

D 6163 F

6

VCH

4. Jahrgang, November 1986
ISSN 0723-0834 GUZED8
Vol. 4 - No. 6 - November 1986

Geowissenschaften in unserer Zeit

Organ der Alfred-Wegener-Stiftung



Johannes G. J. Preuss

Jungpleistozäne Klimaänderungen im Kongo-Zaire-Becken

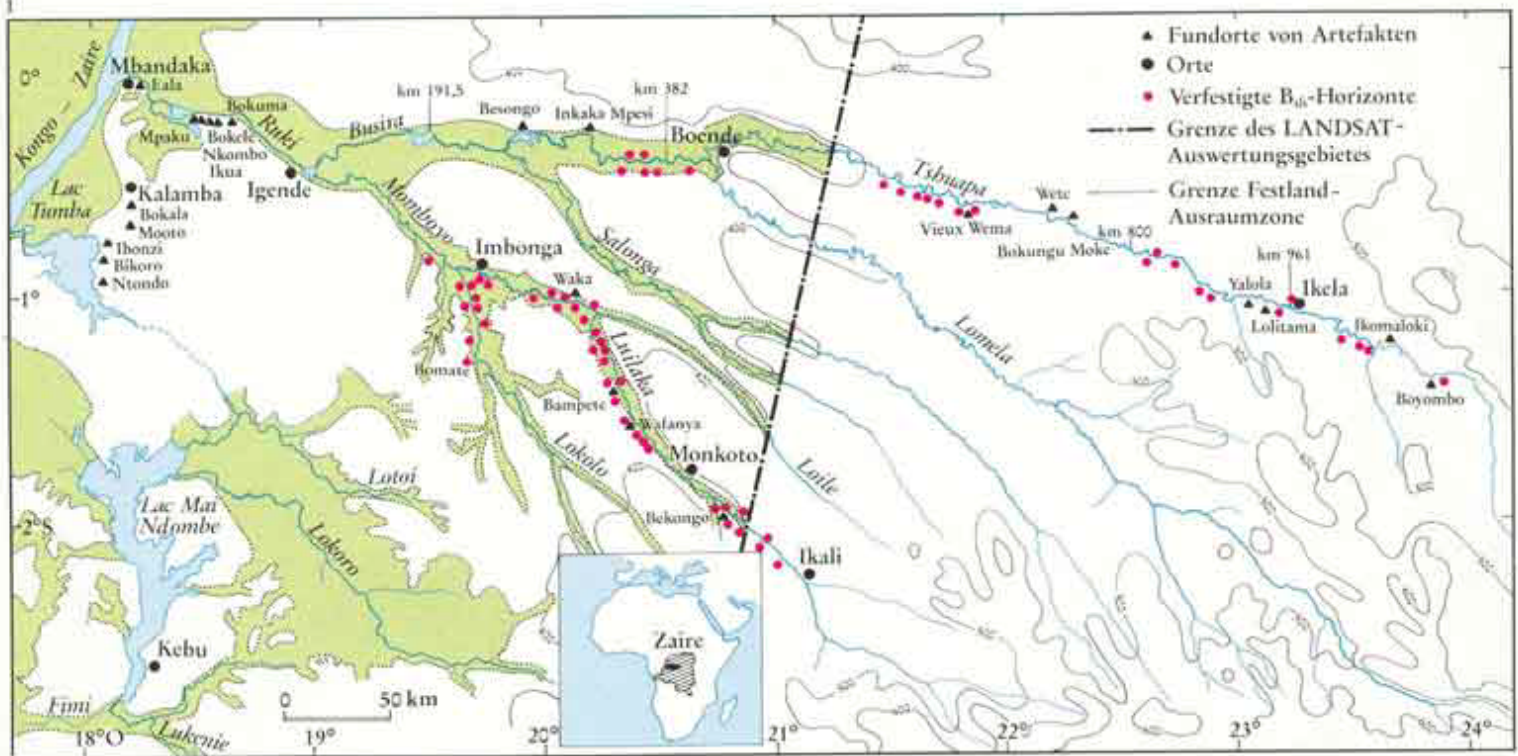


Abb. 1. Das Einzugsgebiet des Ruki gliedert sich, wie das innere Becken überhaupt, in Terra firme und jahreszeitlich überschwemmte Ausraumzonen. Untersucht wurden die Flüsse: Ruki-Busira-Tshuapa bis oberhalb Boyombo, Momboyo-Luilaka bis Ikali und der Lokolo bis oberhalb Bomate sowie der Lac Tumba in der Umgebung von Bikoro.

1 Einleitung

Das innere Kongo-Zaire-Becken gehört zu den wenig erforschten Regionen der Erde. Seit 1977 hat eine deutsche Arbeitsgruppe aus Archäologen, Ethnologen und einem Geomorphologen im Einzugsgebiet des Ruki an der Klärung der Besiedlungsgeschichte dieses Raumes gearbeitet (siehe Abbildung 1). Aus den geowissenschaftlichen Untersuchungen ist der folgende Beitrag hervorgegangen. Er hat sich zum Ziel gesetzt, der Frage nachzugehen, ob und wie sich der weltweite Klimawandel des Jungpleistozäns im äquatorialen Regenwald des inneren Kongo-Zaire-Beckens ausgewirkt hat.

2 Stand der Forschung

Die bisherige Kenntnis der Klimaentwicklung im Jungpleistozän und Holozän in den äquatorialen Breiten Afrikas resultiert vorwiegend aus der paläobotanischen Erforschung des ostafrikanischen Hochlandes [1, 2]. Im Westen

Zentralafrikas fehlt es an zusammenfassenden Darstellungen. Wesentliche Arbeiten werden durch die Quellenangaben [3, 4, 5] erschlossen. Zwischen diesen beiden Schwerpunkten der Forschung klafft in Ost-West-Richtung eine etwa 1500 km breite Lücke, für die bisher im Sinne der Fragestellung nur die Arbeit von De Heinzelin [6] genannt werden konnte. Neue geowissenschaftliche und kulturgeschichtliche Forschungsergebnisse aus diesem von Regenwald bedeckten Raum wurden erst durch unsere Arbeitsgruppe vorgelegt [7, 8, 9]. Aus dem Literaturüberblick [7] folgt, daß im äquatorialen Afrika eine entscheidende Veränderung der Klimaverhältnisse zwischen etwa 15000 ¹⁴C-Jahren vor heute (=bp) und 8000 bp stattgefunden hat.

Einerseits war der Oberflächenabfluß höher, was sich sowohl in den größeren Süßwassermengen vor der Kongo-Zaire- und Nigermündung zeigt, als auch in der Erhöhung der Wasserspiegel der Binnenseen im tropischen Afrika. Die Seespiegel beginnen etwa um 12000

bp deutlich anzusteigen. Zwischen 8 000 bp und 9 000 bp sind über 90 % aller Seespiegel des tropischen Afrikas hoch.

Andererseits scheinen in diesem Zeitraum die Temperaturen zuzunehmen. Die Gletscher im östlichen Hochland zogen sich zurück, und Pollenanalysen lassen erkennen, daß die Obergrenzen der Vegetationsstufen in größere Höhen vordrangen. In den Sedimenten des Victoria-Sees werden zwischen 8 000 bp und 9 000 bp, als Zeichen optimaler Wuchsbedingungen, höchste Werte der Ablagerung von Pollenkörnern pro cm² und Jahr erreicht. Dies gilt sowohl für die Gesamtsumme der Körner, als auch für zahlreiche Arten im einzelnen. Nach 4 000 bp scheint der Oberflächenabfluß über das Maß der Schwankungen zwischen 8 000 bp und 4 000 bp hinaus abgenommen zu haben.

Vor 15 000 bp war der Oberflächenabfluß ebenfalls geringer, die Seespiegel waren niedriger. Die Grenzen der Vegetationsstufen in den Gebirgen lagen vor 15 000 bp um mehr als 1 000 m tiefer als heute. Die Gletscher reichten weiter herab, so daß gleichzeitig auch niedrigere Temperaturen anzunehmen sind. Der Beginn dieser kühleren und trockeneren Klimaperiode im äquatorialen Afrika ist noch relativ unsicher. Er ist unter Berücksichtigung der Seespiegelstände und von palynologischen Untersuchungen zwischen 25 000 bp und 21 000 bp anzunehmen. Im westlichen äquatorialen Afrika wurden aber auch andere zeitliche Begrenzungen vorgenommen [3].

3 Methodische Probleme

Die skizzierte Klimaabfolge der letzten 25 000 Jahre stützt sich einerseits auf Indikatoren, von denen angenommen wird, daß sie Aussagen über Temperaturen oder den Wasserhaushalt zulassen. Andererseits fußt die dargestellte Klimaabfolge auf der zeitlichen Einordnung des untersuchten Probenmaterials. Mit physikalischen Verfahren, etwa der ¹⁴C-Methode, können für bestimmte Stoffe in gewissen Schwankungsbreiten absolute Alter angegeben werden [10].

Die Probleme der Anwendung botanischer Methoden und der Interpretation der Ergebnisse sind vielfältig. Außer Frage steht, daß Pflanzengesellschaften vom Standort, d.h. von den Faktoren Ausgangsgestein, Relief, Boden, Makro- und Mikroklima, Wasserhaushalt sowie von den Wechselwirkungen zwischen pflanzlichen Individuen einerseits und

Flora und Fauna andererseits in ihrer Artenzusammensetzung bestimmt werden. Diese Faktoren bilden zeitabhängige dynamische Systeme, die nur in Grenzsituationen von einem Faktor dominiert werden.

Temperatur und Niederschlag sind nur zwei von zahlreichen Faktoren, die auf die Zusammensetzung der Vegetationsgesellschaften einwirken. Sie werden in ihrer Wirkung durch andere Standorteigenschaften, in begrenztem Maße aber auch durch die Pflanze selbst, modifiziert.

Die Abbildung und Überlieferung der Pflanzengesellschaften erfolgt durch Pollenkörner, die im Sediment konserviert werden. Makroreste wie Blätter oder Holz sind seltener ausgewertet worden. Pollenproduktion, Transport-, Sedimentations- und Erhaltungsbedingungen bestimmen darüber, ob und wie eine Vegetationsgesellschaft abgebildet und überliefert wird. Gute Erhaltungsbedingungen liegen im sauerstoffarmen Milieu von Seen und Mooren vor. Der Nachteil dieser Lagerstätten ist aber, daß die Sedimentschichten nicht direkt begutachtet werden können, sondern das Probenmaterial durch Bohrungen gewonnen werden muß. Damit wird die Beurteilung der Lagerungsverhältnisse erschwert. Störungen sind eher die Regel als die Ausnahme, was sich auch auf die Genauigkeit der Datierung der Schichten auswirkt. Nach der Gewinnung der Proben folgt die Aufbereitung und Bestimmung des Pollenmaterials, woraus sich zwangsläufig weitere Ungenauigkeiten ergeben. Trotz der zahlreichen methodischen Probleme hat die Pollenanalyse entscheidende Beiträge zum Verständnis der klimatischen Entwicklung des Raumes geleistet. Die gleiche Aussage kann auch für die ¹⁴C-Methode getroffen werden.

Die ¹⁴C-Methode beruht auf der Bestimmung der Konzentration des radioaktiven ¹⁴C-Isotops in Stoffen, die in einem relativ kurzen Zeitraum gebildet wurden. Die Modellvorstellung geht davon aus, daß die Produktionsrate der Isotope wegen gleichbleibender Intensität der kosmischen Strahlung konstant ist. Es wird angenommen, daß die Isotope in den Reservoiren der Geosphäre gleichmäßig verteilt und die Austauschzeiten zwischen den Reservoiren gegenüber der Halbwertszeit des Isotops kurz sind.

Unter diesen Voraussetzungen ist anzunehmen, daß die Anfangskonzentrationen in den einzelnen Reservoiren orts- und zeitunabhän-

gig sind. In der Natur sind die Modellvoraussetzungen nur in guter Näherung erfüllt [10], so daß Eichungen vorgenommen werden müssen. Die bekannteste Korrektur wurde mit Hölzern erreicht, deren Alter durch die Auszählung von Jahresringen bestimmt wurde (Dendrochronologie). Es zeigte sich, daß die ¹⁴C-Alter etwa ab 2 500 bp mit zunehmendem Alter zunehmend zu jung bestimmt werden. Für die Zeit vor 8 000 bp ist die Größe der Altersdifferenz unbekannt.

Neben diesen zeitlichen Abweichungen von den Modellvorstellungen, wohl bedingt durch unterschiedliche ¹⁴C-Produktionsraten, gibt es auch Abweichungen, die weitgehend durch die Verweildauer des ¹⁴C-Isotops in den beteiligten Reservoiren der Geosphäre vor dem Einbau in die zu datierenden Stoffe bedingt sind.

Bei geowissenschaftlichen Arbeiten kann es ferner zusätzlich zu Fehlдатierungen durch Vermischung unterschiedlich alter Substanzen kommen (Kontamination). Durchwurzelung, Bioturbation, anthropogene Störungen, umgelagertes fossiles Material in Sedimenten und Huminsäure-Infiltration sind häufig Ursache unzutreffender Datierungen [10]. Die gründliche Bearbeitung frischer Aufschlüsse hilft, diese Fehlдатierungen zu vermeiden oder sie zumindest zu erkennen. Bei Bohrungen kann sich dies jedoch als undurchführbar erweisen, so daß tiefe Bohrungen zwar vollständigere Profile liefern können als Aufschlüsse, ihre Qualität aber schwerer einzuschätzen ist.

In Verbindung mit ¹⁴C-Datierungen haben sich ferner geomorphologische, sedimentologische und bodenkundliche Studien als geeignet zur Erforschung des Klimawandels erwiesen. Dadurch deutet sich an, daß letztlich nur ein komplexer geoökologischer Forschungsansatz, unter Beteiligung zahlreicher Fachdisziplinen, dem Thema *Klimawandel* gerecht werden kann.

4 Geomorphologische Erforschung der Äquator-Region von Zaire

Die zentralen Teile des inneren Kongo-Zaire-Beckens liegen unmittelbar südlich des Äquators. Das Relief dieses Raumes wird in erster Linie durch relativ geringe Höhenunterschiede bestimmt.

Im Schwankungsbereich des Wasserspiegels der Flüsse liegen ausgedehnte periodisch überschwemmte Flächen, die im Amazonasgebiet

als *Várzea* oder *Igapó* bezeichnet werden. Sie lassen sich in zahlreiche ökologische Unter-einheiten gliedern. Die *Várzea* und *Igapó* ihrerseits sind in das hochwasserfreie Relief eingetieft. Dieses wird im Amazonasgebiet *Terra firme* genannt. Der Höhenunterschied zwischen *Várzea/Igapó* und *Terra firme* beträgt im inneren Kongo-Zaire-Becken bis zu 30 Meter, randlich auch 50 Meter.

Die räumliche Verbreitung der beiden geomorphologischen Einheiten im inneren Kongo-Zaire-Becken ist etwa die folgende: Vom westlichen Ufer des Kongo/Zaire erstreckt sich die *Várzea* circa 250 Kilometer weit nach Westen als flaches, zwischen 300 und 320 m über dem Meer gelegenes Gebiet mit mehr als 90% Sumpf- und Überschwemmungswäldern. Sie gehört überwiegend zum Territorium der Volksrepublik Kongo.

Auf der Ostseite des Flusses, etwa im Umkreis von 200 km um die Hauptstadt der Äquator-

Abb. 2. Fünf Meter hohes ferrallitisches Bodenprofil am Flußufer in Bokuma/Ruki. Rechts neben dem Profil eine sackartige Grube, die Keramik enthielt. Eine ¹⁴C-Datierung ergab ein Alter von 3485 ± 220 ¹⁴C-Jahre vor 1950, das aber mit dem für die Keramik anzunehmenden Alter nicht übereinstimmt. An der rechten Aufschlußwand ist eine rotierte Rutschscholle erkennbar.

Abb. 3. Das ferrallitische Bodenprofil aus Bokuma/Ruki. Die Teufe 0 bis 5 m entspricht dem Aufschluß in Abbildung 2. Von 6,5 bis 13 m Teufe wird eine Bohrung dargestellt. Unter „Schnitt“ wird gezeigt, daß das Profil durch eine kleine rezente Rutschung freigelegt wurde. Das an der Basis der Kruste austretende Wasser wurde chemisch analysiert. Im Vergleich zum Schwarzwasser der Flüsse zeigen sich beim Aluminium und Basen (K, Na und Ca) erhöhte Werte als Folge intensiver Verwitterung und Bodenbildung.

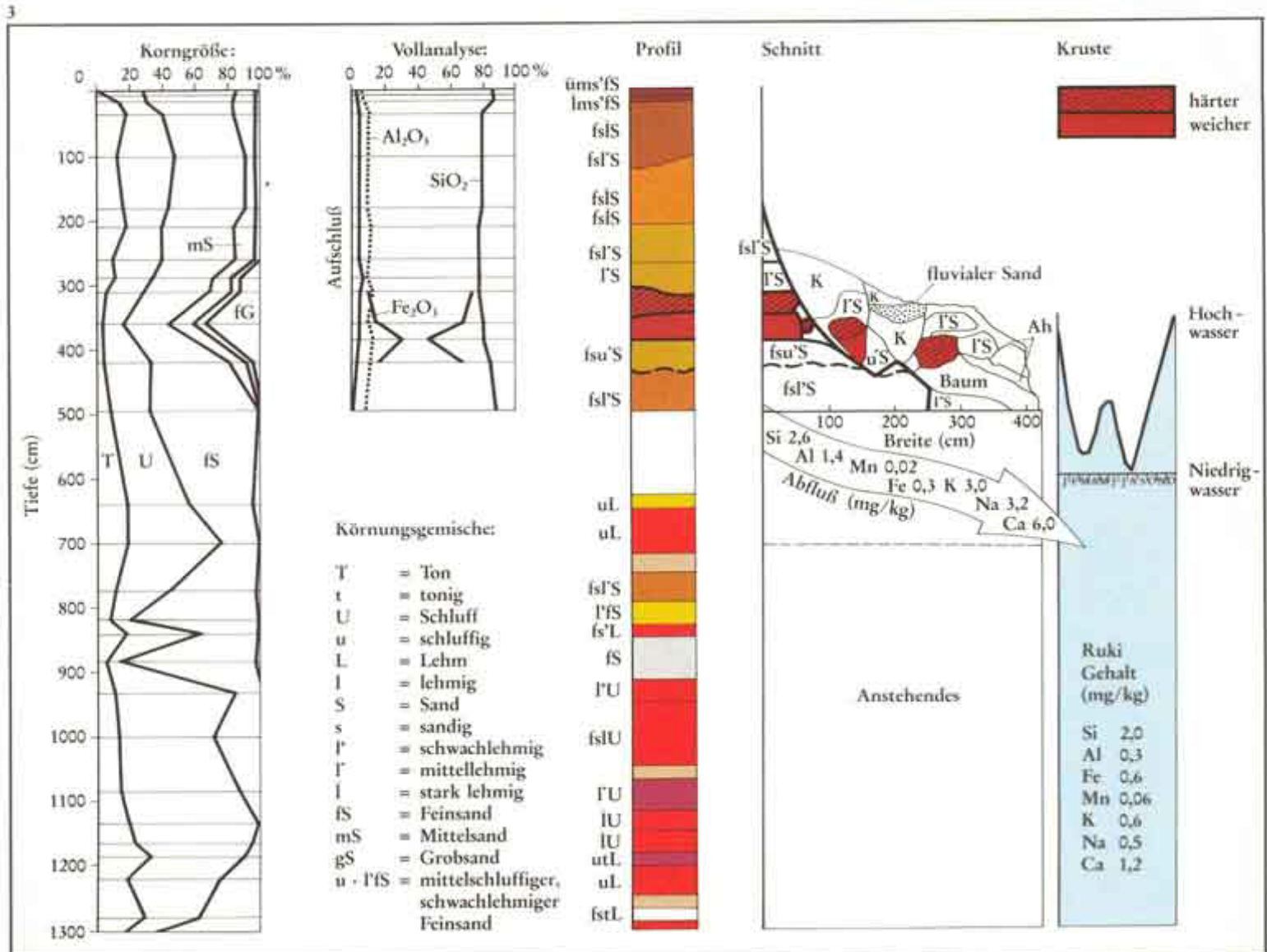
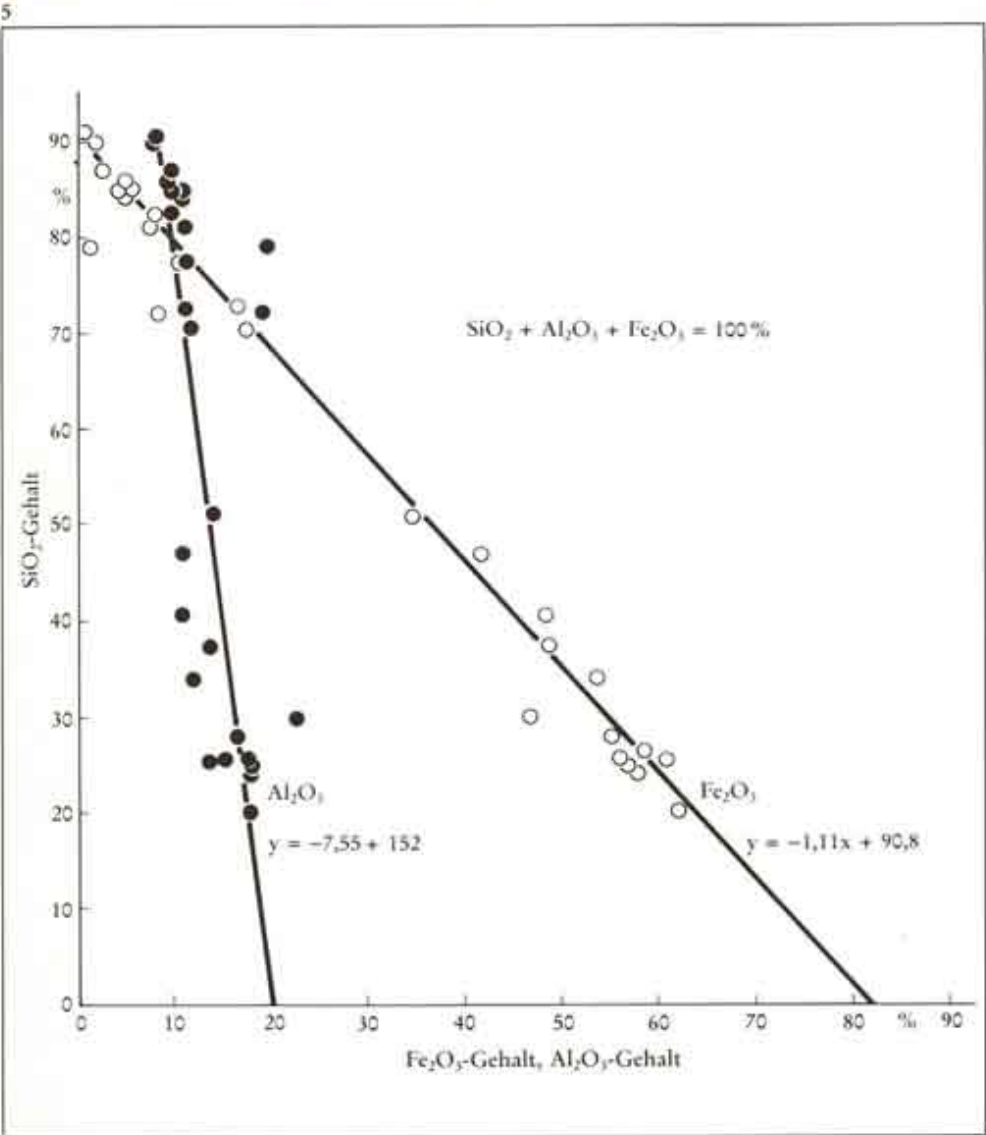




Abb. 4. Über dem Krustenhorizont folgt in den gelbbraunen lehmigen Feinsanden ein Konkretionshorizont. Die dunklen Flecken darüber sind mit humosem Material verüllte Termitengänge.

Abb. 5. Zusammenhang zwischen SiO_2 - und Al_2O_3 - bzw. Fe_2O_3 -Gehalt von ferrallitischen Bodenprofilen am Ruki (Zaire). Die geochemischen Analysenwerte aller Schichten und Horizonte sind in dem ferrallitischen Bodenprofil aus Bokuma hoch korreliert. Die Werte für das Anstehende liegen in der Nähe der Überschneidung der beiden Geraden. Die angereicherte Phase (Kruste und Konkretionen) folgt darunter. Die Daten für die abgereicherte Phase (Bleich- und Fleckenhorizont, gelbbraune Sande) folgen über dem Schnittpunkt. Analysiert wurde die Fraktion $< 2 \text{ mm}$.



Region, Mbandaka, treten Terra firme, Igapó und Überschwemmungswälder etwa im gleichen Verhältnis auf. Weiter im Osten gewinnt die Terra firme flächenmäßig an Bedeutung, die Täler und Talböden werden schmaler, die Talhänge höher, die Basisdistanz nimmt zu.

4.1 Die Terra-firme-Gebiete des inneren Beckens

Kennzeichnend für die Terra-firme-Gebiete des inneren Beckens sind ferrallitische Bodenprofile von etwa 7–8 m Mächtigkeit. In Abbildung 2 wird ein typischer Boden aus Bokuma (Ruki) vorgestellt. Das aufgeschlossene Profil ist 5 m mächtig und gliedert sich vom Liegenden zum Hangenden in Bleich- und Fleckenhorizont, Krustenhorizont und einen Konkretionshorizont. Darüber folgen gelbbraune lehmige Sande und der rezente, von Keramik durchsetzte A_p -Horizont. Die Korngrößenanalyse zeigt in den oberen 5 m des Profils die Dominanz von Feinsand und Schluff (Abbildung 3). Im Unterschied zum Liegenden treten hier 10–20% Mittel- und Grobsand auf. Das Liegende wird durch kretazische Feinsande, Lehme und Schluffe gebildet, rote Farben herrschen im Gegensatz zu den meist gelblich braunen Farben der hangenden Bodenbildung vor.

Die Genese der gelbbraunen lehmigen Sande im Hangenden des Krustenhorizonts ist unklar. Sie wurden als ein junges Sediment angesehen und als Seeablagerungen, als äolische Sedimente eines wüstenhaften Klimas oder auch als das Ergebnis des Feinmaterialtransportes durch Termiten verstanden.

Die Entwicklung eines Konkretionshorizontes (Abbildung 4) an der Basis der gelbbraunen lehmigen Sande und der mehr oder weniger oberflächenparallele Verlauf ihrer Untergrenze läßt aber vermuten, daß es sich um einen durch Bodenbildungsprozesse gebildeten Horizont des ferrallitischen Bodenprofils handelt. Dafür sprechen auch die geochemischen Laboranalysen (Abbildung 5). Setzt man den SiO_2 -Anteil mit dem Al_2O_3 - und dem Fe_2O_3 -Anteil ins Verhältnis, so zeigt sich, daß zwischen diesen Komponenten regelhafte, durch lineare Gleichungen beschreibbare Beziehungen bestehen. Mit abnehmendem SiO_2 -Anteil nehmen Al_2O_3 und Fe_2O_3 zu. Diese Anreicherung an Al- und Fe-Oxiden wird als Ferrallitisierung (bei gleichzeitiger Desilifizierung) bezeichnet. Ordnet man den Analysenwerten das reale Bodenmaterial zu, das sie repräsentieren, so stellt sich heraus, daß

– abgesehen von drei Werten – die Daten für den Flecken- und Bleichhorizont, für das Feinmaterial in den Zellen der ferrallitischen Kruste, für das Material der gelbbraunen lehmigen Sande im Hangenden des Krustenhorizontes sowie für eine Probe des Anstehenden oberhalb des Schnittpunktes der beiden Geraden eingetragen sind. Unterhalb folgen die Meßwerte der Konkretionen und Krusten. Diese Beobachtung legt es nahe, zwischen abgereicherten Proben mit SiO_2 -Werten über 80 % und an mit Al_2O_3 und mit Fe_2O_3 angereicherten Proben mit SiO_2 -Werten unter 80 % und Fe_2O_3 -Werten über 10 % zu unterscheiden. So ist zu vermuten, daß die gelbbraunen Sande als Eluvialhorizont Teil des ferrallitischen Bodenprofils sind. Die Geländebeobachtung zeigt ferner, daß die Krustenhorizonte knapp über der Obergrenze des Grundwasserspiegels liegen. Lokal und jahreszeitlich reicht dieser in den ferrallitischen Horizont hinein. Sichtbar wird dies bei niedrigem Wasserstand der Flüsse und Seen. Dann tritt häufig

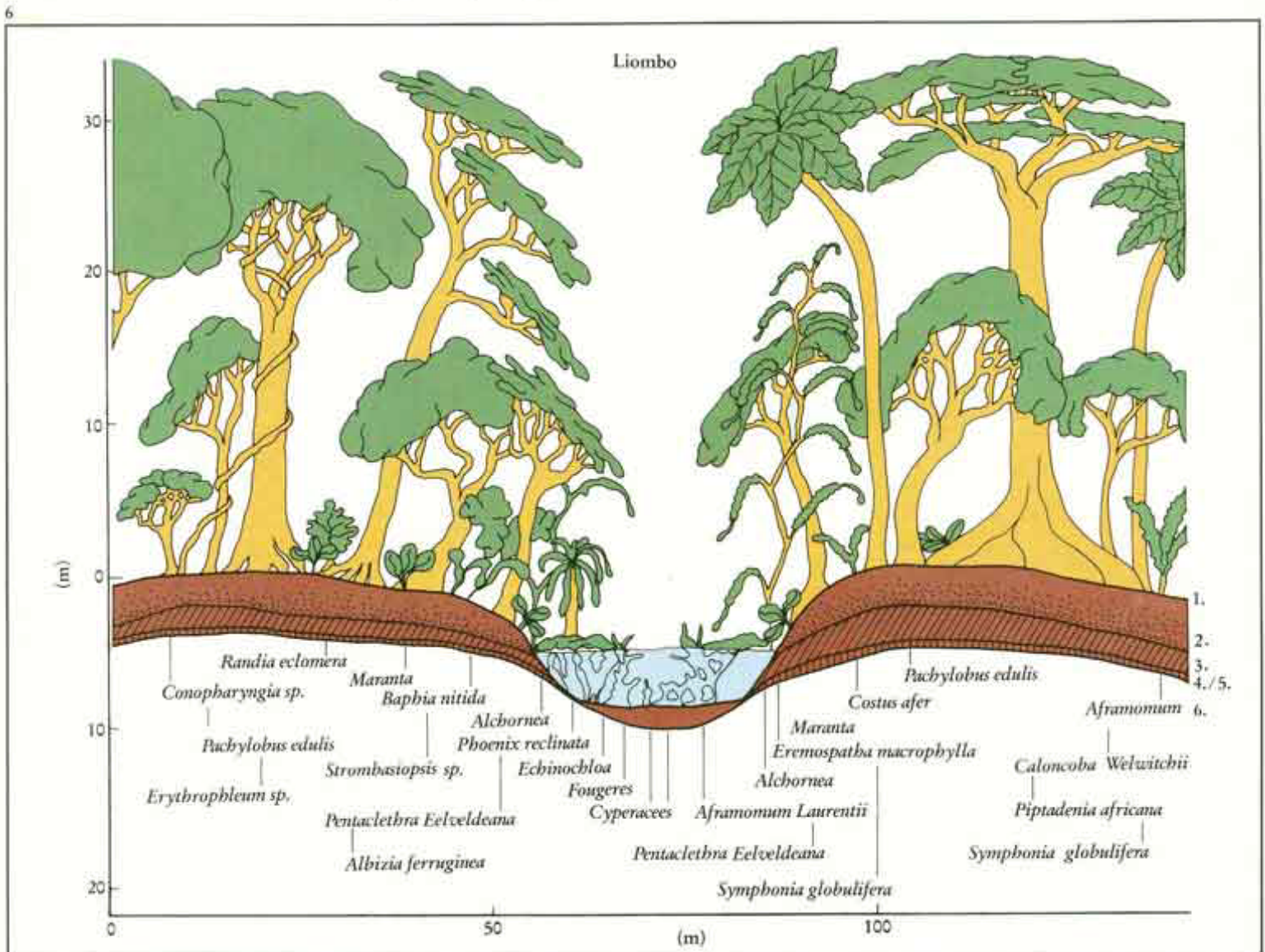
Grundwasser an der Basis der Kruste aus und wird nicht selten als Trinkwasser genutzt. Sichtbar wird dies auch an den von Bouillenne et al. [11] beschriebenen kreisförmigen Hohlformen, die am Lac Tumba mit *Liombo* bezeichnet werden. Das Beispiel in Abbildung 6 hat circa 30 m Durchmesser und ist etwa 5 m eingetieft. Die Hohlform ist abflußlos und versumpft. Den Rand bilden die gelbbraunen Sande über einer 0,8–1,0 m mächtigen Kruste, die zum Hinterland hin auf 3–4 m zunimmt. Der Boden der Hohlform wird durch den Bleichhorizont gebildet.

Während der Regenzeit füllt sich die Vertiefung bis zur Untergrenze der ferrallitischen Kruste mit Grundwasser und leert sich wieder während der Trockenzeit. Der Boden bleibt aber ganzjährig von Wasser bedeckt. Folglich kann in diesem Fall die Schwankung des Grundwasserspiegels 3 m nicht übersteigen. Die Genese dieser Senken ist ungeklärt. Das Beispiel zeigt, daß es Fehlstellen in dem im in-

neren Becken flächenhaft verbreiteten und sehr geschlossen erscheinenden Krustenhorizont geben kann. In kleinerem Maßstab sind Auflösungs- und Umlagerungserscheinungen häufig zu beobachten.

Die ferrallitischen Terra-firme-Gebiete sind Standorte des Regenwaldes, der Sekundärwälder, der Felder und Siedlungen. Soweit sie an Flüsse und Seen angrenzen, sind sie seit Jahr-

Abb. 6. Als *Liombo* werden am Lac Tumba (Zaire) kreisförmige Hohlformen bezeichnet, die in die ferrallitische Kruste eingetieft sind und einen jahreszeitlich schwankenden Grundwasserspiegel aufweisen [nach 11]. 1: t'L (7,5 YR 4/6); 2: Konkretionen an der Basis der hangenden t'Lehme; 3: ferrallitische Kruste, bis 4 m mächtig; 4: uL (7,5 YR 5/8) Fleckenhorizont; 5: l^ou (10 YR 7/6) Bleichhorizont; 6: uL, tL, lfs (10 R 3/6) Anstehendes.



hundertern Träger menschlicher Siedlungsaktivitäten [9, 8].

Eggert [9] hat in diesem Gebiet eine sehr differenzierte Keramik-Stratigraphie entwickelt, die zugehörigen ^{14}C -Daten zeigen aber eine extreme Streuung, so daß ein absolutes Alter bisher nicht genannt werden kann (der vermutlich älteste Keramik-Horizont *Imbonga* wurde zwischen 3775 ± 105 bp und 730 ± 75 bp datiert). Steinwerkzeuge wie Pfeilspitzen und ein kleines Steinbeil mit asymmetrischer Querschneide belegen darüber hinaus eine endsteinzeitliche Besiedlung des äquatorialen Regenwaldes [8]. Die Verbreitung der Artefaktfunde ist in Abbildung 1 dargestellt. Beim jetzigen Stand der Kenntnis muß festgestellt werden, daß die Terra firme durch ferralitische Böden auf feinkörnigem kretazischem Ausgangsgestein bestimmt wird. Das Alter dieser Böden ist unbekannt, eine mittelpleistozäne bis jungtertiäre Einstufung ist denkbar. Bei diesen langen Zeiträumen ist mit einer Überprägung der oberen Bodenhorizonte zu rechnen. Sie zeigt sich z. B. durch die Bildung kleiner Pedimentationsstufen an flachen Hängen [14]. Diese Abtragungsspuren können derzeit nicht zeitlich zugeordnet werden. Da unter Regenwald heute bei schwacher Neigung keine hangfluviale Abtragung zu beobachten ist, könnten die Pedimentationsstufen allerdings als ein Hinweis auf abweichende Vegetationsverhältnisse verstanden werden, die Bodenabtrag zugelassen haben. Wüstenhafte Verhältnisse, wie sie früher teilweise angenommen wurden [6], sind unwahrscheinlich.

4.2 Die Ausraumzonen des zentralen inneren Kongo-Zaire-Beckens

Mit dem Begriff *Ausraumzone* wird der Raum bezeichnet, der in die Terra firme eingetieft ist. Überwiegend handelt es sich dabei im inneren Becken um Täler geringer Einschneidung aber großer Breite. Die circa 250 km breite und extrem flache Várzea westlich von Mbandaka schließt aber aus, die Begriffe *Ausraumzone* und *Tal* grundsätzlich gleichzusetzen. Nicht zuletzt zeigt auch das Beispiel *Liombo*, daß Hohlformen im feuchttropischen Klima, vielleicht in Abhängigkeit von petrographischen Gegebenheiten, durch *subterrane Materialabfuhr* [13] zwar ausgeräumt sind, aber nicht als *Täler* bezeichnet werden können. Die Vielfalt der Formen, Substrate und Vegetationsgesellschaften in den Ausraumzonen des zentralen inneren Beckens ist wesentlich größer als im Bereich der Terra firme. Die Ufer der Flußläu-



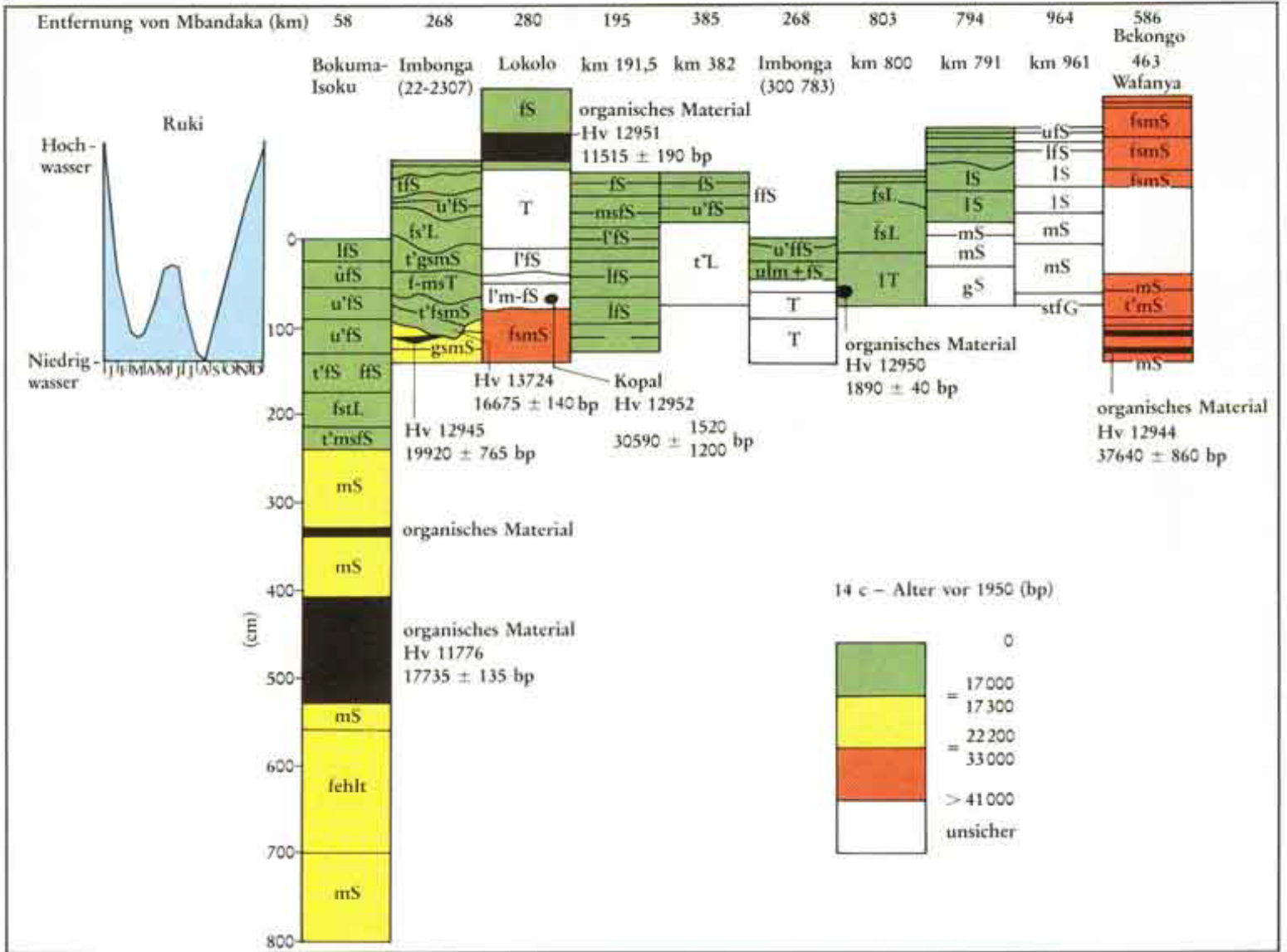
Abb. 7. Schwimmende Grasfläche auf einem Altwasserarm in der Aue des Ruki. Die Wassertiefe beträgt mehr als 2,5 m unter Niedrigwasser-Niveau.

Abb. 8. Altwasser bei niedrigem Wasserstand. Das organische Material ist schlecht stratifiziert. Datierungen entsprechender Ablagerungen sind folglich sehr unsicher.

Abb. 9. Sedimentprofile aus den Ausraumzonen des Ruki-Busira-Tshuapa, Momboyo und Lokolo (Erläuterung der Körnungsgemische siehe Abbildung 3); geordnet nach sedimentologischer Ähnlichkeit.

fe werden häufig durch Dämme gesäumt, die im Verlauf der regelmäßigen Hochwässer in relativ kurzer Zeit aufgeschüttet werden. Durch die Verlagerung der Mäanderbögen werden sie an anderer Stelle wieder abgebaut. Hinter den Uferdämmen folgen Altwasserarme und Überschwemmungsflächen. Die Altwasser sind teils so tief, daß sie mit schwimmenden Grastepichen bedeckt sind (Abbildung 7). Sind sie flacher, so fallen sie jahreszeitlich trocken, und die organischen

Sedimente an ihrem Grund werden sichtbar (Abbildung 8). Die Korngrößen der Sedimente nehmen vom Fluß zum Hinterland hin ab. Die Höhe der Uferdämme wird einerseits durch das maximale Hochwasser bestimmt, andererseits haben über dem Hochwasser gelegene Formen und Sedimente häufig pleistozänes Alter. Sie entsprechen nicht den aktuellen hydrologischen Gegebenheiten. Die maximalen langjährigen Wasserspiegelschwankungen des Kongo/Zaire betragen bei



Mbandaka etwa 4,7 m. Im Mittel wird dieser Wert allerdings nicht erreicht. Der Maximalwert des Ruki bei Ingende (km 103) beträgt etwa 5,6 m, der des Tshuapa bei Boende (km 441) 4,6 m.

Bei Niedrigwasser erschließt sich die jüngere Entwicklung der Ausraumzonen an den Prallhängen der mäandrierenden Flüsse, wo an Uferabbrüchen Aufschlüsse relativ leicht freigelegt werden können. Abbildung 9 zeigt zehn solcher Profile, die mit ihrer Oberkante zumeist noch im Einflußbereich des Hochwassers liegen.

Die Basis der ersten drei Profile bilden Mittelsande. In Bokuma-Isoku und Imbonga konnten diese liegenden Sande auf 17 735 ± 135 bp (Hv 11776) bzw. 19 920 ± 765 bp (Hv 12949) datiert werden (Abbildung 10). Bei den datierten organischen Sedimenten handelt es sich um Blattschichten, die hervorragend für die ¹⁴C-Methode geeignet sind, weil sie bei Umla-

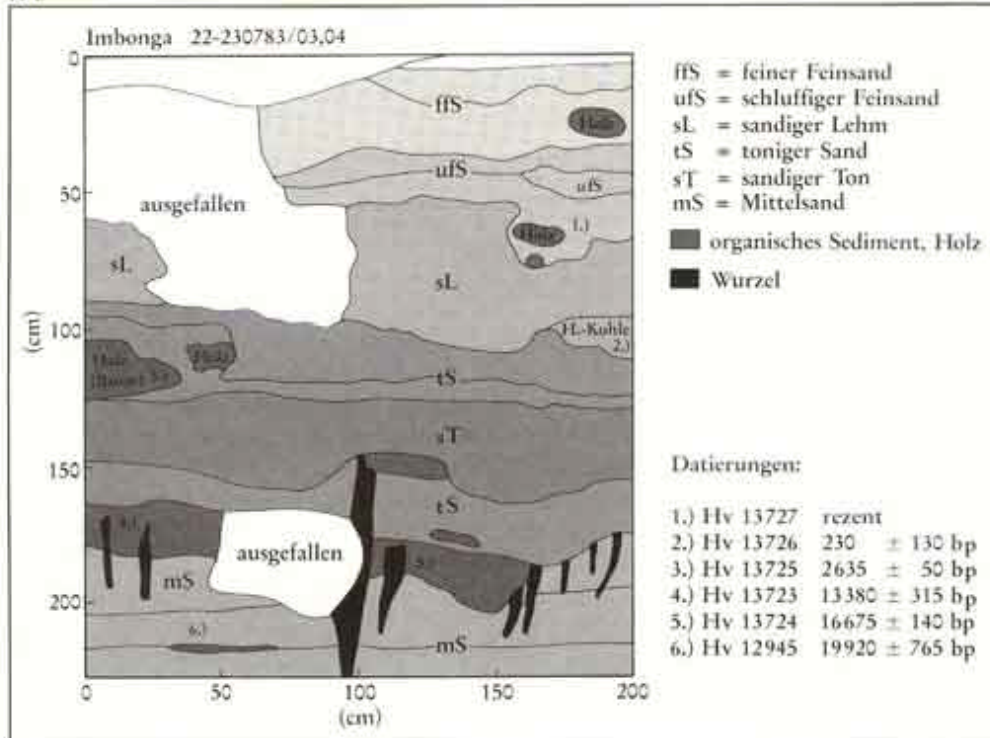
gerung zerfallen würden. Gleichzeitig sind sie auch gut für die Pollenanalyse nutzbar, da die Pollen zwischen den einzelnen Blättern fixiert werden. Eine spätere Durchmischung ist daher ausgeschlossen. Es wurden lokal Blattschichten beobachtet, die ein bis mehrere Meter Mächtigkeit haben (Abbildung 11).

Pollenanalysen wurden von E. Roche (Musée Royal de l'Afrique Centrale, Brüssel-Tervuren) durchgeführt. Sie sind als vorläufig zu bezeichnen, da es sich um die ersten Analysen aus dem inneren Kongo-Zaire-Becken handelt und rezentes Vergleichsmaterial fehlt. Das organische Sediment aus Bokuma-Isoku hat vor 17 736 ± 136 bp das Milieu einer Baumsavanne ergeben, die von sumpfigen Depressionen und Galeriewäldern durchzogen wurde.

Nach diesem Datum veränderte sich die Vegetation zu einer dichteren Baumsavanne oder zu lichtem Wald mit Elementen des äquatorialen Regenwaldes. Die auf 19 920 ± 765 bp da-

tierte Probe aus Imbonga ergab das Pollenspektrum einer Baumsavanne mit Sümpfen und Galeriewald. Letzterer enthielt Arten des äquatorialen Regenwaldes. Die hier vorgestellten Pollenanalysen sind der erste Beweis für die oft postulierte Auflichtung des Regenwaldes des inneren Kongo-Zaire-Beckens um 18 000 bp. Die Fehlergrenzen sind daher besonders diskussionswürdig. Die generelle Problematik der Pollenanalyse wurde einleitend dargestellt. Inwieweit autochthone Vegetationsgesellschaften abgebildet werden, muß einstweilen offen bleiben.

Da die Proben aus fluvialen Sedimenten von Flüssen mit relativ großen Einzugsgebieten stammen, ist Ferntransport nicht auszuschließen. Das Einzugsgebiet des Ruki ist etwa so groß wie das des Rheins, und Bokuma-Isoku liegt 60 km von der Mündung in den Kongo/Zaire entfernt. Regenwald herrscht heute im Einzugsgebiet vor. So hat die klimatische Aussage, unter Berücksichtigung der im folgenden



gemachten Einschränkungen, wohl ihre Berechtigung. Die Bedingungen für die Überlieferung des Pollenmaterials sind in den stark sauren, ganzjährig feuchten und sauerstoffarmen Sedimenten offensichtlich gut. Nur auf den ersten Blick ist erstaunlich, daß organisches Material der Terra firme innerhalb kürzester Zeit mineralisiert wird, daß es sich in den Sümpfen und Überschwemmungswäldern aber zu mächtigen organischen Sedimenten aufhäufen kann.

Für die Interpretation der Ergebnisse der Pollenanalyse ist von Bedeutung, daß einerseits aus der Akkumulation des organischen Materials und dem sauren, sauerstoffarmen Milieu Standortbedingungen folgen, die nur von bestimmten Vegetationsgesellschaften genutzt werden können. Monotone Palmenwälder wurden ebenso beobachtet wie niedrige Moorwälder mit Dominanz von *Pandanus* oder wie savannenartige Vegetation auf nährstoffarmen Standorten podsolierter Mit-



Abb. 10. a: Foto: An der Basis sind die „liegenden Mittelsande“ aufgeschlossen. Die schmale schwärzliche Laubschicht in Höhe des Spatenblattes wurde auf 19920 ± 765 bp datiert (Hv 12945). Die Pollenanalyse ergab das Spektrum eines offenen Savannen-Milieus mit Sümpfen und Galeriewäldern. Zum Hangenden folgt ein Wurzelhorizont und ein organisches Sediment. Eine hellere tonige Schicht schließt die sedimentologische Sequenz ab. Nach einer Diskordanz (Baumstamm) folgen junge Uferdamm-Sedimente. Die Aufschlußhöhe beträgt 2,3 m. b: Sedimentprofil zum Foto.

Abb. 11. Die 2–3 m mächtige Laubschicht wurde bei Imbonga auf der Leeseite einer Sandbank abgelagert. Sie läßt im Gelände eine vertikale und horizontale Altersabfolge erkennen. Derartige Schichten sind nicht selten. Sie dürften es ermöglichen, die Vegetations- und Sedimentationsgeschichte in der Nähe von Siedlungen, vielleicht auch die Besiedlungsgeschichte, zu erhellen.

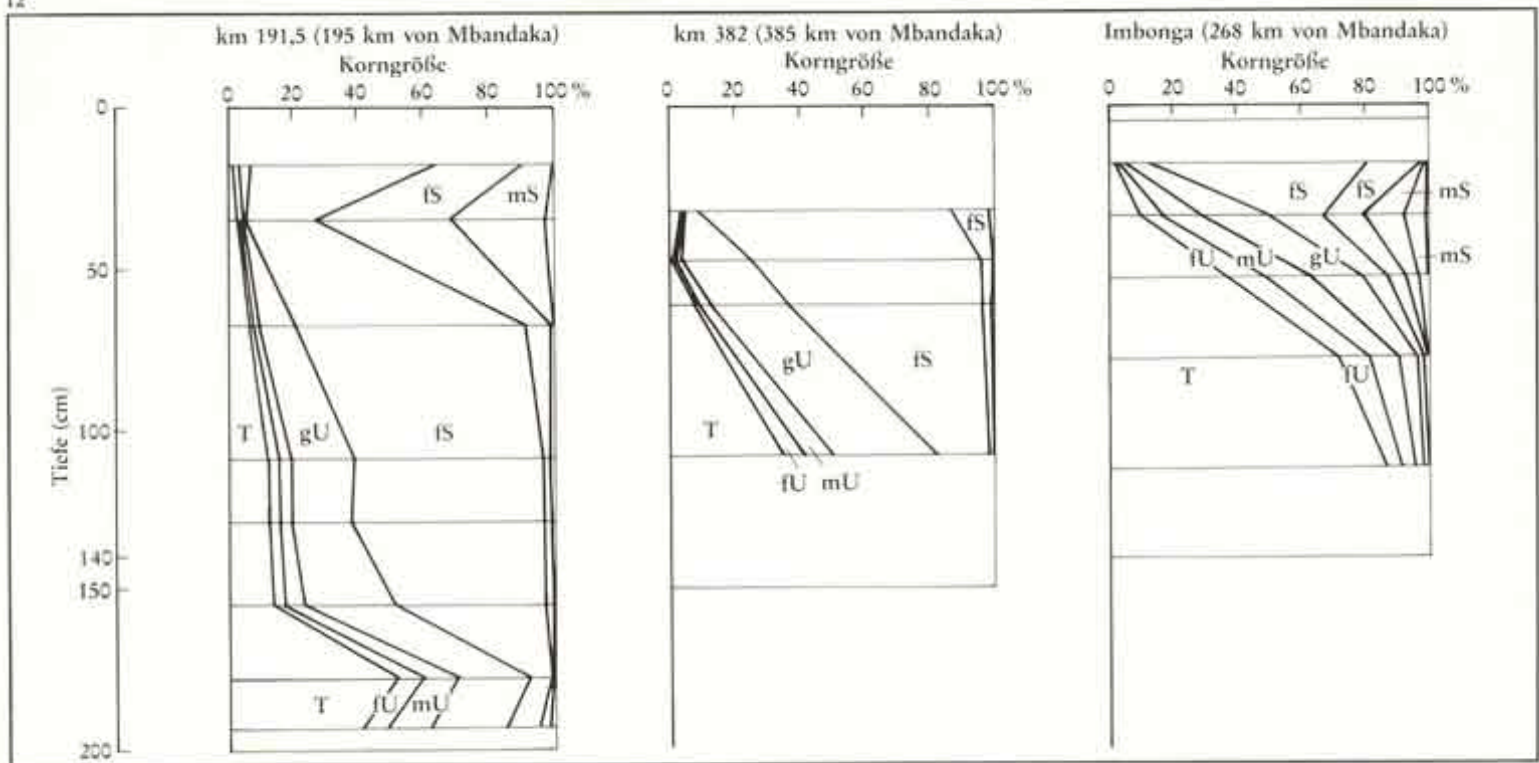


Abb. 12. Ergebnisse von Korngrößenanalysen junger Deckschichtenprofile vom Busira und Momboyo. Die Zunahme des Feinsandanteils und Abnahme von Schluff und Ton kann als fazielle Differenzierung interpretiert werden, die das Herannahen eines Mäanderbogens des Flusses erkennen läßt (Erläuterung der Körnungsgemische siehe Abbildung 3).

Abb. 13. Verfestigter B_{sh} -Horizont der podsolierten Mittelsande aus Wafanya/Luilaka/Zaire. Die Laubschichten in den unteren 0,3 m ergaben ein ^{14}C -Alter von $37\,640 \pm 860$ bp (Hv 12944). Die gelben Schichten sind unverfestigt.

Kenntnis muß mit einer Verdichtung der Vegetation nach $17\,735 \pm 135$ bp gerechnet werden. Klimatisch interpretiert heißt dies, daß die endpleistozäne Klimaverbesserung im inneren Kongo-Zaire-Becken um mehr als 2 000 Jahre früher begann als im ostafrikanischen Hochland. Eine gewisse Bestätigung findet diese Feststellung dadurch, daß vor $16\,675 \pm 140$ bp (Hv 13724) die Ablagerung von Deckschichten im Hangenden der mehr als 10 m mächtigen liegenden Mittelsande begann. Damit wird auch sedimentologisch ein Umschwung markiert.

Bisher liegen sechs ^{14}C -Datierungen von Deckschichten zwischen $16\,675 \pm 140$ bp und $11\,515 \pm 190$ bp (Hv 12951) vor. Danach, bis

$1\,890 \pm 40$ bp (Hv 12950), fehlen datierte Sedimente. Dies könnte zwei Gründe haben: Einerseits stammt das Material der ^{14}C -Datierungen überwiegend aus tieferen Schichten der Profile, so daß bis zur Ablagerung der obersten Sedimente Jahrtausende vergangen sein können. Andererseits könnten die veränderten klimatischen und hydrologischen Bedingungen zu einer Umgestaltung der Geometrie der Flüsse und damit zu lateraler Erosion geführt haben. Diese Anpassung hätte zwischen 12 000 und 8 000 bp stattgefunden. Folglich wären die jüngsten Sedimente in Rinnen zu finden, die in dieser Aktivitätsphase gebildet oder abgeschnitten wurden und heute wasserbedeckt sind. Der Beweis steht aus.

Nach $1\,890 \pm 40$ bp folgen sedimentologische Profile, die durch einen vom Liegenden zum Hangenden zunehmenden Feinsandanteil, bei abnehmenden Ton- und Schluff-Werten, gekennzeichnet sind (Abbildung 12). Die Aufschüttung dieser Deckschichten ist ohne Zweifel das Ergebnis der Sedimentation mäandrierender Flüsse. In der langsamen Verschiebung der Kornspektren von mehr tonigen zu mehr sandigen Lagen wird das allmähliche Herannahen des Flußufers sichtbar, in dessen Nähe die gröbere sedimentologische Fazies abgelagert wird. Eine weitere sedimentologische Einheit ragt lokal knapp über das Hochwasserniveau hinaus (Abbildung 13).

Sedimente dieses Typs sind am Momboyo und Tshuapa weit verbreitet, am Ruki sowie am

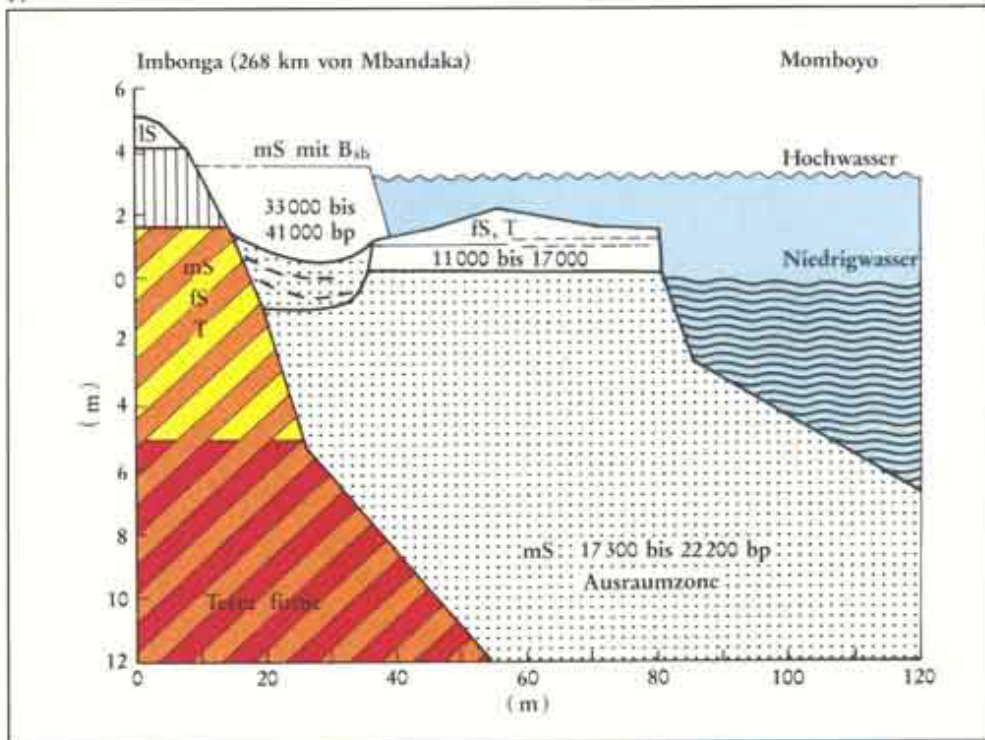


Abb. 14. Das Querprofil durch die rechte Seite der Ausräumzone in Imbonga/Zaire zeigt links die Terra firme. Rechts folgen die mehr als 10 Meter mächtigen liegenden Mittelsande und die hangenden Deckschichten. Die Einheit der podsolierten Mittelsande mit verfestigtem B_{sh} -Horizont ragt lokal über das Hochwasserniveau hinaus (^{14}C -Datierungen mit dreifacher Standardabweichung).

unteren Momboyo und unteren Busira wurden sie bisher nicht beobachtet. Vorherrschend bauen sich diese Schichten aus Mittelsanden auf. Organisches Material ist in ihnen im zentralen inneren Becken häufig. Das Besondere und allen Gemeinsame ist eine pedogenetische Verfestigung (Podsol mit B_{sh} -Horizont). Acht ^{14}C -Datierungen grenzen den Zeitraum ihrer Bildung ein. Das älteste Datum lieferte fossiles Baumharz (Kopal) aus einem organischen Sediment (Hv 13736 = $42\,230 \pm 2870/2105$ bp). Es war mit Holz vergesellschaftet, das ein Alter von $36\,870 \pm 1460/1230$ bp (Hv 13735) ergab.

Die Altersdifferenz zwischen diesen Proben ist statistisch nicht gesichert, d. h. sie können gleich alt sein. Aus weiteren Datierungen ergibt sich eine zeitliche Obergrenze der Akkumulation dieser Sedimente von $35\,500$ bp. Allerdings liegt vom Busira eine wesentlich jüngere Datierung podsolierter Sande vor (Hv 12947 = $24\,860 \pm 290$ bp).

Zwei ähnlich junge Datierungen (Hv 13730 = $23\,785 \pm 1460/1970$ bp und Hv 13722 = $24\,450 \pm 205$ bp) vom Lokolo und Luilaka gehören zu Sedimentprofilen ohne verfestigten B_{sh} -Horizont. Die stratigraphische Stellung dieser beiden Profile wird durch das Fehlen des verfestigten B_{sh} -Horizontes unsicher. Die Frage ist, ob lediglich der sedimentologische Unterschied feinerer Körnung die abweichende Bodenbildung verursachte oder ob sich bereits der Umschwung ankündigt, der zu

der nachfolgenden sedimentologischen Einheit der liegenden Mittelsande überleitet, für die die eingangs erläuterten Datierungen $19\,920$ bp und $17\,735$ bp vorliegen.

4.3 Die randlichen Teile des inneren Kongo-Zaire-Beckens

Die randlichen Teile des inneren Kongo-Zaire-Beckens unterscheiden sich vom Zentrum durch die größere Höhe des Reliefs über der Aue. Damit geht eine größere Mächtigkeit der podsolierten Sande einher, wie sie auch im Gebiet von Kinshasa/Brazzaville und Kisangani/Yangambi beobachtet wurde. Gleichzeitig werden die Flüsse und die Flußauen schmaler. Aus der Farbe des Wassers kann für den oberen Tshuapa ferner auf erhöhten Feinsedimenttransport geschlossen werden. Damit hängt möglicherweise zusammen, daß gelbbraune und braune Sedimentprofile in den Auen beobachtet werden, die nach $2\,000$ bp gebildet wurden.

Bemerkenswert sind die Vorkommen fossiler Quarzschotter vermutlich kretazischen Alters, die auch für die Herstellung von Steinwerkzeugen verwendet wurden [8].

5 Zusammenfassung

Es hat sich gezeigt, daß die 7–8 m mächtigen ferrallitischen Böden der Terra firme keine Beobachtungen zur Lösung der Problematik jungpleistozäner Klimaentwicklung liefern

konnten. Die Bodenbildung ist mit Sicherheit weit älter als dieser Zeitraum. Die Bodenoberfläche hat immer wieder der Abtragung unterlegen. Anzeichen dafür sind kleine Pedimentationsstufen an flachen Hängen [14]. Sie stellen allerdings derzeit keine zeitlich fixierbaren Prozessspuren dar. Über die Sedimente der Ausräumzonen gibt Abbildung 14 Auskunft. Die in den Ausräumzonen des inneren Beckens durch synsedimentäres organisches Material vor $35\,000$ bp datierte Akkumulation von Mittelsanden weist auf eine Abtragsphase hin. Daran anschließend deuten die im Südwesten des Beckens gefundenen Alter für Wurzeln und B_h -Horizonte [4] auf dichtere Vegetation und hohe Wasserstände, also wohl günstigere Klimabedingungen, vor $35\,000$ bp bis etwa $29\,000$ bp hin. Das Alter eines bezüglich Niveau und Pedogenese gleichartigen Sediments im inneren Becken (Zentralwert: $24\,860$ bp) läßt vermuten, daß die hydrologischen Bedingungen bis etwa $25\,000$ bp, vielleicht mit Unterbrechungen, für die Aufschüttung relativ mächtiger mittelsandiger Sedimente geeignet waren. Im Süden des Beckens wurden in B_h -Horizonten Wurzeln und Holz mit geringerem Alter (Zentralwerte: $18\,100$ bp und $21\,600$ bp) festgestellt [4]. Dieses Material ist nur teilweise synsedimentär und kann allenfalls zeigen, daß die Durchwurzelung der B_h -Horizonte vor $18\,000$ bp erfolgte.

Für den nachfolgenden Zeitraum ($20\,500$ bis $17\,600$ bp) liegen aussagefähige Daten nur aus dem inneren Becken vor. Das organische Ma-

terial wurde aus den liegenden Sanden der Auen des Ruki und Momboyo gewonnen. Diese Ablagerungen setzen eine vorhergehende Erosionsphase voraus, die nach 24 000 bp anzunehmen ist. Die Pollenspektren deuten auf lichtere Vegetationsgesellschaften hin.

Die organischen Ablagerungen an der Basis der Decksedimente haben Zentralwerte zwischen 16 675 bp und 11 515 bp ergeben. Der Beginn des grundlegenden Umschwungs zu den heutigen Klimabedingungen zeigt sich damit im tropischen Tiefland des Kongo-Zaire-Beckens zwischen $17\,735 \pm 135$ bp und $16\,675 \pm 140$ bp bemerkenswert früh.

Die Entwicklung nach 11 000 bp bis nach 2 000 bp ist im inneren Becken charakterisiert durch Erosion als Folge der Anpassung der Flußbettgeometrie an die veränderten hydrologischen Bedingungen sowie durch die Akkumulation gradierter Feinsedimente mäandrierender Flüsse. Etwa ab 2 000 bp werden im Bereich des Rahmens des Beckens gelbe und gelbbraune Feinsedimente beobachtet, die möglicherweise erneut auf verstärkte Abtragung an Hängen hinweisen.

6 Ausblick

Die Untersuchung konnte zeigen, daß die vom ostafrikanischen Hochland unabhängigen Einzugsgebiete des zentralen inneren Kongo-Zaire-Beckens im Rahmen der Datierungsgenauigkeit synchron mit den benachbarten Gebieten im Osten und Westen des äquatorialen Afrikas einem Wandel der Geomorphodynamik und einer Veränderung der Vegetationsgesellschaften unterlegen haben, die in dieser Kombination und vor dem Hintergrund der globalen Entwicklung nur durch Klimawandel erklärt werden können.

Es konnte ferner gezeigt werden, daß der forschungstechnisch schwer zu erschließende äquatoriale Regenwald, insbesondere aber die Sumpf- und Überschwemmungsgebiete, umfangreiche und reichhaltige organische Sedimente bergen, in denen Informationen über die letzten 40 000 Jahre gespeichert sind. Die hier vorgestellten Untersuchungen sind ein erster Anfang, die systematische Erforschung dieser Aufzeichnungen des jungpleistozänen Geschehens zu betreiben.

Zu danken habe ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft für Reisebeihilfen, der Arbeitsgruppe von Herrn Dr. M. K. H. Eg-

gert, Hamburg, für die freundliche Aufnahme, Herrn Prof. Dr. M. A. Geyh, Hannover, für ^{14}C -Analysen und Herrn Dr. E. Roche, Brüssel-Tervuren, für Pollenanalysen. Dem Leiter des „Institut des Musées Nationaux du Zaire“, Dr. J. Cornet, danke ich für die Unterstützung durch seine Institution und stellvertretend für alle, die in Zaire die Arbeiten möglich machten.

Literatur

[1] A. C. Hamilton: *Environmental History of East Africa*. London – New York 1982.

[2] J. Flenley: *The Equatorial Rain Forest: a geological history*. London – Boston 1979.

[3] J. De Ploey: Report on the Quaternary of the western Congo; *Palaeoecology of Africa* 4 (1969) 65–68.

[4] G. Delibrias, P. Giresse, R. Lanfranchi, A. Le Cocq: 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 (1983) 463–466.

[5] P. Giresse: 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 (1978) 57–77.

[6] J. De Heinzelin: 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 1952.

[7] J. Preuss: Die Klimaentwicklung in den äquatorialen Breiten Afrikas im Jungpleistozän – Versuch eines Überblicks in Zusammenhang mit Geländearbeiten in Zaire; *Marburger Geographische Schriften*, 100 (1986).

[8] J. Preuss, L. Fiedler: Steingeräte aus dem inneren Kongobecken und ihre geomorphologische Einbindung; *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 6 (1984) 227–246.

[9] M. K. H. Eggert: Imbonga und Lingonda: Zur frühesten Besiedlung des zentralafrikanischen Regenwaldes; *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 6 (1984) 247–288.

[10] M. A. Geyh: Physikalische und Chemische Datierungsmethoden in der Quartärforschung; *Clausthaler Tektonische Hefte* 19 (1983).

[11] R. Bouillenne, J. Moureau, P. Deuse: Esquisse écologique des faciès forestiers et marécageux des bords du lac Tumba. *Ac. Roy. Sc. col., Cl. Sc. nat. méd., mém. nouv. série*, 3, 1 (1955).

[12] J. De Ploey: Position géomorphologique, genèse et chronologie de certains dépôts superficiels au Congo occidental; *Quaternaria* 7 (1965) 131–154.

[13] H. Bremer: Der Formungsmechanismus im tropischen Regenwald Amazoniens; *Z. Geomorph. Suppl.* 17 (1973) 195–222.

[14] H. Rohdenburg: Hangpedimentation und Klimawechsel als wichtigste Faktoren der Flächen- und Stufenbildung in den wechselfeuchten Tropen an Beispielen aus Westafrika, besonders aus dem Schichtstufenland Südost-Nigerias; *Giessener Geographische Schriften* 20 (1969) 127–133.

Johannes Preuss studierte Geographie und Biologie mit Schwerpunkt Physische Geographie in Mainz. 1977 Teilnahme an einem Forschungsprojekt des Institut für Ethnologie und Afrika-Studien, Mainz, im Kongo-Zaire-Becken. 1982 und 1983 weitere Feldaufenthalte. Zur Zeit Hochschulassistent am Fachbereich Geographie in Marburg.

Anschrift:
Dr. Johannes G. J. Preuss, Fachbereich Geographie der Universität, Deutschhausstraße 10, D-3550 Marburg.