

Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung
Reihe I, Band 16, 1988
Wissenschaftliches Zentrum Tropeninstitut Giessen
FORSCHUNGSANSÄTZE UND FORSCHUNGSERGEBNISSE AUS
AGRARÖKOLOGIE, GEOGRAPHIE UND VÖLKERKUNDE

FELDFORSCHUNG IN EXTREMEN: UNTERSUCHUNGEN ZUR
LANDSCHAFTSGENESE IN DÜNENWÜSTEN UND IM
TROPISCHEN REGENWALD

Helga Besler

9 Abbildungen und 3 Fotos

Zusammenfassung: Obwohl sie große Gegensätze darstellen, verbergen sowohl Dünenwüsten als auch tropische Regenwälder das Relief und seine Aufschlüsse in gleichem Maße. Dazu ergeben sich in unerschlossenen Regionen logistische Probleme. Am Beispiel des Namib Ergs in Namibia und des oberen Belayan-Gebietes in Kalimantan Timur/Borneo werden unterschiedliche Einstiegsmöglichkeiten in abweisende tropische Landschaften vorgestellt. Für beide Regionen gab es keine exakten Karten, und die Geologie war nicht bekannt. In beiden Fällen mußte mit möglichst wenig Aufwand gearbeitet werden. — Im Erg lieferten topographische Profilsereien und sedimentologische Sandanalysen die wesentlichen Ergebnisse, auch für die unter den Dünen verborgene Landoberfläche. Im tropischen Regenwald bildete die detaillierte Gewässeraufnahme — einschließlich Schotteranalysen — den Schlüssel zur Erklärung des Reliefs.

Summary: FIELD WORK IN EXTREME ENVIRONMENTS: INVESTIGATION ON LANDSCAPE DEVELOPMENT IN ERGS AND IN THE TROPICAL RAIN FOREST

Although ergs and tropical rain forests are landscapes of great contrast, they are hiding relief and outcrops in a similar way. And they both offer logistic problems in unexplored regions. In this paper different possibilities of an approach to repellent tropical landscapes are presented, using the examples of the Namib erg in Namibia and the upper Belayan region in Kalimantan Timur/Borneo. For both areas no correct maps were available, and the geology was not known. In both cases the investigations had to be carried out at the lowest possible cost. — For the Namib erg a simple series of topographic profiles and sedimentological sand analyses gave the essential results, also for the landsurface beneath the dunes. In the tropical rain forest a detailed hydrographic survey including pebble analysis delivered the key for relief interpretation.

1. EINLEITUNG

Wüsten und immerfeucht-tropische Regenwaldgebiete bilden nicht nur hygrisch betrachtet die extremsten Gegensätze der Erde. Auch für den Geomorphologen, der mit Landschaftsanalysen arbeitet, bieten sie die unterschiedlichsten Bedingungen. In der Wüste liegt die Struktur der Landschaft sozusagen auf dem Präsentierteller: Die Sicht geht weit; Schichtstufen liefern schöne Profile; bizarre Verwitterungsformen lenken das Auge von selbst auf sich; Fließrinnen bleiben lange erhalten und zeugen von alten Gewässernetzen. Übersichtlichkeit und Weite ermöglichen natürlich auch den Einsatz von Fahrzeugen ohne Straßennetz.

Der tropische Regenwald dagegen verhüllt das Relief mit seiner gewaltigen Phytomasse. Was auf Luftbildern zunächst wie eintönige Grünkohlfelder aussieht, gibt auch am Boden seine Geheimnisse nicht leicht preis. Selbst von höchsten Erhebungen sieht man nichts. Steile Stufenhänge sind genau so bewaldet wie Flächen und lassen keine Profile erkennen; die Verwitterung spielt sich unter der Bodendecke ab; und Flüsse sieht man erst, wenn man am Wasser steht. Es erübrigt sich zu betonen, daß Landfahrzeuge ohne Pisten nutzlos sind. Diese Gegensätze werden jedoch fast durchweg zu Gemeinsamkeiten, wenn man statt Wüsten allgemein speziell Dünenwüsten oder Ergs untersuchen will. Flußnetze, Verwitterungsformen und sogar Schichtstufen können unter Riesendünen (Draa) völlig verborgen sein. Fahrzeuge können beschränkt — wenn auch mit größeren Risiken verbunden — eingesetzt werden. Will man also die Landoberfläche unter den Dünen studieren, die für die Landschaftsgenese wesentlich ist, so muß man hier ähnlich wie im Regenwald die wenigen Ausbisse des Untergrundes als geomorphologische Fenster suchen. Daß sich dennoch ganz unterschiedliche Arbeitsmethoden ergeben, möchte ich im folgenden zeigen. Die in beiden Extremen sehr hilfreiche Fernerkundung bleibt dabei unberücksichtigt. Es geht hier ausschließlich um Geländeuntersuchungen oder die so unerläßliche Bodenkontrolle.

2. DÜNENWÜSTEN: DAS BEISPIEL NAMIB ERG

Der Namib Erg erstreckt sich an der Westküste Südafrikas in Namibia von 23° S bis etwa 26 $\frac{1}{2}$ ° S, liegt also streng genommen außerhalb der Tropen. Trotzdem wird dieses Beispiel herangezogen, da der Namib Erg eine der am besten untersuchten Dünenwüsten größeren Ausmaßes darstellt (*Besler, 1980*). Darüber hinaus weist er sehr große Ähnlichkeiten mit den Wahiba-Sanden in Oman auf (22 $\frac{1}{2}$ ° N — 20 $\frac{3}{4}$ ° N), einem echten tropischen Erg. Diese Ähnlichkeiten zeigen sich nicht nur bei einem Vergleich der Gemini-Aufnahmen der jeweiligen Nordteile, sie konnten im Frühjahr 1988 auch bei einer Bodenkontrolle festgestellt werden. Neuere Untersuchungen eines britischen Wissenschaftler-Teams in Oman lassen auf eine sehr ähnliche Genese beider Dünenwüsten schließen (*D. Brunson*, mündliche Mitteilung). Eine Skylab-Handkammeraufnahme des gesamten Namib Ergs aus 435 km Höhe ist bei *Besler (1975)* abgebildet.

In Dünenwüsten bietet sich natürlich die Sandbedeckung für Untersuchungen an. Die Fragestellung lautet also: Wie kann man aus der Dünenbedeckung etwas über den Untergrund als Ausgangssituation und Voraussetzung der Dünenbildung erfahren? Bei Draas sagen die Dünenformen relativ wenig darüber aus. Wie sich gezeigt hat, können die Sande jedoch eine Schlüsselstellung einnehmen. Damit wird die Sedimentologie zu einer wertvollen Hilfswissenschaft. Methoden und Techniken wurden übernommen oder weiterent-

wickelt und den speziellen Fragestellungen angepaßt. Es muß jedoch betont werden, daß alle diese indirekten Einzelergebnisse nur Indiziencharakter haben. Erst eine Indizienhäufung, die in eine bestimmte Richtung weist, macht diese auch wahrscheinlich. Beweise im strengen Sinne können nicht erbracht werden. Da für diesen kurzen methodischen Vergleich bei weitem nicht alle Indizien vorgestellt werden können, wird nur auf wenige wichtige Schritte bei der Aufhellung der Landschaftsgenese Wert gelegt.

Ein wesentliches Ergebnis der Bodenkontrolle mit Expeditionscharakter war der Befund, daß überall unter den Dünen Sandstein vorhanden ist (Besler & Marker, 1979). Selbst in stark versandetem Gelände ohne eigentliche Dünengassen fanden sich kleine Kessel mit Ausbissen (Foto 1). Dies berechtigte zu der Annahme, daß die Sandbedeckung in den

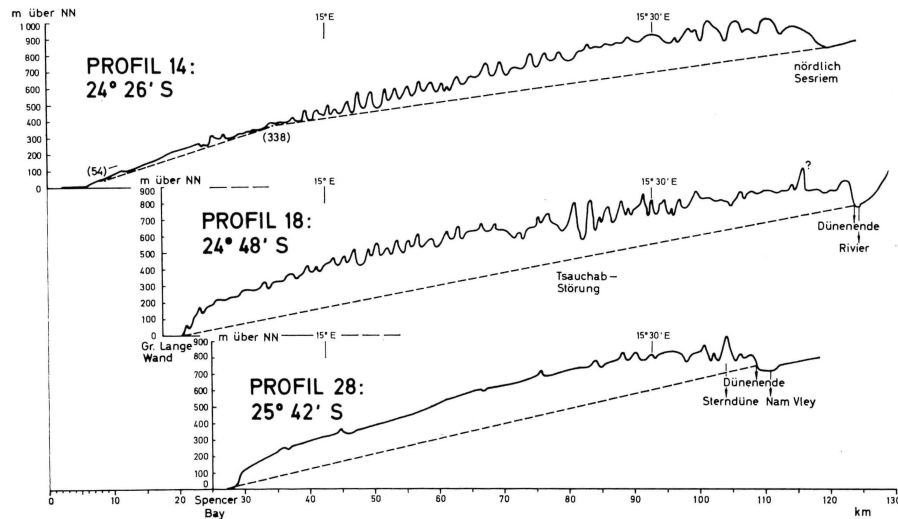


Foto 1: Sandsteinausbiß in einem Dünenkessel NNE Conception Bay (vgl. Karte Abb. 2), hier mit Kieselstreu und Leitgeröllen.

Gassen nicht allzu mächtig sei. Dies wiederum ließ topographische Serienprofile sinnvoll erscheinen. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen 1976 wurden gerade provisorische topographische Karten aus Luftbildern erstellt, deren noch unkorrigierte Kopien (reine Höhenlinienkarten ohne Unterscheidung von Berg und Düne) im Maßstab 1 : 100 000 und 1 : 250 000 herangezogen werden konnten. Im Abstand von 10 km wurden 38 stark überhöhte W-E-Profile durch den Erg gezeichnet, die sich als äußerst aufschlußreich erwiesen (Abb.1):

1. Unterstützt noch durch Gesteinsproben konnte geschlossen werden, daß der Erg auf einem Sandsteinsockel liegt.
2. Die Veränderung des Dünenreliefs von den Querdünen an der Küste über die Längsdünen im zentralen Teil zu den komplexen Formen im Osten und von hohen Dünen im Norden zu niedrigen Formen im Süden wurde als regelhaft erkannt.

Abb. 1: Drei Querprofile durch den Namib-Erg aus der Profilsérie. Am Ostrand sind deutlich die horizontalen Abschnitte der Verebnungen zu erkennen
(aus Besler, 1977)



3. Eine Verbindung der jeweils tiefsten Dünentäler ergab die unter den Dünen vorhandene Namibfläche mit zum Teil gleicher Neigung wie die Flächen-Namib außerhalb des Ergs, also auch wahrscheinlich gleichen Alters.
4. In Küstennähe ließen sich mehrere marine Terrassen im Sandstein bis zu 300 m NN erkennen.
5. Am Ostrand im Bereich der komplexen Dünen ließen sich mehrere verschachtelte Verebnungsniveaus im Sandstein über viele Profile reichend verfolgen.

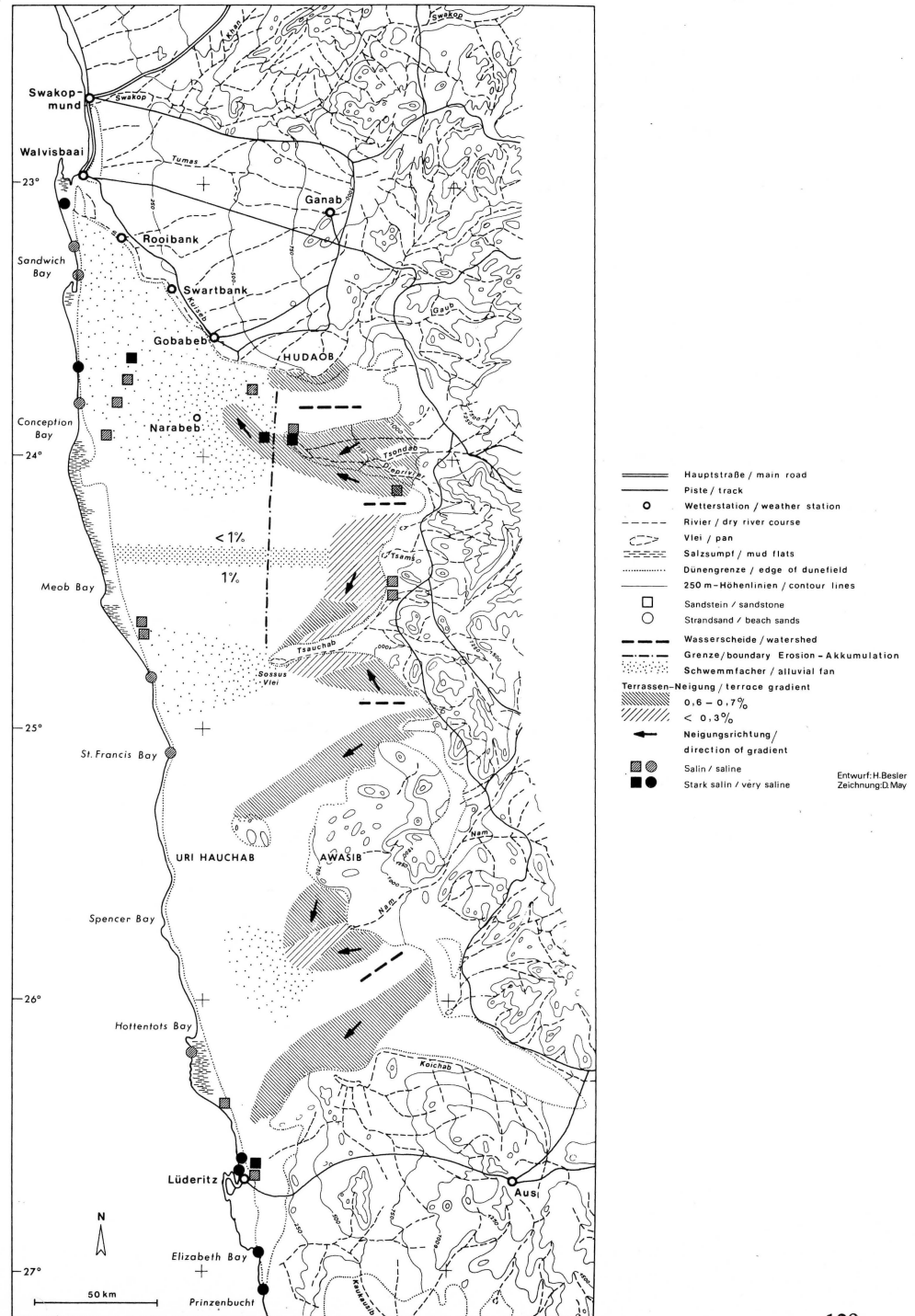
Aus 3., 4. und 5. konnte eine Flächenneigungskarte gezeichnet werden, die trotz Dünenbedeckung die fluviale Vergangenheit des Gebietes erhellt (Abb. 2):

1. Der größte Teil wird eingenommen von der tertiären Postafrikanischen Landoberfläche mit 1% Neigung zum Meer.
2. Darin hat sich im nördlichen Teil eine 0,6 — 0,8% geneigte Fläche — im Osten als Pediment, im Westen als Glacis — ausgebildet, die in etwa mit dem besonders hohen Teil der Randstufe (Naukluft) korreliert.
3. Fluviale Terrassen, die am Tsondab und Tsauchab schon vermutet worden waren, ließen sich auch am Uri Hauchab, am Nam und am Koichab (hier unabhängig vom aktuellen Lauf) erkennen, zum Teil auf zwei Niveaus.

Diese Ergebnisse erfuhren Unterstützung durch das Auffinden von Leitgeröllen in kleinen geomorphologischen Fenstern zwischen den Dünen im nördlichen Teil, aber auch am Uri Hauchab. Dabei handelt es sich um Schwarzkalke und Dolomite der Nama-Serie aus der Randstufe.

Viel mehr konnte der Untergrund nicht bieten. Nun mußte auf die Analyse der Sande und Sandsteine zurückgegriffen werden. Es ist zu betonen, daß nicht die Eigenschaften der

Abb. 2: Akkumulations- und Erosionsbereiche unter den Dünen des Namib-Ergs auf der Grundlage der Flächenneigungskarte
(aus Besler, 1980: Karten 3, 8, 12 und 14 kombiniert)



Sande an sich entscheidend sind, sondern deren räumliche Verteilungsmuster. Als sehr aufschlußreich erwies sich die wenig aufwendige Methode der Salinitätsbestimmung durch Leitfähigkeitsmessungen an Sanden in Suspension (vgl. *Besler, 1979*). Äolische Sande und Sandsteine sind normalerweise nicht salin ($< 10^2 \mu\text{S}$); Strandsande sind salin ($< 10^3 \mu\text{S}$). Saline Sandsteine fanden sich jedoch entlang alter Abflußbahnen. Wo besonders lange Versickerung und Grundwasserverdunstung geherrscht hatte, waren die Sandsteine sogar stark salin ($> 10^3 \mu\text{S}$). Das gleiche gilt für die Überlagerung mit Meeresimprägnierung in Strandsanden. Auf diese Weise ließen sich zum Teil alte Abflußbahnen auch außerhalb und westlich der Terrassen und Geröllfelder rekonstruieren und — besonders für das Koichab-System nördlich Lüderitz — alte Mündungsbereiche bestimmen.

Die Ergebnisse wurden durch granulometrische Analysen überprüft, unterstützt und erweitert. Auch hier nahm ein sehr einfaches Raum-Diagramm Schlüsselstellung ein: das Nord-Süd-Profil der mittleren Korngrößen der Dünen-Kammsande von Längsdünen (Abb. 3). Es zeigt einen Mittelwert um 0,26 mm für den Erg, aber feinkörnigere Sande (um 0,20 mm) jeweils westlich der im Erg versiegenden Riviere (Wadis) mit Ausnahme des Nam. Damit schien die sich hartnäckig haltende These von der Nordwanderung der Namib-Sande aus der Region südlich Lüderitz (*Kaiser, 1926 II; Heinz, 1933; Lancaster, 1983*) ebenso widerlegt wie die These der Landeinwärtswanderung von Strandsanden. Gleichzeitig wurden die heute versiegenden Riviere als Sandlieferanten entdeckt.

Die Dünensande außerhalb der relativ gut sortierten Kammregionen wurden besonders durch ihre Korngrößen-Häufigkeitsverteilungen interessant (Abb. 4). Viele Sande sind bimodal mit Korngrößenlücken. Diese Kornverarmungen treten jedoch nur selten im Bereich 0,125 — 0,250 mm auf (wo sie bei äolischer Ausblasung normal sind), sondern bei größeren Körnern bis zu 1 mm! Dies sind mit Sicherheit keine äolischen Auswehungen sondern Mischungslücken. Die Hinweise werden verstärkt durch die extreme Platykurtosis der Sande (Kurtosis: Verhältnis der Sortierungen einzelner Kurventeile zueinander), die nach *Folk & Ward (1957)* ein Zeichen für unzureichende Durchmischung vorsortierter Sande ist. Neben den Flußsanden kam hier der Sandstein als Lieferant in Frage.

Diese Vermutung wurde durch die morphoskopische Analyse als Weiterentwicklung von *Cailleux (z.B. 1952)* und *Pachur (1966)* überprüft. Dazu wurden die in Salzsäure gewaschenen Körner jeder Fraktion nach Kornrundung und Oberflächentracht in vier Kornklassen eingeteilt und unter dem Stereo-Mikroskop ausgezählt: glänzend-kantig, mattiert-kantig, mattiert-gerundet und glänzend-gerundet. Die ungewaschenen Körner wurden in drei Klassen eingeteilt: völlig patiniert (d.h. mit Eisenoxidhäutchen versehen), mit Patina-Spuren und patinafrei. Die Ergebnisse wurden in Morphogrammen dargestellt, die sich zu Sandtypen im Erg gruppieren ließen. Abb. 5 zeigt drei wichtige Vertreter:

Abb. 3: Korngrößenprofil (Mz) der Dünenkammsande durch den inneren Namib-Erg
(aus Besler, 1980: Diagr. 4)

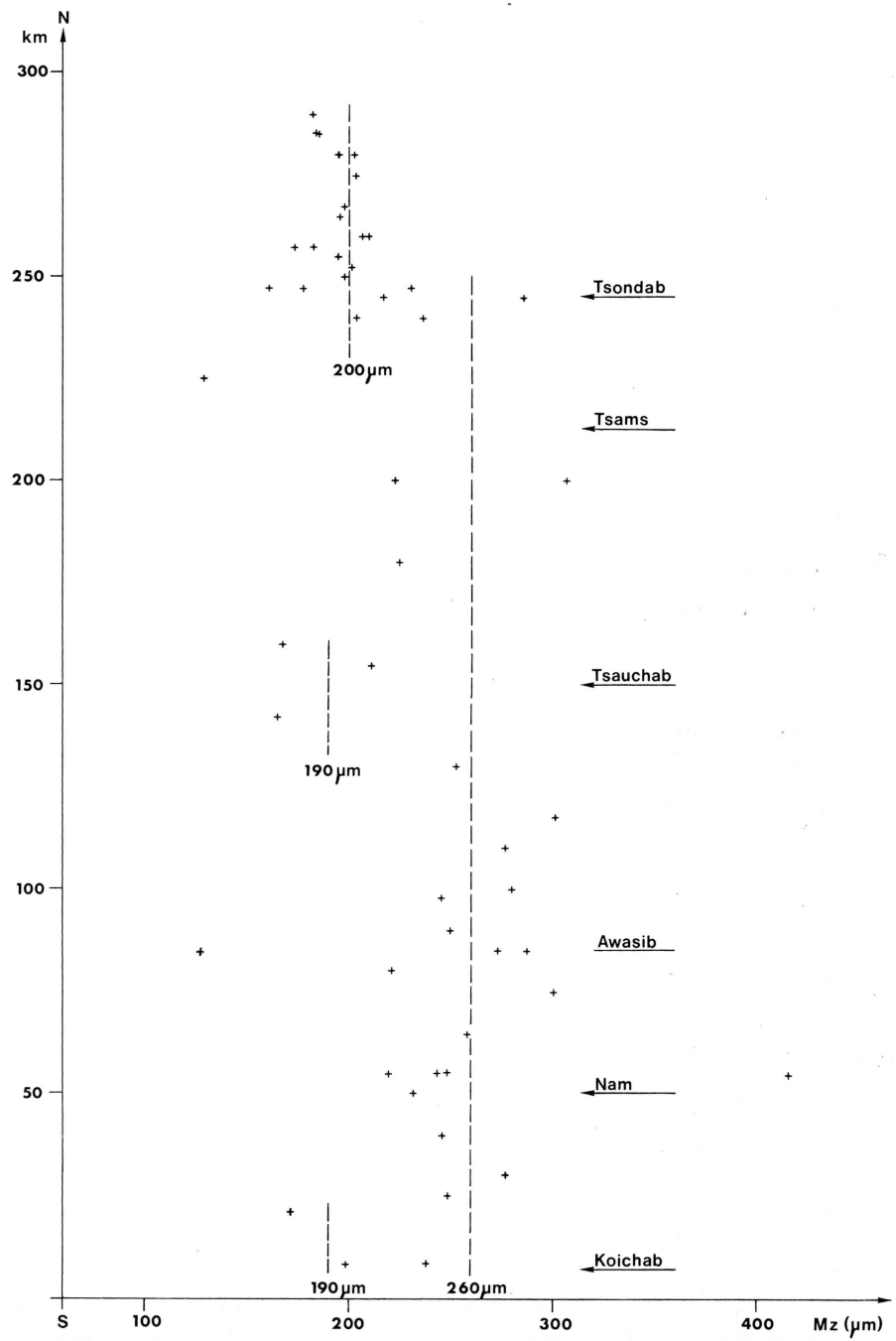


Abb. 4: Korngrößen-Häufigkeitsverteilungen platykürtischer Sande im Namib-Erg
(aus Besler, 1980: Diagr. 9)

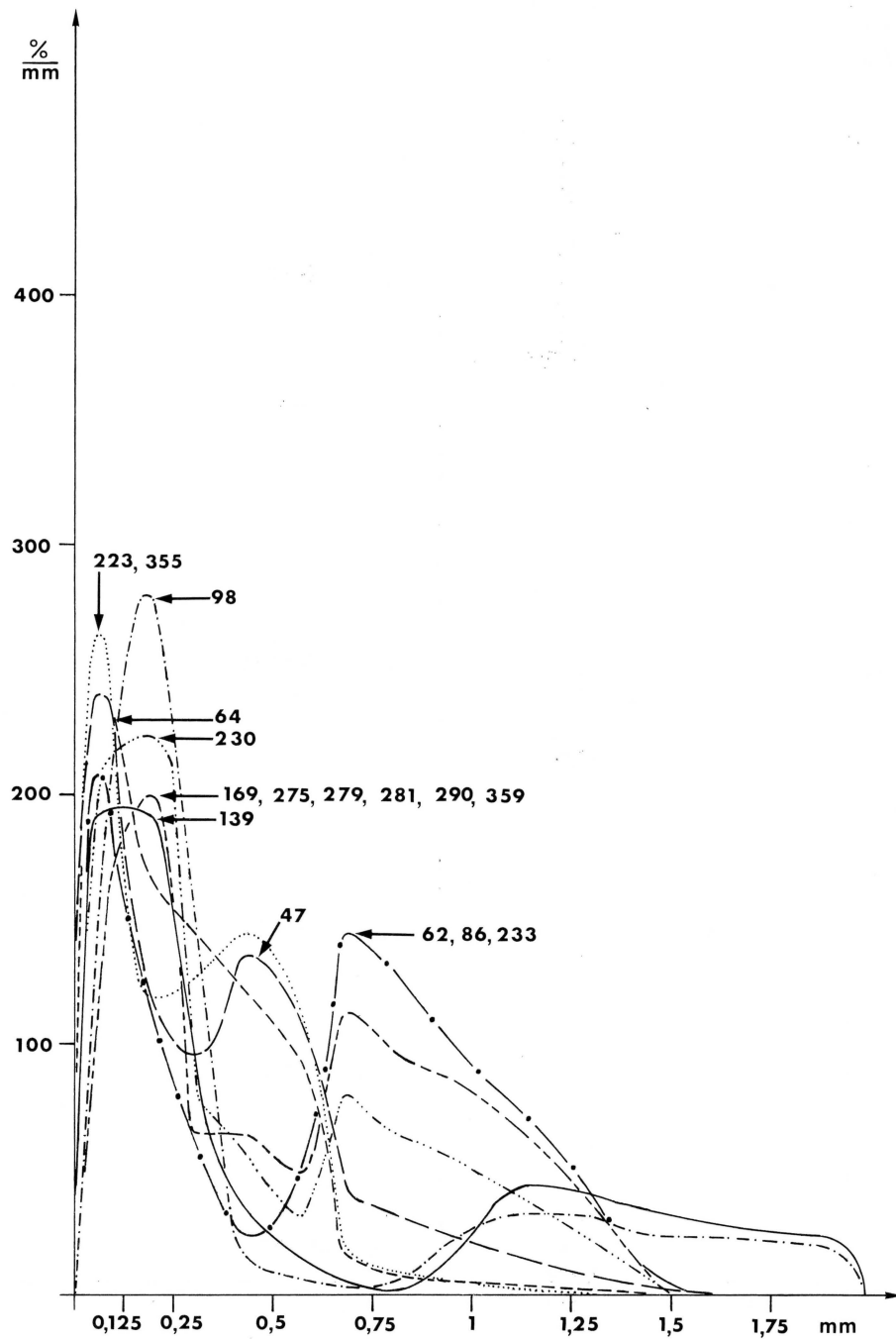
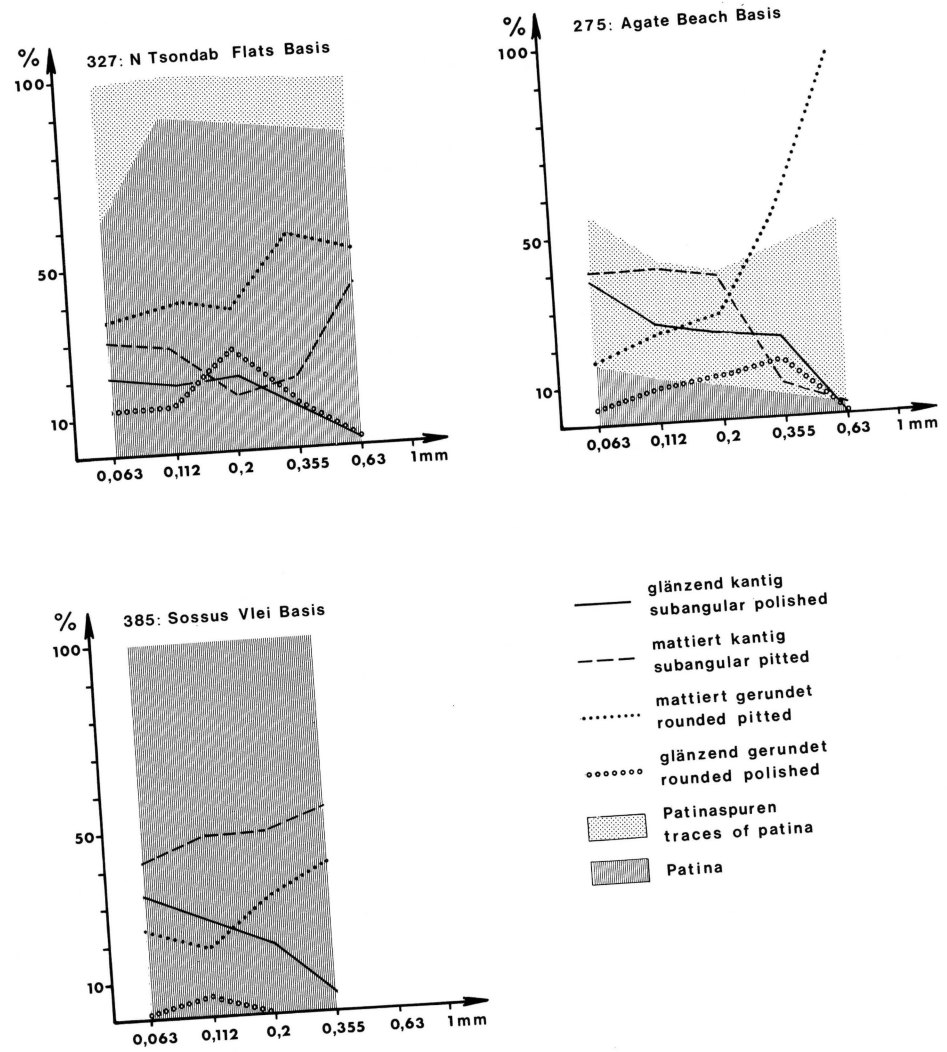


Abb. 5: Drei typische Morphogramme von weit verbreiteten Dünenensanden aus dem Namib-Erg
(aus Besler, 1980: Diagr. 17)



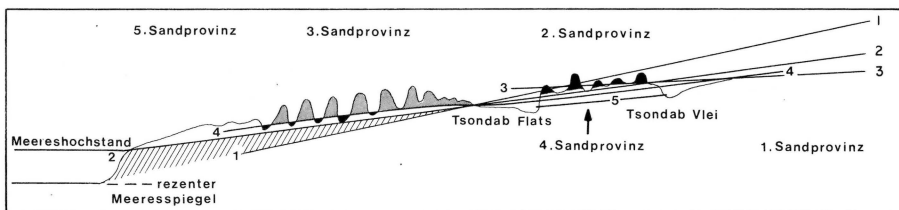
1. Beispiel: Sossus Vlei Basissand,
überwiegend mattiert-kantig in allen Fraktionen, zu 100% patiniert.
Dies sind wenig transportierte rote Sande (5 YR) aus zerfallenem äolischem Sandstein, der entsprechende Morphogramme zeigt.

2. Beispiel: N Tsondab Flats Basissand,
überwiegend mattiert-gerundet in allen Fraktionen, reduzierte Patina.
Dies sind ockerfarbene (7,5 YR) fluviale Sande aus den Schwemmfächern.

3. Beispiel: Agate Beach Basissand,
kantige und gerundete Körner gemischt, nur Patinaspuren.
Dies sind helle Mischsande (10 YR) der Küstenregion, die auch gut gerundete marine Sande enthalten.

Die verschiedenen Sandtypen konnten im besser untersuchten Nord-Erg auch einzelnen Niveaus zugeordnet werden, was am Profil Nr. 8 aus der Serie demonstriert werden soll (Abb. 6):

Abb. 6: Korrelation von Sandprovinzen und Flächenniveaus entlang Profil Nr. 8 durch den Namib-Erg, stark schematisiert
(aus *Besler, 1980: Abb. 5*)



Niveaus:

1. Postafrikanische Landoberfläche, 1% Neigung,
2. Pediment-Glaciis-Fläche, 0,8% Neigung,
3. Ur-Tsondab-Fläche, 0,3 — 0,4% Neigung
(14C-Daten: 24000 — 33000 BP),
4. Ur-Tsondab-Lauf, 0,6% Neigung,
5. Terrassenreste eines späteren Laufes 10 — 20 m über heutiger Rinne (näher untersucht von *Marker, 1979*).

Sandprovinzen:

1. rote kantige Sande aus Sandsteinzerfall im E,
2. ockerfarbene gerundete Sande aus ältestem Schwemmfächer,
3. ockerfarbene Mischsande aus 1 und 2 nach Eintiefung in Sandstein (4. Niveau),
4. graue kalkhaltige Sande auf Terrassenresten, aus zerstörten Krusten des 3. Niveaus,
5. helle küstennahe Mischsande auf marinen Terrassen.

Als Ergebnis dieser und anderer sedimentologischer Untersuchungen konnte eine Karte der Akkumulations- und Erosionsbereiche gezeichnet werden, die die Ausgangssituation für die Dünenbildung widerspiegelt (Abb. 2). Sie erklärt die Tatsache, daß die Längsdünen nach Norden höher werden, durch die in dieser Richtung zunehmende Schwemmfächergröße und -mächtigkeit mit entsprechendem Sandangebot. *Lancaster* schloß noch 1983 aus den Dünenhöhen auf Nordtransport. Ein solcher Transport müßte aber das Ausgangsmuster weitgehend verwischt haben. Die Tatsache, daß dessen Rekonstruktion möglich war, spricht auch für das Modell der Längsdrain-Entstehung durch *Taylor-Görtler-Bewegung* in Form von Doppelwalzen in der planetarischen Grenzschicht, da nach diesem Modell die

Sande nur schräg aufwärts transportiert werden und relativ ortstreu bleiben. Die Untersuchung der Dünen selbst erfolgte zum Teil nach anderen Methoden und steht hier nicht zur Diskussion. Als Fazit bleibt festzuhalten, daß neben den topographischen Serienprofilen die Sandanalyse (chemisch, granulometrisch, morphoskopisch) die wesentlichen Ergebnisse geliefert hat.

3. TROPISCHER REGENWALD: DAS BEISPIEL KALIMANTAN TIMUR

Das Untersuchungsgebiet am Belayan (Nebenfluß des Mahakam) am Rande des zentralen Berglandes von Kalimantan auf Borneo war ausgewählt worden, weil bei einer Vorerkundung unterschiedlichste Relieftypen auf engstem Raume aufgefallen waren und damit ein großer Gegensatz zu den Untersuchungen der äquatornahen immerfeuchten Tropen Südamerikas und Afrikas bestand (*Besler, 1985*). Das Gebiet liegt bei 1° N und 116° E. Der Primärwald ist weder durch größere Siedlungen noch durch Pisten gestört. Zur Geologie war nur bekannt, daß hier etwa die Grenze zwischen Kistallin und tertiären Sedimenten verläuft. Auf der IWK Blatt NA 50 Pulau Tarakan / South Pacific sind Höhenlinien und Flußläufe noch als „unsurveyed“ und „approximate“ eingetragen. Es war also neben der geomorphologischen Ansprache auch eine geologische und hydrogeographische Aufnahme notwendig.

Als erstes stellte sich die Frage nach der Durchdringbarkeit des tropischen Regenwaldes, besonders anschaulich geschildert bei *Löffler (1979)*. Hier bieten sich nur die Flüsse an, und eine Aufnahme vom Boot aus erscheint auf den ersten Blick auch recht angenehm. Die Flüsse erwiesen sich jedoch als reißend und von zahlreichen Stromschnellen (und auch Wasserfällen) durchsetzt, die zum Teil umgangen werden mußten. Die Boote waren nicht viel mehr als schulterbreit, wurden aber von den Punan mit großem Geschick und Muskeinsatz gemeistert (Foto 2). Auf den „Wildwasserstrecken“ mußten alle Arbeitsgänge sehr schnell erledigt werden: Kompaßpeilungen, Höhenmessungen, Fotodokumentation der stark wechselnden Ufermorphologie und des Schichtenverlaufes und die entsprechenden Notizen. Kamera und Feldbuch mußten dabei ständig vor Spritzwasser und hereinschlagenden Wellen geschützt werden. Nicht zuletzt war das Gleichgewicht zu halten. Unter diesen Umständen ist es sinnvoll, komplizierte Strecken mehrmals zu befahren. Die beschränkten Anlandemöglichkeiten wurden für die Gesteinsprobennahme genutzt. Hierbei wurde bereits eine Korrelation zwischen dem Anstehenden und der Talform deutlich. Auch wo das Wasser zu seicht oder das Bett zu steinig für Boote war, bildeten die Bäche die Hauptwege. Als besonders unangenehm erwies sich das Kriechen im Bach unter stacheligen Rotang-Dickichten.

Da der tropische Regenwald normalerweise ein dichtes Flußnetz aufweist, ist jedoch auf diese Art eine geologisch-hydrographische Aufnahme möglich. Die Kartenskizze (Abb. 7) zeigt die wesentlichen Ergebnisse:

1. Das Flußnetz erwies sich als deutlich verschieden von der Darstellung auf der IWK.
2. Die Grenze zwischen kristallinem Prätertiär im Norden und tertiären Sedimenten im Süden konnte als Wellenlinie einer Mulden- und Sattelstruktur folgend festgestellt werden, wobei unteres Tertiär in einer kleinen Synklinale nach NE vorspringt.
3. Die stark wechselnde Petrographie des Prätertiärs und seine Durchsetzung mit verschiedenen Ergußgesteinen wurde erkannt, ebenso die relativ einheitliche Ausbildung des Eozäns als Sandstein.



Foto 2: Überwindung einer Stromschnellenstrecke im Len bei Probenstelle 9 (Sandstein) unterhalb von Batu Besar.

Damit war eine Basis für die Reliefanalyse geschaffen. Als besonders aufschlußreich erwies sich die Darstellung der Flußlängsprofile vom Hauptfluß Belayan und seinen größeren Nebenflüssen Mopoq, Belinau und Len (Abb. 8):

1. Die unausgeglichene, von NW nach SE in einer großen Treppe abfallenden Profile ließen auf jüngere Hebungen schließen.
2. Ein Vergleich mit der Geologie ergab Übereinstimmung der obersten Stufe am Belinau und der untersten Stufe am Belayan und Len mit den Prätertiär-Antiklinalen im NW und SE, deren noch andauernde Hebung durch subrezente Basalergüsse wahrscheinlich wird.
3. Für die mittlere Stufe am Belayan im Synklinalbereich mußte eine andere Erklärung gesucht werden, zumal die Trachytschwelle älter ist.

Hier schien eine Analyse der überall in großen Mengen vorhandenen Schotter hilfreich werden zu können. Am Belayan werden im Untersuchungsgebiet die Schotterterrassen nur 1 bis 2 m hoch und reichen weit unter die Waldufer. Am Len dagegen liegen die Schotter diskordant auf Tertiär, und die Terrassen erreichen bis 20 m Höhe. Hier konnte auch besonders gut beobachtet werden, daß die aktuellen Schotter im Flußbett von älteren Terrassen vererbt sind (nicht eingeregelt, nicht bewegt, Sturzschatthaufen, nur Sandtransport). Die Schotter wurden mit großer Wahrscheinlichkeit im Pleistozän gebildet, als die südostasiatische Inselwelt wegen der Meeresspiegelabsenkung ein kontinentaleres, weniger feuchtes Klima aufwies (Arafura-Wüste der Australier, persönl. Mitt. von H. Flohn). Daher mußte zunächst überprüft werden, ob die Schotteranalyse auch auf vererbte, zum Teil verstürzte Schotter angewendet werden kann. Die vier Analyseorte am Len (siehe Abb. 9)

Abb. 7: Hydrographie und Geologie am oberen Belayan in Kalimantan Timur
(aus Besler, 1985)

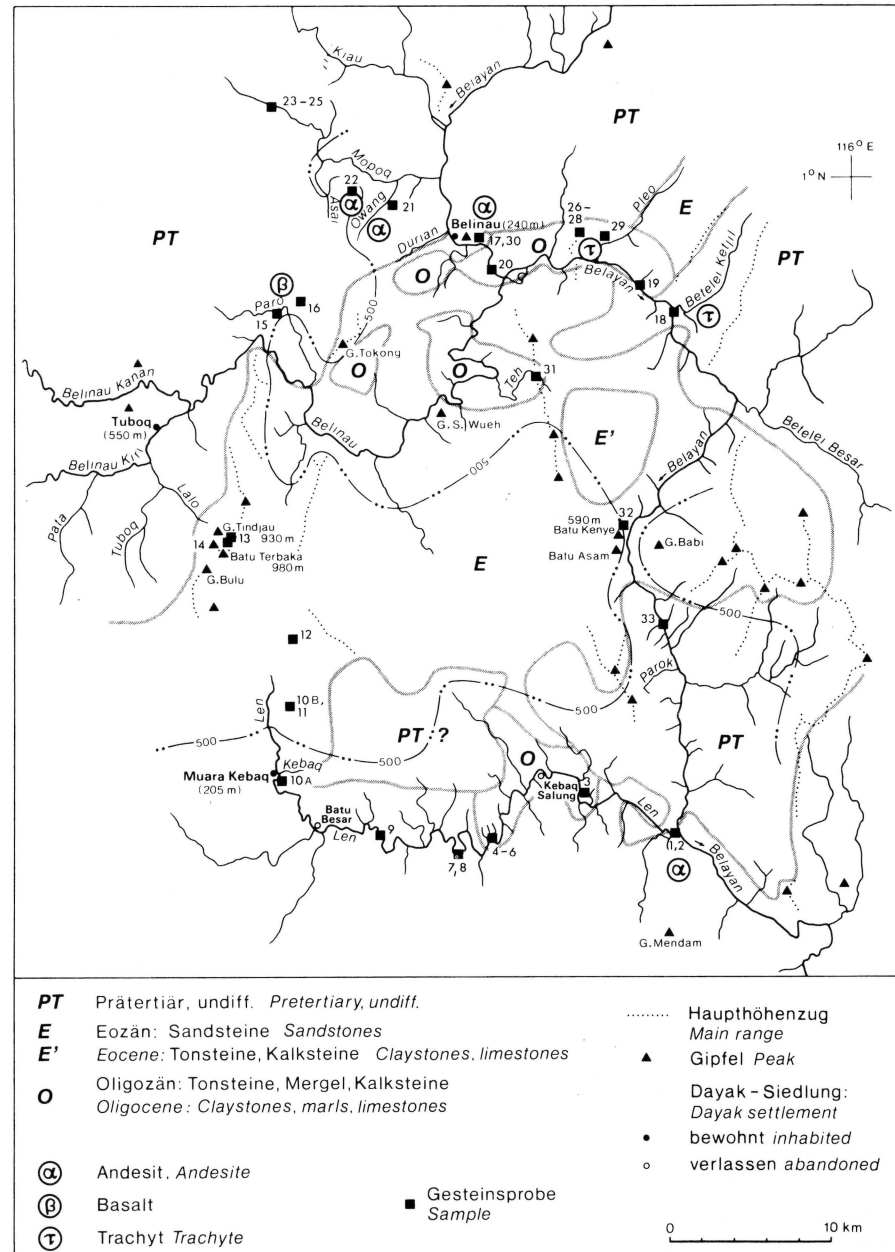
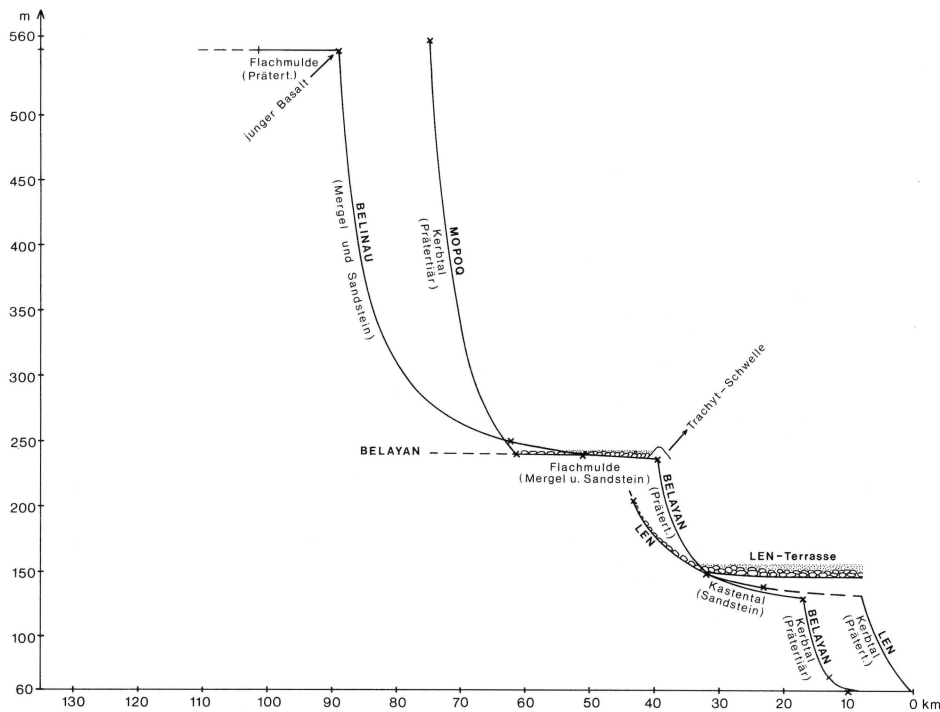


Abb. 8: Längsprofile des oberen Belayan und größerer Nebenflüsse in Kalimantan Timur (aus Besler, 1985)



ergaben bei der Rundungsanalyse nach Reichelt (1961), abgewandelt nach Russell-Taylor-Pettijohn, eine graduelle Rundungszunahme flußab von deutlich „subrounded“ im Oberlauf nach deutlich „rounded“ vor der Mündung, also normalen Befund. Im Belayan nahm die Rundung von „subrounded/rounded“ an der Mopoq-Mündung nach deutlich „rounded“ beim Ort Belinau zu, weiter unterhalb (noch oberhalb der Trachytschwelle) aber wieder auf deutlich „subrounded“ ab. Dies konnte als Indiz für Anzapfung und Flußumkehr des unteren Teiles gewertet werden, zumal die Nebenflüsse im Osten verkehrte Mündungswinkel aufweisen.

Diese Anzapfung mußte nach der Schotterablagerung (pleistozän), aber vor der jüngsten Hebung des Prätertiärsattels im SE (subrezent) durch rückschreitende Erosion — wahrscheinlich infolge früherer Hebung — erfolgt sein. Die subrezentten Hebungen führen dazu, daß auch die gehobene Fläche im NW randlich von steilen Kerbtälchen angenagt wird und an einer Ecke mit besonders steilem hydraulischem Gradienten erste morphologische Piping-Erscheinungen auftreten. Als Folge dieser und früherer Hebungen im NW und SE wurde Prätertiär von Sediment entblößt, und die nach außen gerichteten Sandsteinstufen der Mulde bilden heute die höchsten Erhebungen, eine durch Klüftigkeit und Verwitterungsresistenz bedingte Reliefumkehr.

Im gewässerarmen Sandsteingebiet versagte die von Flüssen ausgehende Analyse. Das Gelände mußte zu Fuß gequert werden. Hierbei wurden die den Punan bekannten höch-

sten Erhebungen angesteuert, um — wo möglich — einen Überblick zu gewinnen. Hatte *Nieuwenhuis (1904, 1907)* bei seiner Querung Borneos um die Jahrhundertwende für seine Triangulationen noch ganze Berggipfel abholzen lassen, so mußten wir uns mit den beschränkten Ausblicken begnügen. Darüber hinaus mußten die wenigen Augenblicke mit Sicht abgewartet werden, denn selbst unterhalb von 1000 m sind die Gipfel häufig in Wolken gehüllt (Foto 3). Die Höhen konnten so gegenüber der IWK als geringer korrigiert werden.



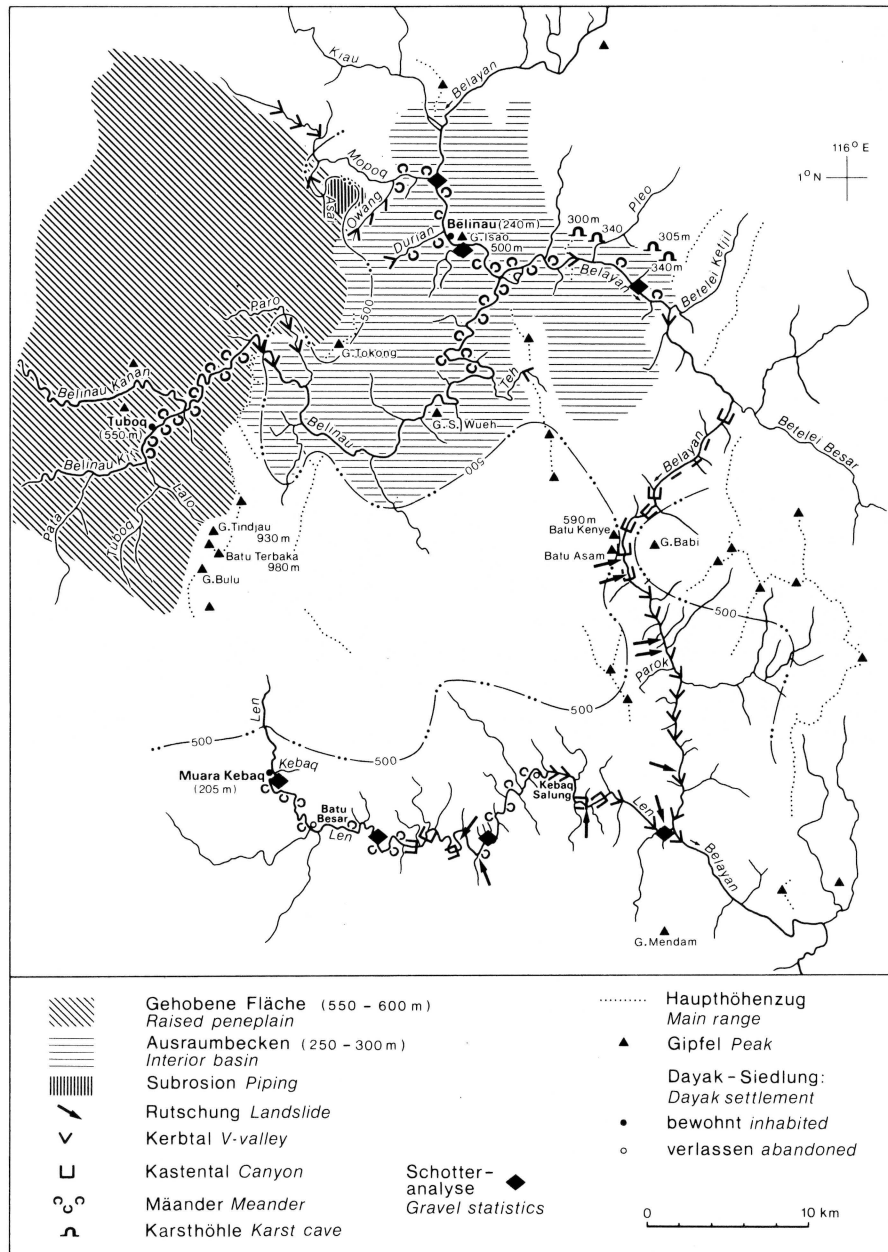
Foto 3: Blick vom Gunung Tindjau NNW auf die gehobene Fläche am Belinau mit Inselberg im Hintergrund. Die konglomeratischen Sandsteine des G. Tindjau fallen hier etwa 300 m nahezu senkrecht ab.

Als Zusammenfassung der Untersuchungen konnte eine geomorphologische Kartenskizze (Abb. 9) gezeichnet werden. Sie zeigt das kleinräumliche Nebeneinander von Skulpturflächen im NW, Strukturrelief in der Mitte (Sandsteingebiet, ohne Signatur) und jungem Kerbtalrelief im SE. Als Fazit bleibt festzuhalten, daß die Gewässeraufnahme den Schlüssel für die Reliefanalyse und die wesentlichen Ergebnisse geliefert hat.

4. SCHLUSSBETRACHTUNG

Sowohl vom Namib Erg als auch vom oberen Belayan-Regenwald in Kalimantan gab es vor den Untersuchungen keine exakten Karten. In beiden Fällen sind aber die Untersuchungen auch nicht abgeschlossen. Vieles ist ungeklärt — und neue Fragen sind dazugekommen. Das vorliegende Referat sollte nur unterschiedliche Einstiegsmöglichkeiten in abweisende tropische Landschaften zeigen. Wichtig für das Gelingen derartiger Unternehmungen scheinen mir vor allem Phantasie und Flexibilität neben gesundem Realismus zu sein: Phantasie für die Frage „Was ist denkbar?“, Flexibilität für die Frage „Was ist machbar?“ und Realismus für die Frage „Was davon ist sinnvoll?“.

Abb. 9: Geomorphologie des oberen Belayan-Gebietes in Kalimantan Timur
(aus Besler, 1985)



LITERATUR

- BESLER, H., 1975: Der Namib-Erg und die Südafrikanische Randstufe. In: L. BECKEL & S. SCHNEIDER: Die Erde neu entdeckt. Mainz, Bl. 24
- BESLER, H., 1977: Untersuchungen in der Dünen-Namib (Südwestafrika). Vorläufige Ergebnisse des Forschungsaufenthaltes 1976. J. SWA Wiss. Ges., 31 (1976/77): 33-64
- BESLER, H., 1979: Salinitätsmessungen an Sanden als Hilfsmittel zur Rekonstruktion fossiler Gewässernetze in ariden Räumen (nach Untersuchungen im Namib-Erg). Z.f.Geom. N.F., 23: 192-198
- BESLER, H., 1980: Die Dünen-Namib: Entstehung und Dynamik eines Ergs. Stuttgarter Geogr. Stud., 96, Stuttgart
- BESLER, H., 1985: Untersuchungen zur Reliefgenese in den immerfeuchten Tropen (Kalimantan Timur/Borneo). Z.f.Geom. N.F., Suppl.-Bd. 56: 13-30
- BESLER, H. & MARKER, M., 1979: Namib sandstone: a distinct lithological unit. Trans. of the Geol. Soc. of South Africa, 82: 155-160
- CAILLEUX, A., 1952: Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie. Geol. Rundsch., 40: 11-19
- FOLK, R. L. & WARD, W. C., 1957: Brazos River Bar: a study of the significance of grain size parameters. J. of Sed. Petrol., 27: 3-26
- HEINZ, R., 1933: Ein vorzeitlicher Tränkplatz in der Namib bei Lüderitzbucht. Mitt. d. Geogr. Ges. Hamburg, 43: 267-303.
- KAISER, E., 1926: Die Diamantwüste Südwestafrikas. Vol. I,II, Berlin
- LANCASTER, N., 1983: Controls of dune morphology in the Namib sand sea. Developmts. in Sed., 38: 261-290
- LÖFFLER, E., 1979: Formen subterranean Materialabfuhr im tropischen Regenwald Neuguineas. Erde, 110: 135-144
- MARKER, M. E., 1979: Relict fluvial terraces on the Tsondab Flats, Namibia. J. of Arid Environmt., 2: 113-117
- NIEUWENHUIS, A. W., 1904: Quer durch Borneo. Vol. I, Leiden
- NIEUWENHUIS, A. W., 1907: Quer durch Borneo. Vol. II, Leiden
- PACHUR, H. J., 1966: Untersuchungen zur morphoskopischen Sandanalyse. Berliner Geogr. Abh. 4
- REICHEL, G., 1961: Über Schotterformen und Rundungsgradanalyse als Feldmethode. Pet. Geogr. Mitt., 105: 15-24