

- McTAINSH, G.: The nature and origin of the aeolian mantles of central northern Nigeria. In: *Geoderma* 33, 1984, 13-37.
- : Desert loess in northern Nigeria. In: *Z. Geomorph. N.F.* 31, 1987, 145-165.
- McTAINSH, G. u. WALKER, P. H.: Nature and distribution of Harmattan dust. In: *Z. Geomorph. N.F.* 26, 1982, 417-435.
- PENCK, A.: Die Morphologie der Wüsten. In: *Geogr. Z.* 15, 1909, 545-558.
- PONIKAROV, V.: Geological map of Syria 1:200 000. Blatt VII Dimashq, Blatt I As-Suweida und As-Zalaf. Syrian Arab Republic, Ministry of Industry. 1963.
- PYE, K.: Loess. In: *Progr. Phys. Geogr.* 8, 1984, 176-217.
- SMALLEY, I. J. u. KRINSLEY, D. H.: Loess deposits associated with deserts. In: *Catena* 5, 1978, 53-66.
- WIRTH, E.: Morphologische und bodenkundliche Beobachtungen in der syrisch-irakischen Wüste. In: *Erdkunde* 12, 1958, 26-42.
- : Syrien. Eine geographische Landeskunde. Wissenschaftliche Länderkunden 4/5. Darmstadt 1971.
- WOLFART, R.: Zur Geologie und Hydrogeologie von Syrien unter besonderer Berücksichtigung der süd- und nord-westlichen Landesteile. *Beih. z. Geolog. Jahrb.* Hannover 1966.
- : Geologie von Syrien und dem Libanon. Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde, Bd. 6. Berlin 1967.
- YAALON, D. H. u. DAN, J.: Accumulation and distribution of loess-derived deposits in the semi-desert and desert fringe areas of Israel. In: *Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd.* 20, 1974, 91-105.

## PALÄOBÖDEN UNTER HANGSCHUTTDECKEN IM NORDAFRIKANISCHEN SAHEL (REPUBLIK NIGER)

Mit 9 Abbildungen und 1 Tabelle

JÖRG VÖLKE

*Summary:* Palaeo-soils under talus coverings in the North African Sahel (Republic of the Niger)

Buried soils from the Niger Sahel, which formed on different substratums as crystalline and sedimentary bedrock, are described. Those soils are preserved in partly steep slope positions and are coated by thick covers of talus. They are found in southern Sahel as well as in northern Sahel and in the Air Mountains. From the pedogenetical point of view the soils formed in a climate which provided a minimum of about 1000 mm of annual precipitation during the rainy period of five months. They presumably formed during the late Quaternary, as even in steep slope positions their profiles are in a good state of preservation. The late Pleistocene humid period between 40 000 and 20 000 y. b. p. is considered to be the last time of development of palaeo-soils, which in the Niger Sahel caused an intensive soil development on ancient dunes. The talus coverings are not residual ones. They were presumably formed when climate became arid during the intensive drought duration at the close of the Pleistocene. During the Holocene on the talus coverings soils were again formed, which typologically clearly differ from the palaeo-soils.

### 1 Einleitung

Das Relief weiter Teile des nordafrikanischen Sahel südlich der Sahara wird von Altdünen be-

herrscht. In der Republik Niger gilt dies insbesondere für die östlichen und mittleren Landesteile. Hier treten Bergländer oder kleinere Schichtstufenmassive nur vereinzelt auf, wie etwa das Massiv von Termit, das Bergland von Koutous, das Kristallengebiet von Damagaram/Mounio oder die Stufe von Tiguidit im südlichen Vorland des Airgebirges (s. Abb. 1).

Während die Altdünen holozäne Böden mit bedeutender Mächtigkeit tragen (u. a. GAVAUD 1968, VÖLKE 1988, 1989), finden sich sowohl auf den Hängen der Massive und Bergländer als auch auf ihren Plateaus oder Kuppen kaum flächenhaft entwickelte Böden. Zumeist ist das Anstehende nur schwach verwittert. Dennoch treten an den unterschiedlichsten Stellen im nigrischen Sahel vergleichsweise mächtige Verwitterungsbildungen auf, die vor der Abtragung geschützt unter Hangschuttdecken liegen und daher zunächst kaum auffallen. Trotz eher punktueller Erhaltung handelt es sich bei näherer Untersuchung um ein weitverbreitetes Phänomen, das an keinerlei spezifische Substrate gebunden ist. Im folgenden werden Profile aus dem Kristallengebiet von Damagaram/Mounio zwischen Zinder und Gouré, aus dem Bergland von Damergou, von der Stufe von Tiguidit und aus dem südwestlichen Air-Gebirge vorgestellt (s. Abb. 1).

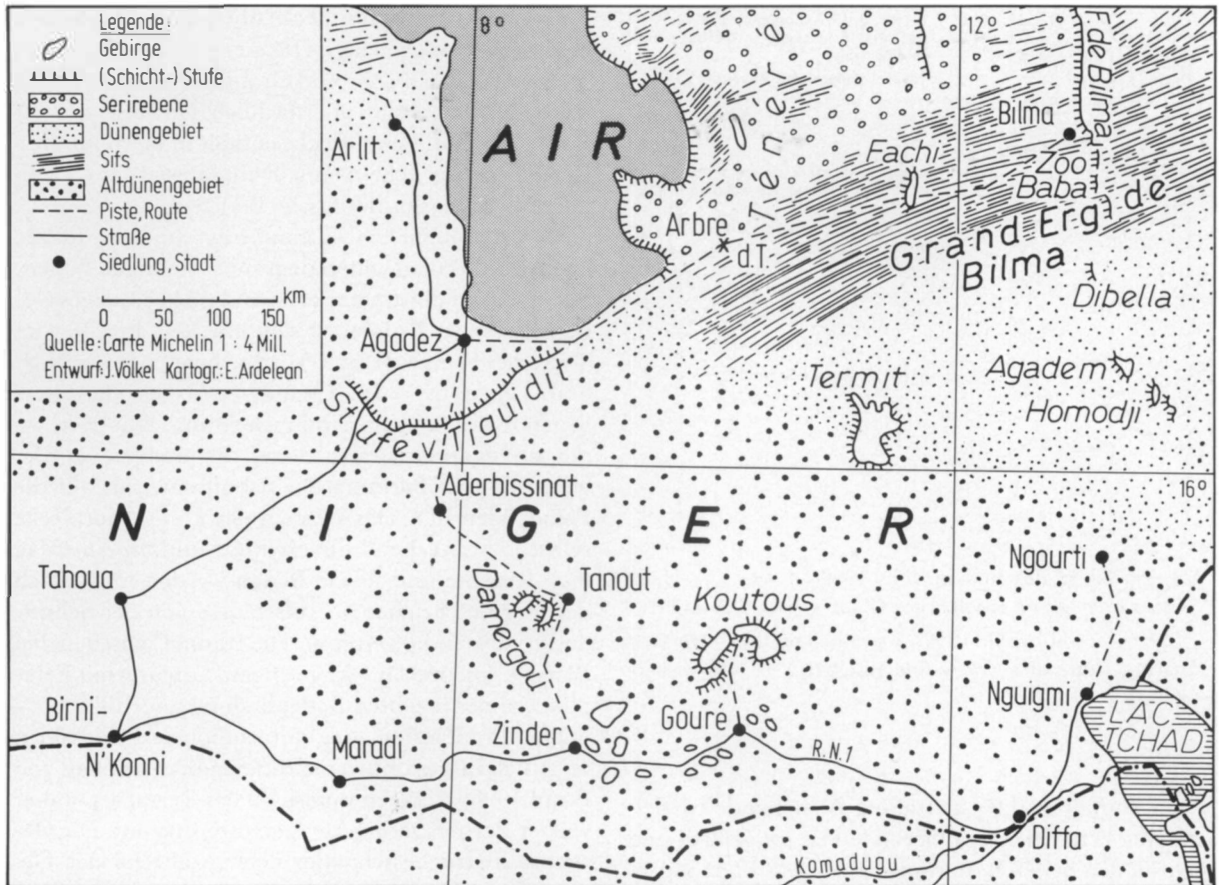


Abb. 1: Übersichtskarte des Arbeitsgebietes in der Republik Niger  
Map of the study area

Über die Genese und das Alter der Hangschuttdecken und der von ihnen überlagerten Böden ist bislang wenig bekannt. Lediglich aus dem Air-Gebirge liegen einige geomorphologische und wenige bodenkundliche Untersuchungen vor (Kap. 3).

## 2 Befunde

### 2.1 Böden des Kristallins zwischen Gouré und Zinder (Süd-Sahel)

Das Relief zwischen Gouré und Zinder wird von Inselbergen bestimmt, die aus kristallinen Gesteinen aufgebaut sind. Es handelt sich um jüngere granitische Intrusiva, die in den präkambrischen Sockel während der Kreide-Zeit eindringen. Die Granite sind mit der jungen granitischen Serie des Air-Gebirges (dort postdevonisch-präkretazisch) als der nördlichen Verlängerung der „Younger Granites“

von Kamerun und Nigeria vergleichbar. Bei Gouré finden sich darüber hinaus Tuffe und Liparite (Rhyolith) eines initialen Vulkanismus. Das mesozoische Deckgebirge ist weitestgehend abgetragen; die Intrusiva wurden seit dem Tertiär zu Inselbergen herausmodelliert. Bei Zinder trifft man auf kleinere granitische Plutone, die von kreidezeitlichen detritischen Sandsteinen umgeben sind. Ihre Frittzungszonen sind im Gelände sehr gut nachzuweisen.

Die Profile 19986 1 und 19986 2 liegen 40 km beziehungsweise 110 km westlich Gouré in der Nähe der Route Nationale 1 (R.N. 1). Die Aufschlüsse entstanden im Zuge des Straßenbaus. Die Profile schließen jeweils den Steilhang eines Inselberges im unteren Bereich über eine Höhe von 6 m auf. Das Anstehende bildet in beiden Fällen ein Liparit (Rhyolith). Der Jahresniederschlag beträgt für die Station Zinder im langjährigen Mittel 480 mm (Südsahel). In beiden Fällen handelt es sich um autochthone Verwitterungsprofile. Bodensedimente sind in den Profilen

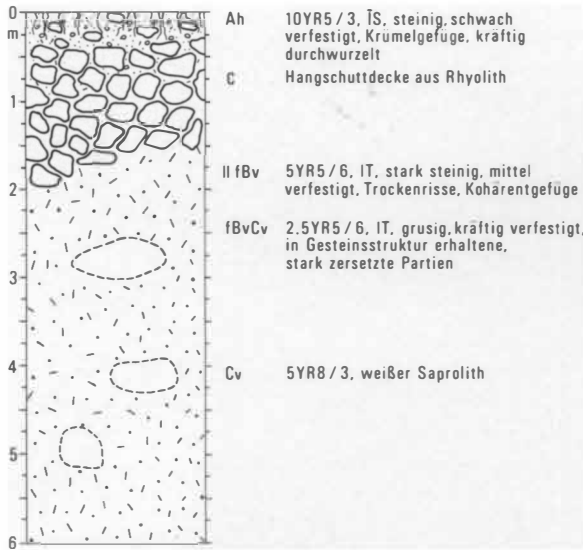


Abb. 2: Skizze des Bodenprofils 19986 1 am NW-Hang eines kristallinen Inselberges 40 km westlich Gouré  
Sketch of soil-profile 19986 1 situated on the north-west facing slope of a crystalline inselberg, 40 km west of Gouré

nicht enthalten. Das kristalline Anstehende ist tiefgründig zersetzt. Der Oberboden ist rot gefärbt und geht in den helleren, teilweise weiß gefärbten Saprolith über<sup>1)</sup>. Die Verwitterung wird von einer 1.5-

<sup>1)</sup> Bezüglich der begrifflichen Trennung von Oberboden, Solum und Saprolith wird auf FÖLSTER (1971, S. 47ff.; 1983, S. 5 ff.) verwiesen.

2.0 m mächtigen Schuttdecke überlagert, welche den gesamten, stark geneigten bis steilen Hang überzieht (s. Abb. 2). Die Blöcke und Grobsteine sind scherbüchsig geformt und oberflächlich teilweise rot gefärbt. Die Hangschuttdecke enthält in ihren unteren Bereichen nur sehr wenig Feinmaterial. Im Profil folgt übergangslos der fossile Boden.

Im ursprünglichen Zustand trägt die Schuttdecke einen 10-20 cm mächtigen, grauen, steinigen Boden, der reich an Feinmaterial ist und ein krümeliges Gefüge aufweist. Es handelt sich um A-C Profile vom Typ eines Ranker (Lithic Torriorthent nach der U.S. Soil Taxonomy). Im Gelände tritt der darunterliegende Zersatz kaum in Erscheinung. Nur dort, wo der auflagernde graue Boden abgetragen wurde, weist die rote Färbung des Schuttmaterials auf die Paläoböden hin. Das Gestein der Hangschuttdecke selbst ist weitgehend unverwittert und im Anschlag fest. Rezente und fossile Böden werden im Bereich der hier beschriebenen Aufschlüsse von der Schuttdecke vollständig getrennt. Die Räume zwischen den Blöcken sind nur in sehr geringem Umfang mit Feinmaterial der rezenten Bodenbildung angefüllt.

Der Profilaufbau der autochthonen Paläoböden zeigt sich insgesamt wenig differenziert. Im Fall von Profil 19986 1 treten innerhalb des Zersatzes immer wieder Partien geringerer Verwitterung auf. Die Gesteinsstruktur besteht hier noch, während das Gestein in der Umgebung zu einem strukturlosen Grus verwitterte (s. Abb. 2). Im Profil 19986 2 folgt auf die rote Zersatzzone ein weißgefärbter Bereich. Der Saprolith ist mehrere Meter mächtig. Die Korngrößenverteilung zeigt, daß im oberen Profilverteil die Verwitterung weiter fortgeschritten ist als im weißen

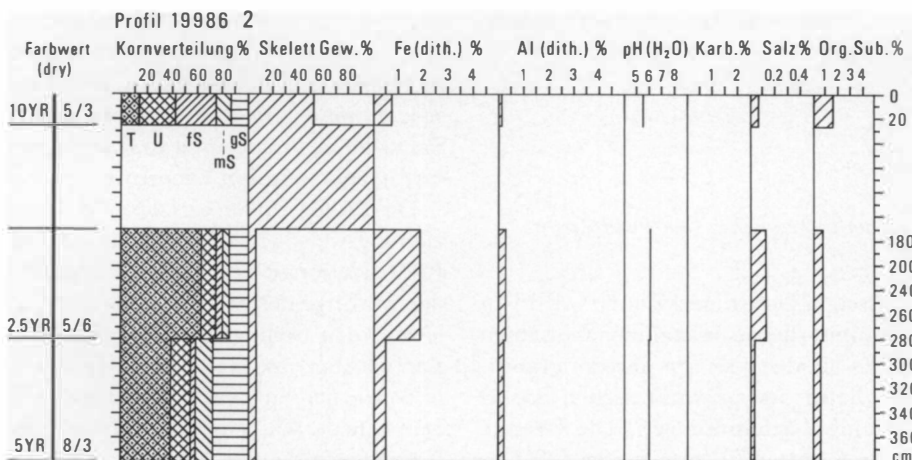


Abb. 3: Bodenanalytische Kennwerte des Profils 19986 2  
Soil analysis data from profile 19986 2

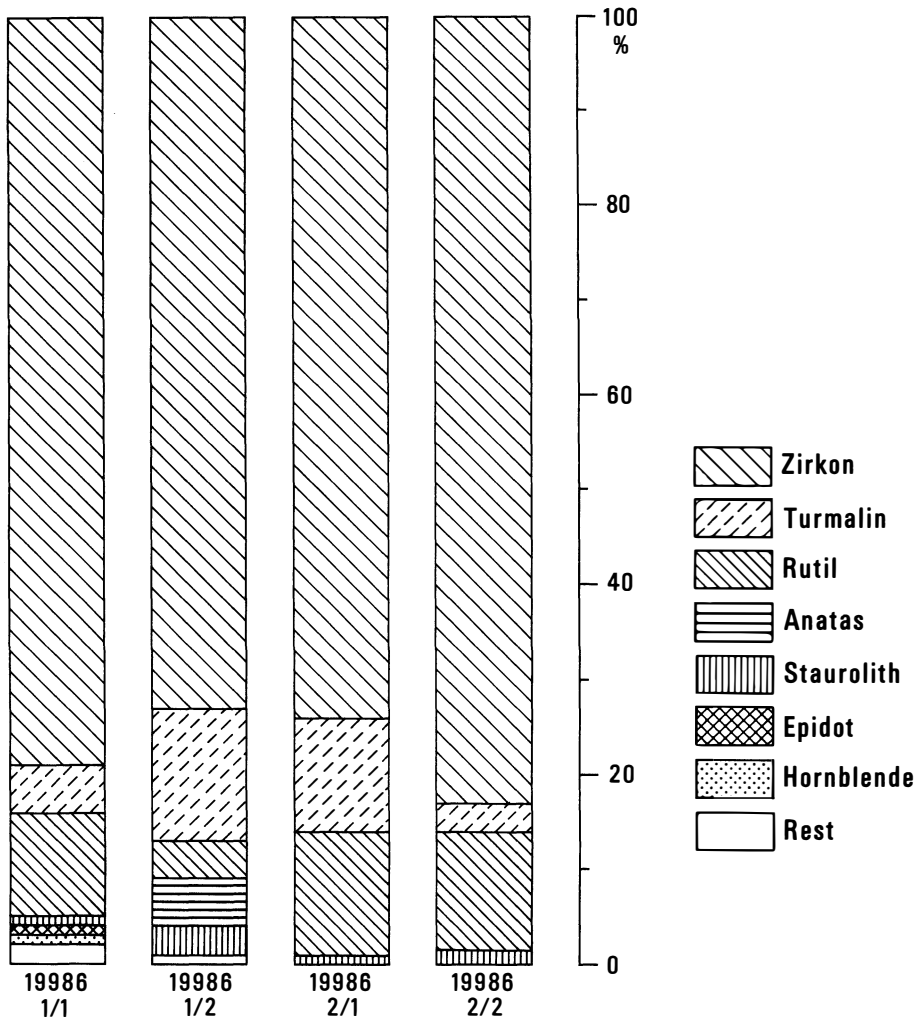


Abb. 4: Schwermineralogisches Spektrum der fS-Fraktion der Profile 19986 1 und 19986 2  
Analysis of heavy minerals of the fS-fraction of profiles 19986 1 and 19986 2

Saprolith. Der Anteil an Schluff und Ton (Fraktionen  $< 63\mu$ ) beträgt in den Bv-Horizonten 75–80% des Gesamtkörnungsspektrums des Feinbodens (Abb. 3).

In den obersten Dezimetern der Bv-Horizonte treten Trockenrisse auf. Zur Zeit der Beprobung im September 1986 konnte trotz der vorangegangenen, ergiebigen Regenzeit keinerlei Bodenfeuchte festgestellt werden. Eine gelegentliche Durchfeuchtung dieses Profilvereiches kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, da die Infiltrationsbedingungen im Bereich der Schuttdecke und des lockeren, rezenten Bodens gut sind. Dennoch stellt der metertiefe Zersatz ohne Zweifel eine alte Verwitterung dar, die heute kaum einer Weiterentwicklung unterliegen dürfte. Inwieweit die Bodenbildung mit der Sapro-

lith-Genese einherging oder aber zu einem späteren Zeitpunkt auf dem alten Zersatz erfolgte, läßt sich nicht feststellen. Allerdings finden sich in den Profilen keinerlei Hinweise auf eine Mehrphasigkeit.

Die geringmächtigen Ranker (Lithic Torriorthents) haben die Hangschuttdecke zum Substrat. Flugsandbeimengungen lassen sich nicht ausschließen. In diese Richtung deutet auch die schwermineralogische Analyse der Fraktion  $200\text{--}63\mu$ , die keine interpretierbaren Unterschiede erkennen läßt (Abb. 4). Wenngleich sich die Profile 19986 1 und 19986 2 qualitativ unterscheiden – so enthält das Profil 19986 1 die Minerale Anatas und Andalusit, die den Proben des Profils 19986 2 fehlen –, bestehen zwischen den rezenten Böden auf der Hangschuttdecke und den

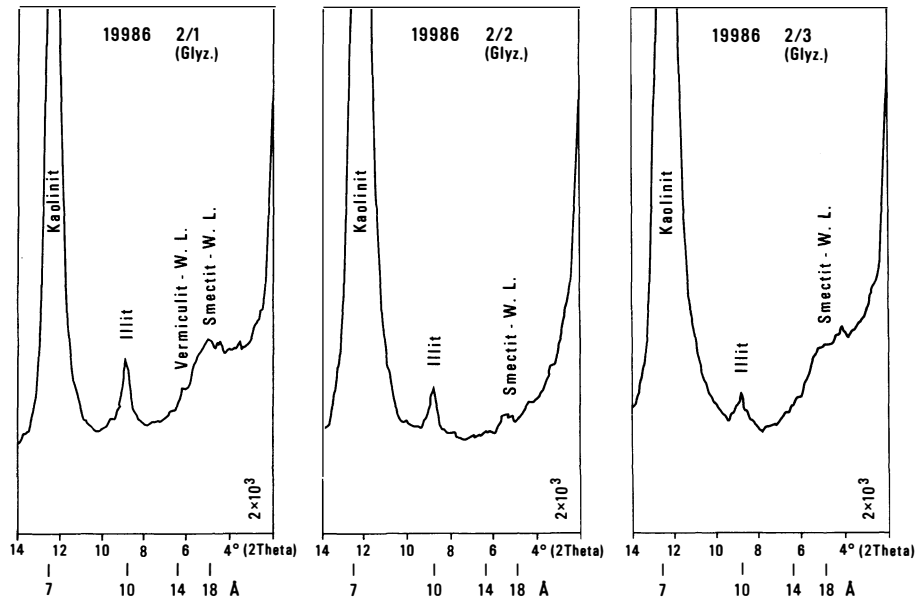


Abb. 5: Röntgendiffraktogramme der Tonfraktion ( $< 2\mu$ ) dreier Einzelproben des Profils 19986 2. Die Probe 2/1 entstammt dem Ah des jungen Rankers, die Probe 2/2 dem roten Bv des Paläobodens, die Probe 2/3 dem weißen Saprolith (Cu-K $\alpha$ -Strahlung)

Profile 19986 2; x-ray diffraction (Co-K $\alpha$ ) of the fraction  $< 2\mu$  (clay). Sample 2/1 is taken from Ah-horizon of the young Ranker, sample 2/2 from the reddish Bv of the fossil palaeo-soil, sample 2/3 from the white saprolite

unterlagernden fossilen Böden die Schwermineralogie betreffend keine signifikanten Unterschiede. Eher anzunehmen wäre – begünstigt durch die Rauigkeit der Hänge – eine äolische Ablagerung von Schluff und Ton, ein Prozeß, der andernorts im nigrischen Sahel maßgeblich zur Bodenentwicklung beiträgt (VÖLKELE 1989). Die Hänge der Inselberge sind zudem relativ engständig von Gesträuch und niedrigen Bäumen bewachsen. Die Grasnarbe ist intakt, was die geringmächtigen rezenten Böden vor Abtrag schützt und ebenfalls die Staubsedimentation fördert.

Hinsichtlich der tonmineralogischen Zusammensetzung ergibt sich für die Profile 19986 1 und 19986 2 ein vergleichbares Bild (Abb. 5). In den A-Horizonten der Ranker ist neben Kaolinit ein beträchtlicher Anteil an Illit und Smectit vorhanden. Im Falle des Profils 19986 1 ist der Illit vergleichsweise schlecht kristallisiert und tritt hauptsächlich in Wechsellagerungen auf. Der Smectitgehalt liegt hier über dem Illitgehalt. In der Tonfraktion des A-Horizontes des Profils 19986 2 ist der Illit gut kristallisiert, der Smectitgehalt liegt unter dem des Illit. In beiden Profilen ist auch Vermiculit enthalten.

Im Bereich der fossilen Böden unterhalb der Schuttdecke nehmen die Anteile der quellfähigen

Minerale auffällig ab. Die Minerale sind schlecht kristallisiert und liegen durchweg als nicht näher identifizierbare Wechsellagerungen vor. Im Bereich der tiefliegenden, weiß gefärbten Zone des Zersetztes des Profils 19986 2 steigt der Kaolinitgehalt sprunghaft an, während der Illit anteilmäßig ungefähr gleich bleibt; der Gehalt an quellfähigen Mineralen geht hingegen zurück.

Bereits über die Tonminerale lassen sich hinsichtlich der Verwitterungsintensität markante Unterschiede zwischen den rezenten Böden und den fossilen Paläoböden herausstellen. Noch deutlicher werden die Veränderungen mit Hilfe der Berechnung der Mol-Verhältnisse zwischen SiO<sub>2</sub> und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> über den geochemischen Gesamtaufschluß der Tonfraktion (Röntgenfluoreszenz). Für die A-Horizonte der jungen Ranker ergeben sich Quotienten von 3.28 (Profil 19986 1) und 2.71 (Profil 19986 2), die einen mäßig siallitischen Verwitterungstyp kennzeichnen. Innerhalb der Paläoböden fallen die Quotienten auf 2.21 bis 1.99. Hier steht die Verwitterung auf der Schwelle zum allitischen Typ (Tab. 1). Die Analysen belegen weiterhin, daß das Feinbodenmaterial der Ranker nicht den ton- und schluffreichen Paläoböden entstammen kann, etwa durch Umlagerungsprozesse aus höhergelegenen Hangpartien.

2.2 Ein Profil im südwestlichen Air-Gebirge

Ein vergleichbares Profil (5986 2) wurde im südwestlichen Air aufgenommen, wo heute halbwüstenhafte Verhältnisse mit etwa 100 mm Jahresniederschlag herrschen. Im Bereich des Telhoua, einem bedeutenden Kori, an dessen Austritt aus dem Gebirge die Stadt Agadez liegt, finden sich ab der Siedlung Indoudou weiter koriaufwärts ebenfalls fossile Böden unter Hangschuttdecken. Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine autochthone Granitverwitterung (s. Abb. 6). Das Profil ist von einer natürlichen Erosionsrinne aufgeschlossen.

Die Hangschuttdecke des Profils 5986 2 besteht aus Grobsteinen und Blöcken des anstehenden Granits und ist 30–40 cm mächtig. Sie bedeckt einen etwa 80 cm starken, rotgefärbten Paläoboden. Mit zunehmender Profiltiefe tritt die Gesteinsstruktur hervor. Über eine 10–20 cm starke Gruszone geht der Bv-Horizont des fossilen Bodens in den angewitterten Granit über. Im Unterschied zu den oben vorgestellten Profilen aus dem Kristallgebiet von Mounio im Sahel fehlt der Hangschuttdecke hier am ariden Air-Gebirge eine jüngere Bodenbedeckung. Das Gestein ist von einer schwarzen Patina überzogen, die aus Eisen- und Manganverbindungen besteht und rezent gebildet wird.

Das Körnungsspektrum des fossilen Bodens weist wiederum einen hohen Anteil an Feinstmaterialien

Tabelle 1: Geochemie der Tonfraktion (Röntgenfluoreszenz-Analyse) einiger Proben der Profile 19986 1, 19986 2, 5986 2 und 29886 4

Geochemistry of the clay-fraction (< 2µ by x-ray-fluorescence-analysis of some samples of the profiles 19986 1, 19986 2, 5986 2 and 29886 4

	19986 1/1	19986 1/2	19986 2/1	19986 2/2	19986 2/3	5986 2/1	29886 4/1
SiO <sub>2</sub>	45.40	40.69	44.03	40.73	44.39	42.03	41.76
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.51	31.27	27.67	34.89	35.24	31.25	32.19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.47	9.28	7.07	7.01	3.56	7.71	7.67
TiO <sub>2</sub>	0.86	0.61	0.90	0.76	0.37	0.65	1.05
MnO	0.26	0.11	0.14	0.05	0.03	0.13	0.06
MgO	0.47	0.20	0.29	0.20	0.11	0.21	0.16
CaO	0.95	0.31	0.52	0.03	0.02	0.31	0.18
K <sub>2</sub> O	1.52	0.30	0.98	0.39	0.28	0.84	0.78
Na <sub>2</sub> O	-	-	-	-	-	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.10	0.12	0.04	0.04	0.08	0.13
Σ	81.61	82.88	81.71	84.08	84.02	83.47	83.98
mol $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	3.28	2.21	2.71	1.99	2.14	2.27	2.21

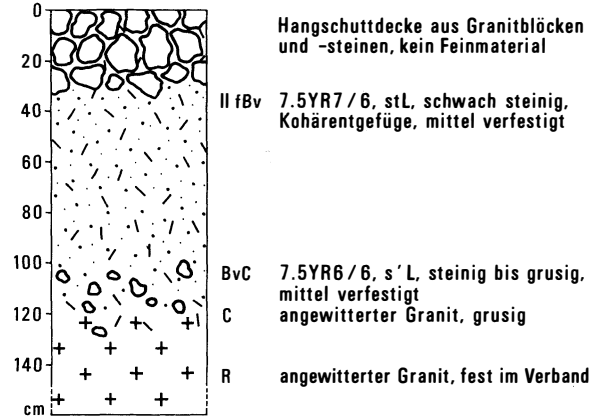


Abb. 6: Skizze des Bodenprofils 5986 2. Paläoboden auf Granit im südwestlichen Air-Gebirge

Sketch of soil-profile 5986 2. Palaeo-soil development from granite in the south-western Air Mountains

aus. Die Anteile der Fraktionen < 63µ betragen 47 %, die Tongehalte (< 2µ) belaufen sich auf 26 % (Abb. 7). Die Tonfraktion setzt sich überwiegend aus Kaolinit zusammen. Der Illit-Peak ist deutlich; quellfähige Minerale liegen untergeordnet als Wechsellagerungen vor. Das Spektrum gleicht damit den Paläoböden des Kristallgebietes von Mounio (Abb. 5). Der Verwitterungstyp, ausgedrückt über das Mol-Verhältnis von SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, liegt mit einem Quotienten von 2.27, den Ergebnissen der Röntgenbeugungsanalysen entsprechend, noch im siallitischen Bereich. Die kräftige Verwitterung des anstehenden Granits wird dadurch nachdrücklich unterstrichen (Tab. 1).

2.3 Ein Profil an der Sandsteinstufe von Tiguidit

Ein weiterer fossiler Boden, der von einer Hangschuttdecke konserviert wird (Profil 29886 4), konnte 100 km südwestlich Agadez an der Stufe von Tiguidit aufgenommen werden (N/a etwa 170 mm). Die Stufe wird von den kontinentalen Sandsteinen der Formation von Echkar aufgebaut. Auch hier wurde in Folge des Straßenbaues in den Jahren 1978–80 ein künstlicher Aufschluß geschaffen. Die Hangschuttdecke wurde flächig abgeräumt, was eine tiefgreifende Gully-Erosion des wenig verfestigten Paläobodens zur Folge hatte. Die Blöcke und Steine der Hangschuttdecke sind von einer schwarzen Patina überzogen. Eine junge Bodenbedeckung fehlt (Abb. 8).

Während im Oberhang- und Mittelhangbereich die Bodenbildung rein autochthon ist, ist im tieferge-

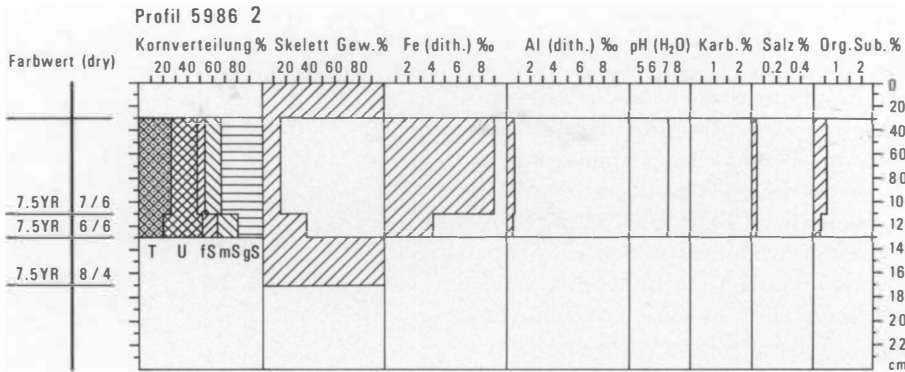


Abb. 7: Bodenanalytische Kennwerte des Profils 5986 2  
Soil analysis data from profile 5986 2

legenen Bereich ein mächtiges Bodensediment (Hillwash, nach FÖLSTER 1969) erhalten, welches neuerlich pedogenetisch überprägt wurde. Die sehr schmalen Gullies machen ein Aufgraben über die sichtbare Tiefe von etwa 2 m hinaus unmöglich. Das Anstehende ist nicht aufgeschlossen. Der Bv-Horizont des Profils 29886 4 zeigt ein säuliges Gefüge und ist darüber hinaus von feinen Wurzeln durchzogen. Während der Stufenhang heute nur von vereinzelt Gehölzen bestanden ist, stammen diese Wurzeln von Gramineen und belegen einen ehemals zumindest schütterten Bewuchs der Hangpartien, möglichenfalls während der feuchteren fünfziger und sechziger Jahre (1957–1963).

Wiederum ist der mit 50% hohe Anteil an Feinstmaterialien innerhalb der Korngrößenverteilung

hervorzuheben (s. Abb. 9). Da der an Schluff und Ton verarmte kontinentale Sandstein das Substrat der Bodenbildung ist, läßt sich der geringe Anteil der Sandfraktionen innerhalb des Feinbodens lediglich als Folge der Bodenbildung erklären. Der Sandstein dürfte den bedeutenden Tiefenersatz über seine Textur gefördert haben. Innerhalb des tonmineralogischen Spektrums der Fraktion  $<2\mu$  dominiert wiederum der Kaolinit. Illit ist vorhanden und gut kristallisiert. Quellfähige Minerale sind kaum nachweisbar. Der Quotient des Molverhältnisses von  $SiO_2/Al_2O_3$  beträgt 2.21 (s. Tab. 1).

3 Die Einordnung fossiler Böden der Festgesteine in der Literatur

Die hier vorgestellten Paläoböden aus dem Bereich des nigrischen Sahel – außerhalb des Air-Gebirges – sind nach Kenntnis des Autors bislang nicht beschrieben. Auch GAVAUD (1977) führt derartige Böden in seiner Übersicht der Böden des mittleren und südlichen Niger nicht auf. Aus dem Air-Gebirge wurden tertiäre und pleistozäne Paläoböden vornehmlich im Rahmen geomorphologischer Arbeiten bekannt gemacht. DRESCH (1959) und VOGT u. BLACK (1963) behandeln die Problematik der Altflächenreliefs im Air-Gebirge und finden zahlreiche Belege für eine bedeutende oberkretazische bis tertiäre Tiefenverwitterung.

Von deutscher Seite gibt die Arbeitsgruppe um MENSCHING eine morphogenetische Interpretation der Formelemente des Air-Gebirges und hält eine mittel- bis jungtertiäre Anlage des Tiefenersatzes für nicht erwiesen, sondern stellt sie jüngstenfalls in das Alttertiär (GIESSNER 1970, S. 89; siehe auch MEN-

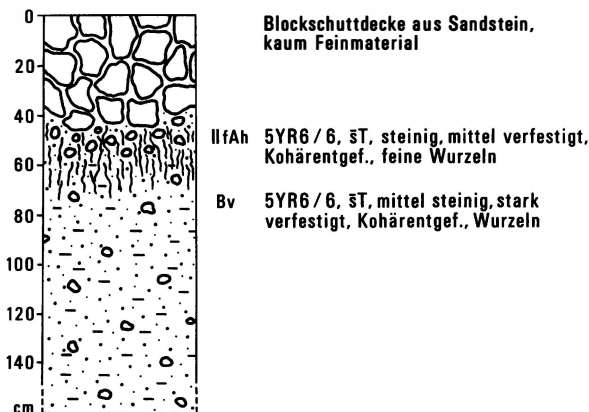


Abb. 8: Skizze des Bodenprofils 29886 4 an der Sandsteinstufe von Tiguidit, südwestlich Agadez  
Sketch of soil-profile 29886 4 situated at the escarpment of Tiguidit, south-west of Agadez

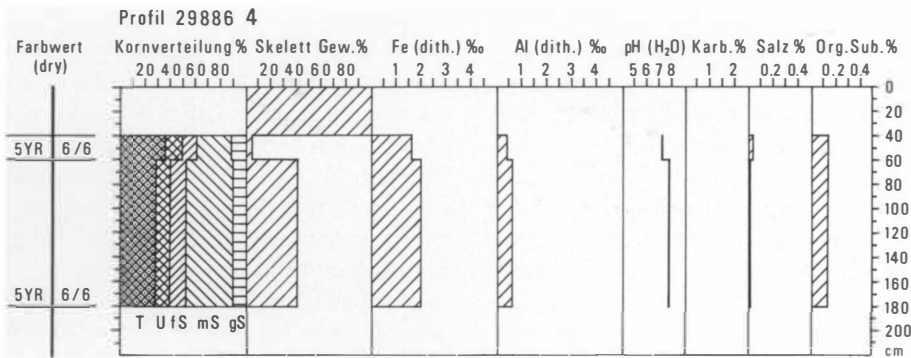


Abb. 9: Bodenanalytische Kennwerte des Profils 29886 4  
Soil analysis data from profile 29886 4

SCHING 1980). GIESSNER weist auf den Mangel an Untersuchungen zum Problem der Entstehung der Zersetzprofile hin. GIESSNER (1970, S. 94) beschreibt jüngere, geringermächtige Profile, die VÖLK u. LEVELT (1970, S. 205) aufgrund des mittleren Kaolinitgehaltes und der Goethitgehalte in Anlehnung an MILLOT (1964, S. 132) mit einem wechselfeuchten Klima (etwa 1000 mm N/a) in Zusammenhang bringen. Über den engeren Bildungszeitraum können nur Mutmaßungen angestellt werden, wobei allgemein auf die quartären Feuchtphasen verwiesen wird.

BEAUDET et al. (1977) gelangen zu einer wesentlich jüngeren Einordnung der Entstehung des Tiefenzersatzes als die Arbeitsgruppe um MENSCHING (siehe GIESSNER 1970) und halten eine letzte Hauptverwitterungsphase im Pliozän für möglich. Von ihnen beschriebene Profile sind im oberen Bereich rubefiziert, im unteren Bereich gebleicht und unter quartären Hangglacis erhalten. Auch BEAUDET et al. (1977, S. 320) weisen auf die bestehenden Datierungsprobleme den Tiefenzersatz betreffend hin. Zudem halten BEAUDET et al. (1977, S. 318) hydrothermale Einflüsse für möglich. Die Bedeutung derartiger Prozesse ist hier bislang ungeklärt.

MOREL (1981, 1984) unterscheidet drei Glacisniveaus, die in Zusammenhang mit Bodenbildungen stehen. Während das hohe Niveau N1 mittels einer K/Ar-Datierung an auflagernden Basalten in das Altpleistozän gestellt wird, sind die tieferen Glacisniveaus N2 und N3 deutlich jünger (N2 > 40 000 y. b. p., N3 zwischen 38 000 und 20 000 y. b. p., s. u.) und indizieren bedeutende Feuchtphasen in der Zeit vor 20 000 y. b. p. (siehe MOREL 1981). SKOWRONEK (1987, S. 61 ff.) beschreibt aus dem Air-Gebirge unter anderem zwei Profile (Nr. 8 und 9), die ebenfalls dem in 2.2 vorgestellten Profil 5986 2 gleichen. Vornehm-

lich das Profil 8, welches Gneis zum Substrat der Bodenbildung hat, gleicht diesem Profil sowohl hinsichtlich des Aufbaus als auch hinsichtlich der Analytik (s. d.). Auch SKOWRONEK (1987, S. 62) spricht das Block- und Schuttmaterial, welches die Paläoböden bedeckt, als allochthon an. Für die Bodenbildung und die Genese der Hangschuttdecken werden gänzlich unterschiedliche klimatische Verhältnisse gefordert. Für das Profil 8 vermutet SKOWRONEK (1987, S. 62) als Entstehungszeitraum die Wende Tertiär-Quartär; Profil 9 soll ein alt- bis mittelquartäres Mindestalter haben (ders., S. 63). Direkt belegbar sind diese Annahmen jedoch ebenfalls nicht (siehe SKOWRONEK 1987, S. 74).

Es bleibt festzuhalten, daß über das Alter und auch über das Bildungsklima der nachweislich unterschiedlich alten Saproliithe und deren Böden im Air-Gebirge und, soweit untersucht, im nigrischen Sahel kaum eine Einigkeit besteht. Mit den tiefgründig entwickelten, nachweislich tertiären Saproliithen der großen, teils lagunären Sedimentationsräume wie dem des Niger-Beckens (vgl. GREIGERT u. POUQUET 1967, BELLION et al. 1977) stehen die hier zu diskutierenden Profile in keinem Zusammenhang.

#### 4 Diskussion der Befunde

Wie Darstellung und Interpretation der vorgestellten Bodenprofile bereits erkennen lassen, stehen die pedogenetischen Fragen hier nicht im Vordergrund. So bleibt dahingestellt, inwieweit Saproliithgenese und Bodenbildung zeitlich voneinander zu trennen sind und ob die Pedogenese polyzyklisch ablief. Der Betrachtungsschwerpunkt liegt auf der Frage nach dem Zeitraum der letzten intensiveren Bodenbildungsphase die Paläoböden betreffend und ihrer



Überdeckung durch die Hangschuttdecken. Denn die fossilen Böden und die Hangschuttdecken repräsentieren hinsichtlich ihrer Genese zwei grundverschiedene Zeiträume des klimatischen Geschehens im nigrischen Sahel. Mit dem heutigen Klima stehen beide Phänomene nicht in Einklang. Im Südsahel (Profile 19986 1 und 2, Kap. 2.1) läuft rezent auf den Hangschuttdecken Bodenbildung ab. Die Hangschuttdecken sind auf unterschiedlichen Gesteinen gleichartig entwickelt. Während im ariden Air-Gebirge auch heute an den Hängen Gestein, vornehmlich gebunden an Starkregenereignisse, verlagert wird, sind zumindest die Blockschuttdecken des südlichen Sahel derzeit weitestgehend stabil. Das beweisen die auf ihnen entstandenen Böden.

Die Blockdecken lassen sich nicht als Verwitterungsresiduen infolge selektiver Abspülung des Feinbodens erklären. Die in 2.1 und 2.2 beschriebenen, gering verwitterten Zonen innerhalb des Sapoliths zeigen zwar noch die Gesteinsstruktur, zerfallen jedoch sofort. Die Blöcke und Grobsteine der Hangschuttdecken sind hingegen kaum verwittert und im Anschlag fest. Es muß sich um Materialien handeln, die aus den oberen Hangbereichen umgelagert wurden. Dabei wurde auch der Boden abgetragen und ebenfalls verlagert, was die oberflächliche rote Färbung der Blöcke und Steine erklärt. Die Entwicklung der teils tiefgründigen Sapolithe der kristallinen Gesteine und die Pedogenese gehen vermutlich weit in das Quartär zurück. Auch im nigrischen Sahel sind diesbezüglich bislang keine genaueren Zeitmarken bekannt (s. o.). Allerdings kann aus der Exposition aller Profile gefolgert werden, daß die Paläoböden bis in das junge Quartär hinein einer -phasenhaften -Weiterentwicklung unterlagen.

Eine rein jungtertiäre bis altquartäre Genese der Paläoböden ist auszuschließen. Vornehmlich im Bereich der Stufe von Tiguidit, südwestlich Agadez (siehe 2.3, Profil 29886 4), wären die Hangschuttdecke und die sehr gering verfestigte Bodenbildung durch den Prozeß der Stufenrückverlegung längst ausgeräumt worden. Wenngleich der Hang im Bereich des Profils im ursprünglichen Zustand derzeit stabil erscheint, ist ein Stillstand des Rückverlegungsprozesses sicherlich nicht für das gesamte Quartär anzunehmen. An anderer Stelle, so östlich und südlich von Agadez, ist die Stufenrückverlegung aufgrund morphologisch weicherer Gesteine im Liegenden auch unter den heute semiariden Klimaverhältnissen (etwa 150 mm N/a) in vollem Gange (VÖLKE 1989). Gleiches gilt für die Steilhänge der Inselberge der Kristallingebiete von Damagaram und Mounio, die bei Annahme eines jungtertiären,

bestenfalls altquartären Alters der Paläoböden über das gesamte Quartär hinweg unter Formungsruhe gelegen haben müßten. Geröllbänder und Schuttüberzüge in und auf den Altdünen des nigrischen Sahel, so im Bereich des Berglandes von Koutous (250 mm N/a) (vgl. VÖLKE 1989, S. 144ff.), zeugen aber auch unter dem heutigen Klima im Zusammenhang mit Starkregenereignissen von bedeutenden Materialtransporten an den Hängen. Auch das beispielhaft aus dem Bereich des südlichen Air-Gebirges angeführte Profil 5986 2 ist, wie erwähnt, in einer steilen Hanglage erhalten.

Die für die Pedogenese notwendigen klimatischen Minimalbedingungen können unter anderem anhand der Ergebnisse von BOCQUIER (1973), BOCQUIER et al. (1977) und BOULET (1978) näher beschrieben werden. Die Autoren weisen nach, daß ein Klima von minimal etwa 1000 mm N/a und einer fünfmonatigen Regenzeit notwendig ist, um eine intensivere Silikatverwitterung mit Smectitbildung und partieller Kaolinitisierung zu ermöglichen (vgl. BOULET 1978, S. 245f.). Dabei spielen unter derartig geringer hygrischer Gunst laterale Verlagerungsprozesse innerhalb des Solums eine große Rolle, welche an Hanglagen gebunden sind. In den von den genannten Autoren untersuchten Catenen finden sich die entsprechenden, mächtiger entwickelten Böden vornehmlich am Fuße der kristallinen Inselberge. Zur Genese der hier vorgestellten Böden in steilen Hanglagen sind die genannten klimatischen Minimalbedingungen deshalb vermutlich höher anzusetzen.

In Unkenntnis der Länge des Zeitraumes, welcher der Pedogenese letztendlich zur Verfügung stand, ist es schwierig, mit Hilfe der Böden Aussagen zum Paläoklima zu treffen. Sicherlich handelte es sich ganz allgemein um ein Klima, das auch in den Hangbereichen mehr oder weniger ganzjährig eine Bodendurchfeuchtung ermöglichte. Das muß nicht zwangsläufig bedeuten, daß ganzjährig humide Klimabedingungen herrschten. Zu denken wäre an ein Klima vom Aw-Typ nach KÖPPEN u. GEIGER beziehungsweise vom V2-Typ nach TROLL u. PAFFEN. Festzuhalten ist, daß demzufolge zur Bildung der zur Diskussion stehenden Paläoböden im südlichen Air-Gebirge mindestens das Vierfache und im Südsahel etwa das Doppelte an Niederschlägen unter entsprechender Verlängerung der jährlichen Regenzeit und herabgesetzter Evapotranspiration notwendig war. Das Klima unterschied sich von dem heutigen semiariden nachdrücklich.

Auf der Suche nach einem Minimalalter der letzten Phase der Pedogenese der Profile, denen aufgrund ihrer gleichartigen Ausbildung und Erhaltungsform

unterstellt wird, gleichen Alters zu sein, ist das Alter der Hangschuttdecken von großem Interesse, für deren Genese wiederum ein akzentuiert arides Klima gefordert werden muß. Dazu ist ein kurzer Blick auf den Gang des Paläoklimas des jungen Pleistozäns und des Holozäns im nigrischen Sahel zu werfen.

Weitgehend bekannt hinsichtlich seiner klimatischen Grundzüge ist der Zeitraum <20 000 y. b. p. (dazu GRUNERT 1988). Während der hochariden Phase des ausgehenden Pleistozäns (etwa 20 000–14 000 y. b. p., Ogolien nach MICHEL 1973, Kanémien nach SERVANT 1983) wurden über den nigrischen Sahel weit nach Süden hinaus großräumig Dünen aufgeweht, die heute das Relief bestimmen (VÖLKELE 1988, 1989). Im Verlaufe des Holozäns entstanden auf den kanémienzeitlichen Dünen Cambic Arenosols. Insbesondere die überall in der Sahara und ihren Grenzräumen bedeutende Feuchtphase des frühen Holozäns war für die vergleichsweise intensive Pedogenese verantwortlich.

Für die Genese der Hangschuttdecken fällt das Holozän aus. Die verwitterten kanémienzeitlichen Altdünen ziehen über die Hangschuttdecken hinweg. Im Bergland von Damergou in der Region von Tanout liegt am Inselberg von Baban Birni eine Altdüne einer 1.8 m mächtigen Gerölldecke auf (s. VÖLKELE 1989, S. 156ff.). Die Gerölldecke ist, die Lage betreffend, zwar nicht direkt mit den Hangschuttdecken vergleichbar, gibt jedoch einen weiteren Anhaltspunkt hinsichtlich einer prädünenzeitlichen Ablagerung der weitverbreiteten Schutt- und Blockdecken.

Vornehmlich im Südsahel finden sich Belege für einen älteren drastischen Klimawechsel als den über Kanémien/Ogolien und die Feuchtphase des (Früh-) Holozäns charakterisierten. Auf alten Dünen, die GAUVAUD (1968) als Erg ancien bezeichnet und deren Alter er mit > 50 000 y. b. p. angibt, finden sich ausgesprochen kräftig und tiefgründig entwickelte Böden vom Typ eines Luvic Arenosols (F.A.O.). Im Nord-sahel werden diese Böden von den jüngeren Dünen maskiert und treten nur sehr vereinzelt zutage (VÖLKELE 1988, 1989). Das Alter wird von jüngeren Arbeiten von SERVANT (1983) aus dem nördlichen Verbreitungsgebiet des Tchadsees und DURAND u. MATHIEU (1980) aus südlichen Tchadbecken bestätigt. Der nachfolgend humidere Zeitraum wird von SERVANT (1983) als Ghazalien (40 000–20 000 y. b. p.) bezeichnet und in zwei Hauptphasen unterteilt (s. auch DURAND et al. 1983, S. 55). Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt MOREL (1981, 1984) für das Air-Gebirge. MOREL (1981, S. 195, 197) hält den Zeitraum vor 20 000 y. b. p. phasenweise für bedeutend

feuchter als das Holozän, also auch für feuchter als die frühholozäne Feuchtphase (vgl. Kap. 3). SERVANT-VILDARY (1978, S. 96ff.) schließt über die Diatomeenfloren auf ein humides Klima des Ghazaliens, welches maßgeblich durch nördliche Luftmassen gesteuert gewesen sein soll (vgl. auch ROGNON 1976).

Die Hangschuttdecken könnten während des Übergangs der ghazalienzeitlichen Feuchtphase zu den hochariden Klimabedingungen des Kanémien entstanden sein. Für ihre Bildung sind zahlreiche Starkregenereignisse unter einem überwiegend ariden Klima vonnöten, wie sie die tropischen Sommergewitter (ligne de grains) mit sich bringen. Eine Häufung dieser Störungen ist für den Übergangszeitraum vorstellbar. Die Formungskraft ihrer Niederschläge war über die Vegetationsdegradation im Zuge der Aridisierung des Klimas deutlich heraufgesetzt.

Auf der Suche nach einem Mindestalter der letzten Bildungsphase der hier beschriebenen Fossilböden ist es durchaus vorstellbar, daß die Paläoböden während des Ghazaliens und damit parallel zu den Luvic Arenosols des Erg ancien letztmalig weiterentwickelt wurden. Damit wären die hier vorgestellten Profile ein weiterer Beleg dafür, daß das Ghazalien, zumindest über größere Abschnitte, mit einem subhumiden Klima in Verbindung zu bringen ist. Eine ältere Anlage der Hangschuttdecken und damit ein höheres Alter der Böden kann allerdings nicht ausgeschlossen werden. Zur Verifizierung ist eine intensivere Suche nach den seltenen präkanémienzeitlichen Klimazeugen sowohl in den Dünengebieten als auch im Bereich der sahelischen Massive notwendig. Gerade in den Sandgebieten reichen oberflächennahe Schürfe nicht mehr aus; hier müßte vornehmlich auf Bohrungen zurückgegriffen werden.

### 5 *Schlußfolgerung*

Während sich das Paläoklima des ausgehenden Pleistozäns und des Holozäns (Zeitraum <20 000 y. b. p.) im Arbeitsgebiet anhand morphologischer und pedologischer Indikatoren zu weiten Teilen befriedigend rekonstruieren läßt, bestehen bereits für die Feuchtphase des Ghazaliens erhebliche Lücken. Ursachen sind einerseits die weitflächige Ausdehnung der mächtigen jüngstpleistozänen Flugsanddecken, andererseits die enorme Deflations- und Formungskraft, welche die ariden Phasen im Zuge der quartären Klimawechsel immer wieder freizusetzen vermochten. Die Belege humiderer Klimabedingungen insbesondere in Form von Böden gingen weitestgehend verloren. Gerade vor diesem Hintergrund ist

es falsch, die Belegarmut eines Raumes als Indiz für mehr oder minder permanente Aridität zu werten (VÖLKELE 1989). Die vorgestellten fossilen Böden der Festgesteine sind ein solcher Beleg, deren Interpretation im hier diskutierten Sinne die bislang in der Literatur beschriebenen Forschungsergebnisse nicht entgegenstehen.

### Danksagungen

Die Grundlagen zu dieser Arbeit schuf eine Forschungsreise in den Sahel der Republik Niger im Sommer 1986 unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. J. GRUNERT, Geographisches Institut der Universität Bonn. Die Reise wurde dankenswerterweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) unterstützt. – Für Hilfen im Rahmen der Röntgenbeugungsanalysen danke ich herzlich Herrn Dipl. Geol. M. VEERHOFF, Institut für Bodenkunde der Universität Bonn. Die Untersuchungen zur Schwermineralogie nahm Herr Dipl. Geogr. L. PFEIFFER, Geographisches Institut der Universität Bonn, vor. Die Röntgenfluoreszenz-Analysen zur Geochemie wurden von Herrn Prof. Dr. S. HOERNES, Mineralogisch-Petrologisches Institut der Universität Bonn, durchgeführt. Auch hierfür sei herzlich gedankt.

### Literatur

- BEAUDET, G., COQUE, R., MICHEL, P. u. ROGNON, P.: Altérations tropicales et accumulations ferrugineuses entre la vallée du Niger et les massifs centraux sahariens (Air et Hoggar). In: Z. Geomorph. N.F. 21, 1977, 297–322.
- BOCQUIER, J.: Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Mém. de l'O.R.S.T.O.M. 62, 1973.
- BOCQUIER, J., ROGNON, P., PAQUET, H., MILLOT, G.: Géochimie de la surface et formes du relief. II. Interprétation pédologique des dépressions annulaires entourant certains inselbergs. In: Sci. Géol. Bull. 30, 1977, 245–253.
- BOULET, R.: Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Équilibre et déséquilibre pédobioclimatique. Mém. de l'O.R.S.T.O.M. 85, 1978.
- DRESCH, M. J.: Notes sur la géomorphologie de l'Air. In: Bull. Assoc. Géogr. Franc. 180–181, 1978, 2–20.
- DURAND, A. u. MATHIEU, P.: Évolution paléogéographique et paléoclimatique du bassin tchadien au Pleistocène supérieur. In: Rev. Géol. et Géogr. Phys. 22, 1980, 329–341.
- DURAND, A., LANG, J., MOREL, A. u. ROSET, J.-P.: Évolution géomorphologique, stratigraphique et paléoclimatique au Pleistocène supérieur et à l'Holocène de l'Air Oriental (Sahara méridional, Niger). In: Rev. Géol. Dyn. et Géogr. Phys. 24, 1983, 47–59.
- FÖLSTER, H.: Slope development in SW-Nigeria during Late Pleistocene and Holocene. In: Göttinger Bodenkundl. Ber. 10, 1969, 3–56.
- : Ferrallitische Böden aus sauren metamorphen Gesteinen in den feuchten und wechselfeuchten Tropen Afrikas. Göttinger Bodenkundl. Ber. 20, 1971.
- : Bodenkunde – Westafrika (Nigeria, Kamerun) 4°–8°N, 3°15'–9°30'E. Afrika Kartenwerk Serie W: Beiheft zu Blatt 4, Berlin-Stuttgart, 1983.
- GAVAUD, M.: Les sols bien drainés sur matériaux sableux du Niger. Essai de systématique régionale. In: Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Pédol., VI, 3–4, 1968, 277–307.
- : Les grands traits de la pédogenèse au Niger méridional. Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M. 76, 1977.
- GIESSNER, K.: Das Air-Gebirge und seine geomorphologische Differenzierung. In: Jb. Geogr. Ges. Hannover 1969, 1970, 67–109.
- GREIGERT, J. u. POUQUET, R.: Essai de description des formations géologiques de la République du Niger. Mém. B.R.G.M. 48, 1967.
- GRUNERT, J.: Klima- und Landschaftsentwicklung in Ost-Niger während des Jungpleistozäns und Holozäns. In: Würzburger Geogr. Arb. 69, 1988, 289–304.
- MENSCHING, H.: Morphogenetische Sequenzen der Reliefentwicklung im Air-Gebirge und in seinem Vorland (Aride Randtropen der Republik Niger). In: Tübinger Geogr. Stud. 80, 1980, 79–93.
- MENSCHING, H., GIESSNER, K. u. STUCKMANN, G.: Sudan – Sahel – Sahara. Geomorphologische Beobachtungen auf einer Forschungsexpedition nach West- und Nordafrika 1969. Jb. Geogr. Ges. Hannover 1969, 1970.
- MICHEL, P.: Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. – Étude géomorphologiques. Mém. de l'O.R.S.T.O.M. 63, 1973.
- MILLOT, G.: Géologie des argiles. Paris, 1964.
- MOREL, A.: Formes, formations superficielles et variations climatiques récentes dans les massifs centraux de l'Air (Sud-Sahara). In: Palaeoecology of Africa 13, 1981, 189–198.
- : Les hauts massifs de l'Air (Niger) et leurs piémonts. Étude géomorphologique, Paris, 1984.
- ROGNON, P.: Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40 000 ans. In: Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn. 18, 1976, 251–282.
- SERVANT, M.: Séquences continentales et variations climatiques: Évolution du Bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur. Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M. 159, 1983.
- SERVANT-VILDARY, S.: Étude des diatomées et paléolimnologie du bassin tchadien au Cénozoïque supérieur. Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M. 84, 1978.
- SKOWRONEK, A.: Böden als Indikator klimagesteuerter Landformung in der zentralen Sahara. Relief, Boden, Paläoklima, Bd. 5, Berlin/Stuttgart, 1987.

- VÖLK, H. R. u. LEWELT, T.: Tonmineralogische Ergebnisse und einige paläoklimatische Betrachtungen. In: Jb. Geogr. Ges. Hannover 1969, 1970, 191–211.
- VÖLKEL, J.: Zum jungquartären Klimawandel im saharischen und sahelischen Ost-Niger aus bodenkundlicher Sicht. In: Würzburger Geogr. Arb. 69, 1988, 255–276.
- : Geomorphologische und pedologische Untersuchungen zum jungquartären Klimawandel in den Dünengebieten Ost-Nigers (Südsahara und Sahel). Bonner Geogr. Abh. 79, 1989.
- VOGT, J. u. BLACK, B.: Remarques sur la géomorphologie de l'Air. In: Bull. B.R.G.M. 1, 1963, 1–29.

## WEIDEPOTENTIAL UND LANDDEGRADIERUNG IN DEN TROCKENGEBIETEN KENIAS, DARGESTELLT AN TESTFLÄCHEN IM SAMBURU-DISTRIKT

Mit 3 Abbildungen, 4 Photos und 3 Tabellen

RÜDIGER MÄCKEL, GUNTER MENZ und DIERK WALTHER

*Summary:* Range potential and land degradation in the drylands of Kenya – represented by test sites in the Samburu-District

The survey and evaluation of the range potential in the semi-arid lands of the Samburu District was carried out with the aid of the combined earth study techniques at four data levels (satellite images of LANDSAT 5, aerial photographs, special photograph survey from low flying aircraft, and ground truth data). Various homogeneous test sites were selected in each of the five main landscape units. The highest biomass production occurs in the grassland dambos as well as on the volcanic plateaus (Marti) with Commiphora-Acacia woodland, dwarf-shrub and perennial grasses. However, both landscape types are mostly avoided by the nomads and their livestock: the dambos because of the low content of palatable grasses and herbs, as well as the dangers connected with cracking and piping features of the vertisols, and with insects and carnivores respectively, the plateaus because of the difficult accessibility and lack of water. The most important rangelands include the foot slopes in front of the Marti with open Commiphora bushland and dwarf-shrub and the adjacent inland plains covered by open Acacia woodland and dwarf-shrub. At the end of the main rainy season the good rangeland sites reach a biomass of 2500 kg/ha. However, two or three weeks later, there is a remarkable decrease in the fodder value. The biomass production of the slopes is often lower than that of the inland plains, because they form favoured sites for settlements and, therefore, suffer from overuse and severe soil erosion. Valley sites with riparian woodland or bushland are often used by goats and camels, while cattle do not find any substantial species in these vegetation types.

Due to the high variability of rainfall and the uncertain biomass production, the rangeland of the area in question can only be classified as an area restricted to certain browsing animals, such as goats and camels. However, cattle which are mainly dependent on grasses and herbs,

can hardly survive every dry season in the long run and would never gain weight. Consequently a rearrangement of animals adapting to the sensitive ecosystem in these tropical drylands should be considered in useful development planning. Finally, regeneration and anti-erosion measures remain necessary.

### 1 Problemstellung und Methode der Aufnahme

#### 1.1 Landschaftstypen des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die Weidegebiete der Ebenen zwischen dem Kirisia-Bergland und der Matthews-Bergkette, konzentriert sich also auf die politischen Verwaltungseinheiten von Lodungokwe und Wamba im südlichen und auf Vergleiche mit der Baragoi-Ebene im nördlichen Samburu-Distrikt (Abb. 1). Durch Auswertung von LANDSAT 5-Szenen, Luftbildern und topographischen Karten lassen sich im Untersuchungsgebiet sieben Landschaftstypen unterscheiden: 1. die Bergländer mit montanen Busch- und Waldformationen, 2. die Vulkanitdecken und -restflächen mit offenem Commiphora-Gehölz, 3. Inselbergkomplexe aus kristallinem Gestein des Grundgebirges, 4. die schwach bis mitteligneigten Bergfußflächen mit Commiphora-Gehölzen, 5. die Ebenen mit Fiederlaub-Dorngehölzfluren, 6. die zerschnittenen Rumpfflächen, 7. die überwiegend grasbedeckten Oberläufe der Entwässerungssysteme (Dambos) und 8. die eingeschnittenen Tallandschaften mit Galeriegehölzen (Abb. 2 u. 3).

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit dem Weidepotential der Landschaftstypen 2 bis 7. Wegen der landschaftsökologischen Besonderheiten