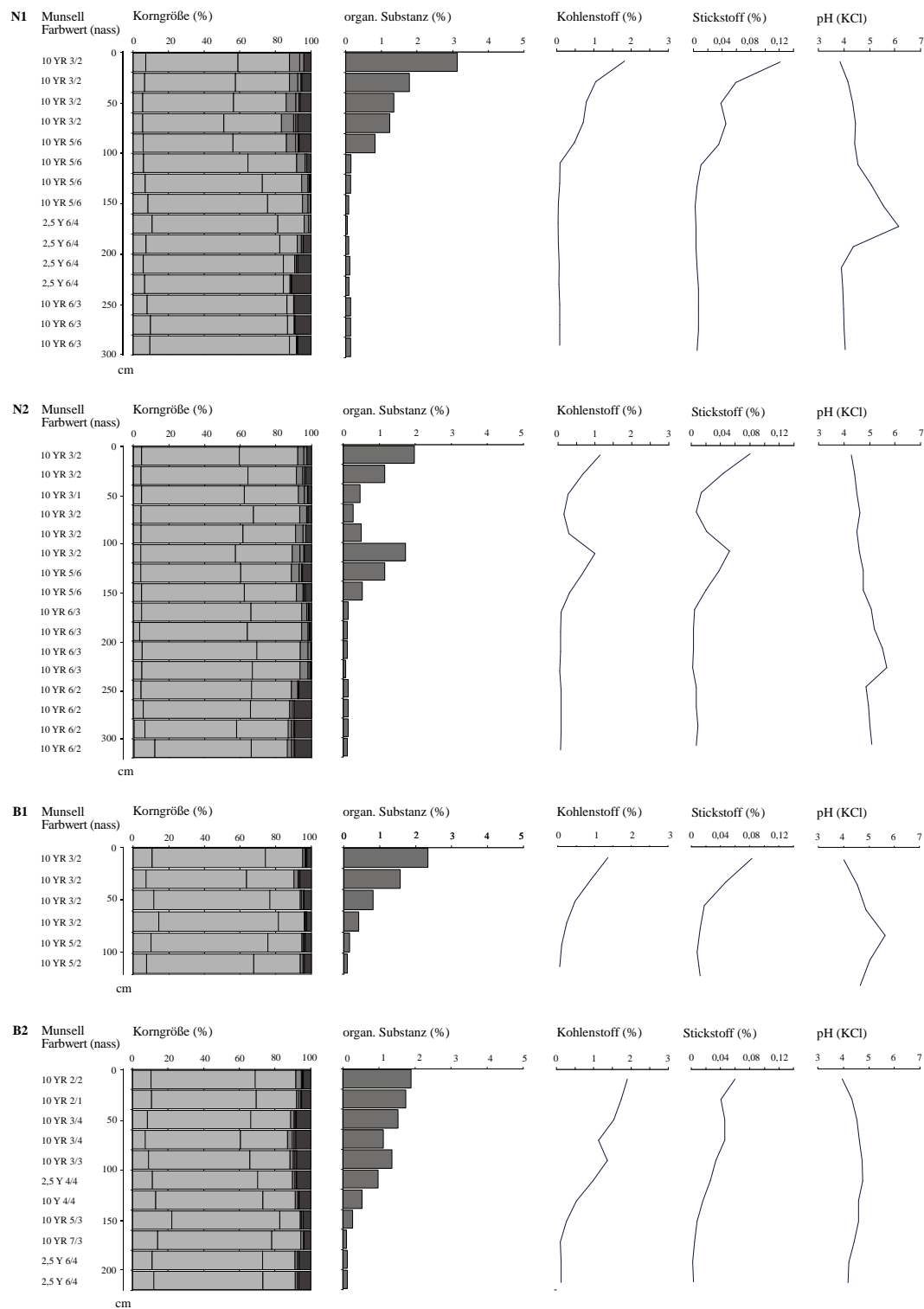


Abb. A1.1a: Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Mbaéré-Tal, 2004 (N1, N2, B1, B2)

8. Anhang

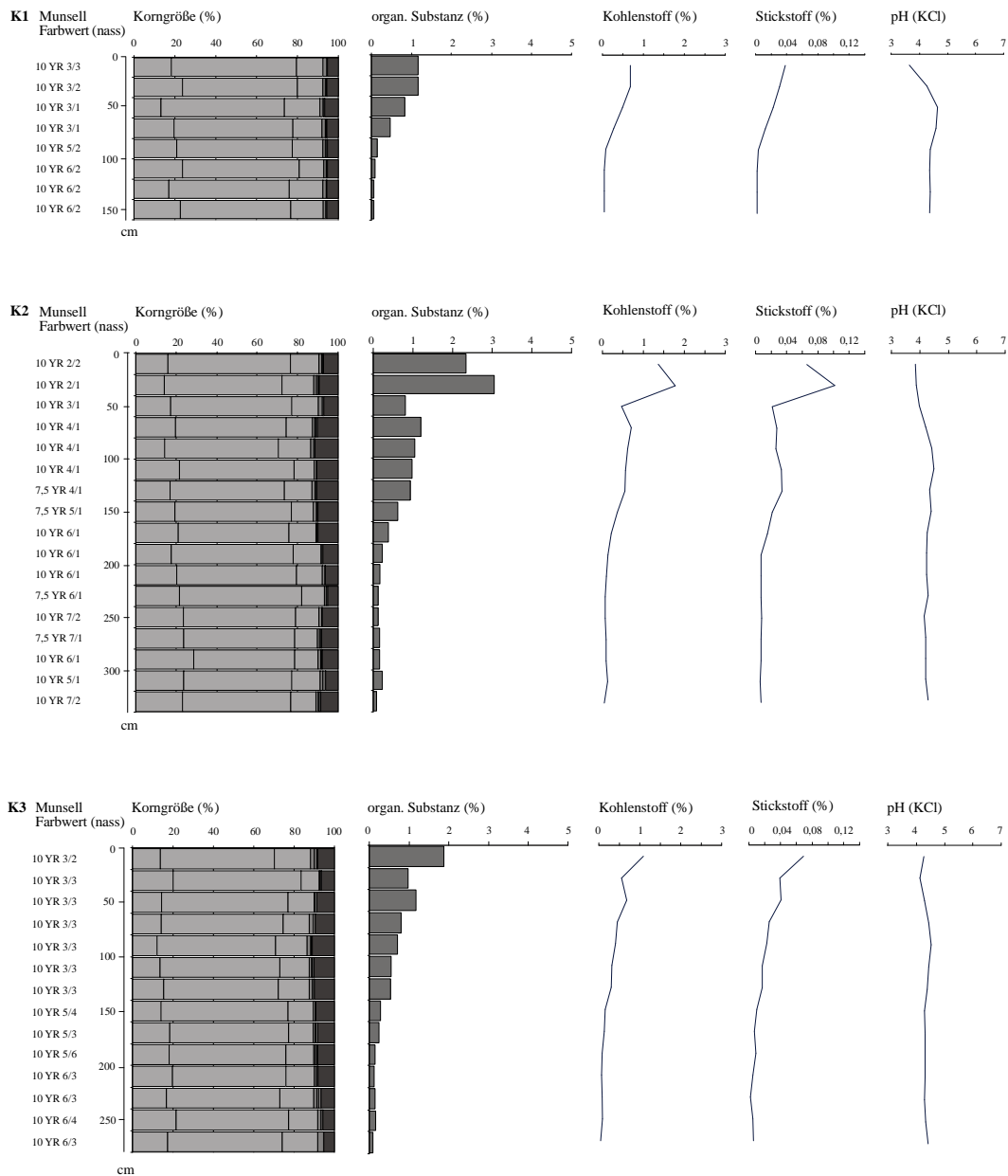


Abb. A1.1b: Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Mbaéré-Tal, 2004 (K1, K2, K3)

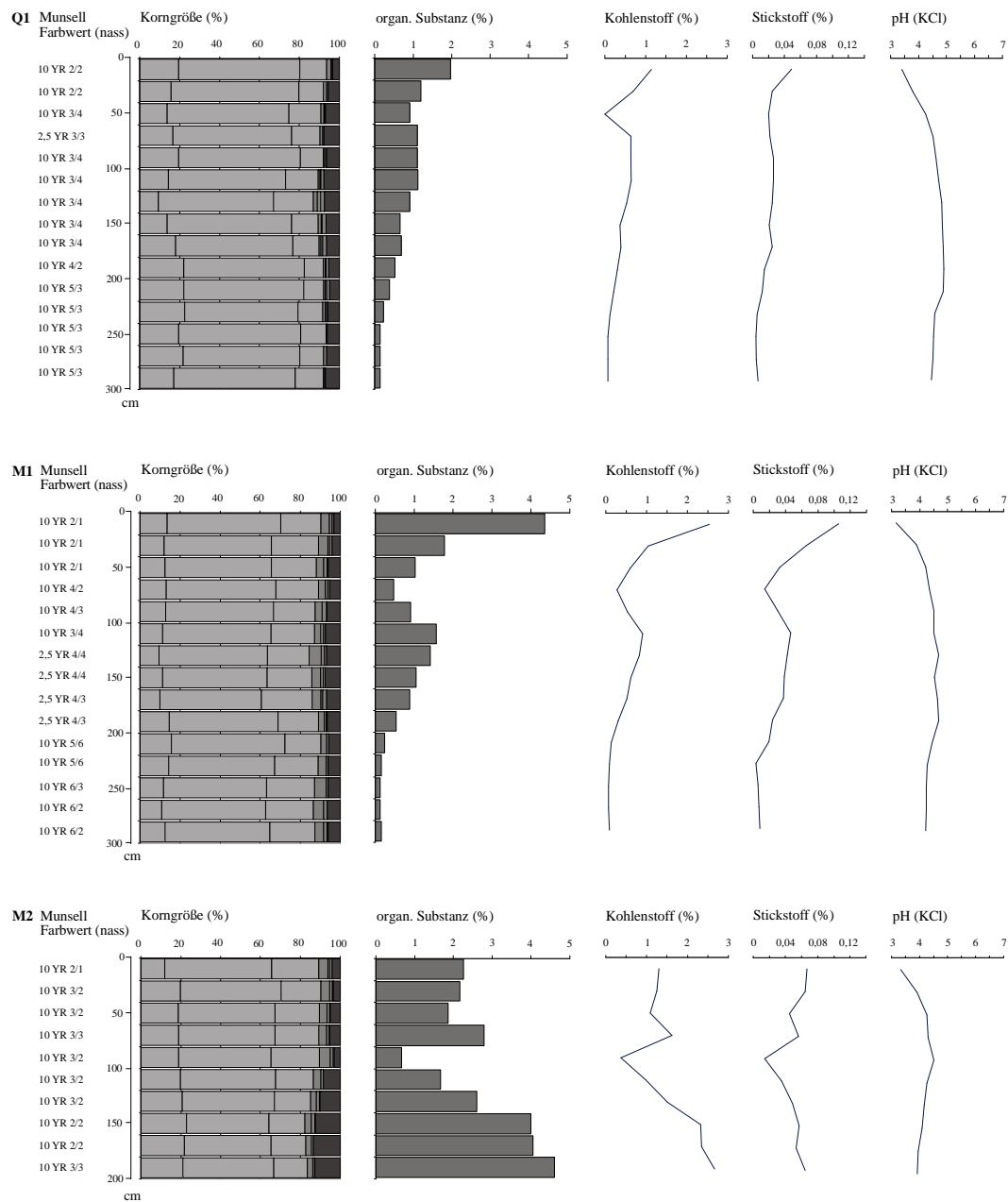


Abb. A1.1c: Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Mbaéré-Tal, 2004 (Q1, M1, M2)

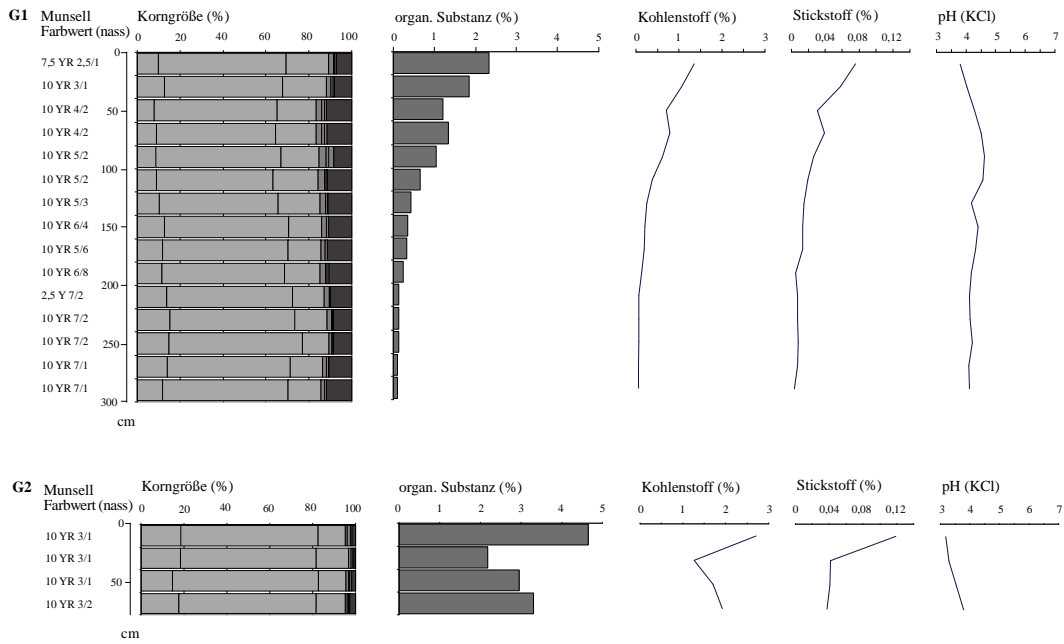


Abb. A1.1d: Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Mbaéré-Tal, 2004 (G1, G2)

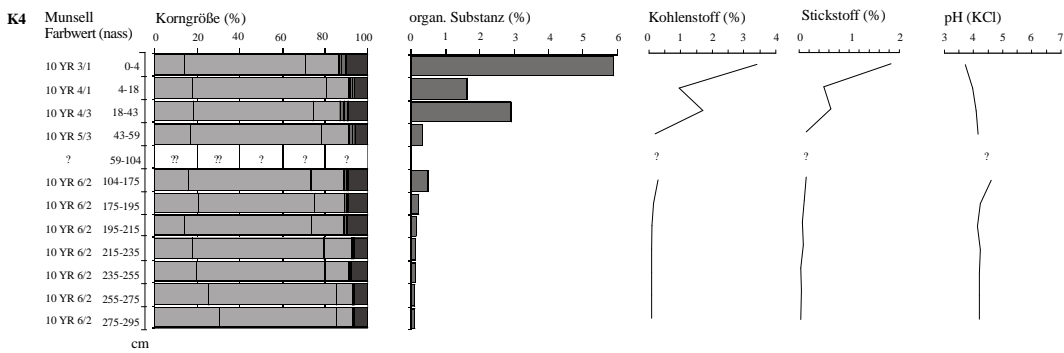


Abb. A1.2a: Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung des Aufschluss-/ Bohrprofils K4, Mbaéré-Tal, 2005

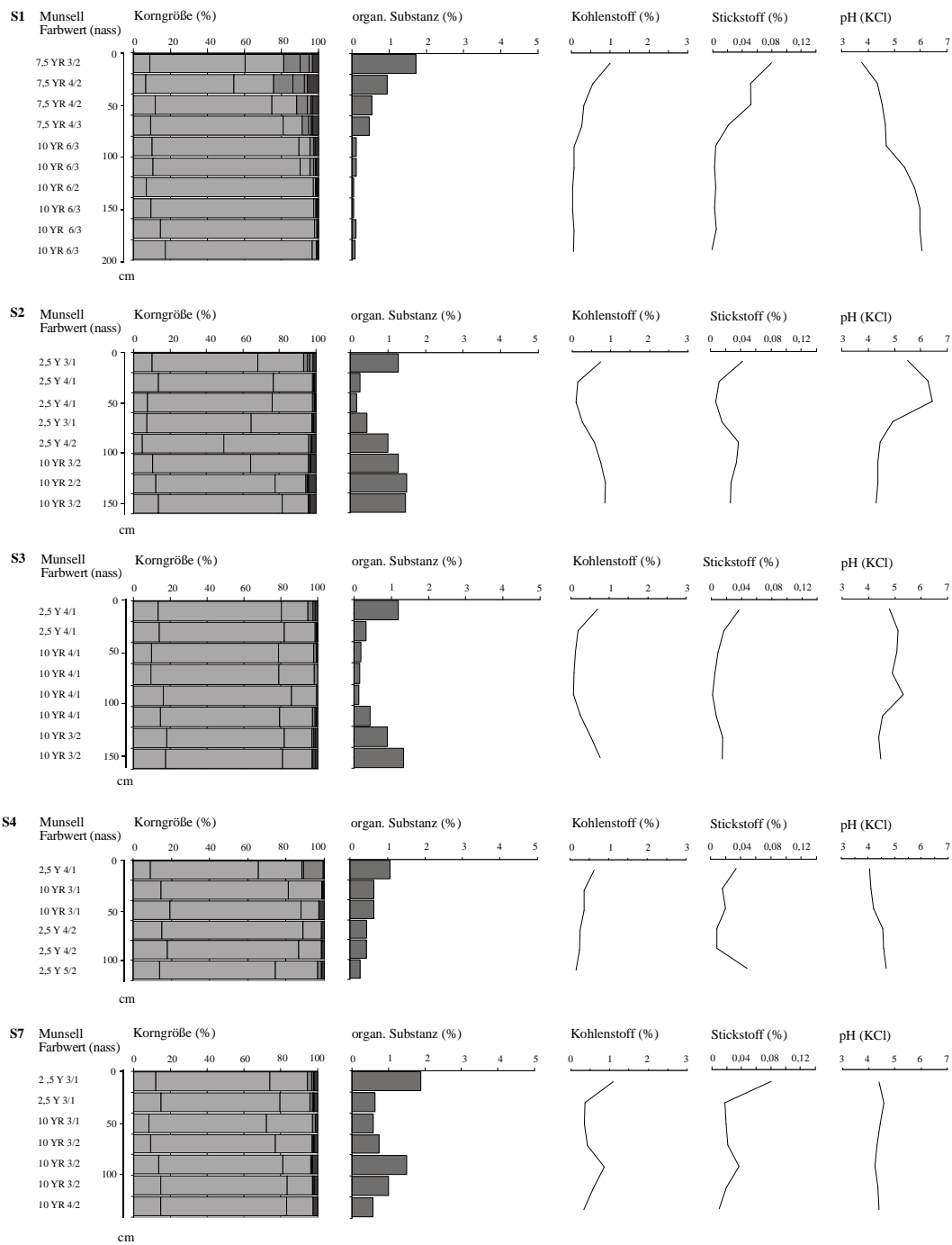


Abb. A2.1a: Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Sadika-Schwemmfächer, 2005 (S1, S2, S3, S4, S7)

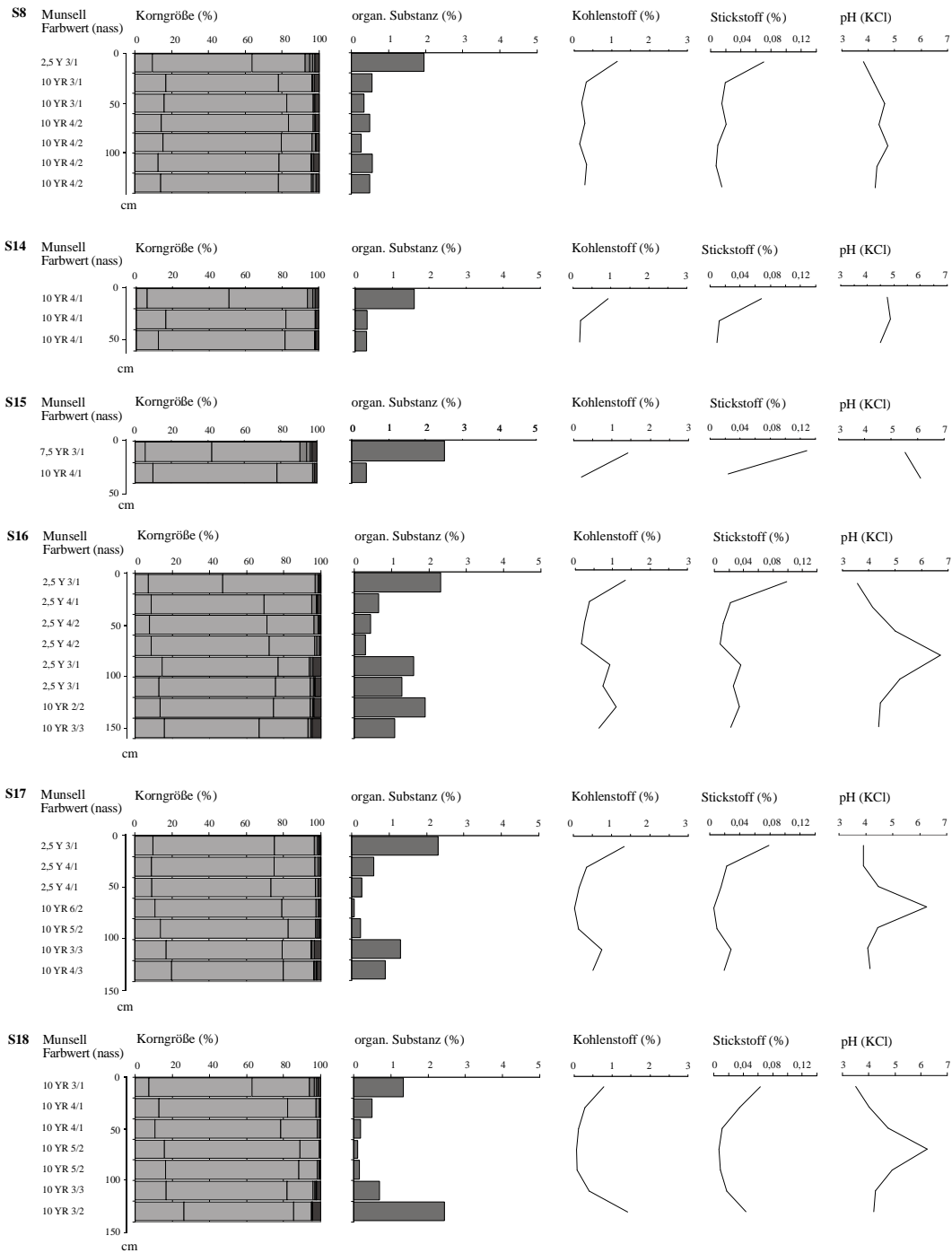


Abb. A2.1b: Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Sadika-Schwemmfächer, 2005 (S14, S15, S16, S17, S18)

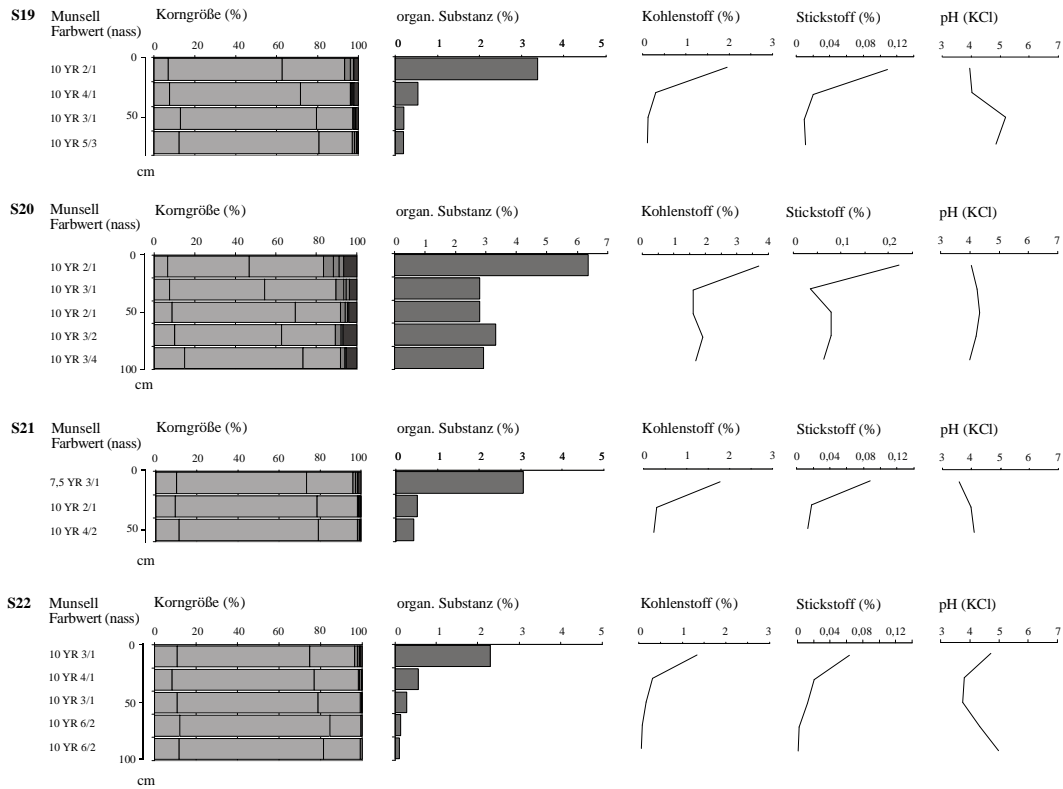


Abb. A2.1c: Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Bohrprofile, Sadika-Schwemmfächer, 2005 (S19, S20, S21, S22)

Aufgrund der überdurchschnittlich hohen Anteile an organischer Substanz/ Kohlenstoff sowie Stickstoff ist bei der graphischen Darstellung der Befunde für S20 eine abweichende Skaleneinteilung zu berücksichtigen.

8. Anhang

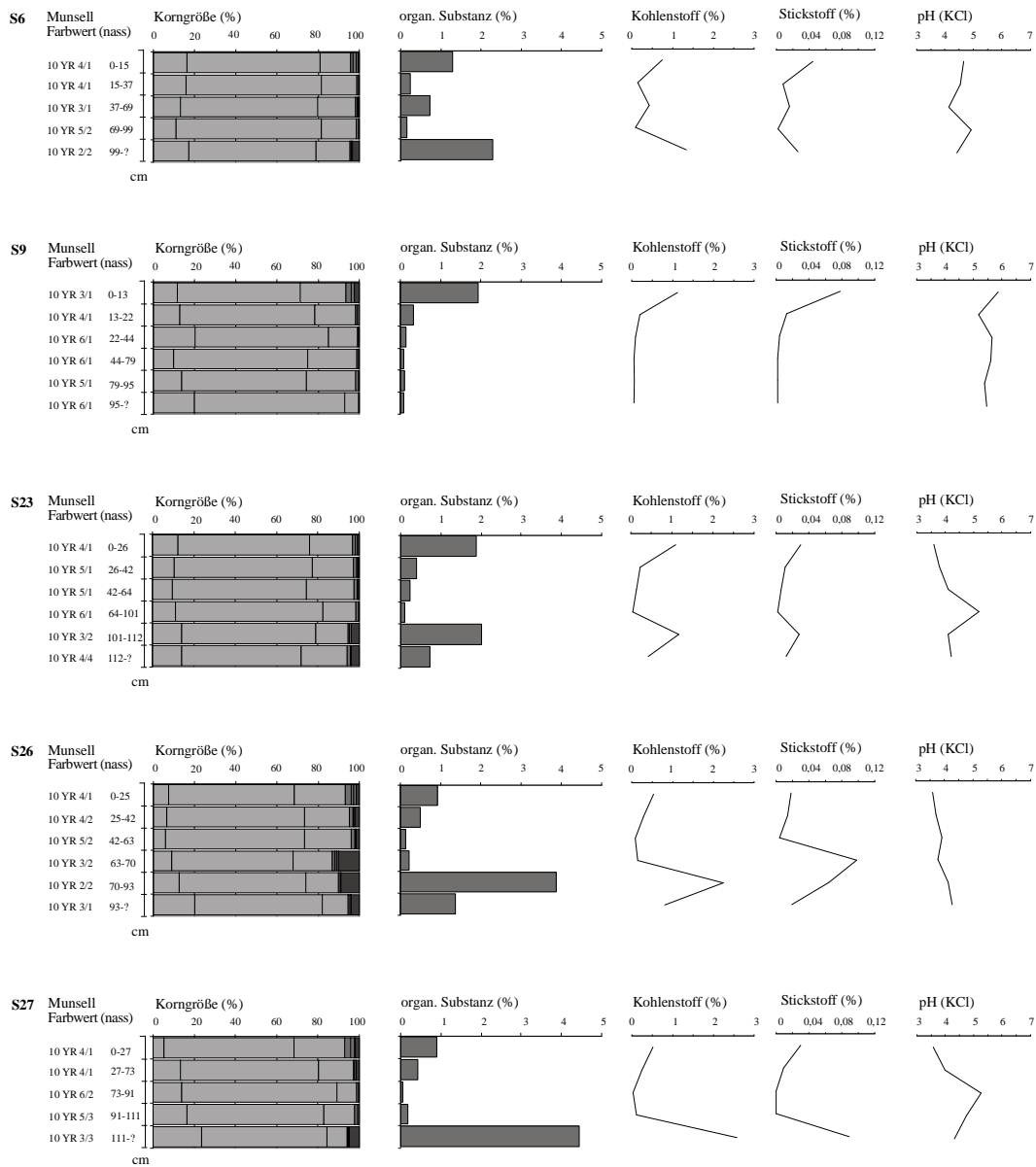
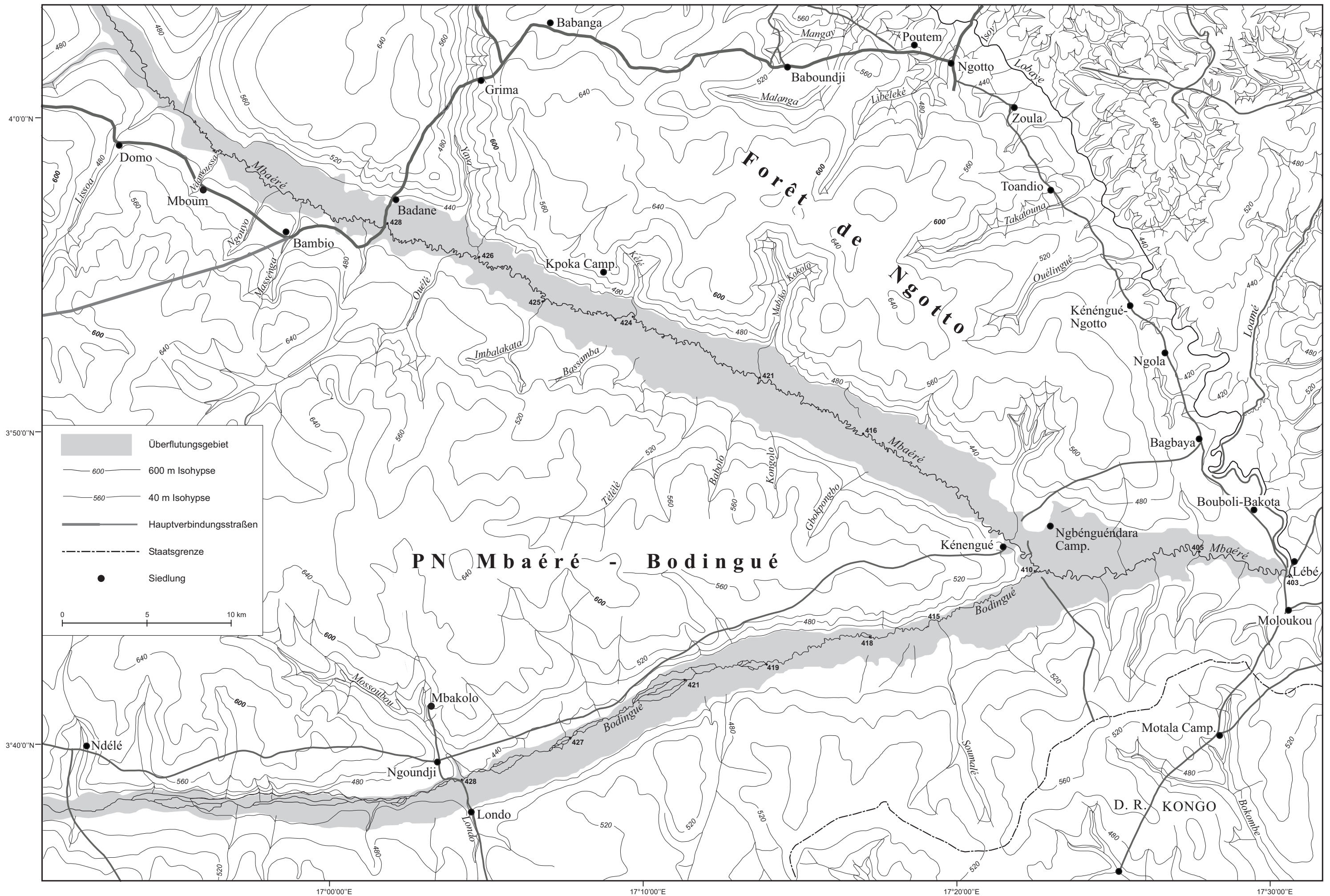
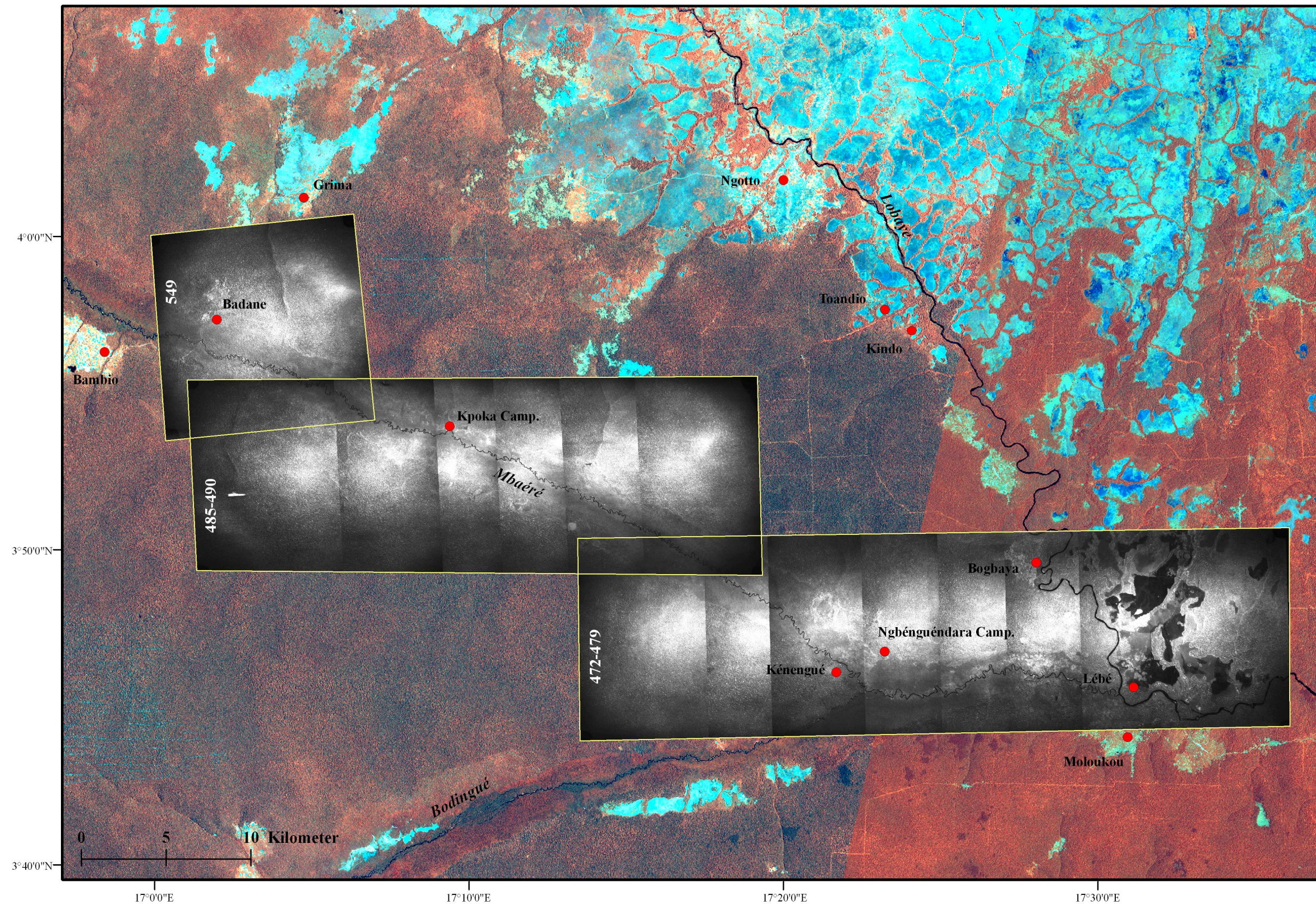


Abb. A2.2a: Bodenphysikalische und bodenchemische Auswertung der Aufschlussprofile, Sadika-Schwemmfächer, 2005 (S6, S9, S23, S26, S27, S27)



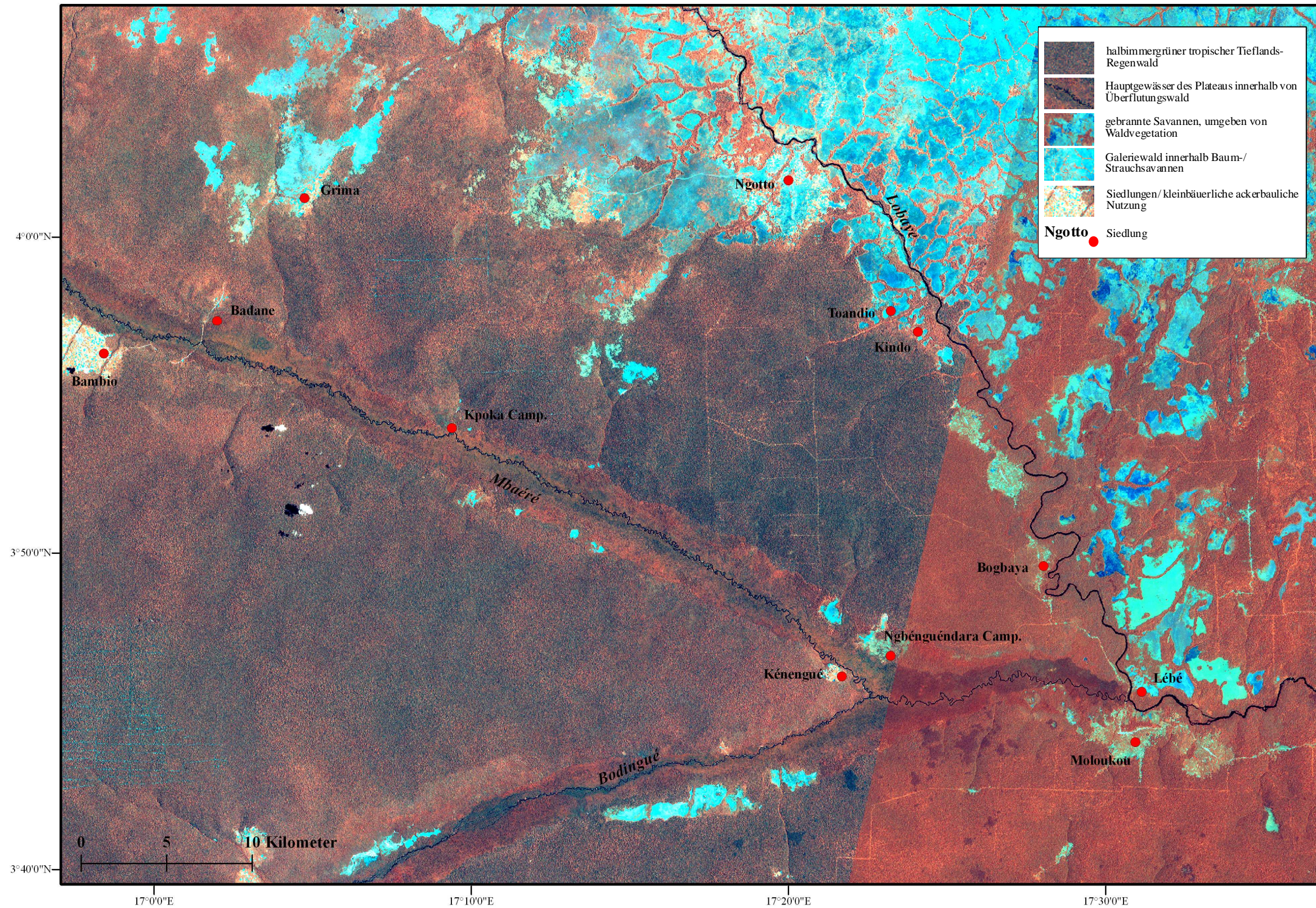
Beilage 1: Untersuchungsgebiet Mbaéré-Tal, Plateau von Gdзи-Carnot

Die auf der Basis kolonialzeitlicher topographischer Karten im Maßstab 1:200.000 erstellte Übersichtskarte zeigt den Mittel- und Unterlauf des Mbaéré auf dem Plateau von Gadzi-Carnot, dessen Talverfüllung während dreier Geländekampagnen zwischen 2004 und 2006 beprobt wurde. Kartierung nach: Institut Géographique National (IGN): Carte de l'Afrique Centrale au 1:200.000, Paris 1961-1968, Blätter: Boda (NB-33-VI, Paris 1961), Gadzi (NB-33-V, Paris 1961) und Mbaïki (NA-33-XXIV, Paris 1968), Kartographie: E. Becker & U. Olbrich.



Beilage 2: Lage der verwendeten Luftbilder

Die von IGN am 04.02.1964 veranlassten Befliegungen generierten die in der Arbeit in Kap. 4.1.2 und 4.2.3 verwendeten panchromatische Luftbilder AE 1963-64 (NA 33 XXIII-XXIV IR) im Maßstab 1:50.000. Sie dienten IGN als Grundlage für die Erstellung topographische Karten gleichen Maßstabs, die inzwischen nicht mehr erhältlich sind. Die seitens IGN herausgegebenen Karten *Fond Planimétrique* und *Carte de l'Afrique Centrale* aus den 60er Jahren im Maßstab 1:200.000 sind gleichfalls auf der Basis dieser (und weiterer) Befliegungen erstellt. Ausschnitte aus den Satellitenszenen 182-57 und 181-57 vom 01.04.2002 bzw. vom 03.03.2000 veranschaulichen die Lage der verwendeten Luftbildaufnahmen. Die Zahlen in der Abbildung verweisen auf die Nummern der Einzelaufnahmen.



Beilage 3: Satellitenszenen, Überblick über das Untersuchungsgebiet

Die mosaikierten Ausschnitte aus den Landsat-ETM+ Szenen 182-57 vom 01.04.2002 und 181-57 vom 03.03.2000 in der Bandkombination 4,5,7 liegen der Satellitenbilddarstellung in Kap. 4.1.3 und 4.2.4 zugrunde. Die unterschiedliche Reflexion zu den verschiedenen Aufnahmezeitpunkten zieht die leichte farbliche Abweichung in der Wiedergabe nach sich. Die Legende bezieht sich auf die Darstellung im westlichen Szenenausschnitt.