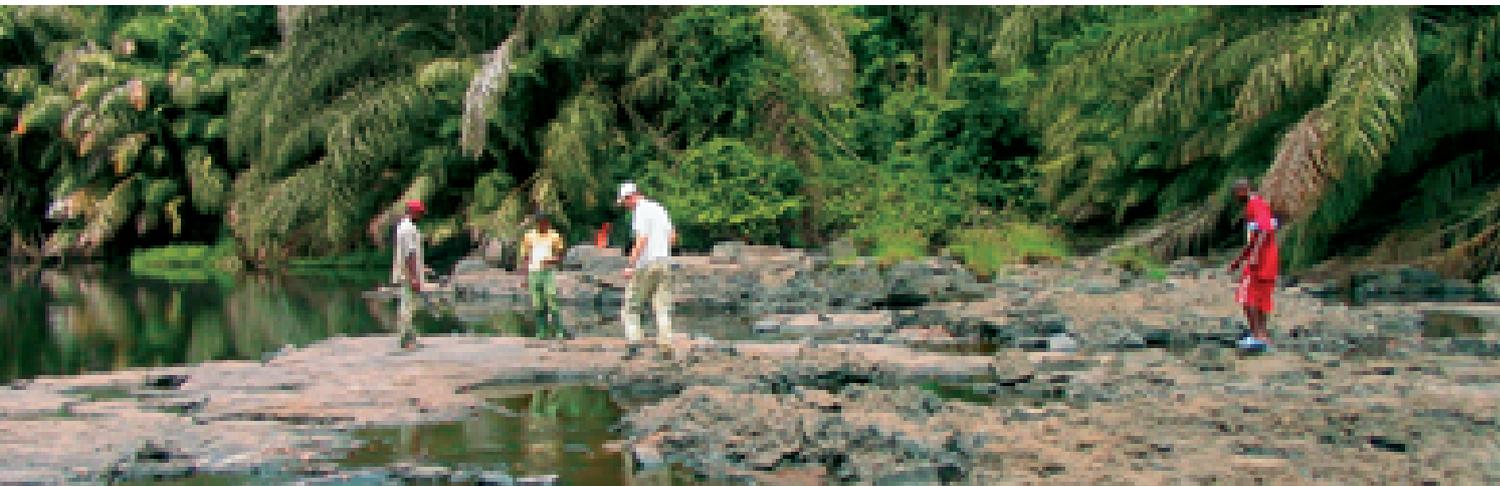




# Eiszeit im tropischen Regenwald: Der ewige Wald – eine Legende?

Festgehalten über Jahrtausende: Umweltarchive in Süd-Kamerun



Im Regenwald von Süd-Kamerun: Ein mit Hilfe von Satellitenbildern ausgewähltes Binnendelta war Ziel einer mehrmonatigen Expedition, die ein Team von Geographen der Universität Frankfurt durchführte. Die Aufnahme zeigt die bei Niedrigwasser des Flusses Ntem anstehenden Grundgebirgsbereiche (Katarakte), die in diesem Gebiet aufgrund neotektonischer Prozesse häufig vertikal gehoben, örtlich aber auch abgesenkt wurden. Die abgesenkten Bereiche nennen die Geomorphologen »Sedimentfallen«.



In jüngster Zeit verdichten sich Vermutungen, dass in den Regenwäldern Äquatorialafrikas während des Höhepunkts der letzten Eiszeit vor etwa 18000 Jahren und auch in der Nacheiszeit vor etwa 3000 Jahren einschneidende Umweltveränderungen stattgefunden haben. Dieser Klima- und Landschaftswandel in den Tropen, der erst seit zwei

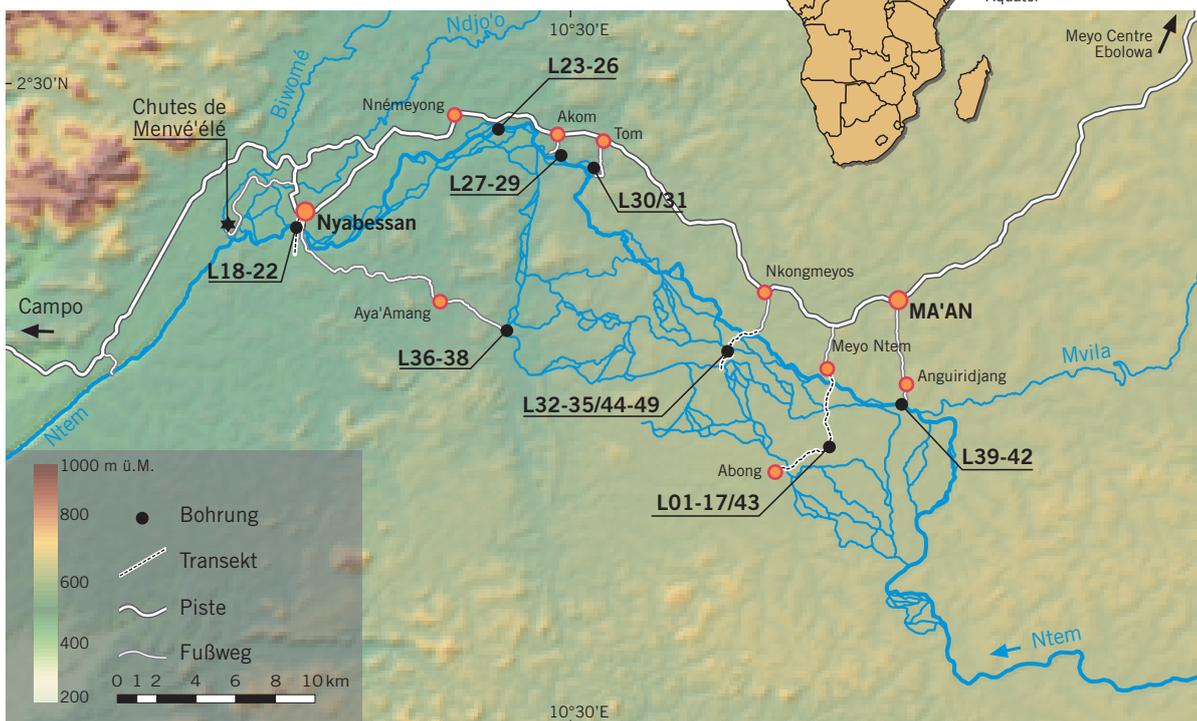
Jahrzehnten als wissenschaftlich akzeptiert gilt, erfolgte ähnlich dramatisch wie in den Ökosystemen der gemäßigten Breiten auf der Nordhalbkugel. Zum Höhepunkt der letzten Eiszeit sind die Tem-

peraturen in den afrikanischen Regenwaldtiefländern vermutlich im Mittel um knapp 5 Grad Celsius zurückgegangen, gleichzeitig verringerten sich die Niederschläge um bis zu 50 Prozent, und es kam



1 Lage des Untersuchungsgebiets in Süd-Kamerun.

2 Topographische Karte nach Daten des amerikanischen Space Shuttles Endeavour (2000) im Zuge der Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) vom Ntem-Binnendelta bei Ma'an in Süd-Kamerun mit Lage der Bohrpunkte und Geländeprofile sowie den Wasserfällen Chutes de Menvé'élé am Ausgang des Deltas.



zu einem jahreszeitlichen Wechsel von deutlich kürzeren Regen- und längeren Trockenzeiten.

Das blieb nicht ohne Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Arten und das Erscheinungsbild der Ökosysteme: Als Folge der Trockenheit verschwanden die bis dahin dichten und evolutionsgeschichtlich alten Wälder großräumig, und offene Savannenlandschaften breiteten sich aus. Botanische und zoologische Studien belegen, dass Reste des Regenwalds in einzelnen ökologisch begünstigten Refugien diese trockeneren und kühleren Phasen überlebten. Aus den Rückzugsräumen konnten sich zum Ende der Eiszeit vor etwa 14 000 Jahren und in der Nacheiszeit (Holozän, ab 10 000 Jahren vor heute) wieder dichte Urwälder in den offenen Baumsavannen ausbreiten. Vor 8000 bis 6000 Jahren erreichte der Wald seine maximale Ausdehnung. Im Spätholozän vor etwa 3000 Jahren verringerte sich nach einer neuerlichen Periode der Austrocknung erneut die Waldfläche.

Interessanterweise geht dieser letzte Klimawandel einher mit wichtigen kulturellen Entwicklungen in Afrika: So sollen in dieser Zeit auch bantusprachige, Keramik herstellende Gruppen von Nigeria und Nord-Kamerun ausgehend in den Süden und Osten Afrikas gewandert sein. Hierbei handelt es sich allerdings bislang um eine Hypothese, für die ein Nachweis aussteht. Ferner entwickelte sich vor 2600 Jahren auch die afrikanische Metallurgie, was zusätzlich zum natürlichen Klimawandel eine vom Menschen ausgelöste Waldzerstörung nahe legt, da für den Prozess der Eisenverhüttung große Mengen an Feuerholz und Holzkohle benötigt wurden.

#### Ablagerungen der Flüsse – Umweltarchive im landschaftlichen Kontinuum

Erkenntnisse über die früheren Klimaverhältnisse jenseits der sehr kurzen, von Wetterstationen innerhalb der letzten 100 Jahre gemessenen Datenreihen gewinnen Klimaforscher aus Tiefseesedimenten und aus dem Gletschereis Grönlands und der Antarktis. Damit ist es möglich, weit in die Vergangenheit – mehr als 100 000 Jahre – zurückzuschauen. Systematische Bohrungen in den küstennahen Berei-

chen von West- und Zentralafrika – hier vor allem in den Schwemmfächern der großen Flüsse Niger und Kongo – erlaubten anhand der von den Strömen aus dem innerafrikanischen Raum mitgebrachten Sedimente indirekte Rückschlüsse auf die früheren Umweltbedingungen. Gleichfalls wurde an großen Seen wie dem Tschad-See über fossile Uferterrassen und Pollenanalysen rekonstruiert, wie der Wasserspiegel während der letzten 20 000 Jahre geschwankt hat. Solche nur indirekt auf das Klima zu interpretierenden Datensätze werden als Proxydaten bezeichnet.

Da die Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus Ozeanbohrkernen auf das heterogen zusammengesetzte Festland nicht grundsätzlich gegeben ist, müssen weitere Proxydaten-Archive zur Lösung des Problems herangezogen werden. Terrestrische Sedimentablagerungen (Alluvionen) tropischer Flüsse können eine solche zusätzliche Datenquelle sein, um frühere Klimawandel räumlich und zeitlich besser aufzulösen. Aus dem Aufbau, der Zusammensetzung und Dicke (Mächtigkeit) der Alluvionen können Rückschlüsse auf die vorzeitlichen Umweltbedingungen im Einzugsgebiet gezogen werden.

In dem Teilprojekt »Regenwald-Savannen-Kontakt« wird in Süd-Kamerun **1** innerhalb der DFG-Forschergruppe »Ökologischer Wandel und kulturelle Umbrüche in West- und Zentralafrika« dieser innovative Ansatz verfolgt. Mit geomorphologischen, sedimentstratigraphischen und bodenkundlichen Methoden wird seit 2004 im Binnendelta des Ntem systematisch nach Spuren für klimagesteuerte Landschaftsveränderungen gesucht.

Satellitenbildgestützte Vorerkundungen mit amerikanischen LANDSAT-Daten, die mit Fernerkundungsprogrammen in Frankfurt bearbeitet wurden, führten zur Entdeckung eines rund 60 Kilometer von der Atlantikküste entfernten, 210 Quadratkilometer großen Binnendeltas inmitten des tropischen Regenwalds. Es befindet sich in der Grenzregion zwischen Kamerun, Äquatorial-Guinea und Gabun. Das stark verzweigte Binnendelta, das als Sedimentfalle – ein Reliefabschnitt, in dem die Ablagerungen weitgehend vor Erosion geschützt sind – eingestuft wird, liegt

vor einer markanten, zum Atlantik hin überleitenden Geländestufe, die zwei Flächenniveaus voneinander trennt **2**. Diese geologisch alten, flachwelligen Einebnungsflächen sind meist durch Rotlehmdecken gekennzeichnet, die über zehn Meter mächtig sein können; sie zeugen von einer lang andauernden tropischen Gesteinsverwitterung.

#### Ein Ozean entsteht

Das für die Landschaftsgeschichte Süd-Kameruns dramatischste Ereignis war die plattentektonische Öffnung des Südatlantiks vor 95 Millionen Jahren, als der Gondwana-Kontinent auseinander brach und sich Südamerika von Afrika trennte. Die Erdkruste begann sich zu heben und zu senken, Brüche bildeten sich, und dabei entstand ein völlig neuartiger Kontinentrand mit gravierenden Folgen für die Wasserläufe: Die bestehenden Flüsse mussten sich in Richtung der jetzt existierenden Atlantikküste umorientieren.

**3** Landschaftsbild mit den Chutes de Menvé élé am westlichen Ende des Ntem-Binnendeltas. Durch neotektonische Hebungprozesse und vorzeitlichen Klimawandel konnte der Ntem zumindest zeitweise diese Geländestufe nicht überqueren, was die Akkumulation der Schotter im Stufenbereich und die Ablagerung sehr feinkörniger Sedimente im Delta erklärt.



Es ist davon auszugehen, dass die Hebungs- und Senkungsbewegungen bis in das Pliozän (7 Millionen Jahre) in Süd-Kamerun ange-dauert haben; eine solche Dynamik der Erdkruste wird als Neotektonik bezeichnet. Das Ntem-Binnendelta hat sich daher vermutlich erst in jüngerer geologischer Vergangen-heit (Quartär, 2 Millionen Jahre) entwickelt und ist als Proxydaten-Archiv einzustufen.

#### Kennzeichen der Ntem-Ablagerungen

Unterhalb und oberhalb der Was-serfälle Chutes de Menvé' élé am Ende des Ntem-Binnendeltas **3** entdeckte das Team des Instituts für Physische Geographie 2004 mächtige, von Eisen- und Mangan-Lösun-gen verbackene Schotterkörper. Sie kündigen einerseits von neotektoni-scher Aktivität, die zeitweise zur Aufstauung eines Ntem-Sees ge-

führt haben könnte. Andererseits zeugen diese Funde davon, dass sich die Umwelt aufgrund von kli-matisch gesteuerten Faktoren stark veränderte und so auch das Verwit-terungsgeschehen im Einzugsgebiet des Ntem und die Abflussprozesse modifiziert wurden. Die heterogene Schichtung der Schotterlagen deut-et auf ganz unterschiedliche Bil-dungsumstände hin. Grobe, kantige Gemengepartikel in der Matrix ent-standen durch verstärkte Material-schüttungen von den Hängen, die vermutlich instabil wurden, weil sich die Vegetation infolge größerer Trockenheit auflockerte. In den Fluss- und Seeablagerungen finden sich feinsandige bis tonige Korngrö-ßen, was auf eine ruhige Strömung und episodische Stillwasserbedin-gungen (Seen) hinweist.

Die mehrere Meter mächtigen Alluvialsedimente sind im Binnen-delta über ein schachbrettartiges

Kluftmuster verteilt. Sie bilden ein natürliches Archiv, um der Land-schaftsgeschichte auf die Spur zu kommen. Die Kartierung und Aus-wertung von tektonischen Struktu-ren (Lineamenten) nach Satelliten-bildern und im Gelände ergab, dass das Binnendelta in mehrere kleine Teilbecken untergliedert ist. Dies ist für die spätere Korrelation der Sedi-mentsequenzen von Bedeutung. Mehrere 2005 angelegte geolo-gisch-bodenkundliche Geländepro-file (Transekte) und zahlreiche Boh-rungen **4** in den Alluvionen ver-folgt das Ziel, die räumliche Verteilung und den Altersaufbau der Flussablagerungen zu erfassen.

#### Zum Alter der Flussablagerungen

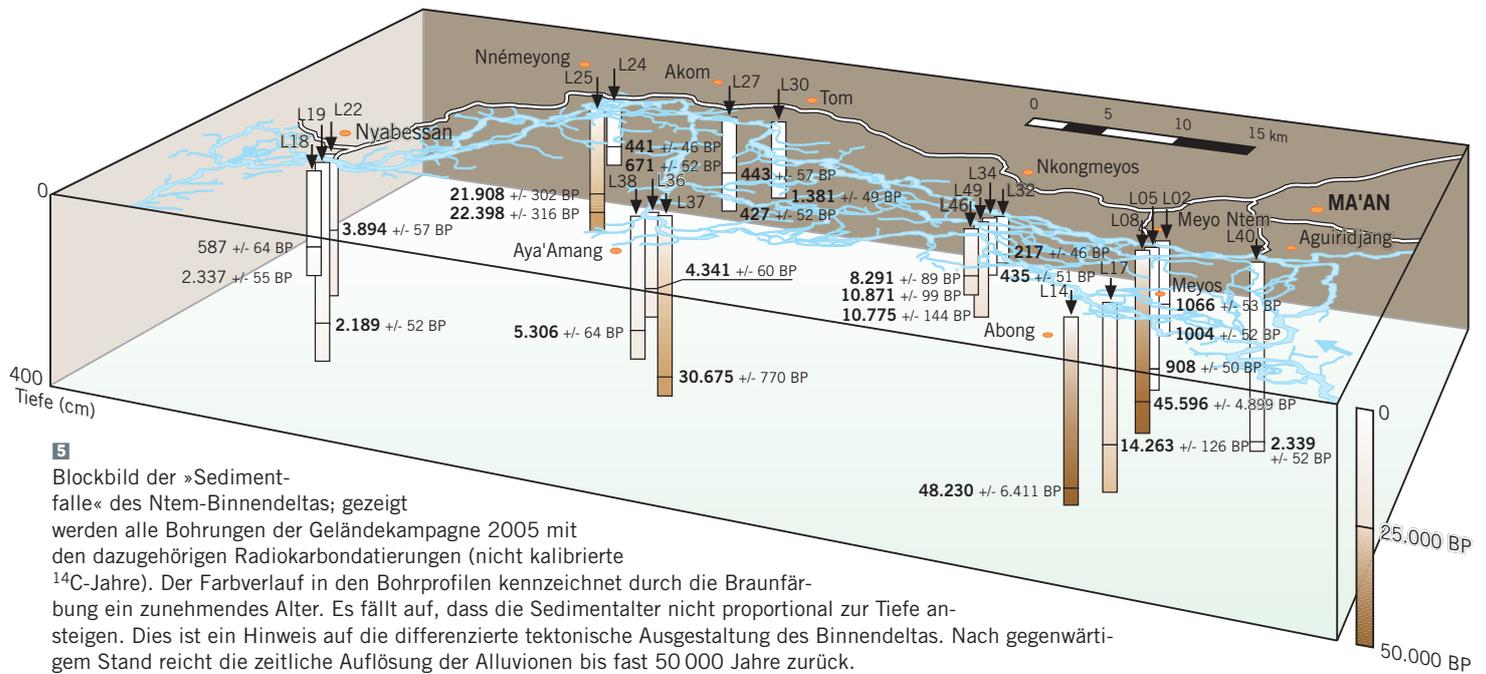
Ursprünglich wurde nur mit mittel-bis jungholozänen Ablagerungen im Ntem-Binnendelta gerechnet, doch zahlreiche Datierungen mit Hilfe der <sup>14</sup>C-Radiokarbonmethode ergaben, dass die Sedimente teil-weise wesentlich älter sind. Die nicht kalibrierten Radiokarbonda-ten der Alluvionen und vermutlich auch der Seesedimente des Ntem ergaben Alter von bis zu 48 230 Jahren vor heute. Solche für die feuchten Tropen beeindruckenden <sup>14</sup>C-Alter konnten neben 25 weite-ren Altersbestimmungen an organi-schen Pflanzenresten und Sediment nachgewiesen werden **5**, die sich im Laufe der eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Landschaftsge-schichte in verschiedenen Tiefen der Ntem-Sedimente erhalten haben. Von jüngerem Sediment überdeckte fossile Humushorizonte (ehemalige Bodenoberflächen) könnten durch abrupte Umwäl-zungen im Landschaftshaushalt entstanden sein, die entweder auf Klimaveränderungen oder auf epi-sodische Extremereignisse wie Hochwässer zurückzuführen sind. Einige Funde konnten in die Zeit vor und während der letzten Eiszeit vor 20 000 bis 14 000 Jahren ge-stellt werden. Andere, jüngere Pro-ben stammen aus der holozänen Feuchtphase der »African Humid Period« vor 8000 bis 6000 Jahren, als der tropische Regenwald seine maximale Ausdehnung erreichte. Andere Datierungen zeugen von der im Fokus der Forschergruppe stehenden Frage einer durch starke Trockenheit gekennzeichneten Ökosystemveränderung, die sich an



**4** Bohrungen mit dem Edel-man-Handbohrer in den Flussablage-rungen (Allu-vionen) des Ntem. In drei bis vier Metern Sediment kön-nen land-schaftsge-schichtliche Informationen enthalten sein, die bis vor die letzte Eiszeit zurückreichen.

#### Literatur:

<p>Servant, M. &amp; Servant-Vildary, S. (Hrsg.) (2000), <i>Dynamique à long terme des éco-systèmes forestiers intertropicaux</i>. Publications issues du Symposium international »Dyna-mique à long terme</p>	<p>des écosystèmes forestiers intertro-picaux«, Paris, 20–22 mars 1996, UN-ESCO, S. 1–434.</p> <p>Summerfield, M. A. (1985), <i>Tectonic background to</i></p>	<p>long-term land-form development in tropical Africa, in: Douglas, I. &amp; Spencer, T. (Hrsg.), <i>Environmental Change and Tropical Geomorphology</i>, George Allen &amp; Unwin, London, S. 281–294.</p>	<p>Thomas, M. F. (2004), <i>Landscape sensitivity to rapid environmental change – a Quater-nary perspective with examples from tropical areas</i>, <i>Catena</i>, 55, S. 107–124.</p>
--	--	---	---



**5** Blockbild der »Sedimentfalle« des Ntem-Binnendeltas; gezeigt werden alle Bohrungen der Geländekampagne 2005 mit den dazugehörigen Radiokarbonatierungen (nicht kalibrierte <sup>14</sup>C-Jahre). Der Farbverlauf in den Bohrprofilen kennzeichnet durch die Braunfärbung ein zunehmendes Alter. Es fällt auf, dass die Sedimentalter nicht proportional zur Tiefe ansteigen. Dies ist ein Hinweis auf die differenzierte tektonische Ausgestaltung des Binnendeltas. Nach gegenwärtigem Stand reicht die zeitliche Auflösung der Alluvionen bis fast 50 000 Jahre zurück.

diese ausgeprägte Feuchtphase vor etwa 4000 bis 2500 Jahren anschloss. Die laufenden interdisziplinären Auswertungen werden zeigen, inwieweit die vorliegende Sedimentchronologie der Ntem-Alluvionen mit Konzepten der Bantu-Migration, kultureller Umbrüche und Vegetationsveränderungen [siehe Katharina Neumann »Ölpalme, Perlhirse und Banane«, Seite 38] in Verbindung gebracht werden kann.

#### Rückzugsräume des Regenwalds

Spannend sind die Erkenntnisse, welche die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der fossilen Pflanzenreste und der organischen Substanz liefern. Das Verhältnis der stabilen Kohlenstoffisotope ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) gibt einen Hinweis darauf, wie und durch welche physiologischen Pflanzentypen ( $\text{C}_3$  oder  $\text{C}_4$ ) die organische Substanz über Photosynthese gebildet wurde. Zu den  $\text{C}_3$ -Pflanzen zählen die meisten tropischen Waldbäume, zu den  $\text{C}_4$ -Pflanzen dagegen zahlreiche Gräser der Savannen. So lassen sich indirekt Rückschlüsse auf das Erscheinungsbild der ehemaligen Vegetation ziehen. In den Delta-Alluvionen des Ntem wurden ausschließlich  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ermittelt, die eine Zuordnung zu  $\text{C}_3$ -dominierten Pflanzengesellschaften, also zum Regenwald, erlauben, und zwar zu allen datierten Zeiten.

Aufgrund dieser Tatsache ist zu vermuten, dass es im Binnendelta des Ntem wohl über den gesamten

Zeitraum von rund 50 000 Jahren tropischen Regenwald gegeben hat. Ob dieser eine gleiche Artenzusammensetzung wie heute hatte, ist noch nicht bekannt. Da das Ntem-Delta aufgrund seiner geomorphologischen Form zu keiner Zeit ein Gebiet mit dramatischem Wassermangel gewesen sein dürfte, wird angenommen, dass es sich vor allem um Galerie- und Sumpfwald gehandelt haben mag. Die Pollenanalysen, die helfen werden, dies aufzuklären, sind noch in Arbeit. Das Konzept einer Persistenz des

Regenwalds im Ntem-Binnendelta, auch über Trockenperioden hinweg, ergänzt die Ergebnisse früherer Forschungen im äquatorialen Afrika, denn damit ließe sich jetzt belegen, dass es ein weiteres Tieflandrefugium des Regenwalds in Süd-Kamerun gab. Ein anderes Ergebnis ist die Feststellung, dass das Ntem-Binnendelta seit mindestens 50 000 Jahren besteht. Dieses außergewöhnliche Landschaftsarchiv im Regenwald birgt sicher noch weitere Geheimnisse, die es in Zukunft zu lüften gilt. ◆

#### Die Autoren

**Prof. Dr. Jürgen Runge**, 44, ist seit mehr als 20 Jahren im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten im subsaharischen Afrika aktiv. 2000 übernahm er die Professur für Physische Geographie und Geoökologie mit dem regionalen Schwerpunkt Afrika an der Universität Frankfurt. Seine Arbeitsgruppe beteiligt sich an verschiedenen interdisziplinären Forschungsvorhaben in zahlreichen afrikanischen Ländern; zum Beispiel in Burkina Faso und Benin im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten BIOTA West Forscherverbunds zur Biodiversität in Westafrika [siehe auch Karen Hahn-Hadjali und Annika Wieckhorst »Gemeinsam für den Erhalt der Artenvielfalt in Westafrika«, Seite 16], in Namibia über die Nachwuchsgruppe des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und das Frankfurter Institut für Sozialökologische Forschung (ISOE) über die Versorgung der Bevölkerung (Problemkreis »Wasser«). Runge hat das Frankfurter Zentrum für interdisziplinäre Afrikaforschung (ZIAF) mit aufgebaut und ist derzeit Vize-Direktor dieser Einrichtung.

**Joachim Eisenberg, M.A.**, 33, bearbeitet in seiner Doktorarbeit die geomorphologische und neotektonische Entwicklung des Ntem-Binnendeltas und seine Eignung als Proxydaten-Archiv. Er studierte Geographie und Medienwissenschaften an der Universität Paderborn; seine Masterarbeit befasste sich mit der Verbreitung und Entwicklung von jahreszeitlich überschwemmten Grasländern in Sambia. Nach einer beruflichen Tätigkeit in einem geographischen Verlag kam er an die Universität Frankfurt.

**Mark Sangen**, 35, untersucht in seiner Doktorarbeit die Alluvionen des Ntem-Deltas hinsichtlich ihres umweltgeschichtlichen Aussagegewerts. Der Diplom-Geograph hat in Frankfurt Geographie, Meteorologie und Hydrologie studiert. Über eine Projektstätigkeit bei der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) kam er nach Südafrika und arbeitete an hydrologischen Datenbanken und der Modellierung von Wassereinzugsgebieten in KwaZulu-Natal; dies war auch Gegenstand seiner Abschlussarbeit.