

MARBURGER GEOGRAPHISCHE SCHRIFTEN

Herausgeber: W. Andres, E. Buchhofer, G. Mertins
Schriftleiter: A. Pletsch

Sonderdruck aus:
Heft 100

W. Andres/E. Buchhofer/G. Mertins (Hrsg.)

Geographische Forschung in Marburg
– Eine Dokumentation aktueller Arbeitsrichtungen –

Marburg/Lahn 1986

Im Selbstverlag der Marburger Geographischen Gesellschaft e.V.

ISSN 0341-9290
ISBN 3-88353-024-7

Die Klimaentwicklung
In den äquatorialen Breiten Afrikas
im Jungpleistozän

VERSUCH EINES OBERBLICKS
IN ZUSAMMENHANG MIT GELÄNDEARBEITEN IN ZAIRE

J. Preuss

1. Einleitung

Die geowissenschaftliche Erforschung der äquatorialen Breiten Afrikas hat bisher zwei regionale Schwerpunkte: einerseits das Hochland im Osten, in dem zahlreiche geomorphologische, glaziologische und paläoökologische Untersuchungen erfolgten, auf der anderen Seite das Savannen-gebiet im Westen, das vorwiegend in der Umgebung von Kinshasa und Brazzaville untersucht wurde.

Der dazwischen liegende Tieflandsregenwald des inneren Kongo-/Zaire-Beckens wurde von der Forschung bisher weitgehend vernachlässigt. Die Gründe liegen vermutlich in der relativen Unzugänglichkeit des Raumes, aber auch darin, daß keine besonderen Erwartungen wirtschaftlicher wie auch wissenschaftlicher Art bestanden.

Die Teilnahme an einem archäologisch-ethnographischen Forschungsprojekt des Instituts für Ethnologie und Afrika-Studien der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz, unter Leitung von Herrn Prof. Dr. E.W. Müller und Dr. M.K.H. Eggert in den Jahren 1977, 1982 und 1983, finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, ermöglichte es dem Verfasser, geowissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen. In Zaire erfolgten die Arbeiten in Kooperation mit dem Institut des Musées Nationaux du Zaire unter der Leitung des Délégué Général Dr. J. Cornet (1).

Die Interpretation der Befunde setzt die kritische Durchsicht der bereits bestehenden paläoökologischen Erkenntnisse aus den äquatorialen Breiten Afrikas voraus. Diese Aufarbeitung, in Zusammenhang mit kurzgefaßten eigenen Ergebnissen, ist Inhalt der folgenden Ausführungen.

Die berücksichtigte Literatur stammt weitgehend aus den Jahren nach 1950. Der Grund liegt darin, daß erst mit der Entwicklung der ¹⁴C-Methode relativ sichere Datierungen von Sedimenten und Böden möglich wurden. Erst dadurch konnten Befunde korreliert werden, die teils in 2.000-3.000 km Entfernung voneinander gewonnen wurden.

(1) Diesen Personen und Institutionen sowie Frau Dr. E. Sulzmann, Pater Dr. G. Hulstaert MSC, Pater Dr. H. Vinck MSC, Dr. N. Seeuws, Dr. Misago Kanimba, der als Repräsentant des IMNZ an den Reisen von 1977 und 1982 teilnahm, ferner Dr. M.A. Geyh, Dr. E. Roche, den Patres P. Jacobs, K. Lenaerts und M. Paradijs der MSC möchte ich herzlich danken. Zum Erfolg der Arbeiten in Zaire haben Ibenge Mbulakone, Bokuma und Ile Boyaka, Ikenge wesentlich beigetragen.

2. Stand der Forschung in Zentralafrika

Die Zahl der geo- und biowissenschaftlichen Untersuchungen in Zentralafrika ist relativ klein. Relief, Sediment und Böden des inneren Kongo-/Zaire-Beckens sowie die paläoökologischen Rahmenbedingungen, die zu ihrer Bildung geführt haben, sind weitgehend unerforscht. Die Regionen Kinshasa/Brazzaville und Kisangani/Yangambi machen davon eine Ausnahme. Zusammen mit Forschungsergebnissen aus dem ostafrikanischen Hochland und dem Mündungsgebiet des Kongo/Zaire in den Südatlantik ergibt sich dennoch ein Rahmen paläoökologischer Erkenntnisse (s. Abb. 1).

2.1 Das ostafrikanische Hochgebirge

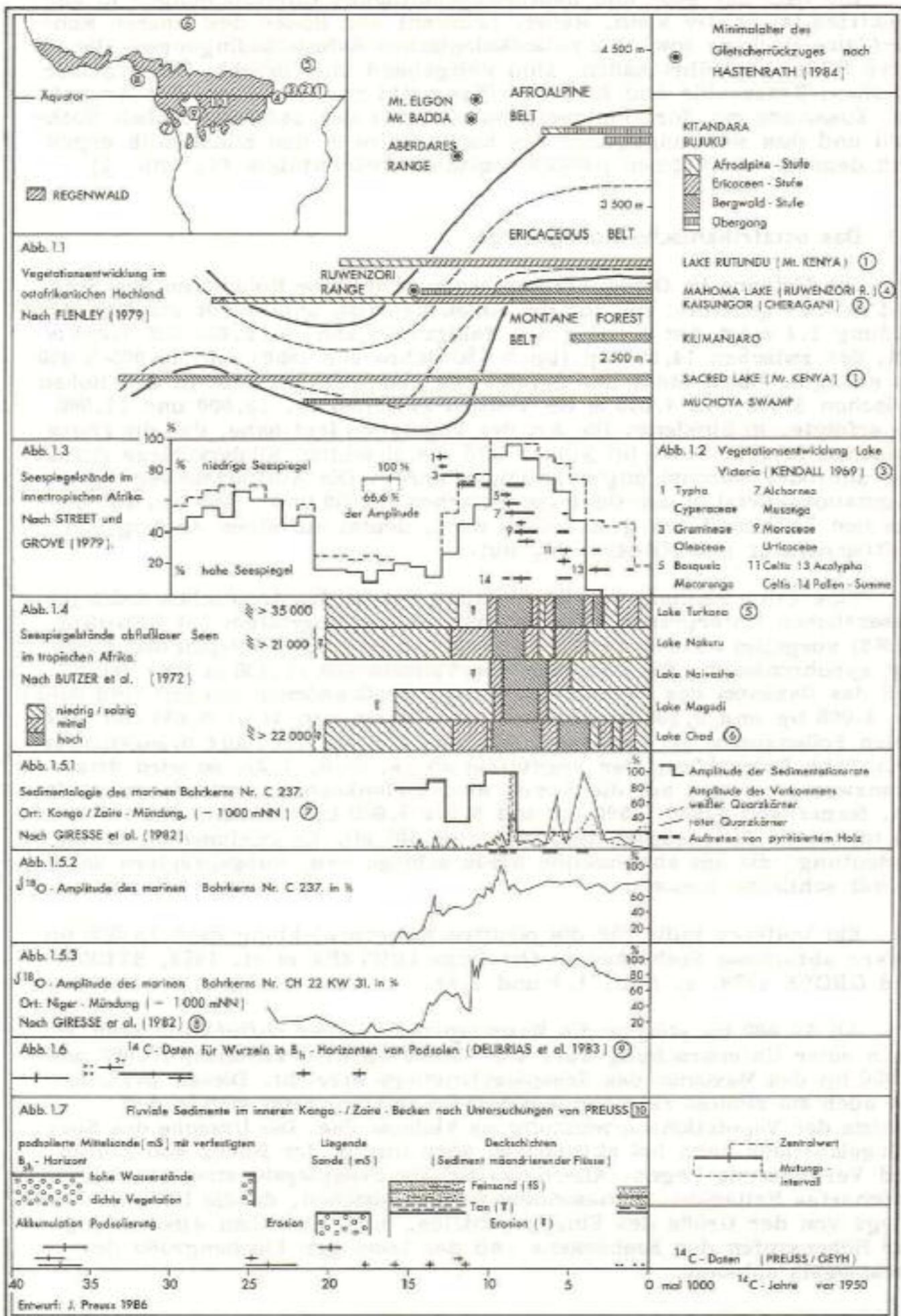
Die Vulkane im Osten Afrikas haben zahlreiche Bohrkerne aus Seen und Mooren geliefert, die auf ihr Pollenspektrum untersucht wurden. Abbildung 1.1 zeigt den Anstieg der Waldgrenze von ca. 2.000 auf 3.000 m NN, der zwischen 14.000 bp (bp = ¹⁴C-Jahre vor 1950) und 10.000-8.000 bp erfolgte. Damit steht der Beginn des Eistrückzuges, der in den Höhen zwischen 3.000 und 4.000 m NN zeitlich zwischen ca. 15.000 und 11.000 bp erfolgte, in Einklang. Die Art der Vegetation legt nahe, daß die Phase zwischen 26.000-14.000 bp kühler und die absoluten Niederschläge geringer und/oder saisonal ungleichmäßiger waren. Die Aufwärtsbewegung der Vegetationsgürtel in den Gebirgen zwischen 15.000 und 8.000 bp, auf die aus den Pollenanalysen geschlossen wird, deutet auf einen Anstieg von Lufttemperatur und Niederschlag hin.

Eine Untersuchung zur Entwicklung der in den tropischen Gebirgen wesentlichen Untergrenze (Trockengrenze) der Vegetation hat KENDALL (1969) vorgelegt. Durch 28 ¹⁴C-Datierungen ist dieses Beispiel besonders gut synchronisiert. Die Bohrung vom Victoria-See (1.130 m NN) zeigt, daß das Maximum des Pollenniederschlags (Pollenkörner pro cm² und Jahr) um 8.000 bp und 5.300 bp erreicht wird. Setzt man 2/3 (66,6%) der maximalen Pollensumme als Grenzwert für eine auf den Standort bezogenen relativ hohe Entwicklung der Vegetation an (s. Abb. 1.2), so wird dieser Grenzwert, bezogen auf die Summe aller Pollenkörner, erstmals um 9.000 bp, ferner von 8.600-7.500 bp und 5.900-5.000 bp erreicht. Nach 5.000 bp nimmt die Pollensumme deutlich unter 50% ab. Es gewinnen Arten an Bedeutung, die auf abnehmende Niederschläge bzw. ausgeprägtere Saisonalität schließen lassen.

Ein weiteres Indiz für die positive Klimaentwicklung nach 15.000 bp liefern abflußlose Seebecken in Ostafrika (BUTZER et al. 1972, STREET und GROVE 1979, s. Abb. 1.3 und 1.4).

Ab 12.000 bp steigen die Wasserspiegel einiger abflußloser Seen an. Nach einer Unterbrechung kurz vor 10.000 bp wird zwischen 10.000 und 8.000 bp das Maximum des Seespiegelanstiegs erreicht. Dieses Maximum, wie auch ein zweites zwischen 6.000 und 4.000 bp, zeigt sich in den Maxima der Vegetationsentwicklung am Victoria-See. Die Ursache des Seespiegelanstiegs kann bei abflußlosen Seen nur in der Bilanz von Zufluß und Verdunstung liegen. Allerdings ist der Seespiegelanstieg an sich ein unscharfes Kriterium, insbesondere bei Vergleichen, da die Höhe des Anstiegs von der Größe des Einzugsgebietes, der räumlichen Ausdehnung der Höhenstufen des Seebeckens und der jeweiligen Flächengröße des Seespiegels abhängt.

Abbildung 1: Indikatoren der Klimaentwicklung im Jungpleistozän und Holozän in den äquatorialen Breiten Afrikas



Da der Anstieg der Vegetationsgürtel im Gebirge auf eine Zunahme der Temperaturen hinweist, sollte auch die Verdunstungsrate zugenommen haben. Folglich sind die erhöhten Seespiegel vorrangig durch erhöhten Zufluß, d.h. durch höhere Niederschläge, zu erklären. Einen direkten Beleg für eine erhöhte Abflußspende des Festlandes bieten Bohrkerne, die vor Flußmündungen aus dem Atlantik gewonnen wurden (s. Abb. 1.5).

2.2 Bohrkerne aus dem südlichen Atlantik

Seit den 50er Jahren sind zahlreiche Bohrkerne aus den Ozeanen geborgen worden, die unter günstigen Umständen sehr vollständige Ablagerungsprofile aufweisen. Diese Kerne sind mit Methoden der Sedimentologie, der Isotopengeophysik und der Geomagnetik untersucht und datiert worden. Von besonderem Interesse ist das Verhältnis der Sauerstoff-Isotope $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$. Als $\delta^{18}\text{O}$ wird die relative Differenz zwischen beiden bezeichnet (BENDER et al. 1985).

Der Einbau der Isotope in die stoffliche Substanz z.B. mariner Organismen, so die der Methode zugrunde liegende Hypothese, erfolgt in Abhängigkeit von den beim Einbau herrschenden Temperaturverhältnissen. Marine, planktonisch lebende Organismen, die nach ihrem Absterben am Meeresboden sedimentiert werden, zeigen damit die Temperatur des Oberflächenwassers an, die zu ihren Lebzeiten herrschte. Auswirkungen auf die $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve hat aber auch die Verdunstung und das Auftreten von Süßwasser im Bereich von Flußmündungen. Die in den Abbildungen 1.5.2 und 1.5.3 als Prozentwerte ihrer Amplitude dargestellten $\delta^{18}\text{O}$ -Kurven (GIRESSE et al. 1982: 807) lassen den globalen Temperaturanstieg im ausgehenden Pleistozän und beginnenden Holozän erkennen. Die Spitze in Abbildung 1.5.2 um 9.300 bp wird als Ergebnis starken Abflusses des Kongo/Zaire gedeutet (GIRESSE et al. 1982: 806). Dafür spricht auch die Zunahme weißer und roter Quarzsandkörner und das Auftreten pyritisierter Hölzer (s. Abb. 1.5.1). Entsprechend kann auch die Spitze um 13.400 bp interpretiert werden (JONES und RUDDIMAN 1982).

Die Kurve in Abbildung 1.5.2 gliedert sich in vier Abschnitte:

1. vor 14.200 bp niedrige $\delta^{18}\text{O}$ -Werte des ausgehenden Pleistozäns nach kalter und trockener Phase
2. 14.200-11.400 bp erster Anstieg mit Abflußspitze um 13.400 bp, mit direkt folgender Verminderung der Sedimentation
3. 11.400- 8.800 bp zweiter Anstieg mit Abflußspitze um 9.300 bp. Maximale Sedimentationsrate im Delta. Quarzsandkörner, Holz. Direkt folgend, Minimum der Sedimentationsrate (s. Abb. 1.5.1).
4. 8.800- heute um $70 \pm 10\%$ schwankender $\delta^{18}\text{O}$ -Wert. Gegen 6.000 und 4.000 bp ist aus dem Auftreten von weißen und roten Quarzsanden (Abb. 1.5.1) im Kongo-/Zaire-Delta, auf Abtragung im Einzugsgebiet des Stromes zu schließen.

Der zweite Kern (CH 22 KW 31) wurde vor der Niger-Mündung, ebenfalls aus ca. 1.000 m Wassertiefe, geborgen.

Der Kern beginnt gegen 24.000 bp mit relativ hohen $\delta^{18}O$ -Werten (40%). Das Minimum wird gegen 18.500 bp erreicht. Danach, synchron mit C 237, folgt das Ende des ersten Abschnitts gegen 14.200 bp. Der zweite Abschnitt endet 11.200 bp, eine Abflußspitze wie bei Kern C 237 um 13.400 bp ist nicht erkennbar. Nach 11.200 bp folgt ein abrupter Amplitudenaus-schlag. Gleichbleibende Werte über 90% stellen sich von 10.600-3.500 bp ein. Danach fallen sie auf ca. 70% der Amplitude ab.

Probleme der in den Abbildungen 1.5.2 und 1.5.3 dargestellten Kur-ven liegen in ihrer Datierung, Synchronisation und Interpretation. Trotz extrem hoher Sedimentmächtigkeit liegen die ^{14}C -Datierungen z.B. bei Abb. 1.5.3 zwischen 10.580 ± 650 bp und 11.200 ± 650 bp innerhalb des gleichen Mutungsintervalls. Die Proben könnten also, obwohl durch 390 cm Sediment getrennt, gleich alt sein.

Die sedimentologischen Angaben zu Kern C 237 erlauben die Abschät-zung der Altersverschiebung durch Kontamination mit fossilen Hölzern auf der Grundlage von GEYH (1983: 34). Sie beläuft sich auf ca. 700 Jahre für den Fall der 9.300 bp-Abflußspitze. Entgegen GIRESE et al. (1982) wurde die in ihrem Zentralwert inverse Datierung (Gif 5197) nicht berücksichtigt. Daraus ergibt sich eine Korrektur der Synchronisation des Profils in Ab-bildung 1.5.2 von ca. 1.000 ^{14}C -Jahren.

Ein weiteres Synchronisationsproblem tritt hinzu: Konventionelle ^{14}C -Alter mariner Sedimente scheinen im allgemeinen um bis zu 2.000 Jahre zu groß zu sein (GEYH 1983: 114). Dabei stellt das Alter des oberflächenna-hen Meerwassers mit 400 bis 600 ^{14}C -Jahren ein Minimum der Altersver-schiebung dar.

2.3 Erkenntnisse aus dem Kongo-/Zaire-Becken

Nach älteren Arbeiten (Zusammenfassung: CAHEN, L. 1954: 333 f) wurden in den 50er und 60er Jahren von den folgenden Autoren Untersu-chungen zur pleistozänen Entwicklung des Kongo-/Zaire-Beckens vorge-legt: (De HEINZELIN 1952, Van ZINDEREN BAKKER und CLARK 1962, HOWELL und CLARK 1964, CLARK 1968, DE PLOEY 1963, DE PLOEY und Van MOORSEL 1966, Van MOORSEL 1968). Mit Methoden der Geomorpholo-gie, Sedimentologie und Bodenkunde sowie Palynologie wurden Deckschich-tenprofile untersucht und beschrieben. Die zeitliche Zuordnung erfolgte relativ-chronologisch oder unter Zuhilfenahme einer kombinierten archäolo-gischen, palynologischen und ^{14}C -Stratigraphie.

Besonders von CLARK wurde diese Datierungsmethode in der Lunda-Region (NE-Angola) eingesetzt. Die Ergebnisse werden nachfolgend refe-riert.

Der Boden des Luembe-Tales bei Mufo wird nach Van ZINDEREN BAKKER und CLARK (1962) von einer etwa 4 m mächtigen Terrasse eingenommen (± 4 m Flats-Terrace). Sie gliedert sich in einen Schotterkörper von maxi-mal 3,5 m Mächtigkeit und ca. 1 m Decksediment. ^{14}C -Datierungen des Schotterkörpers ergaben an Holz und Torf Alter von größer 34.000 bp und 38.000 ± 2.500 bp. Eine Probe aus den oberen 0,5 Metern wurde auf 14.503 ± 560 bp datiert. Innerhalb des Schotterkörpers auftretende Artefakte ge-

hören typologisch dem Upper- bzw. Lower Lupemban an. Sie müssen älter als das Sediment sein, in dem sie enthalten sind.

Das Decksediment ist jünger als 11.189 ± 490 bp. Es enthält Artefakte des Tshitolian, für das in Lunda Datierungen zwischen 12.970 ± 250 bp und 4.700 ± 100 bp vorliegen. Eine an organischem Material reiche Tonlage des Decksediments ergab ein Alter von 6.830 ± 120 bp.

Jüngere, holozäne Deckschichtenprofile liegen aus kleineren Nebentälern der Lunda-Region vor (CLARK 1968: 134 f). Sie sind in die Äquivalente der älter 14.503 ± 560 bp datierten Terrassenschotter eingetieft. Die Sedimente dieser Erosionsphase enthalten durchbohrte Steinartefakte (Upper Tshitolian), die jünger als 7.000 bp sind. Die nachfolgende Aufschüttungsphase mit feinkörnigen Sedimenten (Ton, Sand) und organischen Lagen wird bereits durch eisenzeitliche Relikte gekennzeichnet. Neben diesen treten mehr oder weniger ungegliederte orange, gelbe, rote oder braune Sedimente auf, die als Kolluvien gedeutet werden. Datierungen haben Alter von 1.880 ± 80 bp bis 880 ± 80 bp ergeben. Ihre Mächtigkeit beträgt 2-4 m.

Der zwischen 14.000 und 40.500 bp datierte Schotterkörper wird randlich von Hangsedimenten überschüttet, die Artefakte und Holzkohle enthalten. Stratigraphische Gliederungen haben LEPERSONNE (1937), CLARK (s.o.), DE PLOEY (1963) und Van MOORSEL (1968) versucht. CAHEN, D. und MOEYERSONS (1977) haben diese Ergebnisse in Frage gestellt. Sie konnten mit archäologischen Methoden und sedimentologischen Laborexperimenten belegen, daß in den Hangsedimenten Grobmaterial abwärtsgerichtete Vertikalbewegungen ausführen kann. So wiesen vom gleichen Kern stammende Abschläge vertikale Abstände von bis zu einem Meter auf. Durch Experimente konnte gezeigt werden, daß solche Vertikalbewegungen als Folge von Befeuchtungs- und Austrocknungsvorgängen erfolgen können. In der Natur treten möglicherweise noch Einflüsse der Bodenfauna hinzu. Das Mindestalter der Hangsedimente wird durch die obere Datierung der Schotterterrasse auf kleiner 14.000 bp festgelegt. Das Höchstalter ergibt sich in Kinshasa aus der Überlagerung von datierten Auensedimenten und Podsolen, die älter als 30.000 bp sind.

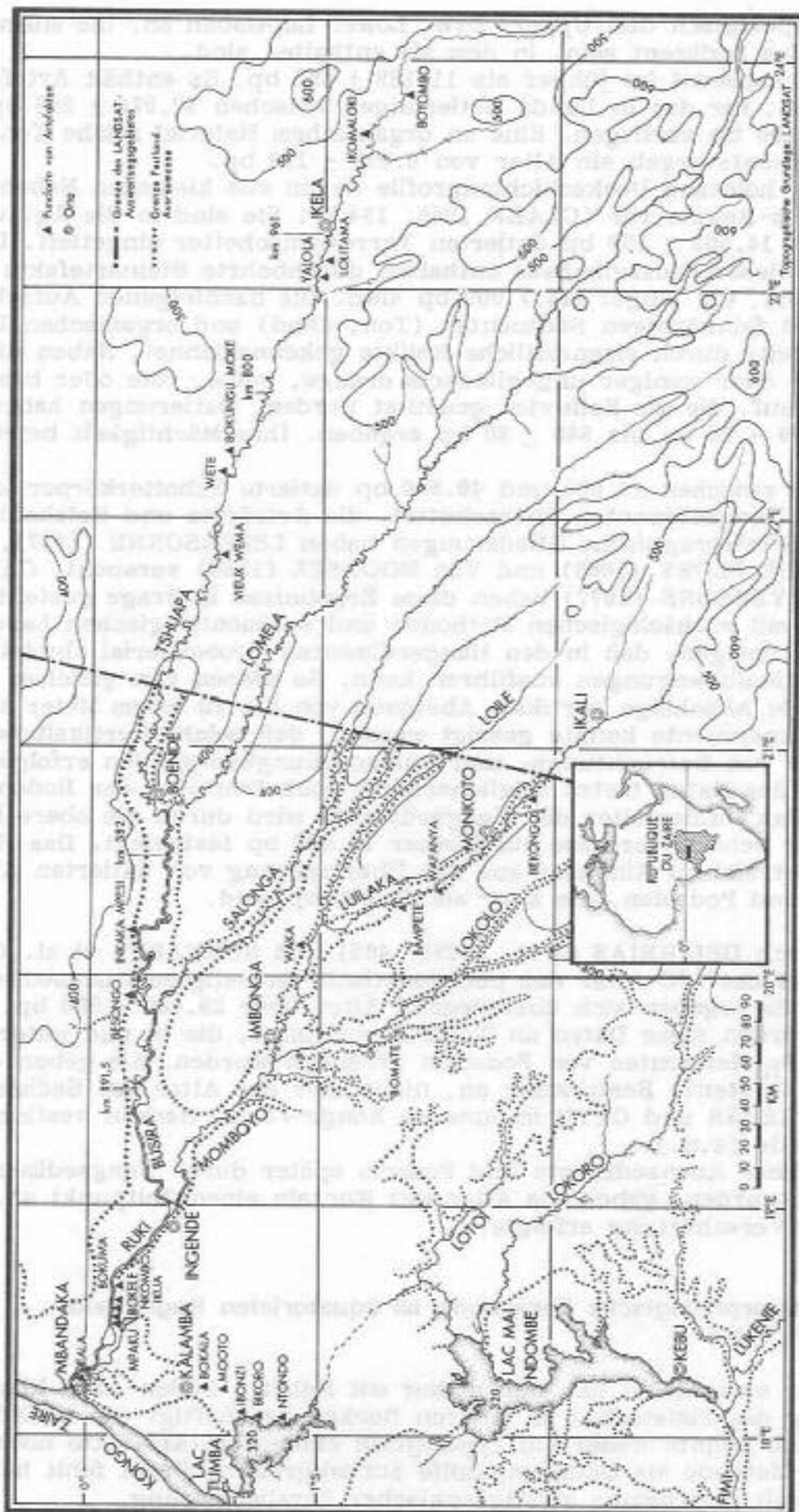
Durch DELIBRIAS et al. (1983: 465) und SCHWARTZ et al. (1985: 893) wird das ^{14}C -Alter des pedogenetisch verfestigten Auensediments bestätigt. Es ergeben sich überwiegend Alter über 29.400 ± 800 bp. Allerdings wurden diese Daten an Wurzeln gewonnen, die in und unter verfestigten B_h -Horizonten von Podsolen gefunden wurden. Sie geben das Alter der (ersten?) Bestockung an, nicht aber das Alter des Sediments, das durch PREUSS und GEYH im inneren Kongo-/Zaire-Becken bestimmt werden konnte (s.u.).

Soweit diese Auensedimente und Podsole später durch Hangsedimente überschüttet wurden, geben die Alter der Wurzeln einen Zeitpunkt an, nach dem die Verschüttung erfolgte.

3. Geomorphologische Forschung im äquatorialen Regenwald von Zaire

Nur eine Arbeit hat sich bisher mit Relief-, Boden- und Klimaentwicklung des Pleistozäns im inneren Becken beschäftigt (de HEINZELIN 1952). Sie konnte weder auf typologisch eindeutige Artefakte noch auf die ^{14}C -Methode als Datierungshilfe zurückgreifen. Damit fehlt heute die Möglichkeit gesicherter stratigraphischer Parallelisierung.

Abbildung 2: Übersichtskarte des Arbeitsgebietes im Einzugsgebiet des Ruki, inneres Kongo-/Zaire-Becken



3.1 Die zentralen Teile des inneren Kongo-/Zaire-Beckens

Die zentralen Teile des inneren Kongo-/Zaire-Beckens werden durch den Gegensatz von 20-30, randlich auch 50 m hohen Festlandgebieten und jahreszeitlich überschwemmten Ausraumzonen, mit Flüssen, Sümpfen und Überschwemmungswäldern, bestimmt (s. Abb. 2). Vom westlichen Ufer des Kongo/Zaire erstreckt sich ca. 250 km weit ein flaches Gebiet mit mehr als 90% Sumpf- und Überschwemmungswäldern. Es gehört überwiegend zum Staatsgebiet der Volksrepublik Kongo. Auf der Ostseite des Flusses, im Umkreis von ca. 200 km um Mbandaka, ist das Verhältnis von Festlandgebieten und Ausraumzonen etwa gleich groß. Weiter im Osten gewinnt das Festland flächenmäßig an Bedeutung, die Täler und Talböden werden schmaler, die Talhänge höher, die Basisdistanz nimmt zu.

Vorteilhaft für geomorphologisch-paläoökologisch orientierte Untersuchungen ist die Tatsache, daß das Einzugsgebiet des Ruki keine Beziehungen zum ostafrikanischen Hochland aufweist. Ein weiterer Vorteil ist, daß die höchsten Erhebungen im Einzugsgebiet 800 m NN kaum übersteigen. Da die Mündung bei Mbandaka in etwa 325 m NN liegt, muß der Ruki bzw. Bursira oder Tshuapa, wie er weiter östlich benannt ist, nur etwa 500 Höhenmeter überwinden. Daraus folgt, daß die Höhenunterschiede im Einzugsgebiet eine untergeordnete Rolle im Rahmen von Klimaänderungen gespielt haben werden. Ein letzter Vorteil ist, daß das Einzugsgebiet des Ruki in kleinere Einzugsgebiete unterteilt werden kann, die unterschiedliche Rahmenbedingungen aufweisen. Nachfolgend sollen eigene Forschungsergebnisse aus dem Einzugsgebiet des Ruki kurzgefaßt dargestellt werden, die sich auf den Zeitraum des Jungpleistozäns beziehen.

3.2 Ergebnisse der Erforschung jungpleistozäner Sedimente im Einzugsgebiet des Ruki

Die Ergebnisse der Untersuchungen in Ausraumzonen im Einzugsgebiet des Ruki werden in Abbildung 1.7 dargestellt und den bisherigen Befunden gegenübergestellt. Wie Abbildung 1.7 und Tabelle 1 zeigen, können die Sedimente der Ausraumzonen in drei große Einheiten gegliedert werden.

3.2.1

Ein durch verfestigte B_{sh} -Horizonte gekennzeichnetes, teils knapp über der Hochwassergrenze gelegenes älteres Niveau. Es wird vorwiegend aus Mittelsanden (mS) aufgebaut und enthält häufig organisches Material wie Laubschichten und Holz. Am Luilaka wurden auf diesen Standorten Vegetationstypen mit xeromorphem Habitus beobachtet, der aber vermutlich ebenso auf Nährstoffmangel zurückzuführen ist, wie die Ausprägung der Vegetation auf mächtigen organischen Sedimenten am Lokolo. Die Aufschüttung der Mittelsande ist entsprechend den vorliegenden Datierungen, mit einer Ausnahme, zwischen 42.000 bp und 35.000 bp erfolgt. Das Alter der Probe, das jüngste Datum für die Bildung dieser stratigraphischen Einheit, ist 24.860 ± 290 bp. Am südlichen Rand des Kongo-/Zaire-Beckens wurde die Besiedlung dieser Sedimente durch die Vegetation mit der ^{14}C -Datierung von Wurzeln bestimmt. Es ergaben sich Werte von größer 35.000 bp bis etwa 29.000 bp (DELIBRIAS et al. 1983: 465,

SCHWARTZ et al. 1985: 893). Ferner liegen zwei ^{14}C -Daten für die Durchwurzelung von B_h -Horizonten zwischen 22.000 bp und 18.000 bp vor (DELIBRIAS et al. 1983: 465).

So ist erstens anzunehmen, daß die Sande, die nachfolgend von ihrer Oberfläche her der Auswaschung und Podsolierung unterlagen in mindestens zwei Phasen aufgeschüttet wurden. Zwischengeschaltet waren zweitens Abschnitte mit verdichteter Vegetation und vorherrschenden hohen Wasserständen. Diese zweite Annahme fußt auf der Beobachtung, daß in den Überschwemmungswäldern, als Folge der hohen Wasserstände und der dadurch verminderten Zersetzungsrate des organischen Materials beträchtliche Rohhumuslagen vorhanden sind. Gleichzeitig werden niedrige pH-Werte festgestellt.

3.2.2

Die zweite Einheit wird durch Sedimente gebildet, die in den Flußauen unter 2-3 m mächtigen Deckschichten erbohrt wurden. Diese liegenden Mittelsande können nur durch Einschneidung der Flüsse in das Niveau der podsolierten Mittelsande ihre heutige Lage erreicht haben. Der Sachverhalt wird in Abbildung 3 dargestellt. Das schematisierte Profil aus Imbonga/Momboyo zeigt auf der linken Seite das Festland mit einem ferrallitischen Bodenprofil. Die Ausraumzone läßt drei sedimentologische Einheiten erkennen: das Niveau der podsolierten Sande, das knapp über die Hochwassergrenze reicht; in dieses eingeschnitten die liegenden Mittelsande und im Hangenden darüber die Deckschichten. Durch Abbildung 3 und Abbildung 1.7 wird deutlich, daß die liegenden Mittelsande sowohl erodierte Schichten des älteren Niveaus als auch eine grobe Fazies der Ablagerungen mäandrierender Flüsse sein könnten. Die Ausgliederung einer eigenen sedimentologischen Einheit stützt sich auf zwei ^{14}C -Datierungen und die palynologische Analyse dieses organischen Materials. Die Datierungen haben Alter von 19.920 ± 765 bp (Hv 12945) bei Imbonga/Momboyo ergeben und 17.735 ± 135 bp (Hv 11776) in Bokuma-Isoku/Ruki. Die Pollenanalyse belegt offenere Vegetationsgesellschaften. Die tiefe Lage des organischen Sediments in Bokuma-Isoku (4,1-5,3 m unter GOF) läßt vermuten, daß der Erosionsphase Akkumulation folgte.

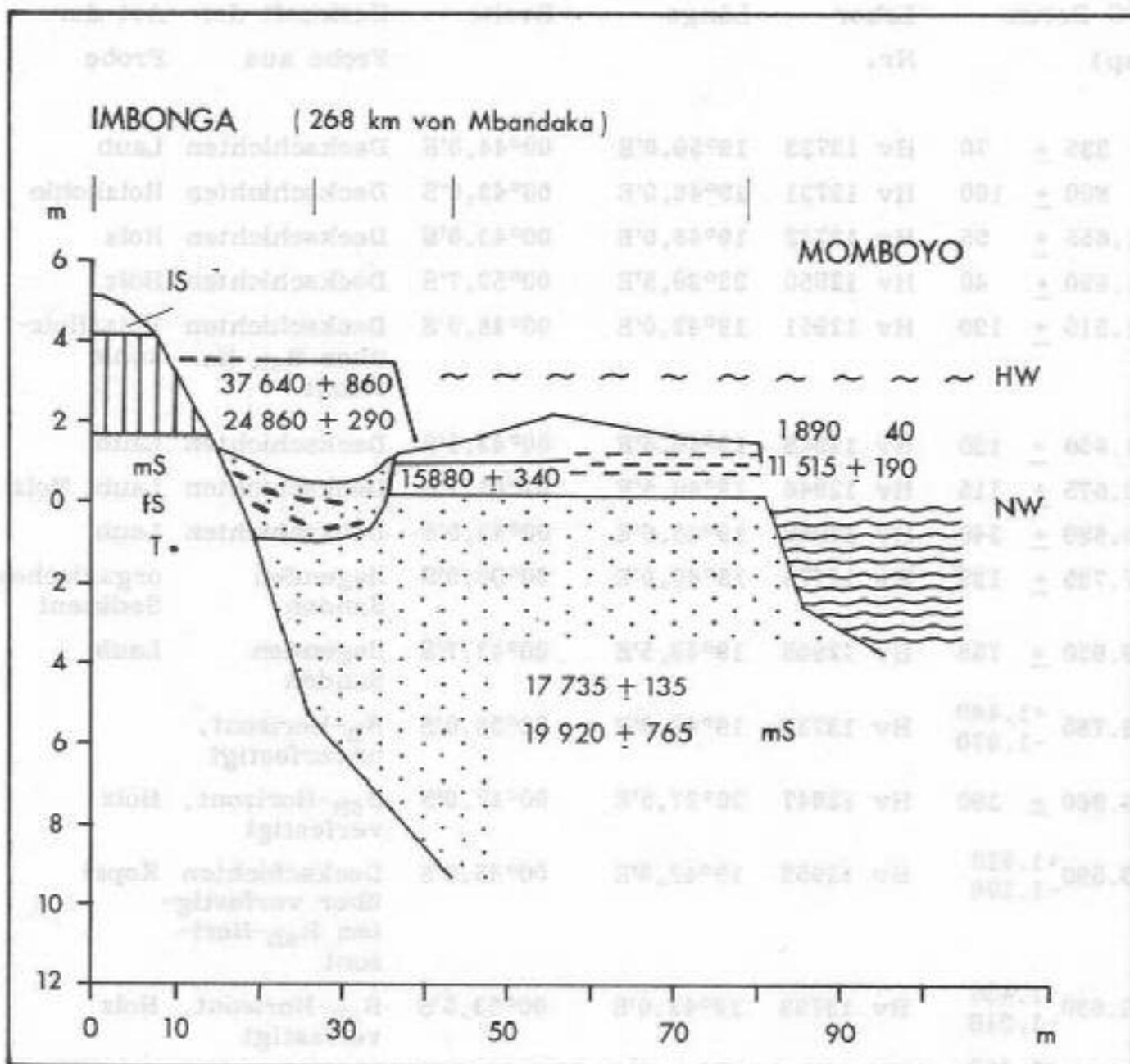
Ein weiteres Argument für die Ausgliederung der sedimentologischen Einheit der liegenden Mittelsande ist die Tatsache, daß Deckschichten über unverfestigten Mittelsanden bisher immer jünger sind als die beiden o.a. Daten. Das schließt eine fazielle Differenzierung aus, denn sonst müßte es ältere Deckschichten im Hangenden bzw. jüngere Mittelsande im Liegenden geben. Beim jetzigen Stand der Kenntnis erscheint es mir jedenfalls sinnvoll, von getrennten Einheiten auszugehen. Zeitlich muß die Erosionsphase nach 24.860 ± 290 bp und vor 19.920 ± 765 bp angenommen werden. Beobachtungen vom Lokolo, einem linken Nebenfluß des Momboyo, lassen allerdings erkennen, daß in diesem kleinen Einzugsgebiet, das kaum über 400 m NN hinausgreift, die Einschneidungs- und Ausräumungsphase fehlt.

Daher muß angenommen werden, daß die Einschneidung lediglich in den Ausraumzonen der großen Flüsse erfolgte, weil wohl nur diese in der, auch am Ruki und Momboyo durch palynologische Untersuchungen belegten trockeneren klimatischen Phase, veränderter fluvialer Geomorphodynamik unterlegen haben. Der Beginn dieser klimatischen Phase und der Sedimentation der liegenden Sande muß zwischen 24.860 ± 290 und 19.920 ± 765 bp angenommen werden, ihr Ende zwischen 17.735 ± 135 und 15.880 ± 340 bp.

Tabelle 1: ^{14}C -Daten fluvialer Sedimente aus den Ausraumzonen des inneren Kongo-/Zaire-Beckens

^{14}C -Datum (bp)	Labor Nr.	Länge	Breite	Herkunft der Probe aus	Art der Probe
335 \pm 70	Hv 13733	19°50,0'E	00°44,0'S	Deckschichten	Laub
800 \pm 160	Hv 13731	19°46,0'E	00°43,0'S	Deckschichten	Holzkohle
1.655 \pm 55	Hv 13732	19°46,0'E	00°43,0'S	Deckschichten	Holz
1.890 \pm 40	Hv 12950	22°39,5'E	00°52,7'S	Deckschichten	Holz
11.515 \pm 190	Hv 12951	19°42,0'E	00°48,0'S	Deckschichten über B _{sh} -Horizont	Holz/Holzkohle
11.850 \pm 130	Hv 12949	19°46,5'E	00°43,5'S	Deckschichten	Laub
13.675 \pm 115	Hv 12946	19°40,5'E	01°01,7'S	Deckschichten	Laub, Holz
15.880 \pm 340	Hv 12948	19°43,0'E	00°43,0'S	Deckschichten	Laub
17.735 \pm 135	Hv 11776	18°40,0'E	00°05,0'S	liegenden Sanden	organisches Sediment
19.920 \pm 765	Hv 12945	19°43,5'E	00°42,7'S	liegenden Sanden	Laub
23.785 \pm 1.460 -1.970	Hv 13730	19°42,0'E	00°58,0'S	B _h -Horizont, unverfestigt	
24.860 \pm 290	Hv 12947	20°27,5'E	00°17,0'S	B _{sh} -Horizont, verfestigt	Holz
30.590 \pm 1.520 -1.200	Hv 12952	19°42,0'E	00°48,0'S	Deckschichten über verfestigtem B _{sh} -Horizont	Kopal
36.690 \pm 1.430 -1.210	Hv 13728	19°42,0'E	00°53,5'S	B _{sh} -Horizont, verfestigt	Holz
36.870 \pm 1.460 -1.230	Hv 13735	20°3 μ ,3'E	00°17,7'S	B _{sh} -Horizont, verfestigt	Holz
37.640 \pm 860	Hv 12944	20°20,5'E	01°21,5'S	mS unter B _{sh} -Horizont, verfestigt	Laub
42.230 \pm 2.870 -2.105	Hv 13736	20°31,3'E	00°17,7's	B _{sh} -Horizont, verfestigt	Kopal

Abbildung 3: Querprofil durch die rechte Hälfte der Aue des Momboyo bei Imbonga (s. Text)



3.2.3

Die dritte Einheit umfaßt die Deckschichten über den liegenden Mittelsanden. Nach den vorliegenden Daten hat ihre Aufschüttung gegen 16.000 bp begonnen und gegen 11.500 bp geendet. Gradierte Schichtungen der tonigen, schluffigen und feinsandigen Sedimente deuten auf die Ablagerung durch mäandrierenden Flüsse hin. Mittelsande traten an der Basis der Profile auf (liegende Sande).

Verglichen mit anderen, in Abbildung 1 dargestellten Klimaindikatoren liegt der Beginn der Sedimentation der Deckschichten mit ca. 16.000 bp relativ früh. Gute Übereinstimmung besteht mit der Verschiebung der Grenze zwischen der Afroalpinen-Höhenstufe und der Ericaceen-Stufe sowie mit den Minimalaltern des Gletscherrückzuges (s. Abb. 1.1). Letztlich

sind aus Abbildung 1 aber doch nur Tendenzen der Klimaentwicklung abzulesen, da ein sehr heterogenes Datenmaterial die Grundlage bildet. Mit Ausnahme der Abbildungen 1.2, 1.6 und 1.7 dürfte die Genauigkeit der Darstellung bei ca. 2.000 Jahren liegen.

Das frühe Datum für den Beginn der Sedimentation der Decksedimente findet eine gewisse Bestätigung durch die Pollenanalyse der oberen Hälfte des organischen Materials von Probe Hv 11776 (E. ROCHE, Tervuren). Nach 17.735 ± 135 bp ist nämlich bereits wieder die Verdichtung der Vegetation festgestellt worden.

Nach 11.515 ± 190 bp folgt eine Datenlücke bis etwa 2.000 bp. Sie geht sicherlich zum Teil darauf zurück, daß bisher überwiegend Datierungen von basalen Schichten der Profile vorliegen, um damit zunächst die stratigraphischen Einheiten gegeneinander abzugrenzen. Setzt man die mittlere Sedimentationsrate der letzten 2.000 Jahre von $65,6 \pm 3,3$ cm/1.000 Jahre an, für deren Berechnung ich Herrn Prof. Dr. M.A. GEYH, Hannover, zu danken habe, so wäre die Akkumulation vieler Deckschichtenprofile bis etwa 8.000 bp abgeschlossen gewesen.

Andererseits könnte es sich bei der Datierungslücke um Schichten handeln, die nicht am Flußufer aufgeschlossen waren. Dafür kommen z.B. die Sedimente in den Altwasserarmen in Frage. Aus den Abbildungen 1.5.1 und 1.5.2 ergibt sich, unter Berücksichtigung des bestehenden Erklärungsbedarfs, die folgende plausible Hypothese, deren Prüfung allerdings aussteht:

Die in Abbildung 1.5.2 erkennbare Abflußspitze zwischen 10.000 und 8.000 bp, die durch die Abbildungen 1.2 bis 1.4 als bestätigt angesehen werden kann, führt im Kongo-/Zaire-Delta zur Ablagerung von roten und weißen Quarzkörnern sowie Holzstückchen. Der fragliche Zeitraum gibt sich damit als Erosionsphase zu erkennen, wobei der Ort der Abtragung im Kongo-/Zaire-Becken nicht näher bestimmt werden kann. Lediglich das sedimentierte pyritisierte Holz läßt den Schluß zu, daß ältere Sedimente ausgeräumt wurden.

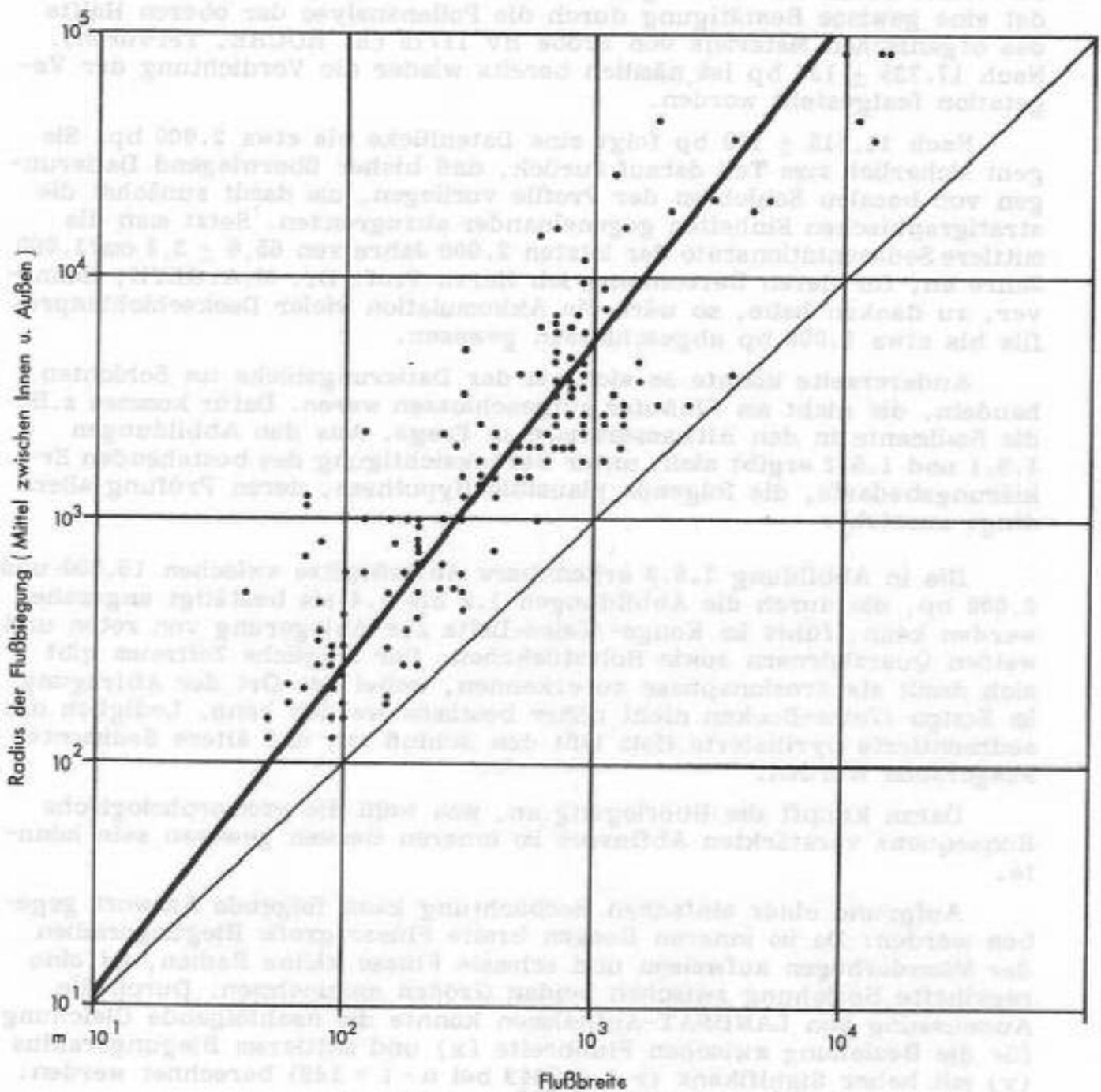
Daran knüpft die Überlegung an, was wohl die geomorphologische Konsequenz verstärkten Abflusses im inneren Becken gewesen sein könnte.

Aufgrund einer einfachen Beobachtung kann folgende Antwort gegeben werden: Da im inneren Becken breite Flüsse große Biegungsradien der Mäanderbögen aufweisen und schmale Flüsse kleine Radien, ist eine regelhafte Beziehung zwischen beiden Größen anzunehmen. Durch die Ausmessung von LANDSAT-Aufnahmen konnte die nachfolgende Gleichung für die Beziehung zwischen Flußbreite (x) und mittlerem Biegungsradius (y) mit hoher Signifikanz ($r = 0,8849$ bei $n - 1 = 149$) berechnet werden: $y = (0,604 x)^{1,345}$; $x = 1,654 y^{0,743}$ (s. Abb. 4).

Da im inneren Becken 10-15 m Wassertiefe bereits extreme Werte darstellen und das geringe Gefälle nur geringe Abflußgeschwindigkeiten erlaubt, wird sich bei erhöhtem Abfluß die Breite des Flusses und damit der Radius seiner Biegung, durch laterale Erosion verändern. Dieser Vorgang führt zur Bildung von Altwasserarmen, in denen verstärkt Sedimentation von organischem Material stattfindet, das somit nicht mehr für die Bildung von Deckschichten verfügbar ist.

So erscheint es nicht unwahrscheinlich, daß ein Teil der bestehenden Datierungslücke durch Rinnensedimente geschlossen werden könnte. Der Beweis ist aber noch zu führen.

Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Flußbreite und mittlerem Biegungsradius bei Tieflandsflüssen des inneren Kongo-/Zaire-Beckens



Nach 2.000 bp konnten wieder Sedimentprofile beobachtet und datiert werden. Sie weisen teils Holzkohle als Zeichen anthropogener Einflüsse auf, teils handelt es sich um braune und gelbbraune Sedimente von 2-3 m Mächtigkeit. Letztere wurden aber nur am oberen Tshuapa beobachtet. Ob sie auf klimatisch oder anthropogen ausgelöste Abtragungsvorgänge zurückgehen, muß offen bleiben.

4. Zusammenfassung

Die Klimaentwicklung in den äquatorialen Breiten Afrikas in den letzten 40.000 Jahren wird aus den in Abbildung 1 zusammengestellten Indikatoren bemerkenswert deutlich ablesbar, obwohl in der Synchronisation Unsicherheiten in der Größenordnung von ca. 2.000 ^{14}C -Jahren bestehen. Eine Synthese, im Sinne einer ursächlichen Verknüpfung der beschriebenen Indikatoren kann letztlich noch nicht erfolgen, dazu hätte der räumliche Rahmen weiter gesteckt werden müssen.

Geprüft werden kann hingegen das lokale stratigraphische Konzept, das De PLOEY für den Bereich von Kinshasa aufgestellt hat (DE PLOEY 1963). Diese Stratigraphie hat, was die absolute Datierung anbelangt, zahlreiche Veränderungen erfahren (DE PLOEY (1965), DE PLOEY und Van MOORSEL (1966), Van MOORSEL (1968), DE PLOEY (1969)). Die stratigraphische Sequenz gliedert sich in der letzten Fassung (1969) in vier Abschnitte:

- A. KIBANGIEN: Einschneidung des Kongo/Zaire und seiner Nebenflüsse, Quellerosion.
Klima: tropisch, feucht
Datierungen: kleiner 4.700 ± 100 bp
- B. LÉOPOLDVILLIEN: Intensive Abtragung an Hängen, Bildung von Hangsedimenten.
Klima: subarid
Datierungen: größer 40.000 bp bis 4.700 ± 100 bp
- C. NDJILIEN: Tiefgründig verwitterte ferrallitische Böden.
Klima: tropisch, feucht
Datierungen: größer 40.000 bp.
- D. MALUEKIEN: Klima: trocken (Bs), kühl

Die relative Abfolge in der Sequenz, d.h. die Gliederung in vier Abschnitte, geht aber auch aus anderen Untersuchungen hervor (GIRESSE 1978, SCHWARTZ et al. 1985).

Der Versuch der Einordnung der Befunde von PREUSS aus dem inneren Kongo-/Zaire-Becken in diese Sequenz zeigt folgendes Ergebnis (s. Abb. 1.7):

- A. KIBANGIEN: Aufschüttung von Feinsedimenten mäandrierender Flüsse (Lateral-)Erosion, später erneute Aufschüttung, teils u.U. als Folge verstärkter Abtragung an Hängen.
- Datierung: Beginn der Ablagerung der Deckschichten vor 15.880 ± 340 bp aber nach 17.735 ± 135 bp. Ende dieser ersten Phase, die vielleicht einen Übergang zwischen Léopoldvillien und Kibangien darstellt, nach 11.515 ± 190 bp. Erneute Ablagerung von Sedimenten beginnt vor 1.890 ± 40 bp.

B. LÉOPOLDVILLIEN: Beginnt mit Erosionsphase. Nachfolgend Aufschüttung von Mittelsanden. Das Pollenspektrum deutet auf lichtere Vegetationstypen hin (ROCHE, Ter-vuren).

Datierung: Beginn zwischen 24.860 ± 290 bp und 19.920 ± 765 bp. Ende zwischen 17.735 ± 135 bp und 15.880 ± 340 bp. Die Erosionsphase muß in dem für den Beginn angegebenen Intervall liegen.

C. NDJILIEN: Im Ndjilien werden die Sedimente des vorhergehenden Maluékien podsoliert. Die ferrallitischen Böden des inneren Beckens sind sicherlich wesentlich älter. Für die Podsolierung sind dichtere Vegetation und hohe Wasserstände notwendig.

Datierung: Beginn nach Ablagerung der Mittelsande des Maluékien ($36.690^{+1.430}_{-1.210}$ bp).

Nach Befunden von DELIBRIAS et al. (1983) und SCHWARTZ et al. (1985) bezüglich der Durchwurzelung und Podsolierung (s. Abb. 1.6 und 1.7) ist der Beginn vor 35.000 bp und das Ende nach 31.000 ± 2.200 anzunehmen. Das Wiederaufleben der Sedimentation von Mittelsanden um 24.860 ± 290 bp deutet auf eine Untergliederung des Ndjilien hin.

D. MALUEKIEN: Ablagerung der im nachfolgenden Ndjilien podsolierten Sedimente. Dies setzt Abtragungsvorgänge im inneren Kongo-/Zaire-Becken voraus.

Datierung: Beginn der Sedimentation nach bisher vorliegenden Daten vor $42.230^{+2.870}_{-2.105}$ bp.
14C-Daten dieses Alters sind allerdings bereits als relativ unsicher anzusehen.
Ende nach $36.690^{+1.430}_{-1.210}$ bp.

Ältere Daten von Sedimenten liegen bisher nicht vor. Dies ist vielleicht auch methodisch bedingt. Vermutlich wesentlich ältere fluviale Sande wurden in Mbandaka beobachtet. Ihre Oberkante liegt 8-10 m über dem Niveau des Kongo/Zaire.

Unter Berücksichtigung der letzten 40.000 - ^{14}C -Jahre ist festzustellen, daß in den äquatorialen Breiten Afrikas Klimaänderungen ebenso zur Regel gehören wie in den besonders gut untersuchten nördlichen Breiten.

Da die einzelnen Abschnitte der klimatischen Sequenz im äquatorialen Afrika bezüglich ihrer zeitlichen Fixierung noch unsicher sind, können nur intensivierete Forschungsanstrengungen zu einer globalen Korrelation und ursächlichen Synthese führen.

Eine einschränkende Schlußbemerkung erscheint angebracht: Das Einzugsgebiet des Ruki ist etwa so groß wie das des Rheins. Ich bin in diesem Gebiet etwa 3.500 Flußkilometer gefahren, habe etwa 50 Auflüsse aufgenommen und 80 Sondierungsbohrungen, im Mittel mit etwa 7 - 8 m Teufe, durchgeführt. Östlich des Ruki wurden 130 Orte begangen. Das dabei gewonnene Material, ergänzt um Kartierungen sowie Luft- und Satellitenbild-Auswertungen, erlaubt mit Sicherheit, den Rahmen der jüngeren geomorphologischen Entwicklung zu erkennen und die Chancen zukünftiger Forschungen einzuschätzen.

LITERATURVERZEICHNIS

- BENDER, F. (Hrsg.) (1985): *Angewandte Geowissenschaften*. Stuttgart.
- BUTZER, K.W., G.L. ISAAC, I.L. RICHARDSON und C. WASHBOURN-KAMAU (1972): Radiocarbon Dating of East African Lake Levels. *Science*, 175: 1069-1076.
- CAHEN, L. (1954): *Géologie du Congo belge*. Liège.
- CAHEN, D. und J. MOEYERSONS (1977): Subsurface movements of stone artefacts and their implications for the prehistory of Central Africa. *Nature*, 266: 812-815.
- CLARK, J.D. (1968): Observations on forest destruction in the Congo Basin in prehistoric times with special reference to northeast Angola. *Publicações culturais de companhia de diamantes de Angola*, 78: 125-149, Lisbon.
- DE HEINZELIN, J. (1952): Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur nord-oriental du bassin du Congo. *Publications de l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge*, Bruxelles.
- DELIBRIAS, G., P. GIRESSE, R. LANFRANCHI und A. LE COCQ (1983): Datations des dépôts holorganiques quaternaires sur la bordure occidentale de la Cuvette congolaise (R.P. du Congo); corrélations avec les sédiments marins voisins. *C.R. Acad. Sc. Paris, Série 2*, 32: 463-466.
- DE PLOEY, J. (1963): Quelques indices sur l'évolution morphologique et paléoclimatique des environs du Stanley Pool (Congo). *Studia Universitatis "Lovanium"*, Faculté des Sciences, 17: 3-16.
- (1965): Position géomorphologique, genèse et chronologie de certains dépôts superficiels au Congo occidental. *Quaternaria*, 7: 131-154.
- H. Van MOORSEL (1966): Chronologie préhistorique des environs de Léopoldville. Actes du 5. em Congrès Panafricain de Préhistoire et de l'Étude du Quaternaire: 219-225.
- (1969): Report on the Quaternary of the western Congo. *Palaeoecology of Africa*, 4: 65-68.
- FLENLEY, J. (1979): *The Equatorial Rain Forest: a geological history*. London - Boston.
- GEYH, M.A. (1983): *Physikalische und Chemische Datierungsmethoden in der Quartär-Forschung*. Clausthaler Tektonische Hefte, 19.
- GIRESSE, P. (1978): Le contrôle climatique de la sédimentation marine et continentale en Afrique centrale atlantique à la fin du Quaternaire-problèmes de corrélation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 23: 57-77.
- G. BONGO-PASSI, G. DELIBRIAS und J.-C. DUPLESSY (1982): La lithostratigraphie des sédiments hémipélagiques du delta profond du fleuve Congo et ses indications sur les paléoclimats de la fin du Quaternaire. *Bull.Soc.géol. France*, 7, 24, 4: 803-815.
- HASTENRATH, S. (1984): *The glaciers of equatorial East Africa*. Dordrecht, Boston, Lancaster.

- HOWELL, F.C. und J.D. CLARK (1964): Acheulian Hunter-Gatherers of sub-Saharan Africa. In: HOWELL und BOURLIERE (Hrsg.) (1964): African ecology and human evolution. 458-533, London.
- JONES, G.A. und W.F. RUDDIMAN (1982): Assessing the Global Meltwater Spike. Quaternary Research, 17: 148-172.
- KENDALL, R.L. (1969): An ecological history of the Lake Victoria Basin. Ecological Monographs, 39: 121-176.
- LEPERSONNE, J. (1937): Les terrasses du fleuve Congo au Stanley-Pool et leurs relations avec celles d'autres régions de la Cuvette congolaise. Mém. Inst. Royal Colonial Belge, Sc. Nat. et Méd., 6, 2.
- SCHWARTZ, D., G. DELIBRIAS, B. GUILLET und R. LANFRANCHI (1985): Datations par le ^{14}C -d'aliots humiques: âge njilien (40.000-30.000 B.P.) de la podzolisation sur sables Batéké (République populaire du Congo). C. R. Acad. Sc. Paris, 300, Série 2, 17: 891-894.
- STREET, F.A. und A.T. GROVE (1979): Global Maps of Lake-Level Fluctuations since 30,000 yr B.P. Quaternary Research 12, 83-118.
- Van MOORSEL, H. (1968): Atlas de Préhistoire de la Plaine de Kinshasa. Université Lovanium, Publications Universitaires, Kinshasa.
- Van ZINDEREN-BAKKER, E.M. und J.D. CLARK (1962): Pleistocene climates and cultures in North-Eastern Angola. Nature, 196: 639-642.