

# Geomorphologische Reliefanalyse im äquatorialen Ostafrika

Von Johannes Preuß und Mathias Schmanke

**Mit dem Lake Victoria, dem Rwenzori-Gebirge und einer hoch gelegenen Rumpfflächen-Landschaft weist das äquatoriale Ostafrika eine für Geomorphologen äußerst interessante Landschaft auf.**

Die mangelnde Verfügbarkeit hochauflösender topographischer Karten hat lange Zeit die geomorphologische Bearbeitung Afrikas erschwert. Durch den verstärkten Einsatz von Luftbildern entstanden erst am Ende der Kolonialzeit geeignete Kartenwerke. Ihr einziger Mangel ist heute, dass sie nicht digital vorliegen.

Eine völlig neue Lage ergab sich durch die Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), in deren Verlauf – vom Spacelab als Plattform – innerhalb weniger Stunden die Erde zwischen 60° Nord und 58° Süd vermessen wurde. Es entstand ein Digitales Höhenmodell (DHM), das am Äquator eine Auflösung von etwa 100 Metern hat. Da die Wasserflächen durch das Radarsystem fehlerhaft aufgenommen werden, wurden sie aus multispektralen Satellitendaten abgeleitet. Ein großer Vorteil des Radars ist die Durchdringung der am Äquator häufig dichten Bewölkung, so dass die Erdoberfläche dieser Region erstmals völlig sichtbar ist.

Das SRTM-Projekt der NASA begann am 11. Februar 2000 und dauerte insgesamt 11 Tage. Es wurde mit zwei Empfangsantennen für relativ kurzweilige Radarsignale durchgeführt. Dazu war es erforderlich, einen teleskopierbaren, 60 Meter langen Gittermast in der Ladebucht des Spaceshuttles zu transportieren und ihn im Weltraum quer zur Flugrichtung zu installieren. An seinem Ende wurde die zweite Radarantenne montiert. Vom gleichen Objekt auf der Erdoberfläche konnten so zwei Bilder empfangen werden, die sich in Abhängigkeit von der Höhe des Reliefs durch eine paralaktische Verschiebung bezüglich der Lage der Messpunkte unterschieden, so dass eine dreidimensionale Ansicht erzeugt werden konnte.

Abbildung 1 (Doppelseite 24/25) stellt eine Hangneigungskarte dar, die ein Gebiet von 700 x 460 Kilometern abbildet. Die gewählten Hangneigungsklassen gehen auf publizierte Feldforschung zurück.<sup>1</sup> Die Karte zeigt neben Seeflächen die farblich unterschiedenen Neigungsverhältnisse. Mit gelben Linien sind die aus dem DHM abgeleiteten Wasserscheiden dargestellt, soweit sie für diese Untersuchung von Bedeutung sind.

Die SRTM-Daten erlauben erstmalig eine hochauflösende räumliche Darstellung der Hangneigungsverhältnisse dieser äquatorialen Region. Neben den durch Abtragung gebildeten sehr schwach geneigten Rumpfflächen mit breiten Tälern treten aber auch steil geneigte, grün und blau gefärbte Relieftteile in Erscheinung. Die Angaben in Promille bedeuten

einen Anstieg des Reliefs um n-Meter pro 1.000 Meter. Die grauen Flächen steigen also um 0,1 bis 9,5 Meter auf 1.000 Meter an. Schon der erste Blick auf Abbildung 1 zeigt, dass der abgebildete Raum gemäß den Neigungsverhältnissen untergliedert werden kann (s.u.).

Mit einem kräftig roten Farbton wurden in Abbildung 1 die Formen belegt, in die Täler mehr als 200 Meter eingetieft sind.

Zur Veranschaulichung kann der Rhein bei Bingen dienen, der dort etwa 220 Meter in das vom Tertiärmeer geschaffenen Flachrelief des Niederwaldes eingeschnitten ist. Der Rochusberg direkt südlich des Rheins überragt den Fluss um etwa 170 Meter.

In Abbildung 1 sind solche Reliefverhältnisse an den Hängen der hohen Berge erkennbar sowie an den steilen, tief zerschnittenen Westflanken der Grabenseen. Schließlich überragen in der Südwestecke der Abbildung 1 relativ schmale, bandartige Quarzitrücken ihre jeweilige Umgebung um 200 bis 1.000 Meter. Die vielfach von Tälern durchbrochenen Quarzitrücken, aber auch die kleinen isolierten Vorkommen grüner Farbtöne in gelblichem Umfeld, die Inselberge, weisen auf erhebliche flächenhafte Abtragung der in Granit und Gneis entwickelten Rumpfflächen hin.

Hydrographisch gesehen ist der Raum der „Quellen des Nils“ abgebildet, der in der europäischen Erforschungsgeschichte Afrikas eine Zeit lang eine bedeutende Rolle gespielt hat. Der Victoria-Nil beginnt an der nördlichsten Bucht des Lake Victoria und verbindet Lake Kyoga und Lake Albert, um am Nordrand der Karte zwischen 31°E und 32°E das Gebiet zu verlassen. Über den Semliki nimmt der Nil auch das Wasser des Lake Edward und des Lake George auf.

Die Wasserflächen der Seen grenzen an fast ebene Tiefländer und kaum geneigte, breite Talzüge. Offensichtlich sind die Reliefverhältnisse am Lake Albert und Lake Edward völlig andere als an den beiden östlich gelegenen Seen. Aus dem für europäische Verhältnisse bemerkenswert flachen Relief erheben sich mit Rwenzori (30°E/0,5°N) und Mount Elgon (34,5°E/1,1°N) zwei Fünftausender.

## Die Fragestellung

Die geomorphologische Fragestellung ergibt sich aus dem Nebeneinander des größten tropischen Sees der Erde, des ungewöhnlichsten über 5.000 Meter hohen Berges der Erde und einer in 1.000 bis 2.000 Meter

über dem Meer gelegenen Rumpfflächen-Landschaft, die auf Granit und Gneis entwickelt ist, lokal Härtingszüge aus Quarzit aufweist und ausweislich ihrer lateritischen Verwitterungsdecke ein hohes Alter besitzt. Gleichzeitig ist das Gebiet durch seine Lage zwischen der westlichen und östlichen Ostafrikanischen Grabenzone als mobil und tektonisch aktiv zu bezeichnen. Schließlich erscheint eine geomorphologisch-paläopedologische Ergänzung der geologischen Forschergruppe sinnvoll und wünschenswert (siehe Beitrag Köhn).

### Das Einzugsgebiet des Lake Kyoga

Das Einzugsgebiet des Lake Kyoga ist nur wenige Meter in ein schwach geneigtes Becken eingetieft. In Abbildung 1 scheint der See nach Südwesten abzufließen. Aber die Wasserscheide quert das Tal bei etwa 32,3°E/1,2°N. Der wirkliche Lauf des Nils befindet sich bei 32°E/2°N (Abb.2). Die Form des Sees weist darauf hin, dass es sich beim Lake Kyoga um überflutete Täler handelt, die zusätzlich durch die Brandung erosiv aufgeweitet wurden. Vom Grundrissbild vergleichbare Seen gibt es weiter westlich im inneren Kongobecken (Lac Tumba, Lac Mai Ndombe) in etwa 300 Meter über dem Meer. Dort sind Täler durch Sandschüttungen großer Vorfluter verschüttet worden. Für solche Sandschüttungen konnten Alter von 25.000 bis über 40.000 Jahre vor heute ermittelt werden.<sup>2</sup> Mit Ausnahme des südlichen und westlichen Randes dieses Einzugsgebietes ist die Morphologie der des inneren Kongobeckens nicht unähnlich. Wie dort handelt es sich auch hier um eine von flachen Talungen durchschnittene ferallitische Verwitterungsdecke mit durch Siliziumabfuhr und relative Eisen- und Aluminiumanreicherung gebildeten diagenetisch verfestigten Bodenhorizonten (Laterit), die für die Entstehung eines plattenartigen Reliefs verantwortlich sind (Abb.2).

### Das Einzugsgebiet des Lake Victoria

Das Einzugsgebiet des Lake Victoria wird nur etwa zur Hälfte abgebildet. Der größte tropische See der Erde ist nur maximal etwa 100 Meter tief. Die heute in ihm gespeicherte Wassermenge beträgt 2.750 Kubikkilometer. Insbesondere die westlichen Seeufer sind von flachen Sedimentschüttungen aufgefüllt, die von steilen „Inseln“ durchragt werden. In Luftbildern sind Strandterrassen sichtbar, die auch in der vorliegenden Literatur beschrieben werden.<sup>3</sup> An diese Ebenen schließen breite Flüsse an, die im Kartenbild bis an die Wasserscheide verfolgt werden können und sich auch jenseits dieser Linie, allerdings mit westlicher Fließrichtung, nach Westen fortsetzen. Die dunklen Gelb-, Grün- und Blautöne der Hangneigungskarte zeigen steilere Reliefverhältnisse an und damit auch größere Reliefhöhen, als dies im Einzugsgebiet des Lake Kyoga der Fall ist. Im Südwesten sind Strukturformen erkennbar, die auf geologische Sättel und Mulden gefalteter Gesteine zurückgehen (z.B.

31,3°E/0,6°S; 31,7°E/0,3°S). Petrographisch handelt es sich bei diesen sichtbaren Strukturen häufig um besonders verwitterungsresistente Quarzite. Hervorzuheben sind die zahlreichen Hügel östlich und westlich von 32°E/0,2°N mit Hängen von 10 bis 27 Prozent Neigung, deren Scheitel aber flache, von Laterit bedeckte Verebnungen aufweisen (Abb.3).<sup>4</sup>

Geomorphologen sehen in diesen Verwitterungsdecken, die durch erhebliche Höhenunterschiede voneinander getrennt sind, Stockwerke des Reliefs, die zu verschiedenen Zeiten gebildet und durch Abtragungsvorgänge zergliedert wurden. Das Plattenrelief am Lake Kyoga wird als „Kyoga“-Niveau (P III) bezeichnet. Es ist vermutlich im Tertiär<sup>5</sup> gebildet worden und damit jünger als die im Verlauf der lokalen Wasserscheiden konstruierbare Fläche, die den Namen „Buganda“-Niveau (P II) trägt. Ihr wird ein mesozoisches Alter zugewiesen.<sup>6</sup>

Ganz im Südwesten des Einzugsgebietes des Lake Victoria gibt es noch höher über den Talböden gelegene isolierte Flächenreste mit lateritischen Bodenbildungen.<sup>1</sup> Sie wurden „Mbarara“-Niveau (30,4°E/0,3°S) genannt.

### Der Übergang zur östlichen Ostafrikanischen Grabenzone

Östlich von etwa 33,5°E sind in überwiegend grünen und blauen Farben steilhängige Vulkane und Vulkanruinen erkennbar, die genetisch mit den östlichen Ostafrikanischen Gräben in Kenia in Verbindung zu bringen sind.

### Die westliche Ostafrikanische Grabenzone

Westlich der bisher beschriebenen Einzugsgebiete liegt die westliche Ostafrikanische Grabenzone mit den Grabenseen Lake Albert, Lake Edward und dem Massiv des Rwenzori. Die überwiegend direkt am Grabenrand verlaufende westliche Wasserscheide trennt die Einzugsgebiete von Nil und Kongo. Sie liegt bis zu 1.500 Meter über dem Spiegel des Lake Albert. Östlich ist die Wasserscheide weiter von den Seen entfernt. Gelbe, grüne und blaue Farbe zeigt an, dass steile Seeufer und Talflanken ebenso häufig sind wie isoliert aufragende steile Inselberge. Auffallend ist das Gebiet nordwestlich des Rwenzori, das mit den gelben Farbtönen eine geomorphologische Mulde erkennen lässt, die vor der Umkehr der Abflussrichtung die von Osten kommenden Flüsse aufgenommen hat. Östlich der Grabenseen wird das Relief von Norden nach Süden zunehmend steiler, die relativen und absoluten Höhen nehmen gleichzeitig zu.

Besonders bemerkenswert ist der die Umgebung um mehr als 3.000 Meter überragende Rwenzori, an dessen östlichem Fuß, in dieser Abbildung nicht sichtbar, Explosionskrater aufgereiht sind. Seine Entstehung ist ein ungelöstes geowissenschaftliches Problem (siehe Beitrag Köhn).

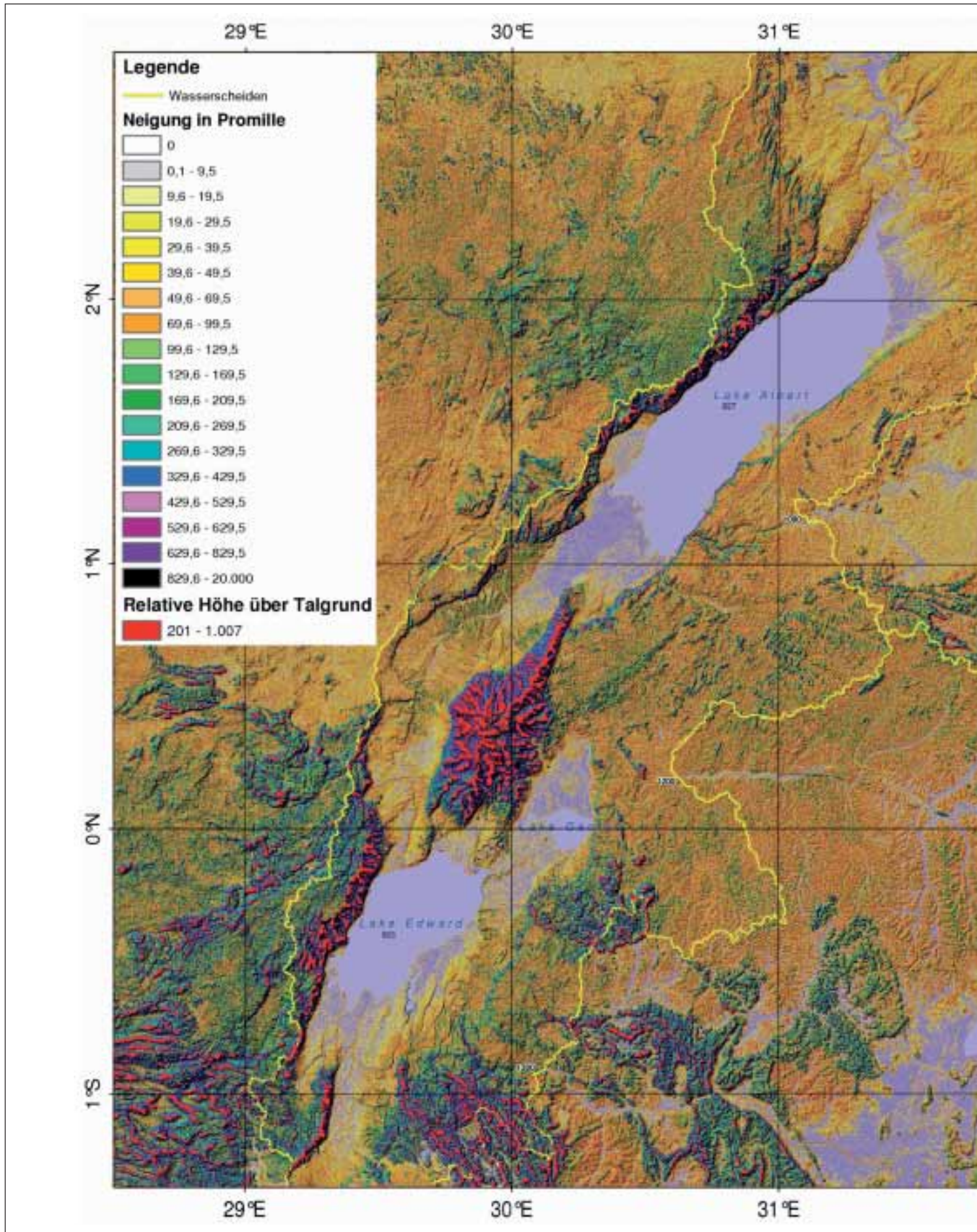
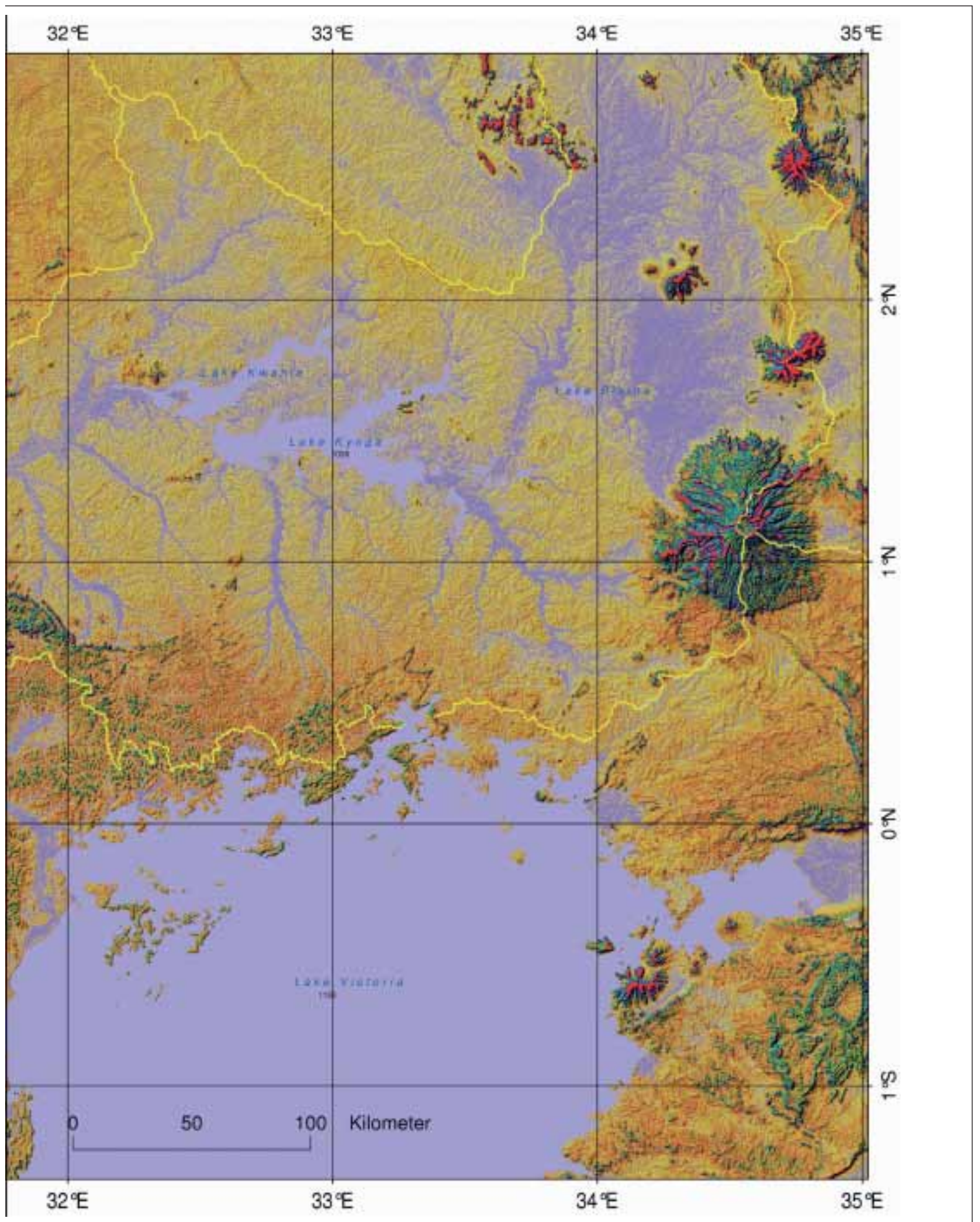
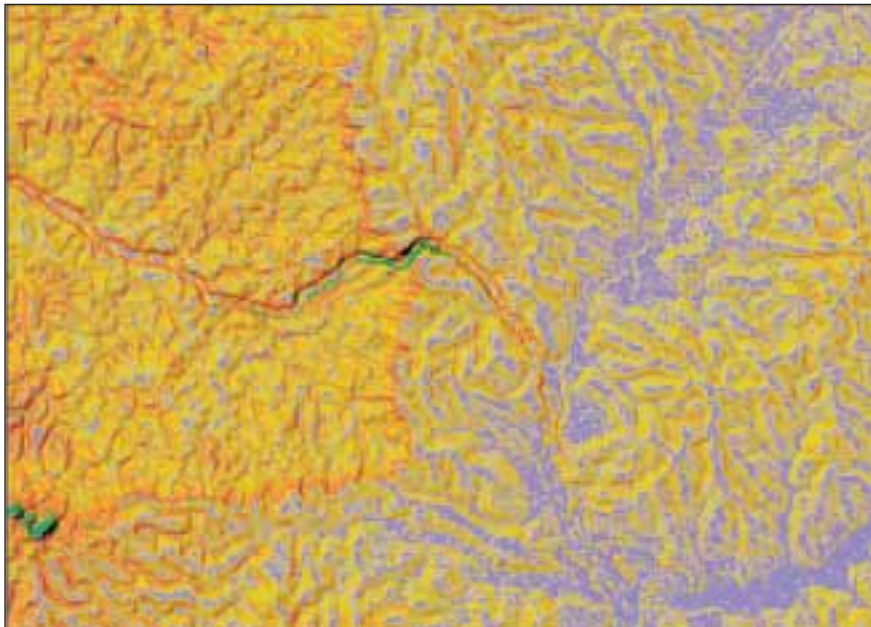


Abb. 1: Hangneigungskarte des westlichen äquatorialen Ostafrika



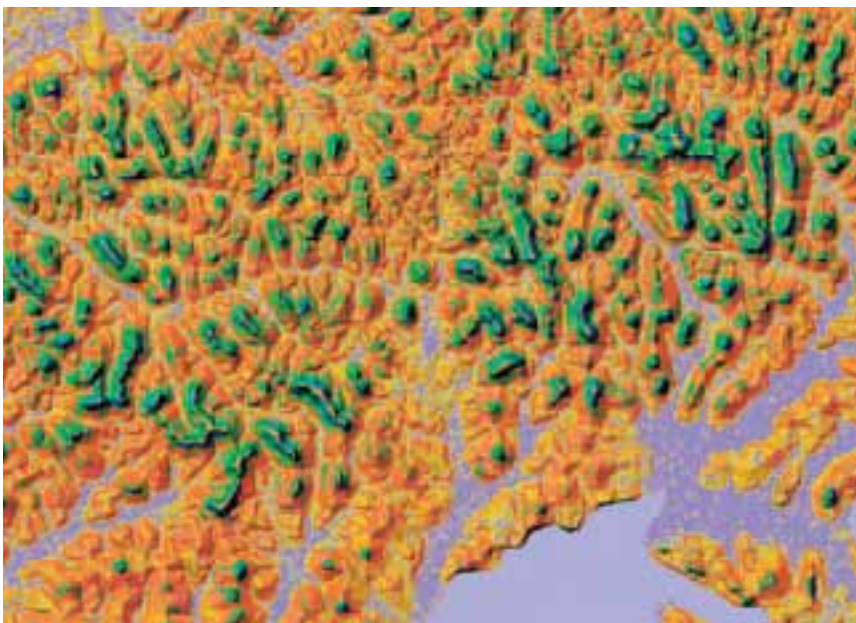


**Abb. 2:** Das Plattenrelief des „Kyoga“-Niveaus (PIII) endet mit einer Rumpfstufe. Es wird vom Nil durchquert (Legende und Maßstab siehe Abb. 1)

### Die Entwicklung des Reliefs

Die Reliefverhältnisse werden wie folgt gedeutet: Die Einzugsgebiete des Lake Victoria und Lake Kyoga haben ursprünglich nach Westen in das heutige Kongo Becken entwässert. Die Ähnlichkeit des Reliefs (s. o.) ist daher nicht zufällig, sondern kann auf die gemeinsame Vorgeschichte zurückgeführt werden. Dies würde an eine Aufwölbung des Gebietes um 700 Meter, im Südwesten sogar 1.000 Meter denken lassen. Diese Hebung ist als Voraussetzung und Folge der Grabenbildung anzusehen, da dadurch die Kruste gedehnt wurde, an bereits bestehenden Strukturlinien aufriss und zwischen den sich hebenden Grabenschultern Schollen abgleiten konnten. Nach Pickford<sup>7</sup> begann der Prozess der Einsenkung eines Segmentes des „Kyoga“-Niveaus (PIII), das zu dieser Zeit bereits von Resten der älteren Niveaus überragt wurde, vor etwa 8 Millionen Jahren. Sedimente wurden in einem als Folge der Einsenkung entstandenen und als Lake Obweruka bezeichneten See abgelagert.

**Abb. 3:** Die Hügel des „Buganda“-Niveaus (PII) weisen Reste von Laterit auf (Legende und Maßstab siehe Abb. 1)



gert. Da dieser See auch noch vor 2,5 Millionen Jahren bestanden haben soll, müsste die Heraushebung des Rwenzori erst danach erfolgt sein. Auch die Umkehr der Fließrichtung der heute nach Osten, dem Lake Victoria und Lake Kyoga zustrebenden Flüsse wäre damit jung und in einem Zeitabschnitt erfolgt, der weltweit von sich wiederholenden Klimaänderungen betroffen war.

### Einige Ergebnisse

Die Reliefanalyse lässt erkennen, dass die Hebung der Grabenschultern unterschiedlich stark war. Sie bietet ferner die Möglichkeit, großräumig potentielle Reste der „Kyoga“- und „Buganda“-Niveaus zu lokalisieren und dann z.B. in der Örtlichkeit mit paläopedologischen und physikalischen Methoden zu datieren. Ferner ist wegen des wiederholten Klimawandels mit Fluss- und Seesedimenten zu rechnen, die durch die Hebungsvorgänge als Reste ehemaliger Talböden oder Seeufer im Hebungsbereich in größeren Höhen und im Auffüllungsgebiet in größeren Tiefen erhalten geblieben sind. Auch sie können durch die Auswertung lokalisiert werden.

Aber das ist nicht alles. Der größte tropische See der Erde enthält heute eine Wassermenge von 2.750 Kubikkilometern. Neuere Untersuchungen belegen, dass der Lake Victoria zur Zeit des Hochglazials wasserlos war.<sup>8</sup> Die Wiederauffüllung erfolgte bis etwa 14.000 Jahre vor heute. Der Victoria-Nil konnte erst nach der Wiederauffüllung in den Lake Kyoga abfließen. Auch dieser wird wegen seiner geringen Tiefe von ca. 5 Metern vorher ausgetrocknet gewesen sein. Da auch der Wasserspiegel des Lake Albert abgesenkt war<sup>9</sup>, haben die Quellen des Nils damals weiter im Norden gelegen.

Wie die Verbreitung der Epizentren der Erdbeben zeigt (Abb. 4), gibt es im östlichen Teil des Lake Victoria seismische Aktivität. Auch durch die Südwestecke des Auswertungsgebietes zieht vom Lake Victoria zum Rwenzori eine lockere Reihe von Epizentren. Sie fällt in der Darstellung der Sockelfläche des Reliefs mit einer Zunahme der Neigung zusammen. Die Reliefschale wird in diesem Bereich mächtiger. Die Sockelfläche ist die rechnerisch von unten an die Tiefenlinien gelegte Tangentialfläche. Sie ist stärker von endogenen Vorgängen abhängig als das Abtragungsrelief der Reliefschale. Letztere entspricht der durch das DHM dargestellten Höhe des Reliefs, abzüglich der Höhe der Sockelfläche. Wo Verteilungen der Sockelfläche mit Erdbeben zusammenfallen, liegt der Verdacht auf gemeinsame tektonische Ursachen nahe.

### Zusammenfassung und Ausblick

Durch die systematische digitale geomorphologische Reliefanalyse und die Auswertung der Literatur konnte gezeigt werden, dass das ursprünglich bruch-



- Preuss, J. (1990): L'évolution des paysages du bassin intérieur du Zaïre pendant les quarante derniers millénaires. In: Lanfranchi, R. & D. Schwartz (Hrsg.): - Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique: 260-270. ORS-TOM-Paris..
- 3) Temple, P.H. (1964): Evidence of lake-level changes from the northern shoreline of Lake Victoria, Uganda. In: Steel, R.W. & Prothero, R.M. (Eds.): Geographers and the Tropics: Liverpool Essays: 31-56. London.
- Temple, P.H. & Doornkamp, J.C. (1970): Influences controlling lacustrine overlap along the northwestern margins of Lake Victoria. Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Band 14: 301-217. Berlin.
- 4) Mc Farlane, M.J. (1971): Laterization and landscape development in Kyagwe, Uganda. The Quarterly Journal of the Geological Society of London, Vol. 126: 501-539. London.
- Mc Farlane, M.J. (1976): Laterites and landscape. – 151 S.; London (Academic Press).
- 5) Bishop, W.W. & Trendall, A.F. (1967): Erosion-surfaces, tectonics and volcanic activity in Uganda. The Quarterly Journal of the Geological Society of London, Vol. 122: 385-420. London.
- 6) Taylor, R.G. & Howard, K.W.F. (1998): Post-Palaeozoic evolution of weathered landsurfaces in Uganda by tectonically controlled deep weathering and stripping. Geomorphology, Vol. 25: 173-192.
- Taylor, R.G. & Howard, K.W.F. (1999): Lithological evidence for the evolution of weathered mantles in Uganda by tectonically controlled cycles of deep weathering and stripping. – Catena, 35: 65-94.
- 7) Pickford, M., Senut, B., & Hadoto, D. (1993): Geology and palaeobiology of the Albertine rift valley Uganda-Zaire Volume I: Geology. – CIFEG Occ. Publ., 1993/24: 190 S.
- 8) Talbot, M.R. & L. Laerdal (2000): The Late Pleistocene-Holocene palaeolimnology of Lake Victoria, East Africa, based upon elemental and isotopic analyses of sedimentary organic matter. Journal of Palaeolimnology Vol. 23: 141-164.
- Kendall, R.L. (1969): An Ecological History of the Lake Victoria Basin. Ecological Monographs, Vol. 39 No. 2: 121-176.
- 9) Beuning, K.R.M., Talbot, M.R. & Kelts, K. (1997): A revised 30,000-year paleoclimatic and paleohydrologic history of Lake Albert, East Africa. PALAEO-Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology Vol. 136: 259-279.
- Bishop, W.W. (1966): Stratigraphical Geomorphology. A Review of some East African Landforms. In: Dury, G.H. (Ed.): Essays in Geomorphology: 139-176. New York.
- Bishop, W.W. (1967): The Lake Albert Basin. The Geographical Journal Vol. 133: 469-480. London.



**Univ.-Prof. Dr. Johannes Preuß**

JOHANNES PREUSS hat an der Universität Mainz Geographie, Biologie und Politikwissenschaften studiert. Nach der Promotion mit einer geomorphologischen Arbeit an der Universität Marburg habilitierte er dort über Rüstungsaltsstandorte. Seit 1991 ist er Universitätsprofessor am Geographischen Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz mit Forschungsschwerpunkten zu Relief, Paläoböden, Paläoklima und Forschungsaufenthalten im Kongobecken, Nordalaska, Nordkanada und Nordskandinavien. Ein langjähriger, besonderer Schwerpunkt ist die Rekonstruktion und geoökologische Beurteilung von Altstandorten der Rüstungsindustrie, von Militäranlagen und Frontlinien des Ersten und Zweiten Weltkrieges.



**Mathias Schmanke**

MATHIAS SCHMANKE studiert Geographie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Seit 1992 ist er Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Rüstungsaltslasten am Geographischen Institut der Universität Mainz. Seine Schwerpunkte liegen in der Anwendung von Geographischen Informationssystemen und Datenbanken zur digitalen Luftbildauswertung, Fernerkundung und Modellierung. Seit 1998 ist er Mitarbeiter in verschiedenen Projekten des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie im Bereich Boden und Bodenschutz.

■ **Kontakt:**

**Univ.-Prof. Dr. Johannes Preuß**  
 Geographisches Institut  
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
 Johann-Joachim-Becher-Weg 21  
 55128 Mainz  
 Tel. +49 (0) 6131 39-22466 / 39-22154  
 Fax +49 (0) 6131 3924576  
 E-Mail: j.preuss@geo.uni-mainz.de