

Würzburger Geographische Arbeiten	87	149-162	Würzburg	1993
-----------------------------------	----	---------	----------	------

## Zum Alter jungquartärer Feuchtphasen im ariden und semiariden südwestlichen Afrika

Klaus HEINE, Regensburg

**Abstract:** On the age of late Quaternary pluvial phases in arid and semi-arid southwestern Africa. In the southern and western hyperarid Namib Desert late Quaternary hygric fluctuations cannot be proved. Further inland (area of Great Escarpment) sediment and soil sequences document late Quaternary hygric fluctuations that become more and more accentuated towards NE and E. More humid phases compared with today's climatic conditions occur >25 to 19 ka BP and about 10 to 8.5 ka BP.

**Zusammenfassung:** Während im Westen und Süden der extrem ariden Namib-Wüste jungquartäre hygrische Schwankungen nicht nachgewiesen werden können, belegen Sediment- und Bodensequenzen hygrische Schwankungen, die nach NE und E deutlicher ausgeprägt sind. Feuchtere Phasen im Vergleich zu heute existieren im Randstufenbereich >25 bis 19 ka BP und um 10-8.5 ka BP.

### 1. Einleitung

Mindestens seit dem Untermiozän weist die Küstenregion Namibias ein  $\pm$  arides Klima auf. In Verbindung mit dem Eisaufbau in der Antarktis bildeten sich die antarktische Polarfront und das jungkänozoische System der Meeresströmungen aus. Seit der Mio/Pliozän-Wende bestimmen die südatlantische Antizyklone und die kalten Auftriebswasser des Benguela-Stromes das klimatische Geschehen vor und entlang der südwestafrikanischen Küste. Aufgrund seiner umfangreichen Studien in der Namib kommt KAISER (1926) bereits frühzeitig zu dem Schluß, daß in der südlichen Namib seit untermiozäner Zeit ein extrem-arides Klima herrscht, denn Fossilien belegen das Ende der Talbildung im Untermiozän; KAISER (1926) betont, daß in der nördlichen Namib dagegen noch fluviale Erosion auch nach dem Untermiozän stattfindet. Daß aber auch in der zentralen Namib seit dem Untermiozän aride Klimabedingungen herrschen, wird u. a. durch karstmorphologische Beobach-

tungen bestätigt; MARKER (1982) berichtet von Dolinenbildung bis ins Untermiozän in der Tsondab-Gaub-Kuiseb-Region, und HEINE (1992) weist auf die Anlage von Höhlensystemen vor der Bildung mächtiger Calcretes hin, die ins Mio/Pliozän datiert werden. WILKINSON (1988) schätzt das Alter der großen Längsdünen im Namib-Erg auf einige Millionen Jahre. Wenn auch an der Aridität der Namib seit dem Jungtertiär nicht mehr gezweifelt wird, so gehen doch die Ansichten über Art und Ausmaß sowie Alter sogenannter quartärer pluvialer Phasen stark auseinander. In den letzten zwei Jahrzehnten wurden fluviale, limnische und äolische Sedimente und Formen, sowie Karstphänomene und Bodenbildungen paläoklimatisch interpretiert und aufgrund von  $^{14}\text{C}$ -Altersbestimmungen zeitlich eingeordnet. Für die Namib läßt sich anhand dieser mittels  $^{14}\text{C}$ -Daten gestützten Chronologie eine jungpleistozäne Feuchtphase erkennen, die vor 40 ka BP (TELLER et al. 1990) bzw. vor über 40 ka BP (HEINE 1987) beginnt und um ca. 25 ka BP (HEINE 1987) bzw. 20 ka BP (TELLER et al. 1990) endet. Im folgenden werden einige ausgesuchte Profile aus der südlichen und zentralen Namib beschrieben, die neue Aspekte zur Frage der hygrischen Klimaschwankungen im Jungpleistozän aufzeigen.

## 2. Mittlere Namib und Randstufenbereich

### 2.1. Bullsport

Bei Bullsport (Fig. 1) greift das Einzugsgebiet des Tsondab bis ins namibianische Hochland hinein. Östlich des engen Durchbruchstals der Naukluft sind bei Bullsport weitflächig limnische Sedimente abgelagert. Eine Calcrete, die eine leicht gewellte Oberfläche aufweist, wird von Playa-Sedimenten bedeckt, die eine deutliche Zweiteilung zeigen (Fig. 2); der liegende Teil schließt mit einem fossilen Vertisol ab, der einen pedogenen  $\text{CaCO}_3$ -Horizont ausgebildet hat. Schluffige Playa-Sedimente überlagern den  $fA_h$ -Horizont; sie gehen ohne deutliche Grenze in die hangenden sandreichen Ablagerungen über. Artefakte des MSA (Middle Stone Age) liegen auf der unteren Calcrete unter den Seekreiden.

Zwei  $^{14}\text{C}$ -Datierungen geben Hinweise auf das Alter der Ablagerungen; die liegenden Playa-Sedimente haben ein  $^{14}\text{C}$ -Alter von  $30\,890 \pm 500$  aBP (Hv 11 643) und die hangenden Playa-Sedimente von  $17\,600 \pm 160$  aBP (Hv 11 642) (Tab. 1).

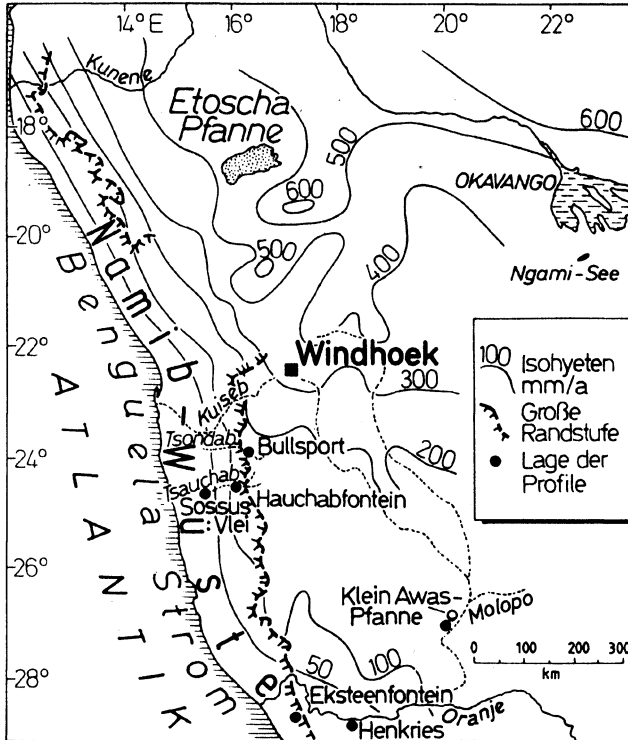


Fig.1: Übersichtskarte  
Location map.

Aufgrund der sedimentologischen und paläopedologischen Befunde wurden die liegenden Playa-Sedimente bei relativ aridem Klima abgelagert, denn sie enthalten große Anteile an Palygorskit, das als Indikator für aride Bedingungen angesehen werden kann (HEINE 1990). Der kräftig entwickelte Vertisol und die Verlagerung des Kalks in dem fCc-Horizont deuten auf feuchtere Bedingungen im Vergleich zu heute. Auch die hangenden Playa-Sedimente verkörpern etwas feuchtere Verhältnisse als heute. Die obersten sandig-schluffig-tonigen, teils limnischen, teils äolischen Ablagerungen charakterisieren die holozänen ariden Klimabedingungen.

## 2.2. Tsauchab-Tal (Hauchabfontein, Sossus Vlei)

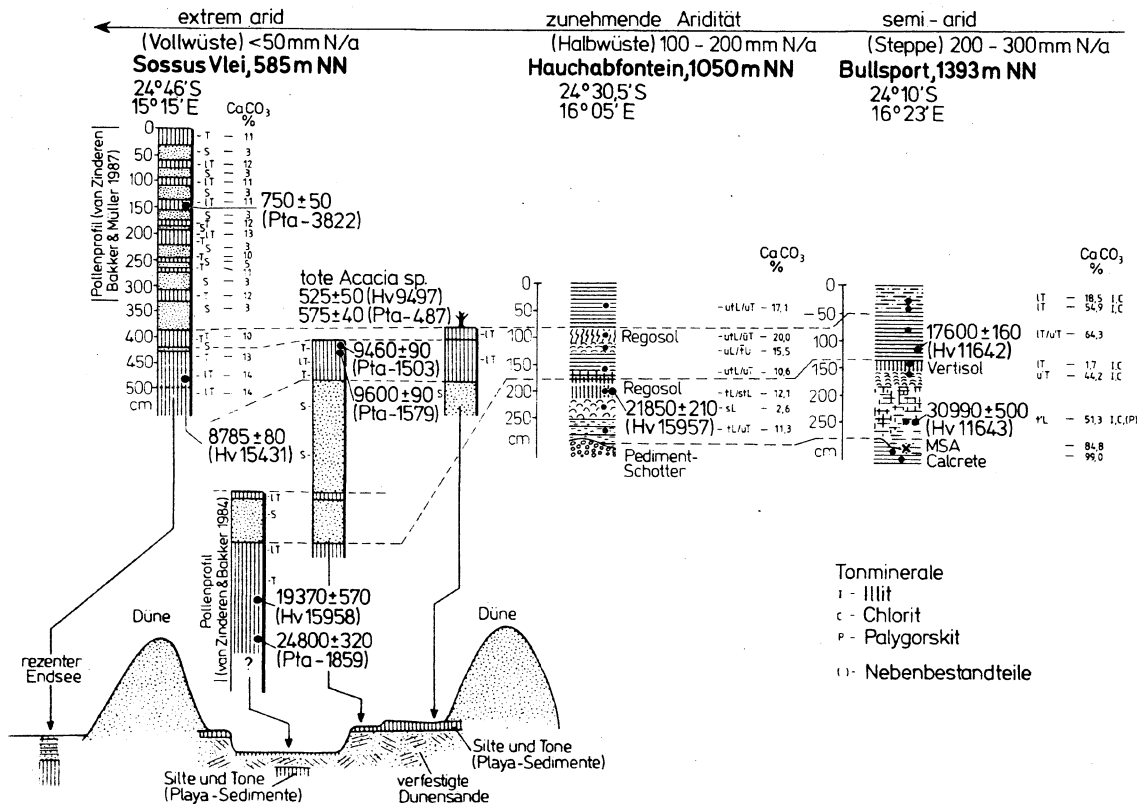
Etwa 60 km südwestlich von Bullsport hat der Tsauchab ein enges Durchbruchstal gebildet. Oberhalb des Eintritts in die Talenge sind Hochwassersedimente des Tsauchab abgelagert worden, die mehrere Meter mächtig werden (Fig. 2). Über Pedimentgeröllern ist eine Abfolge fluvialer toniger Silte ausgebildet. Mindestens zwei fossile Böden mit unterschiedlich kräftig ausgebildeten  $fA_h$ -Horizonten gliedern die fluvialen tonigen Silte. Der ältere  $fA_h$ -Horizont hat ein  $^{14}C$ -Alter von  $21\ 850 \pm 210$  aBP (Hv 15 957).

Allein die regosolartigen fossilen Bodenbildungen des Profils können als Zeugen vermehrter Feuchtigkeit in diesem Gebiet gedeutet werden, das heute im langjährigen Mittel etwa 100 mm N/a erhält.

Das Trockental des Tsauchab endet in den Pfannen von Sossus Vlei in dem Namib-Erg. Verschiedene Profile wurden im Bereich des Sossus Vlei bearbeitet (VAN ZINDEREN BAKKER 1984, HEINE 1987, VAN ZINDEREN BAKKER & MÜLLER 1987). Aufgrund einiger neuer  $^{14}C$ -Daten können die Abfolgen aus fluvial eingeschwemmten schluffig-tonigen Playa-Sedimenten und äolisch eingewehten Sanden weitergehend als bisher interpretiert werden (Fig. 2). Zwei Phasen der Silt-Akkumulation lassen sich ausgliedern, nämlich um  $>25$  bis 19 ka BP und um ca. 10 bis 8.5 ka BP. Im Bereich der Namib-Erg-Playas können in den Siltsedimenten keine Anzeichen für eine (beginnende) Bodenbildung festgestellt werden. Auch die von VAN ZINDEREN BAKKER (1984) und VAN ZINDEREN BAKKER & MÜLLER (1987) bearbeiteten Pollenprofile aus dem Sossus Vlei-Gebiet geben keinerlei Hinweise auf Vegetationsänderungen, die wiederum auf hygrische Schwankungen während der letzten ca. 25 ka BP deuten könnten.

Werden die Profile des Tsauchab-Tals vergleichend hinsichtlich der paläoklimatischen Ausdeutbarkeit betrachtet, so wird deutlich, daß die kompakten Siltakkumulationen von Sossus Vlei feuchtere Bedingungen im oberen Einzugsgebiet des Tsauchab und ein Aussetzen der äolischen Sandverlagerung repräsentieren und mit den vertisol/regosolartigen Bodenbildungsphasen von Bullsport und Hauchabfontein korreliert werden müssen.

Fig. 2: Stratigraphische Beziehungen ausgewählter Profile.  
Stratigraphic correlations of selected sections.



Tab.1: Ergebnisse der Altersbestimmungen. Results of age determinations.

Labor Hv	Gelände K00	Art	$\delta^{13}\text{C}$ [‰]	konventionelle $^{14}\text{C}$ -Alter (Jahre vor 1950)	$^{14}\text{C}$ -Gehalt [% modern]	Ort	
09 495	114	Sc	- 7,9	19 085 ± 125/-985	9,3 ± 1,2	Molopo	
09 497	88	Hx	-23,3	525 ± 50	-	Sossus Vlei	
09 884	103	Cc	-	8 245 ± 75	35,8 ± 0,3	Molopo	
09 885	57	K	- 5,0	23 410 ± 980/-875	5,4 ± 0,6	Klein Awas-Pfanne	
11 641	528	Cc	- 7,9	19 380 ± 330	8,9 ± 0,4	Eksteenfontein	Sc-Mollusken
11 642	554	Cc	+ 1,8	17 600 ± 160	11,2 ± 0,2	Bullspport	Cc-Calcrete
11 643	557	Cc	+ 0,3	30 890 ± 500	2,1 ± 0,1	Bullspport	K -Kalk
12 706	653	Cc	- 2,1	29 110 ± 640	2,7 ± 0,2	Henkries	Hx-Holz
15 431	583	Si	- 1,7	8 785 ± 80	33,5 ± 0,3	Sossus Vlei	Si-Silt, kalkhalt.
15 957	740	Si	- 2,8	21 850 ± 210	6,4 ± 0,2	Hauchabfontein	
15 958	745	Si	-	19 370 ± 570	8,8 ± 0,6	Sossus Vlei	
16 107	103	Cc	+ 0,4	30 990 ± 490	2,1 ± 0,1	Molopo	

Pta-

3822	Si	750 ± 50	Sossus Vlei
1859	Si	24 800 ± 320	"
1503	Si	9 460 ± 90	"
1579	Si	9 600 ± 90	"
	Hx	575 ± 40	"

Labor Uh	Gelände K00	Art	Uran-Gehalt [ppm]	Thorium-Gehalt [ppm]	U-234 U-238	Th-230 Th-232	Th-230 U 234	U/Th-Alter Modell [ka] fo = 0	U/Th-Alter korrig. [ka] fo = 1.00
546	103	Cc	2,419 ±0,041	2,312 ±0,041	1,951 ±0,047	5,4 ±0,1	0,875 ±0,024	172 -10±11	157 -9±10

### 3. Südliche Namib und Südwest-Kalahari

#### 3.1. Eksteenfontein

Die jüngsten Lockersedimente und Bodenbildungen werden im Richtersfeld (südliche Namib, Fig. 3) von z. T. stark erodierten tonig-schluffig-sandigen Sedimenten in Mulden, Tälern und an den Unterhängen charakterisiert, die von Calcretes und Silcretes bedeckt werden. Auf diesen befinden sich häufig Hangschuttlagen geringer Mächtigkeit; sie haben Steinpflaster gebildet, in denen Artefakte des ESA (Early Stone Age) und MSA in situ angetroffen werden. Abspülvorgänge nach gelegentlichen Regenfällen haben die Lockersedimente und Krusten teilweise ausgeräumt. In größeren Trockentälern, beispielsweise dem Rivier bei Eksteenfontein, ist eine Terrasse aus groben (bis kopfgroßen) Geröllen ausgebildet, die die jüngsten Ablagerungen in diesem Gebiet darstellen.

Bei Eksteenfontein wird die letzte belegbare pluviale Phase durch eine Abfolge mehrere Meter mächtiger sandig-schluffiger Sedimente gebildet, die im Bereich einer Quellzone sedimentiert wurden. Über dem Anstehenden ist eine Wechsellagerung aus Sanden, schluffigen Sanden und sandigen Schluffen aufgeschlossen, die durch Wurzel- und Schilfröhren-Horizonte gegliedert werden. Die ehemaligen Wurzelhorizonte sind dunkel schwarzgrau gefärbt, karbonatfrei und frei von organischen Substanzen. Die Horizonte sind leicht gewellt und fallen nach verschiedenen Seiten seicht ab, was auf eine Akkumulation im Bereich einer Quelle hinweist. Im Hangenden des Profils befinden sich sandig-schluffig-tonige Sedimente, die am Hang verspült wurden und auf denen sich eine etwa 0,5 m mächtige Calcrete entwickelte. Ein Steinpflaster aus lokalem Material schließt das Profil ab. Die Datierung der Calcrete lieferte ein  $^{14}\text{C}$ -Alter von  $19\,380 \pm 330$  aBP (Hv 11 641).

Eine vorsichtige Interpretation der geomorphodynamischen Bedingungen während der Akkumulation der Sedimente und der Bildung der Calcrete ergibt feuchtere Verhältnisse als heute zur Zeit der Bildung der Quellensedimente wie auch der hangenden sandig-schluffig-tonigen Unterhangsedimente. Die Calcrete-Bildung muß unter weniger ariden Bedingungen erfolgt sein, als sie heute existieren. Hangschuttlage und Steinsohle repräsentieren die gegenwärtigen extrem ariden Verhältnisse, die - aufgrund des  $^{14}\text{C}$ -Alters - bereits während des Sauerstoffisotopen-Stadiums 2 einsetzten.

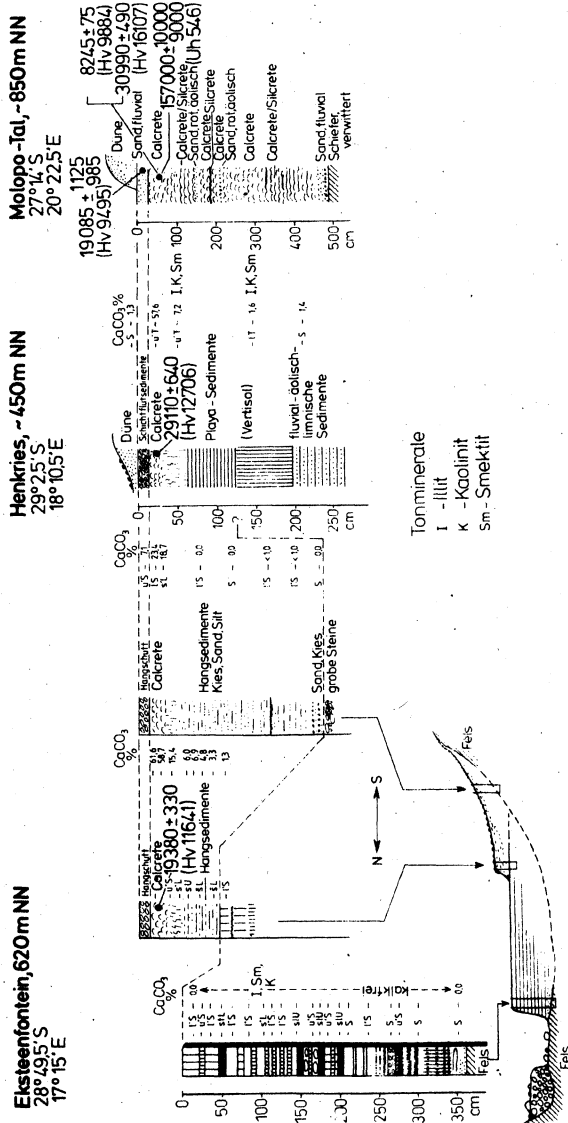


Fig.3: Stratigraphische Beziehungen ausgewählter Profile.  
 Stratigraphic correlations of selected sections.



Ob die groben Riviergerölle als fluviale Bildungen extrem arider Bedingungen anzusprechen sind, soll hier nicht diskutiert werden.

### 3.2. Henkries/Oranje

Im Henkries-Gebiet werden die oberflächennahen Lockersedimente von limnischen und äolischen Ablagerungen gebildet; fluviale Sedimente sind äußerst selten; holozäne Dünen- und Steinpflasterbedeckungen bedecken die pleistozänen Ablagerungen (ERIKSSON 1978). Bohrungen im Henkries-Tal haben ergeben, daß vier limnische Schichtfolgen angetroffen werden, die durch äolische Sande getrennt werden. Die limnischen Sedimente wurden vermutlich in Playas abgelagert (ERIKSSON 1978).

Ein typisches Profil der jüngsten Lockersedimente (Fig. 3) zeigt vom Liegenden zum Hangenden eine Abfolge aus fluvial umgelagerten Dünen- und Steinpflasterbedeckungen, limnischen lehmigen Tonen, die ein kantig-polyedrisches Gefüge aufweisen und als fossiler vertisolartiger Boden gedeutet werden, und schluffig-tonigen limnischen Lehmen, die in eine schwache Calcrete-Bildung übergehen; darüber liegen Schichtflut-Sedimente, die wiederum von Dünen- und Steinpflasterbedeckungen bedeckt werden. Die genannte Schichtfolge fällt in eine ca. 100 m weite flache Mulde ein. An der rezenten Oberfläche gibt es keinerlei Hinweise auf fluviale Vorgänge. Das leicht wellige Relief der Umgebung besteht aus Dünen- und Steinpflasterbedeckungen, die häufig von einer gröberen Kies-/Geröllschicht (Deflationsspflaster) überzogen werden.

Die Calcrete wurde  $^{14}\text{C}$ -datiert auf  $29\,110 \pm 640$  aBP (Hv 12 706). Wie bei allen anderen Datierungen von Calcretes wurde auch hier darauf geachtet, daß Material datiert wurde, das im Dünenschliff keine Anzeichen auf Beimischung von älteren Calcrete-Resten zeigt.

Feuchtere Verhältnisse im Vergleich zur Gegenwart spiegeln die limnischen Sedimente wider. Auch die Bildung der Calcrete weist auf eine geringere Aridität im Vergleich zu heute hin (vgl. BLÜMEL 1981). Steinpflaster und hangende Dünen- und Steinpflasterbedeckungen repräsentieren die jungquartäre Aridität seit mindestens 25 ka BP.

### 3.3. Molopo-Tal

Im unteren Molopo-Tal sind mächtige Calcretes ausgebildet (Fig. 3), die von geringmächtigen fluvialen Sanden und Dünen bedeckt werden. Teilweise sind die Calcretes durch Silcretes ersetzt, wobei eine unterschiedlich starke Silifizierung in den Dünnschliffen festgestellt werden kann. Die hangende Calcrete-Bank wurde eingehender untersucht.

Partien der Calcrete bestehen aus einer  $\text{CaCO}_3$ -Matrix, in die äolische Sandkörner eingebakken sind. Zahlreiche Quarzkörner sind angeätzt und dokumentieren die beginnende Silcrete-Bildung.  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidungen können sich besonders in Hohlräumen ablagern. Andere Partien der Calcrete weisen nur geringe Anteile an Dünensandkörnern auf. Auch kann die Kalkmatrix unterschiedlich in Färbung und Struktur sein. Ein- und/oder mehrmals aufbereitetes älteres Calcrete-Material ist durch eine jüngere Matrix erneut verbacken worden.

Die  $^{14}\text{C}$ -Alter des Profils ergaben für zwei Calcrete-Proben der vermeintlich jüngsten Kalkmatrix  $8245 \pm 75$  aBP (Hv 9884) und  $30\,990 \pm 490$  aBP (Hv 16 107) sowie für Gastropoden der hangenden fluvialen Sedimente  $19\,085 + 1125/-985$  aBP (Hv 9495). Eine  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Datierung der Calcrete erzielte ein Alter von  $157 + 10/-9$  ka BP (Uh 546).

Vermutlich sind die Calcretes des Profils aus fluvial verlagertem Material hervorgegangen, denn viele Dünnschliffe weisen fluviale Sedimente auf, die nach der Ablagerung durch  $\text{CaCO}_3$  und danach teilweise oder ganz durch  $\text{SiO}_2$  verbacken wurden. Da eine beginnende Silifizierung bisher nicht in den jüngsten Calcretes der Südwest-Kalahari beobachtet werden konnte, wird ein prä-letztzeitliches Alter der hangenden Calcrete-Bildung angenommen. Die darüber liegenden fluvialen Sande mit Mollusken verkörpern die letzte Phase fluvialer Aktivität vor der Bildung der weißen Dünen. Die  $^{14}\text{C}$ -Datierung der jüngsten Stromatolithen (vgl. CASANOVA & HILLAIRES-MARCEL 1992) von der Oberfläche der benachbarten Klein Awas-Pfanne auf  $23\,410 + 980/-875$  aBP (Hv 9885) ergänzt die Hinweise auf eine langandauernde Aridität seit mindestens 20 ka BP.

#### 4. Diskussion der Ergebnisse

Die fossilen Bodenbildungen in den limnischen Ablagerungen bei Bullsport und den fluvialen Sedimenten bei Hauchabfontein sind Zeugen von Klimaänderungen. Der Vertisol bei Bullsport repräsentiert eine feuchtere Zeit, ebenso der regosolartige Boden bei Hauchabfontein. Die Ausprägung der  $fA_h$ -Horizonte mit Kalkauswaschung und Kalkanreicherung im  $C_c$ -Horizont nimmt - entsprechend den Niederschlägen - von Osten (Bullsport) nach Westen (Hauchabfontein) ab und läßt sich in der seit mindestens 25 ka BP ariden Namib (Sossus Vlei) nicht mehr nachweisen. Spuren einer fluvialen Geomorphodynamik in der Namib (Umlagerung von Pediment-Sedimenten, Abspülung von Hangschutt etc.) lassen sich nicht paläoklimatisch deuten, da sie Prozesse verkörpern, die der extrem ariden Geomorphodynamik eigen sind (HEINE 1987). Fluviale Sedimente und Formen in den die Wüste querenden Talzügen repräsentieren allenfalls Einflüsse des Hinterlandes.

Zahlreiche  $^{14}C$ -Altersbestimmungen an Karbonaten der fluvialen und limnischen Ablagerungen in der Namib (VOGEL & VISSER 1981, LANCASTER & TELLER 1988, TELLER et al. 1988, TELLER et al. 1990, RUST 1989 u.a.) belegen einerseits Neubildung von  $CaCO_3$ -haltiger Matrix in zumeist älteren Sedimenten (HEINE 1991) und damit eine gewisse Zunahme der Grund- und Sickerwasservorräte; andererseits ist oft nicht zu klären, inwieweit geringfügige Lösungsvorgänge noch ein endliches Alter (ca. 25 ka BP und älter) der  $^{14}C$ -Daten bewirken. An vielen Beispielen läßt sich aufzeigen, daß fluviale und limnische Namib-Sedimente zwar ein endliches  $^{14}C$ -Alter aufweisen, daß die Sedimentation selbst jedoch wesentlich älter ist (HEINE 1991). Allein die fossilen Böden belegen, daß es hygrische Schwankungen im Jungquartär gibt, die sich in der zentralen Namib selbst nicht mehr auswirken, die jedoch im namibianischen Hochland und Randstufenbereich auf feuchtere Verhältnisse um ca. 19 bis >25 ka BP und um ca. 8.5 bis 10 ka BP hinweisen.

In der südlichen Namib - im Gebiet des Henkries-Tals - scheinen sich hygrische Schwankungen zumindest während der letzten 25 ka BP nicht ausgewirkt zu haben. Inwieweit  $^{14}C$ -datierte Calcretes mit endlichem Alter chronostratigraphisch interpretiert werden können, bleibt zur Zeit noch ungewiß, denn erste  $^{230}Th/^{234}U$ -Altersbestimmungen deuten auf wesentlich höhere Alter der Calcrete-Bildung. Andererseits belegen andere Paläoklimazeugen aus der Südwest-Kalahari weniger aride Verhältnisse vor >19 ka BP (u.a. HEINE 1981). Auch im Gebiet zwischen

Oranje und Botswana nimmt der Einfluß der jungquartären hygrischen Klimaschwankungen von Nordost nach Südwest, d.h. zur extrem ariden Wüste hin, ab.

In der südlichen Namib (Eksteenfontein) sind bisher ebenfalls keine Hinweise auf ausgeprägte hygrische Klimaschwankungen während der letzten ca. 20 ka BP gefunden worden. Wenngleich damit gerechnet werden muß, daß im letzten Hochglazial ein nach Norden ausgreifender Einfluß der ekotropischen Westwindzone auch die südliche Namib bis über den Oranje hinaus beeinflusst hat (HEINE 1981), so können dafür bisher keine paläopedologischen und geomorphologisch-sedimentologischen Beweise angeführt werden.

Die Befunde werden durch andere Beobachtungen gestützt. Seit mindestens 25 ka BP ( $^{14}\text{C}$ -Alter) herrschen extrem aride Bedingungen in der zentralen Namib, denn in den Höhlen gibt es kein Sinterwachstum mehr (HEINE 1991). Aufgrund aller bisher vorliegender  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Daten muß die letzte Phase mit verstärkter Sinterbildung in den Höhlen der Namib und Kalahari auf ca. 155 bis 200 ka BP datiert werden (HEINE 1991). Sie scheint auch eine Zeit verstärkter Calcrete-Bildung im ariden/semiariden südlichen Africa zu sein. Somit sind die geschilderten jungquartären "pluvialen Phasen" allenfalls Belege für äußerst schwache hygrische Schwankungen im ariden südwestlichen Afrika.

## 5. Schluß

In Namibia nehmen die Niederschläge von West nach Ost und von Süd nach Nord zu. Jungquartäre pluviale Schwankungen sind im Westen und Süden der extrem ariden Namib-Wüste nicht nachzuweisen, jedoch können hygrische Fluktuationen im semiariden Randstufenbereich und Hochland sowie der Südwest- und West-Kalahari belegt werden. Feuchtere Phasen gab es um 19 bis >25 ka BP und um 8.5 bis 10 ka BP. Die Intensität der hygrischen Schwankungen nahm von Nordost nach Südwest und West ab. Für die extrem aride Namib weisen  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Daten von Höhlensintern auf die jüngste stärkere pluviale Phase während des Sauerstoffisotopenstadiums 6 und/oder 7. Die pluvialen Bedingungen des Stadiums 3 reichen nicht bis in die extrem aride Namib. Das trifft auch für das Früh-Holozän/Spätpleistozän zu.

**Danksagung:** Der DFG danke ich für Reise- und Sachbeihilfen. Mein Dank gilt darüber hinaus M.A. Geyh (Hannover) für zahlreiche Altersbestimmungen und Diskussionen, E.M. von Zinderen Bakker und J.A. Coetzee für gemeinsame Expeditionen und Erörterungen, meiner Frau und meinen Kindern für unermüdliche Hilfe bei allen Vorhaben im Gelände und zuhause.

## Literaturverzeichnis

- BLÜMEL, W.D. (1981): Pedologische und geomorphologische Aspekte der Kalkkrustenbildung in Südwestafrika und Südostspanien.- *Karlsruher Geogr. H.* 10, 228 S.
- CASANOVA, J. & C. HILLAIRES-MARCEL (1992): Chronology and Paleohydrology of Late Quaternary High Lake Levels in the Manyara Basin (Tanzania) from Isotopic Data ( $^{18}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ , Th/U) on Fossil Stromatolites. - *Quaternary Research*, 38,2: 205-226.
- ERIKSSON, P.G. (1978): An investigation of Quaternary aeolian-lacustrine sediments in Namaqualand. - *Palaeoecology of Africa*, 10: 41-46.
- HEINE, K. (1981): Aride und pluviale Bedingungen während der letzten Kaltzeit in der Südwest-Kalahari (südliches Afrika).- *Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd.* 38: 1-37.
- HEINE, K. (1987): Jungquartäre fluviale Geomorphodynamik in der Namib, Südwestafrika /Namibia.- *Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd.* 66: 113-134.
- HEINE, K. (1990): Some observations concerning the age of the dunes in the western Kalahari and palaeoclimatic implications.- *Palaeoecology of Africa*, 21: 161-178.
- HEINE, K. (1991): Paläoklima und Reliefentwicklung der Namibwüste im überregionalen Vergleich.- *Geomethodica* (= Veröff. 16. BGC), 16: 53-92.
- HEINE, K. (1992): On the ages of humid Late Quaternary phases in southern African arid areas (Namibia, Botswana).- *Palaeoecology of Africa*, 23: in press.
- KAISER, E. (1926): Höhenschichten-Karte der Deflationslandschaft in der Namib Südwestafrikas und ihrer Umgebund.- *Mitt. Geogr. Ges. München*, XIX, 2: 38-75.
- LANCASTER, N. & J.T. Teller (1988): Interdune deposits of the Namib sand sea. - *Sedimentary Geology*, 55: 91-107.
- MARKER, M.E. (1982): Aspects of Namib geomorphology: A doline karst.- *Palaeoecology of Africa*, 15: 187-199.
- RUST, U. (1989): (Paläo)-Klima und Relief: Das Reliefgefüge der südwestafrikanischen Namibwüste (Kunene bis 27° s.B.).- *Münchener Geogr. Abh., Reihe B, Bd.* B7: 1-158.
- TELLER, J.T., N. RUTTER & N. LANCASTER (1990): Sedimentology and paleohydrology of Late Quaternary lake deposits in the northern Namib sand sea, Namibia.- *Quat. Sci. Rev.*, 9,4: 343-364.
- TELLER, J.T., M. RYBAK, I. RYBAK, N. LANCASTER, N.W. RUTTER & J.D. WARD (1988): Diatoms and other fossil remains in calcareous lacustrine sediments of the northern Namib sand sea, South West Africa/Namibia.- In: *Geomorphological Studies in Southern Africa*, G.F. DARDIS & B.P. MOON (eds.): 159-174, Rotterdam (Balkema).
- VOGEL, J.C. & E. VISSER (1981): Pretoria radiocarbon dates II.- *Radiocarbon*, 23: 43-80.
- VAN ZINDEREN BAKKER, E.M. (1984): A Late- and post-glacial pollen record from the Namib desert.- *Palaeoecology of Africa*, 16: 421-428.
- VAN ZINDEREN BAKKER, E.M. & M. MÜLLER (1987): Pollen Studies in the Namib Desert.- *Pollen et Spores*, XXIX, 2-3: 185-206.
- WILKINSON, M.J. (1988): Linear dunes in the central Namib Desert: Theoretical and chronological perspectives from wind streaks.- In: *Geomorphological Studies in Southern Africa*, G.F. DARDIS & B.P. MOON (eds.): 85-113, Rotterdam (Balkema).

**Klaus Heine  
Universität Regensburg  
Institut für Geographie  
Universitätsstr.31  
D-95053 Regensburg**