

Formen und Formung in der Pränamib (Flächen-Namib)<sup>1</sup>

von

JÜRGEN HÖVERMANN

mit 5 Figuren und 8 Photos

**Zusammenfassung.** Die Namib-Fläche zwischen Kuiseb und Swakop steigt vom Meeresspiegel auf 1000 m Höhe mit einer mittleren Steigung von 1% an. Örtlich schwanken die Neigungen zwischen 0,5 und 1,5%. Der Scheitel der Fläche liegt weit vor der Randstufe und ist unabhängig von dieser und auch unabhängig von den Einschnitten des Kuiseb und Swakop. Die Namib-Fläche schneidet also die aufgerichteten Gesteine des Grundgebirges ebenso wie jüngere Schutt-Akkumulationen und mächtigere Sandpartien als eine Fläche sui generis; sie kann nicht als Fußfläche der Randstufe Südwestafrikas verstanden werden.

Innerhalb dieser Fläche sind mehr kegelförmige Partien von ausgesprochen schiefen Ebenen zu unterscheiden. Die mehr kegelförmigen Flächen größerer Ausdehnung liegen im toten Winkel der Spülformung. Die schiefen Ebenen haben ein sehr aktives Spülrinnennetz. Innerhalb der schiefen Ebenen sind mehr kegelförmige Partien mit weniger dichtem und mehr trichterförmige Partien mit sehr dichtem Spülrinnen-Netz zu unterscheiden. Sie sind der Höhenlage nach im Meterbereich (meist um 2-5 m) unterschiedlich, werden aber durch die aktuellen Prozesse (vorwiegend Flächen- und Rinnenspülung einerseits, Deflation und Windkorrasion andererseits) in gleicher Weise überformt. Stets ist die Ausbildung von Kegelformen mit Schuttdecken, die Ausbildung von schiefen Ebenen mit Sand und Kies verknüpft.

Eine feinere Analyse der Oberflächenformen und der oberflächennahen Materialien läßt in Korrespondenz zu den Terrassen des Kuiseb folgende Formungsphasen des Reliefs erkennen: (rückwärtig von der Gegenwart in die Vergangenheit):

- z. Sandschwemmenbildung im Flächenbereich, Sandakkumulation im Kuiseb. Material helle (weißliche) Sande.
- y. Tiefenerosion im Kuiseb, schwache Einschneidung in der Fläche.
- x. Grobschotterakkumulation im Kuiseb, hervorgehend aus den Gramadullas, starke Hangprozesse (Schuttbildung); Bildung von Pedimentsäumen um die Inselberge im Flächenbereich.

<sup>1</sup> Für die finanzielle Unterstützung meiner Forschungen bin ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu Dank verpflichtet. Den Südwestafrikanischen Behörden danke ich für die Erteilung der Forschungsgenehmigungen und für die Erlaubnis zur Benutzung der Forschungsstation Gobabeb.



3367

HOV 78 NOV

- v. Beachtliche Einschnidung im Kuiseb und den Gramadullas, örtlich starke Einschnidung im Flächenbereich.
- v. Feinkörnige Akkumulation im Kuiseb und den Gramadullas ohne Beteiligung örtlicher Prozesse mit Ausnahme von Sandeinwehung. Salzbildung. Sandschwemmebenenbildung im Flächenbereich. Material rote Sande.
- u. Mächtige Tiefenerosion im Kuiseb, Hauptphase der Gramadullabildung, randliche Zerschlitung der Fläche. Wahrscheinlich schwache Einschnidung im ganzen Flächenbereich.
- t. Ablagerung von Schottern als Höhenterrasse des Kuiseb, auslaufend auf die tieferen Partien der Fläche. Anschließend Kalkverkrustung. Schuttbildung und Schutttransport im Flächenbereich, verbunden mit mächtiger Kalkkrustenbildung. Ausbildung von Kegelformen.
- s. Tiefgründige Verwitterung unter einer nicht mehr erhaltenen Landoberfläche mit besonders starker Tiefenzersetzung der Kristallingesteine. Vergrusung, Wollsackbildung, Schalenverwitterung.

**Summary.** The Namib Plain between Kuiseb River and Swakop River rises with a mean gradient of 1% from sea level to 1000 m. Locally the gradient varies between 0,5 and 1,5%. The crest of the plain lies far from the Great Escarpment, and is morphologically unrelated to the latter and to the incisions of the Kuiseb and the Swakop. Thus, the Namib Plain truncates the steeply-dipping basement rocks, younger detritus accumulations and thick sand beds as a denudational plain in its own right; it cannot be interpreted as a pediment of the Great Escarpment.

Within this plain, one can distinguish portions that are cone-shaped, and others that are inclined planes. The cone-shaped portions of large extent are little affected, if at all, by present-day sheet wash. The inclined plane portions possess networks of active rills. Within the inclined planes there are gently conical surface segments with widely spaced rills, and gently funnel-shaped surface segments with more densely spaced rills. These segments differ locally by about 2 to 5 m in elevation, but are equally affected by present-day processes (wash, deflation and eolian corrosion). The development of conical shapes is always connected with the presence of coarse detritus covers, the development of the inclined planes with the presence of sands and gravels.

A more detailed analysis of surface forms and materials reveals several phases of relief development, which correspond also with the terraces of the Kuiseb River. They are (from youngest to oldest):

- z. Formation of sandy desert plains; in the Kuiseb sand accumulation. Material: whitish sands.
- y. Downcutting in the Kuiseb; weak incisions on the plain.
- x. In the Kuiseb accumulation of coarse gravels derived from the gramadullas; intensive slope processes (debris formation); development of pediment rims around the inselbergs on the plain.
- w. Considerable downcutting in the Kuiseb and the gramadullas, locally strong incision on the plain.
- v. Accumulation of fine-grained material in the Kuiseb and in the gramadullas, without participation of local processes except for eolian deposition. Salt formation. Development of sandy desert plains on the Namib flats. Material: red sands.
- u. Intensive vertical erosion in the Kuiseb, main phase of gramadulla development, marginal dissection of the plain. Probably weak incision on the entire plain area.
- t. Deposition of the Kuiseb High Terrace gravels, extending to the adjacent low portions of the plain, followed by caliche formation. Production and transport of debris on the plain, together with formation of thick calcareous crusts. Development of cone-shaped surfaces.
- s. Deep weathering below a land surface that has since been worn down, with especially deep-reaching decomposition of crystalline rocks. Formation of grus, "wool sack" forms, exfoliation.

**Résumé.** La plaine de Namib entre Kuiseb et Swakop s'élève du niveau de la mer jusqu'à 1000 m avec un gradient moyen de 1%. Le sommet de la plaine se trouve bien éloigné du Grand Escarpement et est indépendant soit de l'escarpement soit de l'incision de Kuiseb et Swakop. La plaine de Namib coupe des roches disloquées du socle, des accumulations détritiques plus jeunes et des couches de sables assez épaisses représente une plaine sui generis; il n'est pas possible d'interpréter celle-ci comme un pédiment du Grand Escarpement.

Au dedans de la plaine on peut distinguer des parts plus coniques et des surfaces inclinées. Les premières sont localisées dans l'angle mort à l'ouest du Swakop, où le ruissellement est assez faible; au contraire les surfaces inclinées sont caractérisées par des chenaux de ruissellement. Les parties coniques sont associées avec une couverture de débris angulaire, les surfaces inclinées sont un peu insablées ou couvertes de sables et de graviers. Les processus prédominants actuels sont ruissellement, déflation et corrosion. Une analyse détaillée des formes et des matériaux de la surface montre en correspondance avec les terrasses du Kuiseb les phases suivantes du développement du relief (des plus jeunes aux plus anciennes):

- z. Formation d'une plaine désertique légèrement insablée. Accumulation sableuse dans la vallée du Kuiseb. Matériel: Sables blancs.
- y. Incision verticale du Kuiseb. Probablement incision linéaire de la plaine.
- x. Accumulation de galets dans la vallée du Kuiseb, provenant des Gramadullas. Processus morphodynamiques remarquables sur les pentes. Développement de petits pédiments autour des Inselbergs.
- w. Incision importante du Kuiseb et des Gramadullas. Incision locale dans la plaine.
- v. Accumulation du matériel fin dans la vallée du Kuiseb et dans les Gramadullas sans processus locaux (except transport éolien). Développement d'une plaine sableuse désertique. Matériel: Sables rouges.
- u. Érosion linéaire du Kuiseb, phase principale du développement des Gramadullas. Dissection marginale de la plaine, probablement incision modérée sur toute la plaine.
- t. Accumulation des galets de la haute terrasse du Kuiseb suivi de la formation d'une croûte calcaire. Production et transport de débris sur la plaine et formation des croûtes calcaires, développement des pédiments coniques.
- s. Décomposition chimique surtout des roches granitiques.

Die Flächen-Namib ist das mittlere Glied jener für alle Wüsten der Erde charakteristischen klimatisch-morphologischen Gliederung, die in der Sahara als Region der aerodynamischen Formung, gegliedert in Windhöckerfluren und Dünenfelder unterschiedlicher Beschaffenheit, als Region der Sandschwemmebenen und als Region der Wüstenschluchten erkannt und beschrieben worden ist. Während in der Sahara jedoch die Verteilung der markant unterschiedlichen Formen- und Formungsregionen sich wegen der starken hypsometrischen Gliederung dieser Wüste im Grundriß als ein Mosaik darstellt und die Gesetzmäßigkeit der räumlichen Lagerung nur unter Berücksichtigung der dritten Dimension erkennbar wird, ist die Dreigliederung der Wüstenformen in der Namib und ihrer Umgebung auch in der Ebene leicht erkennbar. Nur im Bereich der Großen Randstufe liegt durch das mächtige Ansteigen des Südwestafrikanischen Hochlandes eine gewisse Deformation vor, die dazu führt, daß die Region der Wüstenschluchten und die Region des aerodynamischen Reliefs, hier gekennzeichnet durch die weit vorspringenden Zungen der roten Namib-Dünen beiderseits des Tsondeb, sich nahezu berühren.

Am deutlichsten zeigt sich die Abfolge der Wüstenformen, wenigstens was die beiden innersten Bereiche betrifft, zwischen 22° und 24° südlicher Breite. Hier liegt zugleich die Wüsten-Forschungs-Station Gobabeb, so daß optimale

Arbeitsbedingungen gegeben sind. Das gilt um so mehr, als die Flächen-Namib überall leicht befahrbar ist. Für den großräumigen Überblick gibt das Gemini-Photo S-65-45579 eine ausgezeichnete Grundlage. Im übrigen stand mir außer den topographischen Karten 1 : 50 000 und 1 : 250 000, die sich durch eine ungewöhnliche Präzision in der Darstellung des Reliefs auszeichnen, auch die dek-kende Luftbildserie 1 : 50 000 zur Einsicht in Windhoek und Gobabeb zur Verfügung. Als Großform und beherrschendes Landschaftselement steigt die Namib-Fläche von Westen nach Osten mit einer fast gleichmäßigen Steigung von 1 % an. Sie erreicht in 100 km Entfernung vom Meer 1000 m Höhe und findet ihr Ende hier nicht etwa in der großen Randstufe, sondern vielmehr an den Zerschneidungsbereichen des Kuiseb- und Swakop-Gebietes. Die Fläche selbst senkt sich zu beiden Flußgebieten von ihrem durch die Amaberge und den Witwaterberg bezeichneten Scheitel wieder ab, ist also unabhängig von der durch Kuiseb und Swakop erfolgten Einschnidung völlig von der Großen Randstufe abgetrennt. Sie erstreckt sich dabei teilweise über nur durch einen dünnen Sandschleier verhüllten oder überhaupt nackt zutage liegenden anstehenden Fels und kappt dabei sowohl Granite als auch die schräggestellten Schichten des Grundgebirges; häufig schaltet sich zwischen die Kappungsfläche und die empirische Namib-Fläche eine Schuttfläche ein, die teilweise nur dünn (dezimeterstark), teilweise auch mehrere Meter mächtig ist, und die ebenfalls teilweise durch einen Sandschleier verhüllt ist. Im Bereich dieser Schuttdecken sind mehrfach Kalk-Krusten entwickelt; fast stets werden sie nach oben hin durch eine mehr oder minder mächtige Kalkkruste abgeschlossen. Wo das nicht der Fall ist, beweisen Trümmerstücke von Kalkkrusten wenigstens ihre ehemalige Existenz. Die zentralen Teile der Namib-Fläche dagegen liegen über Sanden unterschiedlicher Mächtigkeit, dergestalt, daß der generell vorhandene Sandschleier sich gegen diese Teile hin verdickt. Erkennbar sind dabei Mächtigkeiten des Sandes von Metern bis zu Zehnern von Metern; gegen den Swakop hin scheinen westlich des Heinrichsberges Mächtigkeiten von nahezu 100 m erreicht zu werden. Als Ganzes gesehen ist die Namib-Fläche also eine Kappungsfläche über Gesteinen sehr unterschiedlichen Alters und sehr unterschiedlicher Beschaffenheit, wobei die Spannweite von Vulkaniten und diagenetisch verfestigten Sedimenten hohen Alters über wesentlich jüngere kalkverbackene

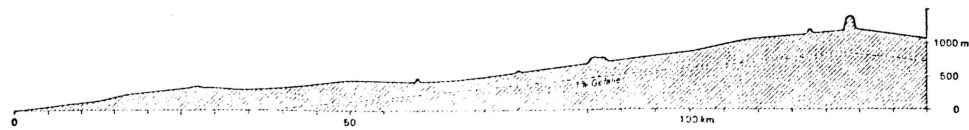


Fig. 1. Profil der Namib-Fläche von der Küste zum Binnenland etwa längs der Piste Swakop-mund-Windhoek. 10fach überhöht.

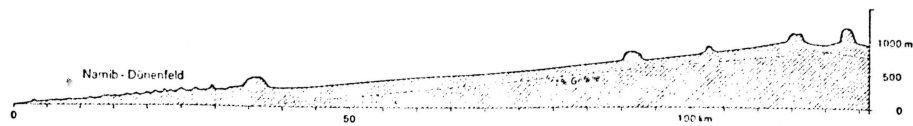


Fig. 2. Profil der Namib-Fläche von der Küste zum Binnenland (unter Einschluß des angrenzenden Dünenfeldes) etwa längs der Piste Walfischbai-Windhoek. 10fach überhöht.

und von einer Kalkkruste überzogene Detritusmassen bis zu unkonsolidierten Sanden reicht.

Verwitterungsspuren sind, abgesehen von Kalkkrusten, im Bereich der Fläche sehr selten erkennbar. Im Gegenteil erscheint das anstehende Gestein, wo immer es entblößt ist, frisch, allenfalls außen durch die bekannte Braunverfärbung der Wüstenkrusten im Zentimeterbereich verändert. Anders steht es mit den die Fläche überragenden granitischen Inselbergen: Hier sind deutlich die Rudimente einer früheren tiefgründigen Gesteinsumwandlung erkennbar, vor allem die Wollsackbildung und die schalenförmige Verwitterung überhaupt, denen heute sowohl die Salzverwitterung als auch die mechanische Gesteinszerlegung und selbstverständlich die Abtragung nachtastet. Dabei konzentriert sich der Abfluß mehr auf die Ausräumung von Klüften im Gestein und arbeitet so auf eine Zerlegung der Inselberge hin, während der Wind vorwiegend die Schalen unterbläst und stellenweise Hohlkehlen schafft. An der Glättung der Inselberge arbeiten Windschliff, erkennbar an Sandanwehungen auch auf mehr als 100 m über die umgebende Fläche aufragenden Inselbergen, und fließendes Wasser, erkennbar an Fließverfärbungen an den Flanken der Inselberge, gemeinsam.

Die aktuellen Prozesse im Bereich der Namib-Fläche sind aus dem Kleinformenschatz abzulesen. Im Frühjahr 1977 fielen infolge der extremen Niederschlagsverhältnisse des vergangenen Jahres allenthalben die Spuren fluvialer Erosion, fluvialen Transportes und fluvialer Akkumulation besonders ins Auge. Zugleich war die Windwirkung durch den dichten Teppich verdorrten Grases stark behindert, so daß eigentlich im ganzen Bereich der Flächen-Namib Fluß- und Wasserwirkung zu dominieren schienen. Im Gegensatz dazu schienen mir bei der ersten Bereisung des Gebietes im Herbst 1975 allenthalben die Zeugnisse der Windwirkung vorzuherrschen. Beide Beobachtungen zusammengenommen ergeben, daß ein Wechselspiel zwischen Wind und Wasser gegeben ist, bei dem in trockenen Jahren der Wind, in feuchten Jahren — 1976 fielen in der Namib zwischen 100 mm (Gobabeb, 400 m Höhe) und 360 mm (Ganab, 1000 m Höhe) Niederschlag gegenüber einem Mittel von 15 mm (Gobabeb) und 64 mm (Ganab) in den vorhergehenden Jahren — das Wasser der dominierende Faktor zu sein scheint, während in Wahrheit sich die Formung aus dem Wechselspiel beider Prozeßgruppen herleitet.

Für die gesamte Flächen-Namib zeigt sich grundsätzlich zu diesem zeitlichen Wechselspiel eine sehr deutliche räumliche Differenzierung der Prozesse: In den tiefstgelegenen Gebieten unterhalb 3–400 m NN sind allenthalben Wind-Ausblasungsformen erkennbar, die außer geschlossenen Depressionen im gefalteten Grundgebirge die langgestreckten Züge härterer Gesteinsrippen herausarbeiten. Ausgesprochene Windhöcker wie in der Saharischen Kernpassatregion habe ich zwar hier nicht gefunden, Windschliff an den Gesteinsrippen und deren Herausarbeitung durch den Wind sind aber unverkennbar.

Häufig kombiniert sich diese äolische Erosion mit einer zusätzlichen fluvialen: Aus den höheren Teilen der Namib-Fläche abkommende Flüsse finden bei Eintritt in die Region der Windausblasung streckenweise ein stärkeres Gefälle vor und vertiefen die Windgassen, um unmittelbar dahinter wieder zu akkumulieren. Fast immer sind solche Stellen im Verlauf der Gerinnebetten durch plötzliche Knicke sowohl in der Vertikalen als auch in der Horizontalen gekenn-

zeichnet; der Fluß bricht, der Wind,isse folgend, aus seinem ursprünglichen Bett aus. Der Winderosion, die auf die Auflösung der Namib-Fläche hinarbeitet, gesellt sich also hier eine durch die Winderosion provozierte Flußerosion mit gleicher Tendenz hinzu und setzt linienhaft besondere Akzente.

Nicht zu verwechseln sind diese Erscheinungen einer äolisch induzierten Linear-Erosion mit den 600 m höher, etwa ab 900–1000 m Meereshöhe, auftretenden Zerschneidungserscheinungen. Hier senken sich die Rinnsale generell in die Namib-Fläche ein. Einerseits findet diese Zerschneidung, so an der Ostseite der Trigonometrischen Punkte 1065 und 1067 hart östlich der Piste von Gobabeb nach Windhoek, Anschluß an den Kuiseb und könnte als von diesem induziert gedacht werden; andererseits findet sie sich jedoch auch an der Seite dieser Berge, die der Namib-Fläche zugewandt ist. Ziehen die Einschnitte einerseits, nach Osten, zum Kuiseb durch, so verlieren sie sich andererseits, nach Westen, in der Namib-Fläche. Sie sind also nicht durch den Kuiseb-Einschnitt verursacht, sondern ein generelles Phänomen der Höhenstufe, das lediglich durch die Existenz des Kuiseb-Einschnittes verstärkt wird, aber auch unabhängig von diesem existiert.

In dem dazwischenliegenden Stück ist die Namib-Fläche weithin als schiefe Ebene ausgebildet. Diese Ebene bildet mit Ausnahme der wenigen Inselberge keinerlei Orientierungsmöglichkeiten. Auch die Gerinnebetten sind zumeist kaum von der Fläche zu unterscheiden. In vielen Fällen heben sie sich nur durch ein grasfreies Sandbett, einzelne Bäume oder durch einen dichteren Zwergstrauchbestand von ihrer Umgebung ab.

Die Art des Abfluvvorganges ist aus den Fließspuren gut ablesbar. Generell liegt keine Steuerung von unten nach oben vor, sondern eine Steuerung von oben nach unten. Das die Fläche herabschießende Wasser behält auch da seine Fließrichtung bei, wo die Tiefenlinie seitwärts abweicht. Es schiebt dabei in zungenförmigem Schwall Materialien auch gegen die Gefällrichtung weiter und unterliegt einem dynamischen Stau, bei dem eine weitere Ausuferung einsetzt. Aus einem solchen Staubecken, dessen Größe einige Quadratkilometer umfassen kann, setzt sich das Wasser wieder in Gefällrichtung in Bewegung. Der Vorgang wiederholt sich auf einer Strecke von nur 10 km, so daß es schwer ist, einem Flußbett zu folgen (vgl. Fig. 3).

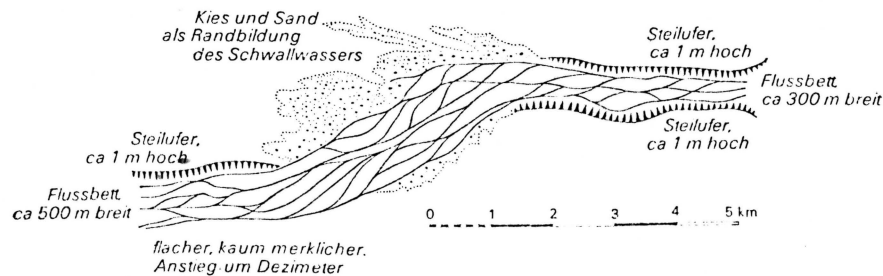


Fig. 3. Skizze einer breiteren Fließrinne im mittleren Teil der Namib-Fläche. Feldaufnahme des Verfassers. Die Skizze veranschaulicht das charakteristische Ausuferern und Regenerieren der Spülrinnen.

Fließspuren und Fließstrukturen bleiben offenbar lange Zeit erhalten. Sie waren im Frühjahr 1977, d. h. 1 Jahr nach den großen Niederschlägen des Jahres 1976, noch völlig frisch. Umgekehrt waren 1975 kaum Fließspuren in den Flußbetten zu erkennen. Die fluviatilen Formen werden also zwar nicht in Monaten, wohl aber in Jahren ausgelöscht. Dabei wird über die Flußbetten ein dünner äolischer Sandschleier und eine Art Flugsanddecke ausgebreitet oder das Flußbett bis zur Anreicherung einer Grobsand- und Kiesdecke ausgeblasen. Auf jeden Fall werden die Kanten, die durch seitliche Unterschneidung entstanden sind, abgeschliffen und mit Sand verhüllt. Sie werden erst beim nächsten kräftigen Abfluvvorgang regeneriert.

Im einzelnen ist das Verhältnis von Wind- und Wasserwirkung auch im mittleren Bereich der Namib, wo der Charakter der Fläche als schiefe Ebene fast ideal entwickelt ist, unterschiedlich. Insgesamt ist eine Tieferlegungstendenz erkennbar, die bei größeren Fließrinnen sogar als System niedriger, lokaler Terrassen ausgebildet ist. Keine dieser Terrassen zieht weit durch. Sie laufen flußabwärts zusammen und zugleich gegen das Flußbett hin aus. Dabei nähern sie sich diesem auch in der Horizontalen an, so daß um wenige Meter gegen die Umgebung eingesenkte, nach unten hin trichterartig verengte Flächen sich mehrfach gegeneinander absetzen. Obwohl jede einzelne dieser Terrassenflächen eine schiefe Ebene ist, bilden sie in ihrer Gesamtheit eine schwach konkav eingesenkte Fläche, in der die Gesamthöhe der Terrassensysteme meist zwischen 2 und 5 m liegt. Der Wert von 10 m wird niemals erreicht. Die obere Weite solcher Trichterflächen kann bis zu 10 km betragen. An die untere Trichteröffnung, die auch noch 500–1000 m weit ist, schließt häufig eine ganz leicht gewölbte kegelförmige Fläche an, die durch die (vorübergehende) Ablagerung des aus dem Trichter ausgeräumten Materials zustande zu kommen scheint. Während in den Trichterflächen sehr häufig der nackte Fels ansteht, ist im Bereich der anschließenden Kegel stets der Sand vorherrschend. Das Divergieren und Konvergieren des Gerinnebetten-Netzes in der Namib-Fläche spiegelt diese Verhältnisse wieder.

An den Inselbergen südlich der Piste Walfischbai-Windhoek zieht diese schiefe Ebene vorbei, ohne ihr Gefälle oder ihre Abdachungsrichtung zu ändern. An der Piste Swakopmund-Windhoek durchbricht die Fläche den Inselbergkomplex südlich und südwestlich des Langen Heinrich, wobei sie sich z. T. auf Flußbettbreite verschmälert; Abdachungsrichtung und Neigungsverhältnisse bleiben jedoch auch im Bereich dieses Durchbruches im wesentlichen gleich. Die Inselberge erscheinen demzufolge nicht wie Gebilde, von denen die Flächenbildung ausgeht, sondern wie Komplexe, die sich gegen eine allgemeine Flächen-Tieferlegung behauptet haben.

Beispiele für Gesteinskomplexe, die sich gerade anschicken, aus der Namib-Fläche herauszuwachsen, gibt es in größerer Anzahl. Sie werden im ersten Entwicklungsstadium dadurch erkennbar, daß sie an der Westseite als Steilrelief in Erscheinung treten, während sie an der Ostseite noch in der Fläche verschwinden. In einem späteren Stadium greift die Fläche um sie herum, so daß sie nun als allseitig isolierte Berge aus der schiefen Ebene aufragen.

Die für die Namib charakteristische Kombination aus Flächenspülung und, durch Verlagerung der Fließrinnen, flächenhaft wirkender Rinnenspülung mit der Wirkung des Windes, die der Eintiefungstendenz der Gerinne entgegnenarbeitet,

indem sie die Kanten der Gerinnebetten abschleift und die Gerinnebahnen selbst verwischt, während umgekehrt die Gerinne äolisch ausgeblasene Vertiefungen zu verfüllen bestrebt sind, entspricht vollauf den Beobachtungen aus der Sahara. Darüber hinaus gestatten die genaueren Karten der Namib erstmalig die morphographische Kennzeichnung der Sandschwemmebenen als schiefe Ebenen, die sich im einzelnen, unter Berücksichtigung der Kleinformen im Meterbereich, in Trichterflächen und Kegelflächen gliedern lassen. Diese Gliederungsmöglichkeit besteht aber nicht überall. Teile der Sandschwemmebenen ziehen mit quasi-parallelem Gerinnenetz in gleichbleibender Breite von 10–15 km über mehrere hundert Meter Höhendistanz auf bis zu 40 km Länge glatt durch, so daß sie wie ein riesiges einheitliches Flußbett erscheinen, in dem sich die Gerinnebahnen nur im Dezimeterbereich abheben.

Von der Generalabdachung der Namib-Fläche aus gesehen weichen die Trichterflächen innerhalb der Sandschwemmebenen ein wenig nach unten ab. Im Gegensatz dazu stehen Flächenteile, die nach oben hin abweichen. Sie finden sich einmal in der Umrahmung der Inselberge, zum anderen in dem Dreieck zwischen Küste, Swakop und Tumas, das bis zu den Witportbergen reicht. Hier scheint bei geringerer Bedeutung der Spülprozesse — das Einzugsgebiet reicht nur bis 500 m Meereshöhe aufwärts — und trotz der starken äolischen Überformung als Großform ein von der schiefen Ebene grundsätzlich abweichender Relieftyp erhalten zu sein, der sich durch eine Schuttüberkleidung des Anstehenden und durch ein divergierendes Gerinnenetz auszeichnet und sich aus mehreren flach geböschten Felskegeln zusammensetzt, deren Spitzen bei der Endklippe und beim Punkt 526 m, unmittelbar am Rande der Swakop-Schlucht, liegen. Sie entsprechen in ihrem Erscheinungsbild stark überformten Pedimenten, deren Entwicklung bis zum Panfan gediehen ist, repräsentieren also ein anderes Formungsprinzip als die Sandschwemmebenen. Weitgehend im toten Winkel der aktuellen Formungsprozesse gelegen, dürften sie ein früheres Stadium der Reliefentwicklung der Namib-Fläche widerspiegeln, bei dem, im Unterschied zu dem heutigen Prozeßgefüge, Schuttbildung und Schuttverschwemmung die maßgeblichen Vorgänge waren.

Die erste Phase der Reliefentwicklung, nämlich eine tiefgründige chemische Gesteinszersetzung, die im Flächenbereich nur an wenigen Stellen aus der Vergrusung kristalliner Gesteine und vereinzelter Wollsäcken ableitbar ist, ist an den Inselbergen aus Kristallin-Gesteinen generell nachweisbar. Daß chemische Prozesse zur schalenförmigen Absonderung, zur Wollsackbildung und zur Vergrusung geführt haben, läßt sich am leichtesten an der Umwandlung der Glimmer ablesen. Demzufolge sind die Granit-Inselberge die am wenigsten von der Tiefenzerstörung betroffenen Kerne von Gesteinskomplexen, von denen der größte Teil in die heutige Fläche einbezogen ist. Über die Oberflächenformen zur Zeit dieser Gesteinszersetzung läßt sich aus dem heutigen Formenschatz nichts sicheres ableiten.

In die analysierbare Reliefentwicklung treten die Inselberge als steil und unvermittelt über die umgebende Sandschwemmebene (Rotsandfläche) aufragende Erhebungen ein.

Deutlich ausgeprägt ist eine nachfolgende Pedimentphase durch einen kleinen Schuttsum von Material, das vom Inselberg abgeschwemmt ist. Auf den proxi-

malen Teilen des Pedimentsaumes ist die Decke deutlich; sie bedeckt umrahmende (rötliche) Sande mit einem Schleier von überwiegend Quarzschutt; gegen die distalen Teile taucht sie vielfach unter helle Sande ab, die gegen den Inselberg vorgerückt sind. Sie scheint aber auch ohne das Untertauchen auszudünnen. Das Anstehende ist nur in der unmittelbaren Umgebung der Inselberge durch den Pedimentsaum gekappt. Die Ausdehnung dieses Pedimentsaumes beträgt kaum mehr als 100 m; in vielen Fällen beschränkt es sich auf 10–20 m oder fehlt auch ganz.

Soweit ich beobachten konnte, liegt der Schuttmantel um die Inselberge häufig auf rötlichen, nie jedoch auf weißen Sanden, wie umgekehrt die Pedimente, die die Inselberge umrahmen, wohl von weißen, nicht aber von roten Sanden überweht sein können. Bei den Inselbergen im Scheitelbereich der Namib-Fläche (Amichab, Tumasberg, Arehadamab, Hooglandkoppe, Amaberge) fehlt weißer Sand überhaupt. Hier liegt die Schuttdecke ziemlich mächtigen roten Sanden auf.

Nicht nur in der Größe, auch im Verhältnis zum Untergrund unterscheiden sich die Pedimentsäume um die Inselberge von den ausgedehnten, windüberformten alten Pedimentresten zwischen Tumas und Swakop. Bei den Inselbergen sind die Pedimentsäume im wesentlichen durch Ausbreitung von Schuttmaterial über eine umgebende Sandfläche zustande gekommen, die als Rotsandfläche, ein der heutigen weißsandigen Sandschwemmebene vorausgehendes Sandschwemmebenen-Stadium bezeichnet, während die ausgedehnten Felspedimente des Tumas-Swakop-Dreiecks vermutlich älter als diese Rotsandfläche sind. Die Pedimentsäume der Inselberge dagegen sind jünger als die Rotsandfläche, jedoch älter als die heutige Sandschwemmebene, unter deren dominierendem Einfluß sie randlich geraten sind. Wir haben daher mit einer bedeutenden älteren und einer kleineren jüngeren Pedimentationsphase zu rechnen.

Die jüngste Entwicklung zeichnet sich durch die Abtrennung der Inselberge der Namib von ihrem Pedimentsaum durch eine Randfurche aus. Diese Randfurche ist bei kleineren Inselbergen schmaler und weniger tief, bei größeren breiter und tiefer, hebt sich in jedem Fall aber deutlich ab. Meistens ist die Randfurche nicht völlig ringförmig ausgebildet, sondern läßt das Pediment noch in einer schmalen Spitze an den Berg herantreten. Die Isolierung des Inselberges von seinem Pedimentsaum ist also nicht absolut, sondern nur fast vollkommen. Nach außen ist die Randfurche durch einen, manchmal auch mehrere Auslässe geöffnet. Sie verliert sich nach kurzer Strecke in der umgebenden schiefen Ebene. Windschliff ist in ihrem Bereich ebenso erkennbar wie überall auf den Inselbergen; daß sie ihre Existenz im wesentlichen aber dem von den Hängen des Inselberges abschließenden Wasser verdankt, geht daraus hervor, daß sie am Rande des Inselberges dort besonders deutlich wird, wo eine ausgeräumte Kluftlinie bereits auf dem Inselberg den Abfluß konzentriert. Maßgeblich für diese Erscheinung sind einmal die beschleunigten, durch nichts gehemmt Abflußprozesse auf den Inselbergen selbst, zum anderen aber auch die Tatsache, daß in diesem Trockenklima, wo ein wesentlicher Teil des Niederschlages bereits vor Erreichen des Bodens verdunstet, eine auch nur 100 m über ihre Umgebung aufragende isolierte Erhebung mehr Niederschlag empfängt als die umgebende Fläche, so daß es zu Erscheinungen kommen kann, die eigentlich einer niederschlagsreicheren Klimaregion, der Region der Wüstenschluchten, eigentümlich sind.

Wie die schiefe Ebene der weißen Sandschwemmebene sind auch die Randfurchen als Repräsentanten der Wüstenschluchten jünger als die Pedimente, die sie von den Inselbergen abgetrennt haben. In ihrer Tendenz für die Gesamtentwicklung des Reliefs wirken sie dahin, daß die Inselberge erneut steilflankig her-

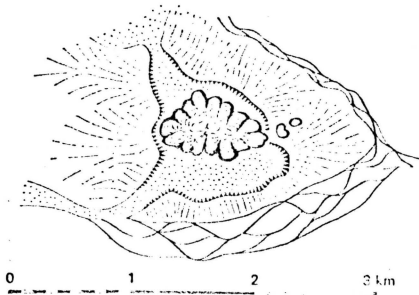


Fig. 4. Grundrißskizze eines Inselberges mit teilweise bereits erweiterter Randfurchen. Skizze des Verfassers nach Luftbild, etwa 1 : 50 000.

auspräpariert werden. Dabei zeigt sich noch eine weitere eigentümliche Erscheinung. In ihrem Ansatz am Inselberg zeichnet die Randfurchen im Grundriß jenes morphologische Gefügemuster ab, das bereits oben als sich trichterförmig verengende schiefe Ebene und als Mechanismus der Tieferlegung der Fläche im Bereich der Sandschwemmebene geschildert worden ist.

Diese Entwicklung kann zur Ausbildung eben solcher Flächen in tieferer Lage von beachtenswerter Ausdehnung führen. Ein Beispiel dafür ist die Südseite des Gungochob, wo, ausgehend von einer Randfurchen, die in etwas höherer Lage befindliche, ursprüngliche (rote) Sandschwemmebene bis zu 5 km vom Berge weggedrängt worden ist und sich stattdessen eine tiefere Fläche ausgebildet hat, die sich abwärts trichterförmig verengt und in mehreren Ausläufen durch die hier nahe zusammentretenden Reste der höheren Fläche aus- und in den allgemeinen Flächenbereich eintritt. Verglichen mit der Ausgangsfläche ist der Gungochab-Komplex hier um fast 20 m herauspräpariert worden, hat also an relativer Höhe gewonnen.

Die Beobachtungen über die Rolle der Randfurchen für die Weiterbildung der Fläche lassen vermuten, daß auch die ohne Anlehnung an Inselberge vorhandenen Trichterflächen einem ähnlichen Mechanismus, nämlich einer Zerschneidung mit nachfolgender Flächen-Regeneration, ihre Entstehung verdanken. Ob es sich dabei um größere, längerfristige Klimaänderungen oder nur um kurzfristige Klimaschwankungen handelt, läßt sich auf Grund des bisher vorliegenden Materials nicht sagen.

Beweisen läßt sich die Bedeutung erosiver Einschnitte für die Entwicklung von Trichterflächen etwa 50 km östlich Gobabeb an der Hope-Mine. Hier zieht sich eine solche, bis zu 10 m tiefer als die Namib-Fläche liegende Fläche nach Südwesten in eine zum Kuiseb hinabführende Gramadulla hinein und wird dort zum schmalen, durch Sandakkumulation gekennzeichneten Talboden, der sich bis zum heutigen Kuiseb-Bett verfolgen läßt. Ganz ähnlich wie bei den Trichterflächen oder den Inselberg-Durchbrüchen im Bereich der eigentlichen Namib-Fläche hat sich hier die Fläche in den präexistierenden Einschnitt hinein

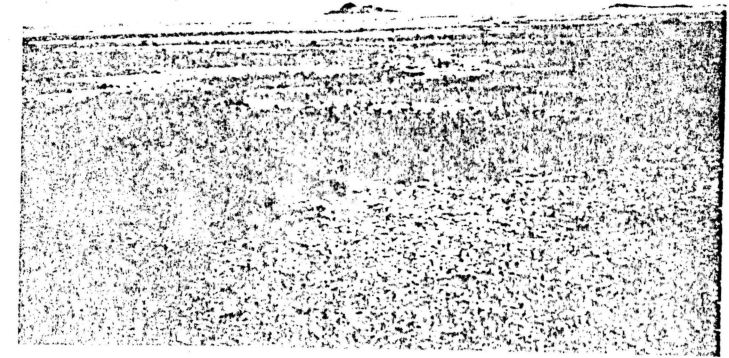


Photo 1. Die Namib-Fläche schneidet das im Vordergrund entblößte Anstehende ebenflächig ab. Fließrinnen größerer Bedeutung heben sich (Bildmittelgrund) durch eine weitständige Baumreihe ab. Im Hintergrund Inselberg (mehrphasig).

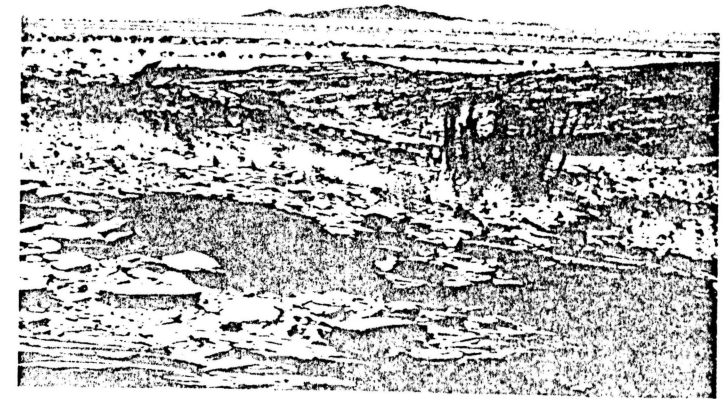


Photo 2. Die Namib-Fläche schneidet im Vordergrund schuttüberdeckte Felspartien. Im Bildmittelgrund stärkere Übersandung bis zum Inselberg.



Photo 3. Durch Windausblasung freigelegte Wollfäcke im Granitgrus im unteren Teil der Namib-Fläche. Dazwischen breitere, fast wachartige Spülrinne.



Photo 4. Durch Windausblasung und Windschliff herausgearbeitete härtere Gesteinspartien im untersten Teil der Namib-Fläche.



Photo 5. Granit-Inselberg mit schalenförmiger Verwitterung. Die weiße Sandschwennebene tritt hier unmittelbar an den Fuß des Inselbergs heran.

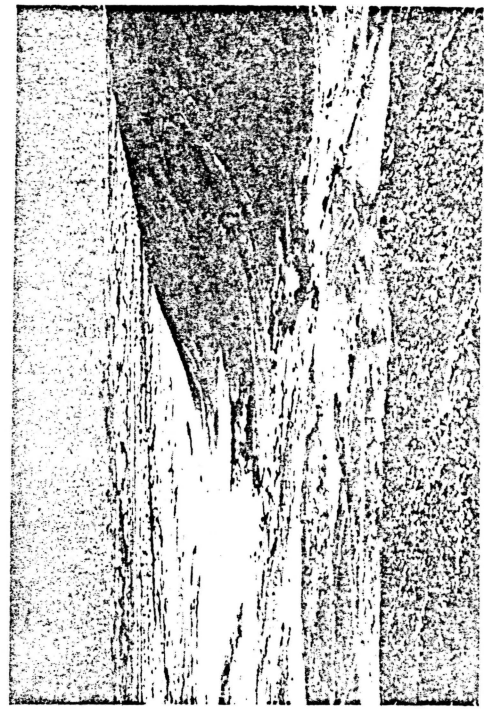


Photo 6. Flache, stark windüberarbeitete Randfurche im unteren bis mittleren Teil der Namib-Fläche (Vogelfederberg).

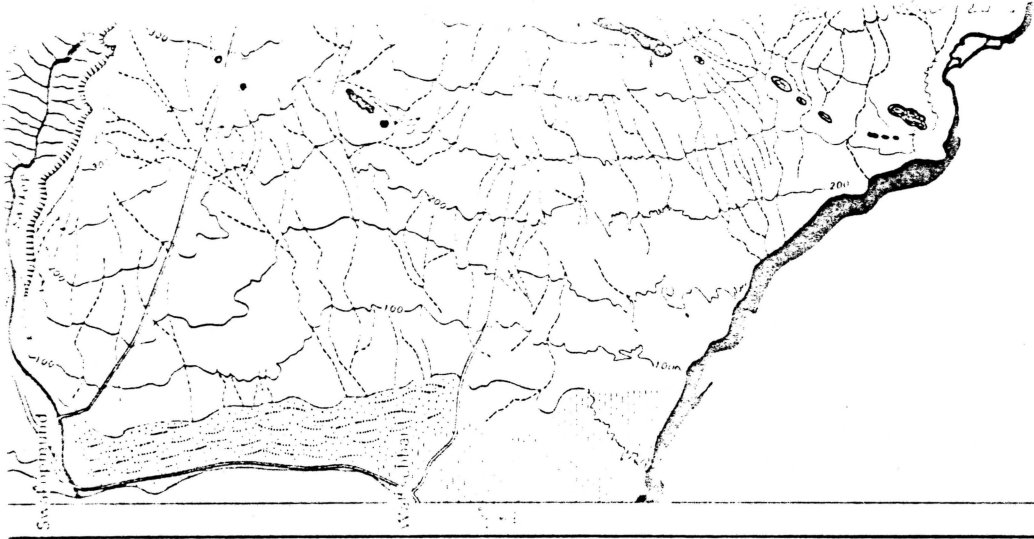


Photo 7. Stelle, fast schluchtartige Randfurche im oberen Teil der Namib-Fläche. Durch die Randfurche ist der Inselberg (rechts) von der Fläche (links) abgetrennt.



Photo 8. Terrassen im Kuisib bzw. den Gramadullas bei Oswater-Homeb. Über das aktuelle Flußbett (Vordergrund, mit Busch) erhebt sich mit deutlicher Stufe eine Grobschotterterrasse, die erodierten Resten der feinkörnigen Terrasse (Bildmittelgrund) aufliegt. Reste dieser feinkörnigen Terrasse erheben sich noch über den im Bildmittelgrund sichtbaren zusammenhängenden Rest des Terrassenkörpers. Sie sind als helle Flecken an den steilen Gehängen des Bildhintergrundes erkennbar.

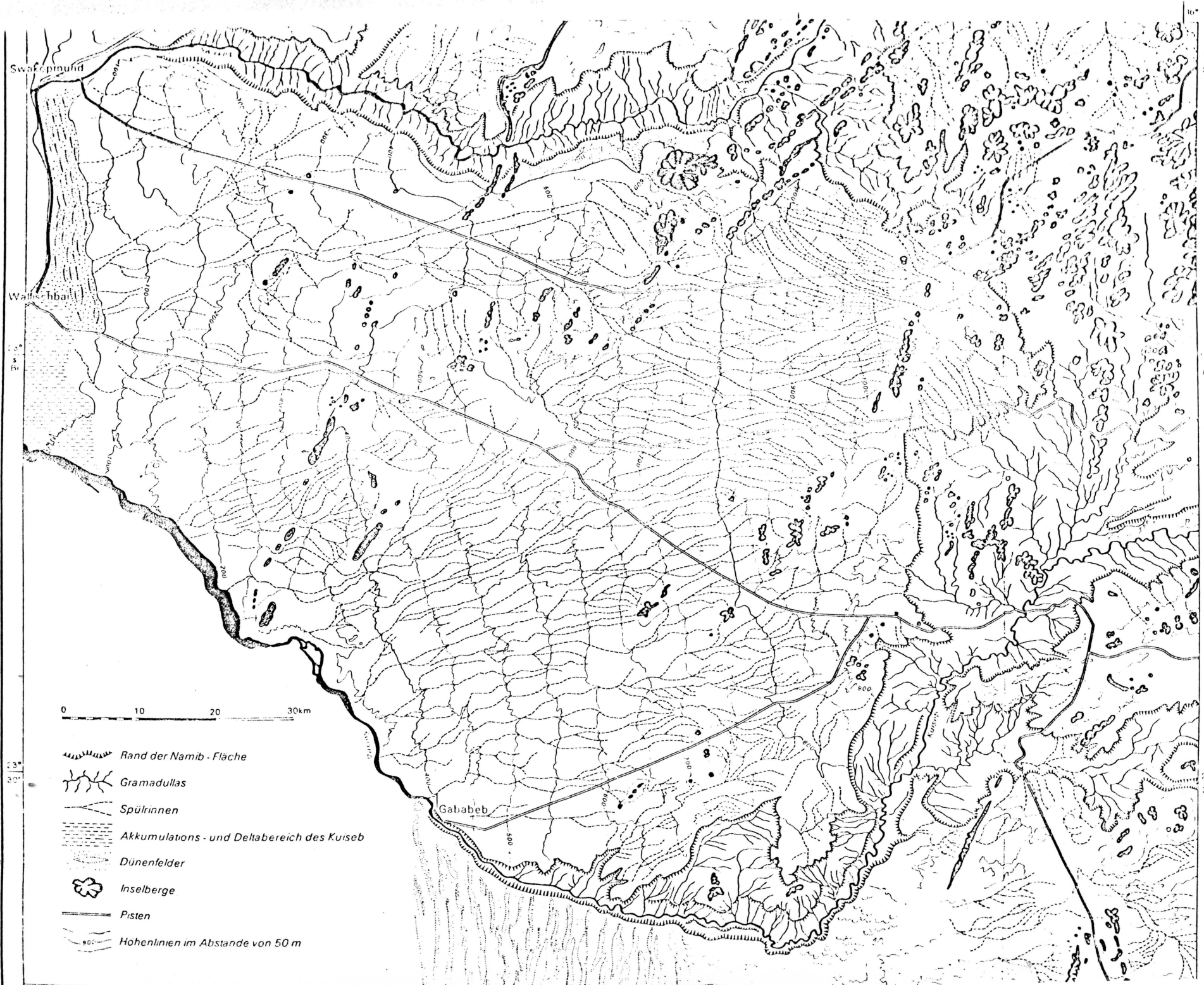
bei Kuisib Maastricht 1:600,000



- 0 10 20 30 km
- Rand der Namib-Fläche
- Gramadullas
- Spalten
- Akkumulations- und Debitbereich des Ku
- Dünenfelder
- Inselberge
- Pisten
- Höhenlinien im Abstände von 50 m



e. Durch die



das aktuelle  
terrace,  
dieser feinen  
hängenden  
s Bildhinter-

verlängert, wobei die Tendenz, ein gleichmäßiges Gefälle herzustellen, im Flächenbereich einen breiten Ausraum, im Gramadullabereich eine schmale Talbodenaufschüttung bewirkt hat. In fortgeschrittenerem Stadium sind solche Entwicklungen sowohl am Khan als auch am Swakop zu beobachten. Für den Kuiseb ist mir nur das genannte Beispiel bekannt.

Angesichts der Verknüpfung von Trichterfläche in der Namib-Fläche und Akkumulation in einer Gramadulla scheint es lohnend, eine Parallelisierung der Erosions- und Akkumulationsphasen im Fremdlingsfluß Kuiseb mit den Formungsphasen der Namib-Fläche zu versuchen. Dazu bieten sich besonders die Terrassen an, die zwischen Gobabeb und der eigentlichen Schluchtstrecke des Kuiseb, d. h. zwischen 400 m und 700 m Meereshöhe, besonders deutlich ausgeprägt sind. In diesem Bereich hebt sich ein Zertalungsbereich unterschiedlicher Ausdehnung, der ausschließlich durch Gramadullas bestimmt ist, deutlich von dem besonders steilwandigen Kuiseb-Einschnitt ab.

Die oberste Terrasse, durch wohlgerundete grobe Quarzschotter gekennzeichnet und südlich des Flusses in 650–700 m Meereshöhe durch eine Kalkkruste verbacken, tritt bei etwa 500 m in den Flächenbereich ein. Ihre Relikte sind hier bis 400 m abwärts zu verfolgen. Sie senkt sich auf 50 km Distanz um 300 m, hat also ein Gefälle von 0,6 %, während der Kuiseb heute im gleichen Laufstück ein Gefälle von 0,3 % aufweist. Die Sprunghöhe dieser Terrasse nimmt daher von gut 20 m bei Gobabeb auf 150 m am Kuiseb-Knie zu. Ihre Breite beträgt etwa 2,5 km. Einzelne Partien sind von roten Dünen überweht. Nirgends reichen ihre Akkumulationen in die Gramadullas hinein. Sie scheint älter als die Gramadulla-bildung zu sein und die erste, noch sehr bescheidene Einschneidung des Fremdlingsflusses in die Namib-Fläche anzuzeigen.

Knapp darunter liegen die obersten Reste einer feinkörnig-schluffigen Flußaufschüttung, die sich von Gobabeb (400 m über NN, 20 m über dem Flußbett) talaufwärts bis zur eigentlichen Kuiseb-Schlucht, hier in 480–490 m Höhe, 30–40 m über dem aktuellen Flußbett, verfolgen läßt. Die Oberkante dieser nur in einzelnen Resten erhaltene Terrasse steigt dabei um 80–90 m auf 20 km Distanz an, hat also ein Gefälle von 0,4 bis 0,45 %. Das entspricht dem Gefälle des heutigen Kuiseb in seinem untersten Laufabschnitt. Die 40 m mächtige Aufschüttung enthält mehrere saline Horizonte und Linsen von rotem Dünensand und ist demzufolge, obwohl vereinzelt Süßwasserschnecken in ihr vorkommen, eine zweifellos aride Akkumulation. Sie ist bei Oswater und Homeb zwischen 450 m und 480–490 m Meereshöhe sehr gut aufgeschlossen. Hier sind die einzelnen Horizonte dieses Sediments leicht gegen die Nebenschluchten des Kuiseb geneigt und reichen in diese hinein; die Verschüttung erfolgte also vom Hauptfluß auch aufwärts in die Nebenflüsse. Zugleich zeigt der Kontakt an steilen Hängen, daß vom Hange her praktisch keine Schuttfuhr erfolgte: Die Aufschüttung vollzog sich also als Fremdlingsform in einem engeren Bereich weitestgehender Ruhe der fluviatilen und der Hangprozesse. Bei Gobabeb ist dieses Sediment auch zwischen Granitfelsen mit schalenförmiger Verwitterung eingelagert und füllt selbst zentimeterbreite Gesteinsfugen aus. Daraus geht hervor, daß diese Art der Verwitterung auf jeden Fall älter ist als die Aufschüttung der feinkörnigen Terrasse.

Im Gegensatz dazu besteht die untere Terrasse aus groben Schottern, in

denen alle Komponenten des örtlich Anstehenden vertreten sind. Sie liegt etwa 5 m über dem heutigen Flußbett und geht überwiegend aus Materialien hervor, die aus den Gramadullas in den Kuiseb geschüttet wurden. Da in dieser Phase grobes Schuttmaterial auch über hochgelegene Reste der feinkörnigen Terrasse ausgebreitet worden ist, kann man generell von einer starken Aufbereitung von Schutt und dessen Transport in die Flächenbereiche und Tiefenlinien des Geländes sprechen. Das Gefälle dieser Terrasse entspricht etwa dem des heutigen Kuiseb. Sie ist zwischen 500 m und 800 m Meereshöhe fast durchgehend zu verfolgen.

Das heutige Flußbett des Kuiseb stellt die jüngste der Akkumulationen dar. Es besteht überwiegend aus Sanden, wobei die durch das Tal selbst zugeführten weißen deutlich von den aus dem Dünenfeld der Namib stammenden roten Sanden zu unterscheiden sind. Die Zufuhr längs des Flußtales ist mindestens eine Zehnerpotenz größer als die Zufuhr von roten Dünen sanden. Die Mächtigkeit dieser aktuellen Akkumulation ist unbekannt. Einen Hinweis gibt die Aufgrabung einer im Niedrigwasserbett des Kuiseb stehenden etwa 1 m dicken Akazie, die bereits gut 1 m tief im Sediment steht. Über die Wachstumsgeschwindigkeit der Akazien in diesem Gebiet ist nichts bekannt. Nimmt man als Mindestalter für einen Baum mit 100 cm Stammdurchmesser 50 Jahre, als Höchstalter 200 Jahre an, so kommt man auf eine Akkumulationsrate von 0,5 bis 2 cm pro Jahr. Wahrscheinlich scheint mir eine Akkumulationsrate von 1 cm/Jahr.

Die Basis der feinkörnigen Akkumulation liegt nur wenig über dem heutigen Flußbett und greift noch unter die Grobschotterterrasse. Die Haupterosionsphase des Kuiseb in das Anstehende hinein lag demzufolge zwischen der Aufschüttung der Quarzschotter und der Aufschüttung der feinkörnigen Terrasse. Seither hat sich das Flußbett nicht mehr wesentlich eingetieft, jedenfalls nicht in den Bereichen, die durch die Terrassenstudie gedeckt werden. Allerdings wurden die feinkörnigen Ablagerungen vor Aufschüttung der Grobschotterterrasse fast bis zur ursprünglichen Basis wieder zerschnitten. Unter diese Basis hinab führte erst die Erosionsphase, die der heutigen Akkumulation vorausging.

Faßt man die Beobachtungen zusammen, so ergibt sich im Talraum des Kuiseb folgende Abfolge der Prozesse:

1. Ausbildung einer breiten Höhenterrasse mit starkem Gefälle, die oberhalb 500 m Meereshöhe in die Namib-Fläche eingesenkt ist, unterhalb 500 m mit ihr zusammenfällt.
2. Tiefe Einschneidung des Kuiseb und der Gramadullas bis fast zum Niveau des heutigen Flußbettes. Minderung des Flußgefälles auf 0,3 % und Erzeugung einer starken Divergenz zwischen Höhenterrasse und Flußbett.
3. Verschüttung des Flußbettes und der Gramadullas durch fast ausschließlich vom Kuiseb zugeführtes Material in bis zu 40 m Mächtigkeit. Einwehung von Dünen sanden aus der Dünen-Namib und Bildung von Steinsalzablagerungen.
4. Zerschneidung dieser Ablagerung durch Kuiseb und die Gerinne der Gramadullas bis fast zur Basis der Aufschüttung.
5. Starke Schutt- und Schotterschüttungen aus den Gramadullas in das Haupttal und Bildung der 5 m-Terrasse aus örtlichem Material. Zugleich starke

Schuttbildungs- und Hangprozesse in den Gramadullas mit Auflagerung von Schwemmschutt auf ältere Terrassenreste.

6. Tiefenerosion des Kuiseb und der Gramadullas bis unter die Basis der feinkörnigen Aufschüttung und unter den heutigen Talboden.
7. Aufschüttung von überwiegend hellen Sanden mit gelegentlichen Beimischungen von roten Dünen sanden aus der Dünen-Namib mit einer Aufschüttungsrate 1 cm/Jahr (0,5—2,0 cm/Jahr).

Nach dieser Zusammenstellung sind Phasen zu unterscheiden, in denen die örtlichen Prozesse eine große Rolle spielten, und eine Phase, in der der Kuiseb als reiner Fremdlingsfluß agierte. Die Einschneidung der Gramadullas gemeinsam mit dem Kuiseb (Phase 2) setzt voraus, daß im Bereich der Namib-Fläche Bedingungen gegeben waren, die eine solche Einschneidung ermöglichten, daß die Niederschläge also wesentlich stärker waren als heute. Nicht die Existenz, wohl aber die Tiefe der Gramadullas kann daher überwiegend dem Kuiseb zugeschrieben werden. Das gleiche gilt, wenn auch in stark abgeschwächten Maße, für die nachfolgenden Einschneidungsphasen (4 und 6). Aus der Verfüllung der Gramadullas durch den Kuiseb in Phase 3 ergibt sich, daß im Bereich der Flächen-Namib zu dieser Zeit fluviale Prozesse keinerlei Bedeutung gehabt haben können. Da heute die Gramadullas an der Aufschüttung mitwirken, muß Phase 3 merklich trockener gewesen sein, als es heute der Fall ist. Umgekehrt wird in Phase 5 der Kuiseb sehr stark durch die aus den Gramadullas herauskommenden Grobschotterschüttungen beeinflusst, vielleicht sogar beherrscht. Daraus ist zu schließen, daß auch im Flächenbereich starke Prozesse der Schuttaufbereitung und des Schutttransports abliefen. Die geringe Mächtigkeit der Ablagerung zeigt eine allerdings wohl nur kurze Dauer an.

Beim Vergleich dieser Prozessabläufe mit den Prozessumschlägen in der Namib-Fläche ist zu berücksichtigen, daß in dieser 1000 m Höhenunterschiede und 10 000 qkm Grundfläche vorliegen. Da die Prozeßgefüge in der Gegenwart Unterschiede aufweisen — unterhalb 400 m kommt eine differenzierte Windabtragung, oberhalb 900 m eine lineare Einschneidungstendenz des fließenden Wasser stärker gegenüber den allgemeinen Flächenbildungstendenzen zur Geltung —, können sie auch in der Vergangenheit unterschiedlich gewesen sein. Es empfiehlt sich daher, die Betrachtung auf den mittleren Bereich zu konzentrieren, wo insbesondere die Inselberge einen mehrfachen Umschlag der Abtragungsbedingungen in ihrem heutigen Formenbestand aufweisen. In Zusammenfassung aller Beobachtungen lassen sich die folgenden morphogenetischen Phasen ableiten:

1. Tiefgründiger chemischer Gesteinszersatz unter einer unbekanntem, auch in Relikten nicht mehr erhaltenen Landoberfläche.
2. Ausbildung einer aus einzelnen Kegelflächen zusammengesetzten Landoberfläche vom Pediment-Typ mit starker Schuttüberkleidung und nachfolgender Kalkkrustenbildung.
3. Örtliche bedeutende Einschneidung.
4. Ausbildung einer Sandschwemmebene in weitestgehender Ausgleichung des Reliefs durch Abschleifung höherer und Auffüllung tieferer Geländeteile überwiegend mit roten Sanden.
5. Örtlich starke Einschneidung.

6. Ausbreitung von Schuttsäumen um größere Inselberge, örtlich Ausbildung sehr kleiner Felspedimente. Örtlich Neubildung von Kalkkrusten.
7. Generelle Zerschneidungsphase. Ausbildung der Randfurchen um die Inselberge.
8. Sandschwemmebenen-Bildung in Abschleifung höherer und Auffüllung eingeschnittener Geländeteile überwiegend durch weiße Sande.

Da die jeweils jüngsten Phasen der Reliefentwicklung im Bereich der Fläche wie im Bereich des Kuiseb über die Gramadulla an der Hop-Mine direkt miteinander verknüpft sind, scheint es berechtigt, auch die in ihrer Tendenz entsprechenden älteren Phasen miteinander in Beziehung zu setzen. Damit ergibt sich folgende Parallelisierung:

- z) Sandakkumulation im Kuiseb und den Gramadullas, Sandschwemmebenenbildung in der Namib-Fläche.
- y) Einschneidung des Kuiseb (mehr als 6 m) und der Gramadullas, Randfurchenbildung um die Inselberge, schwache Einschneidung in der Namib-Fläche.
- x) Akkumulation von Grobschottern lokaler Herkunft im Kuiseb und in den Gramadullas; Ausbildung der Pediment-Säume um die Inselberge im Flächenrelief der Namib.
- w) Zerschneidung und Ausräumung von Lokalsedimenten im Kuiseb und den Gramadullas; Gramadulla-Fortbildung am Rande der Namib-Fläche.
- v) Aufschüttung mächtiger Feinsedimente des Kuiseb, auch in die Gramadullas hinein, fast ohne Zufuhr örtlichen Materials; schwache Einwehung roter Sande im Kuiseb; mächtige Ausbreitung roter Sande im Bereich der Namib-Fläche in Ausgleich von präexistierenden Reliefunterschieden.
- u) Haupteinschneidung des Kuiseb, Hauptphase der Gramadullabildung; vom Rande her rückschreitende Zerschneidung der Namib-Fläche.
- t) Ausbildung einer teilweise mächtigen Kalkkruste über Schotterakkumulationen im Kuiseb und Schuttdecken in der Namib. Vorhergehend breitflächige Akkumulation im Kuiseb und Ausbildung von schuttüberkleideten Kegelflächen in der Namib-Fläche. Der starke Quarzanteil im Schutt könnte auf die Aufbereitung und Abtragung einer präexistierenden Verwitterungsdecke hindeuten.
- s) Tiefgründiger Gesteinszersatz unter einer unbekanntem Landoberfläche.

Über die zeitliche Einordnung dieser Prozesse läßt sich nach dem gegenwärtigen Stande der Kenntnisse nichts sagen. Eine Parallelisierung mit Küstenterrassen und Meeresspiegelschwankungen ist mir nicht gelungen. Der einzige Anhalt ist zur Zeit die Akkumulationsrate im Kuiseb, die aber auch, falls sie überhaupt großräumig repräsentativ sein sollte, mit dem Unsicherheitsfaktor 2 belastet ist. Nach mitteleuropäischen Erfahrungen würde man dazu neigen, in der Kuiseb-Terrassenfolge ein Pendant der eiszeitlichen Wechsel von Erosion und Akkumulation zu sehen. Die Erfahrungen aus der Sahara, besonders dem Tibesti, zeigen dagegen, daß Erosions- und Akkumulationsleistungen, wie sie im Kuiseb vorliegen, im heutigen ariden Klimabereich durchaus jüngstpleistozän und holozän erzielt werden können. Der Versuch, durch Radiokarbon-Datierung zum Ziele zu kommen, war nicht erfolgreich. Es kommen zwar in der feinkörnigen

Terrasse des Kuiseb lagenweise einige Schnecken vor; genügend Material für eine  $C_{14}$ -Bestimmung war aber nicht zu gewinnen.

Insgesamt gesehen spielt der Schwankungsbereich der Prozesse in Namib-Fläche und Kuiseb, abgesehen von der ersten, durch die tiefgründige Gesteinszersetzung gekennzeichneten Phase, im ariden Milieu. Der landschaftskundliche Formenwandel reicht von einer Reliefbildung im Formungsstil der Wüstenschluchten über die Reliefausgleichung im Stil der Sandschwemmebenen bis zur Reliefbildung im Stil der Windformung, in der zeitlichen Abfolge tritt Formung im Stil der Pediment-Region hinzu.

#### Literatur

- ABEL, H. (1959): Beiträge zur Morphologie der Großen Randstufe im südwestlichen Afrika. — Dt. Geogr. Bl., 48, Bremen.
- BARNARD, W. S. (1972): Physiografie van die sentrale Duinsee van die Namib. — Univ. van Stellenbosch, Dept. van Geogr.
- BESLER, H. (1972): Klimaverhältnisse und klimageomorphologische Zonierung der zentralen Namib (Südwestafrika). — Stuttgarter Geograph. Studien, 83, Stuttgart.
- GOODIE, A. (1972): Climate, weathering, crust formation, dunes and fluvial features of the Central Namib Desert, near Gobabeb, South West Africa. — Madoqua ser. II, 1, Windhoek.
- JAEGER, F. (1965): Geographische Landschaften Südwestafrikas. — Wissensch. Forschung in Südwestafrika, 2. Folge, Windhoek.
- KAYSER, K. (1970): Namib Studien. — Deutsche Geograph. Forschungen in der Welt von heute. — Festschr. für E. Goetz, Kiel.
- (1973): Beiträge zur Geomorphologie der Namib-Küstenwüste. — Z. Geomorph. Suppl. 17, Berlin.
- KORN, H., & H. Martin (1937): Die jüngere geologische und klimatische Geschichte Südwestafrikas. — Zentrabl. Min., Geol., Pal., Abt. B, 11, Stuttgart.
- MUELLER, D.: Relict Silts in the Middle Kuiseb River. — Univer. of Cape Town, Geol. Dep. (Ungedr. Manuskript.)
- RUST, U., & F. WIENEKE (1973): Grundzüge der quartären Reliefentwicklung der zentralen Namib, Südwestafrika. — J. der SWA wiss. Ges. XXVII, Windhoek.
- (1974): Studies on the gramadulla formation in the middle part of the Kuiseb River, South West Africa. — Madoqua II, 3, nos. 69–73, Windhoek.
- (1976): Geomorphologie der küstennahen zentralen Namib (Südwestafrika). — Münchener Geogr. Abh. 19, München.
- SELBY, M. J. (1977): Bornhardts of the Namib Desert. — Z. Geomorph. 21, 1, Berlin.
- SPREITZER, H. (1965): Beobachtungen zur Geomorphologie der Zentralen Namib und ihrer Randgebiete. — Sonderveröff. der SWA wiss. Ges. Nr. 4, Windhoek.
- STENGEL, H. (1964): Die Riviere der Namib und ihr Zulauf zum Atlantik. Teil I. Kuiseb und Swakop. — Sci. pap. of the Namib Desert Res. Stat. 22, Pretoria.
- WIENEKE, F., & U. RUST (1972): Das Satellitenbild als Hilfsmittel zur Formulierung geomorphologischer Arbeitshypothesen (Beispiel zentrale Namib, Südwestafrika). — Wiss. Forsch. in Südwestafrika, 11. Folge, Windhoek.
- (1973): Klimageomorphologische Phasen in der zentralen Namib (Südwestafrika). — Mitt. Geogr. Ges. München, 58, München.
- ZINDFREN BAKKER, E. M. VAN (1975): The origin and paleoenvironment of the Namib Desert Bioma. — J. of Biogeogr.

Anschrift des Autors: Prof. Dr. JÜRGEN HÖVERMANN,  
Goldschmidtstraße 5, D-3400 Göttingen.