

# PASSAUER SCHRIFTEN ZUR GEOGRAPHIE

HERAUSGEGEBEN VON  
ERNST STRUCK UND KLAUS ROTHER  
Schriftleitung: Erwin Vogl



HEFT **19**

Heinz Sander

## Relief- und Regolithgenese im nordöstlichen Kaokoland (Namibia)

Mit 23 Abbildungen, 17 Tabellen und 43 Bildern

Selbstverlag Fach GEOGRAPHIE der Universität Passau

# PASSAUER SCHRIFTEN ZUR GEOGRAPHIE

## Inhaltsverzeichnis

HERAUSGEGEBEN VON

Verzeichnis der Abbildungen	7
Verzeichnis der Tabellen	8
Verzeichnis der Bilder	9

Vorwort	11
---------	----

<b>1 Ziele und Fragestellungen der Untersuchung, Wahl des Untersuchungsgebietes</b>	13
---	----

<b>2 Die physisch-geographischen Strukturen des Untersuchungsgebietes</b>	19
---	----

2.1 Vorbemerkungen und Abgrenzung	19
2.2 Geologie	20
2.3 Einordnung des nordöstlichen Kaokolandes in das südwestafrikanische Randschwellenrelief	24
2.4 Klimageographie, Hydrogeographie und Vegetation	26
2.4.1 Klimageographie	26
2.4.2 Vegetation	26
2.4.3 Hydrogeographie	27

<b>3 Grundzüge und Gliederung des Großformenschatzes im nordöstlichen Kaokoland</b>	29
---	----

3.1 Bergländer	30
3.1.1 Zebraberger	30
3.1.2 Baynesberge	31
3.1.3 Omuhongabergland und Omuna-Hochfläche	33
3.1.4 Ehombabergland	33
3.1.5 Kunenebergland	33
3.2 Flächen- und Rückenländer	34
3.2.1 Nördliches Flächen- und Rückenland	35
3.2.2 Südliches Flächen- und Rückenland	35
3.3 Rumpfflächen	36
3.3.1 Okangwatifläche	37
3.3.2 Oheuvafläche	38
3.3.3 Otjombapafläche	38
3.4 Ruacanagraben	39

<b>4 Detailanalysen zur Morphogenese</b>	41
--	----

4.1 Die Dauer der „geomorphologischen Ära“ im nordöstlichen Kaokoland	41
4.1.1 Stand der Forschung	41
4.1.2 Eigene Befunde	42
4.2 Stockwerkbau	43
4.2.1 Terminologie	43
4.2.2 Stand der Forschung	44
4.2.2.1 Stockwerkgliederung und Alter der Flächen	44
4.2.2.2 Flächenstockwerke und Tektonik	45
4.2.3 Orographische Kurve des nordöstlichen Kaokolandes aufgrund eigener Untersuchungen	46
4.2.4 Die Stockwerkgliederung des nordöstlichen Kaokolandes aufgrund eigener Untersuchungen	46
4.2.4.1 PräHR-Niveaus	46
4.2.4.2 HR-Niveau	48
4.2.4.3 PostHR-Flächen	49
4.2.5 Besonderheiten des Stockwerkbaus im Gebiet der Zebraberger	51
4.3 Genese und Altersstellung des Gewässernetzes	52
4.3.1 Stand der Forschung	52
4.3.2 Durchbruchstäler als Zeitmarken der Entwicklung des Gewässernetzes	54
4.3.2.1 Voraussetzungen	54
4.3.2.2 Kunene	56
4.3.2.3 Die großen Nebenflüsse des Kunene	56

4.3.3 Hinweise auf das Höchstalter des Kunenesystems .....	57
4.3.4 Bedeutung der Untersuchungsergebnisse für die Entwicklung des Kunenelaufs und die Rekonstruktion von Altflächen .....	57
4.4 Einfluss lokaler Tektonik auf die Reliefentwicklung im Untersuchungsgebiet .....	58
4.4.1 Stand der Forschung .....	58
4.4.2 Zeitlicher und räumlicher Rahmen der lokalen Tektonik im Untersuchungsgebiet .....	58
4.5 Regolithdecken .....	59
4.5.1 Grundsätzliche Überlegungen zum Regolithbegriff .....	59
4.5.2 Stand der Forschung .....	59
4.5.3 Regolithtypen .....	60
4.5.3.1 Schuttdecken .....	60
4.5.3.2 Vertisole .....	62
4.5.3.3 Schotterdecken .....	64
4.5.3.4 Blockdecken .....	66
4.5.3.5 Sanddecken .....	73
4.5.4 Catenen .....	73
4.5.5 Carbonatanreicherungen im Regolith .....	74
4.5.6 Mineralogische Zusammensetzung des Regoliths .....	76
4.6 Hang- und Flächenbildung im nordöstlichen Kaokoland .....	76
4.6.1 Forschungsstand .....	76
4.6.2 Hinweise auf die exogenen Bildungsbedingungen und -prozesse .....	77
4.6.3 Beiträge der Befunde aus dem nordöstlichen Kaokoland zur Diskussion um Voraussetzungen und Prozesse der Flächenbildung .....	79
<b>Zusammenfassung</b> .....	81
<b>Summary</b> .....	85
<b>Karten- und Literaturverzeichnis</b> .....	87
<b>Anhang 1:</b> Geländeaufenthalte und Methoden .....	93
<b>Anhang 2:</b> Neuausgabe der Geologischen Karte 1:250.000 des <i>Geological Survey of Namibia</i> .....	97
<b>Anhang 3:</b> Auszug aus dem Probenregister .....	99

# Relief- und Regolithgenese im nordöstlichen Kaokoland (Namibia)

Mit 23 Abbildungen, 17 Tabellen und 43 Bildern

## 4 Detailanalysen zur Morphogenese

### 4.1 Die Dauer der „geomorphologischen Ära“ im nordöstlichen Kaokoland

#### 4.1.1 Stand der Forschung

Die Frage nach der Dauer der „geomorphologischen Ära“ und somit nach den „ältesten Reliefreste[n ...], die noch auf das heutige Gesamtrelief vererbt sind und zu seinem Bilde beitragen“ (BÜDEL 1981, S. 2) hat bei den bisherigen geomorphologischen Untersuchungen im nordwestlichen Namibia und südwestlichen Angola zu keiner übereinstimmenden Antwort geführt. Einigkeit herrscht lediglich darin, dass die Bildung der ältesten noch erhaltenen Reliefformen in die Zeit vor Beginn des Känozoikums zu stellen ist (Tab. 6).

MARTIN deutet in einer Reihe von Veröffentlichungen (u. a. 1950, 1953, 1969) das Tal des Kunene im Bereich des Rand-schwellenberglandes als permokarbones Trogtal und dessen rezent in Ausräumung befindliche Füllung als Tillit. Dementsprechend geht er von der Existenz eines prädwykazeitlichen Tals aus, das glazial überformt und (fluvio-)glazial verfüllt wurde. Er stützt seine Interpretation auf sedimentologische Analysen, die Beobachtung gekritzter Gesteinsoberflächen und die Existenz trogförmiger Talabschnitte. FRAKES, CROWELL (1970, S. 2270) schließen sich für die Abschnitte “for about 60 km downstream from Ruacana Falls and farther west, for about 25 km through Omomborombonga” MARTINS Deutung der Talfüllungen als Sedimente der Dwyka-Kaltzeit an und unterscheiden Moränen-, Mudflow- und fluviale Ablagerungen.

Mit den Ergebnissen von MARTIN verbindet sich für die vorliegende Untersuchung die Frage, ob (prä)dwykazeitliches Relief im Untersuchungsgebiet erhalten ist und ob (und in welchem Ausmaß) dieses die postriftzeitliche Reliefentwicklung beeinflusst hat. Dies ist vor allem für die Interpretation der Genese und die Ermittlung des Alters des Fluss- und Talnetzes von Bedeutung.

Während der sechziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts modifiziert MARTIN (1969) seine Interpretation durch die Annahme einer zeitweiligen Überdeckung des dwykazeitlichen Reliefs durch die Etendeka-Flutbasalte, wodurch er die von HÜSER et al. (1998) vertretene Vorstellung einer wesentlich durch den Wechsel von Plombierung und anschließender (partieller) Wiederaufdeckung bestimmten Reliefentwicklung be-

reits in Teilen vorwegnimmt. Die Autoren der letztgenannten Untersuchung weisen in Namibia für die Karoo-Zeit drei Phasen der Reliefplombierung aus: Zunächst durch permokarbonen glaziale/fluvioglaziale Sedimente, anschließend durch triassische Dünen(sand)steine und schließlich durch die jurassisch-kretazischen Flutbasalte. Sie weisen jedoch darauf hin, dass das genaue räumliche Ausmaß dieser Plombierung derzeit nicht sicher rekonstruiert werden kann. HÜSER et al. gelangen zu dem Fazit: „Alte Landschaftselemente sind immer wieder durch terrestrische Sedimentation verhüllt oder gar verschüttet worden, wurden jedoch durch Folgeprozesse der Abtragung wieder aufgedeckt“ (1998, S. 239, Tab. 1), wobei sie – terminologisch nicht völlig konsequent – die Flutbasalte zur terrestrischen Sedimentation rechnen. Zur Wiederaufdeckung proterozoischer Landschaften im S Namibias vgl. STENGEL (2002).

Aus den Befunden zur karoozeitlichen Sedimentation und der darauf folgenden partiellen Exhumierung ergibt sich die Frage nach der Rolle von wieder aufgedecktem Altrelief bei der Herausbildung der heutigen Landschaften.

ABEL (1954/55, 1956/59) schließt sich in seiner Gliederung und Datierung der Flächenstockwerke des Kaokolandes an die von JESSEN (1938) für Angola vorgelegten Ergebnisse an, hält jedoch für das älteste Niveau – im Gegensatz zu JESSEN – auch ein präkaroozeitliches Alter für denkbar. Bezüglich der genetischen Interpretation der von MARTIN als Tillite eingeordneten Ablagerungen meldet er Zweifel an (vgl. Kap. 2.2) und äußert – ebenso wie BRUNOTTE, SPÖNEMANN (1997) – Bedenken, „ob die Tillite noch an der primären Lagerstätte liegen“ (1956/59, S. 173).

FEIO (1981) stellt die ältesten Flächenniveaus des südwestlichen Angola anhand der Auswertung von ihm als korrelat interpretierter Sedimente der angolanischen Küstenabdachung bei Moçamedes (heute: Namibe) in die mittlere bis obere Kreidezeit. Die von MARTIN (1950) als dwykazeitlich ausgewiesenen Trogtalabschnitte am Kunene deutet er im Falle des Gebietes zwischen Baynesbergen und Serra Techamalinde sowie von Ruacana bis Ecuma als geologische Gräben und zieht MARTINS Deutung der Konglomerate im Kunenetal als glazigene Sedimente in Zweifel.

Wohl aufgrund des weitgehenden Fehlens etjozeitlicher Sandsteine und der bis heute erst in den Grundzügen bekannten Ausdehnung etendekazeitlicher Vulkanite in SW-Angola (vgl.

**Tab. 6:** Ältestes, von unterschiedlichen Bearbeitern ausgewiesenes Relief im nordwestlichen Namibia und südwestlichen Angola.

Bearbeiter	Arbeitsgebiet	ältestes Relief und Alterseinordnung
MARTIN (ab 1950)	Kaokoland	prä-dwykazeitliche Täler
ABEL (ab 1954/55)	Kaokoland	(prä?)-karoozeitliches ältestes Flächenniveau
FEIO (ab 1964)	SW-Angola	Haupttrumpffläche der mittleren bis oberen Kreide (evtl. bis Eozän?), evtl. lokal ältere Inselberge und Inselgebirge
BRUNOTTE, SPÖNEMANN (1997)	Kaokoland	prä-riftzeitliches ältestes Flächenniveau
HÜSER et al. (1998)	Namibia	durch karoozeitliche Sedimentation begrabenes und später wieder exhumiertes Relief

ALBERTI et al. 1992, 1999; MARZOLI et al. 1999) diskutiert FEIO die Frage einer karoozeitlichen Reliefverschüttung nicht.

Aus den Untersuchungen ABELS und FEIOS ergibt sich die Frage nach dem Alter der Flächen und danach, ob die ältesten Flächenreste auch zugleich die ältesten erhaltenen Reliefformen sind.

BRUNOTTE, SPÖNEMANN (1997) verbinden die Abfolge der tektonischen Prozesse beim Zerfall Gondwanas und der damit verbundenen Bildung des Atlantiks mit der Entwicklung des Stockwerkbaus. Das älteste von ihnen ausgewiesene Flächenstockwerk ist nach ihren Untersuchungen bereits präriktzeitlich angelegt worden.

Hierdurch rückt die Frage nach dem Einfluss lokaler und globaler Tektonik auf die Reliefentwicklung in den Mittelpunkt, deren Beantwortung spätestens seit den Untersuchungen von MAACK (1963, 1969) und MARTIN (1968, 1973) plattentektonische Aspekte zu berücksichtigen hat.

#### 4.1.2 Eigene Befunde

Die Form, der Verlauf und die Genese der im Ruacanagraben ausgebildeten Talung, der Erhalt dwykazeitlicher Sedimente, die Konfiguration des Gewässernetzes sowie Versuche, das karoozeitliche Relief zu rekonstruieren, sprechen gegen den durch MARTIN angenommenen Erhalt eines (prä)dwykazeitlichen Tals. Sie lassen sich jedoch gut mit FEIOS Vorstellung eines tektonischen Grabens vereinbaren:

Geländebeobachtungen und Luftbildauswertungen zeigen, dass die Grenze zwischen den dwykazeitlichen Gesteinen und dem Basement geradlinig und ohne Ausbuchtungen ausgebildet ist. Richtungsänderungen dieser Grenze verlaufen nicht abgerundet sondern winklig, Einmündungen dwykazeitlicher Nebentäler mit Tillitfüllungen sind nicht zu erkennen, auch führt der Gesteinswechsel vom Epupa Metamorphic Complex zu den Anorthositen zu keinem Wechsel des Grundrisses der Talung.

Die Annahme der Existenz eines Grabens wird auch gestützt durch eine von FEIO (1981, hierin Photo 14) beobachtete Randverwerfung sowie den Übergang der Talung nach NW in eine Störungszone mit bajonettartig versetzten Verwerfungen (BRUNOTTE et al. 2000). Ob die im Rahmen einer gemeinsamen Geländebegehung durch S. Brandt (Graduiertenkolleg Würzburg, mündliche Mitteilung 1999) SE von Swartbooisdrif beobachtete Mylonitisierung des sauren Basements ein Hinweis auf die Grabenbildung ist oder noch älteren tektonischen Ereignissen entspricht, ist noch offen.

Bereits MARTIN (1969) war die leichte Ausräumbarkeit der dwykazeitlichen Gesteine bekannt. Sie wird vor allem in dem Abschnitt des Ruacanagraben deutlich, der nicht vom Kunene durchflossen wird, denn auch hier ist eine partielle Ausräumung des Tillits bis auf das Niveau des benachbarten Kunenetals erfolgt. Lediglich einige Restberge und gestaffelte Terrassenfragmente am Grabenrand blieben von der Abtragung ausgespart (Bild 19). Ein völlig anderer Formenschatz ist demgegenüber im schlechter ausräumbaren Basement ausgebildet: So fließt der Kunene bei dem in Kapitel 3.4 beschriebenen Ausbruch aus dem Graben südöstlich von Swartbooisdrif in einem engen Kerbtal mit Stromschnellen (Bild 18). Ein ähnliches Bild ergibt sich östlich des Untersuchungsgebietes bei Ruacana Falls: Trotz der beträchtlichen Reliefenergie (Höhe der Fälle: ca. 120 m) hat sich der Kunene nur ca. 1 km in das Basement zurückgeschnitten. Zusammen mit den in Kapitel 4.3 vorgelegten Ergebnissen zur Talentwicklung des Kunene ergibt sich aus diesen Beobachtungen eine Deutung der Reliefgenese, die derjenigen

von MARTIN entgegengesetzt ist: Die mit dwykazeitlichen Sedimenten gefüllte Talung ist nicht der paläozoische Vorläufer des heutigen Kunenetals, sondern die tektonische Versenkung leicht ausräumbarer Sedimente hat zum einen bewirkt, dass diese Sedimente heute überhaupt noch erhalten sind; abseits des Kunene fehlen sie im gesamten nördlichen Kaokoland und südlichen Angola. Zum anderen hat die Grabenbildung dazu geführt, dass für die Einschneidung des Kunene eine tektonische Leitlinie vorgegeben war, welcher der Fluss heute abschnittsweise folgt.

Dwykazeitliche Ablagerungen am Kunene sind von zwei Orten bekannt: Einerseits vom Ruacanagraben, andererseits vom Kunenetal oberhalb von Otjimbombonga (welches FEIO (1970) ebenfalls als Graben deutet). Zwischen diesen beiden Gebieten fehlt auf einer Strecke von ca. 100 km jeder Hinweis auf eine Vergletscherung, so ist hier – wie bereits FEIO (1981) bemerkte – keine Trogtalform entwickelt. Für die Annahme, dass es in diesem Talabschnitt jemals dwykazeitliche Sedimente gegeben hat, die später ausgeräumt wurden – wie FRANKES, CROWELL (1970) es annehmen – gibt es keine Belege, die Form des Tals (vor allem das Talquerprofil) spricht eher gegen eine glaziale Formung. Dieser Wechsel von glazigen geprägtem Relief mit solchem, das keine Spuren dwykazeitlicher Formung aufweist, kann durch die Annahme der Einschaltung von Gräben in den Talverlauf problemlos erklärt werden.

Die Annahme einer tektonischen Versenkung karoozeitlicher Ablagerungen erübrigt auch Überlegungen über das dwykazeitliche Relief jenseits des Grabens: Die von MARTIN (1976, S. 170) postulierten Höhenunterschiede von zum Teil über 1.200 m zwischen dem Talboden und dessen Umgebung sind dann nicht mehr zwingend. Das dwykazeitliche Relief kann viel weniger akzentuiert gewesen sein.

Beispiele für den Erhalt karoozeitlicher Sedimente in Gräben sind sowohl aus dem Kaokoland als auch aus anderen Teilen des südlichen Afrika bekannt:

- Bereits STAHL (1932) und ABEL (1954/55) haben den Erhalt der Karooesteine bei Orupembe im nordwestlichen Kaokoland auf die Existenz eines Grabens zurückgeführt.
- BRUNOTTE, SPÖNEMANN (1997) wiesen auf die neotektonische Verstellung dwykazeitlicher Ablagerungen im südlichen Kaokoland hin.
- KREUSER (1994) hat Detailuntersuchungen zu Gräben mit karoozeitlicher Füllung aus dem östlichen und südlichen Afrika vorgelegt.

Auf der Grundlage dieser Argumente lässt sich im Hinblick auf die Bedeutung (prä)dwykazeitlicher Formen für die heutige Gestalt der Oberfläche feststellen: Im Untersuchungsgebiet ist derartiges Relief nur an der Grenze der Tillite gegen das Basement erhalten, für die heutige Reliefgestalt ist es bedeutungslos. Der lokale Erhalt tektonisch versenkter dwykazeitlicher Sedimente dürfte jedoch die spätere Ausbildung des Kunenelaufs beeinflussen haben.

Akzeptiert man neben dem Ruacanagraben auch die von FEIO (1981) vorgeschlagene Deutung des Kunenetals im Gebiet zwischen den Baynesbergen und der Serra Techamalinde als tektonischer Graben, so löst diese Annahme auch ein Problem, das bei der Diskussion um die Laufentwicklung des Kunene bislang kaum beachtet wurde: Der Kunene quert die Randschwelle ausgerechnet an einer Stelle, an der mit den Baynesbergen und der Serra Techamalinde (Abb. 3) zwischen dem Brandberg (ca. 450 km südsüdöstlich, vgl. Abb. 1) und der Chela (ca. 200 km nördlich, vgl. Abb. 1) das höchstgelegene Altrelief erhalten geblieben ist. Bei der Annahme einer epigenetischen oder ante-

zedenten Talbildung, welche von tektonisch abgesenkten Schollen beeinflusst wurde, stellt die Querung der Bergländer durch den Kunene kein Problem mehr dar (Kap. 4.3).

Für die in großen Teilen Namibias (u. a. im Südwesten des Kaokolandes) nachweisbare Reliefplombierung durch die Sandsteine der als vorwiegend triassisch angesehenen Etjo-Gruppe (vgl. u. a. HÜSER et al. 1998) gibt es weder im Untersuchungsgebiet noch im benachbarten südwestlichen Angola Belege. Die Verbreitung dieser Gesteine beschränkt sich im Kaokoland auf die Region der Tafelberge am Übergang von der Küstenabdachung zum Randschwellenbergländ, ca. 150 km südwestlich des Untersuchungsgebietes (*Geological Survey of Namibia* 1990). Aus dem Ovamboland (Abb. 1) ist im Rahmen von Bohrungen bislang lediglich ein kleines Vorkommen bei Nanzi, ca. 70 km SW von Oshakati (Abb. 1), bekannt geworden (HEGENBERGER 1992; MILLER 1992). Da BROWN et al. (2000) aufgrund eines dichten Netzes von Fission-Track-Analysen im Randschwellenbereich Namibias für den Zeitraum seit dem Zerbrechen Gondwanas eine tendenzielle Abnahme der Erosionsbeiträge von ca. 4 km an der Skelettküste auf unter 0,5 km am Übergang zur Hauptrumpffläche im Osten des Landes feststellten, kann eine solche Decke im Untersuchungsgebiet nicht sehr mächtig gewesen sein, falls sie je existierte.

Als nächste Zeitmarke für die Festlegung der Dauer der geomorphologischen Ära kommen die im Zusammenhang mit dem Zerbrechen Gondwanas stehenden jurassischen bis kretazischen Flutbasalte und Carbonatite in Frage (Kap. 2.2).

Die im Osten des Untersuchungsgebietes vorkommenden Doleritgänge können – analog zu den Doleritvorkommen in der Namib bei Swakopmund – als „Unterbau“ der vor ca. 130 Ma kretazisch gebildeten Flutbasaltdecken interpretiert werden, wie sie großflächig im nordwestlichen Damaraland und im südwestlichen Kaokoland (*Geological Survey of Namibia* 1990), jedoch auch unter Sedimenten der Kalahari-Sequenz im östlichen Ovamboland (HEGENBERGER 1992; MILLER 1992) festgestellt wurden. Das in Kapitel 2.2 angesprochene Datierungsproblem besteht darin, dass im südlichen Teil des Kaokolandes weitflächig Flutbasalte anstehen, deren Alter ca. 130 Ma beträgt, aus Angola jedoch neben gleich alten Doleriten auch solche von proterozoischem Alter bekannt sind. Die größere Nähe der Vorkommen des Untersuchungsgebietes zu denjenigen des südlichen Kaokolandes sowie die Tatsache, dass sie auch in großer Nähe zu tektonisch stark beanspruchten Damara-Gesteinen ungestört verlaufen, stützt die Einordnung in die ausgehende Karoo- bzw. beginnende Kreidezeit. Die von MARTIN (1969), HÜSER (1977) oder in dem Beitrag von HÜSER zu BESLER et al. (1994) für (Nordwest-)Namibia diskutierte großflächige Überdeckung durch Flutbasalte und deren weitgehende Ausräumung seit der Unterkreide ist demnach für das Untersuchungsgebiet wahrscheinlich. Da die Flutbasalte im nordöstlichen Kaokoland vollständig abgetragen wurden, ergibt sich eine Eingrenzung der geomorphologischen Ära auf die postbasaltische Zeit, d. h. den Zeitraum nach Beginn der Unterkreide. Damit muss ABELS (1954/55) Datierung der ältesten Niveaus als karoo- bzw. präkarozeitlich zurückgewiesen werden.

Zur Absicherung dieser Aussage ist das Problem zu lösen, ob bei der kretazischen und/oder känozoischen Ausräumung karoozeitlicher Schichten und Basaltdecken präbasaltisches Relief exhumiert wurde und bis heute erhalten blieb. Die – bis auf wenige Reste in Gräben oder Gängen – rückstandslose Entfernung karoozeitlicher Gesteine ohne Bildung korrelater Sedimente ist auch aus anderen Teilen Namibias bekannt und ließ HÜSER et al.

(1998) für den in Frage kommenden Zeitraum von Oberkreide und Alttertiär auf starken Lösungsabtrag unter feuchttropischen Bedingungen schließen. Diese Annahme ist jedoch – zumindest für das Untersuchungsgebiet – nicht in Einklang zu bringen mit der von denselben Autoren für Teile Namibias diskutierten Wiederaufdeckung präetendekzeitlichen Reliefs: Es ist wenig wahrscheinlich, dass eine derart intensive Verwitterung und Abtragung die Flutbasaltdecken zerstört, deren Auflagerungsfläche aber intakt gelassen hätte. Mindestens für das Gebiet des Anorthositkomplexes ist dies sicher auszuschließen, denn Basalt und Anorthosit weisen eine ähnliche mineralogische Zusammensetzung auf (hoher Anteil von calciumreichen Feldspäten, je nach Variante unterschiedliche Anteile an Pyroxenen, Olivinen und Erzmineralen), so dass bei einer chemischen Verwitterung und vollständigen Abtragung des Basalts auch der Anorthosit stark zersetzt und damit für die Abtragung aufbereitet worden wäre. Da mir aus keinem Teil des nordöstlichen und zentralen Kaokolandes Regolithdecken bekannt sind, die durch intensive chemische Verwitterung gekennzeichnet werden, halte ich die Existenz exhumierten präkretazischen Reliefs im Untersuchungsgebiet für unwahrscheinlich.

Der Beginn der geomorphologischen Ära reicht also nicht über die Kreidezeit hinaus, so dass die Rekonstruktion der ältesten Reliefentwicklung nicht aus der Verbreitung karoozeitlicher Gesteine abzuleiten ist, sondern aus der Analyse des Stockwerkbbaus (Kap. 4.2) und der Untersuchung des Gewässernetzes (Kap. 4.3) erschlossen werden muss.

## 4.2 Stockwerkbau

Das Kapitel beschränkt sich weitestgehend auf die Darstellung der Stockwerkgliederung selbst. Die damit verbundenen Fragen zu den Bildungsmechanismen und -bedingungen von Flächen (und den sich an sie anschließenden Hängen) können erst geklärt werden, nachdem die Befunde zu den Besonderheiten der Gewässernetzgenese, zu den Einflüssen unterschiedlicher „Verwitterungsstile“ der anstehenden Gesteine auf die Reliefentwicklung und zur Bedeutung tektonischer Vorgänge dargelegt worden sind. Die Diskussion der Flächengenese erfolgt daher erst in Kapitel 4.6.

### 4.2.1 Terminologie

Die Benennung der Flächenniveaus lehnt sich an die Terminologie von BRUNOTTE und SPÖNEMANN (BRUNOTTE, SPÖNEMANN 1997; SPÖNEMANN, BRUNOTTE 1989, 1993) an. Die in ca. 1.250–1.375 m ü. M. ausgebildete Hauptrumpffläche (im Folgenden als HR abgekürzt) dient hierbei als Referenzniveau. Sie ist zwar im Untersuchungsgebiet nur fragmentarisch erhalten, in den unmittelbar östlich und südlich angrenzenden Landschaften jedoch so großflächig ausgebildet, dass die Bezugnahme auf ihr Niveau unproblematisch ist. Darüber hinaus wird die Hauptrumpffläche von allen Bearbeitern der Geomorphologie Nordwestnamibias oder Südwestangolas ausgewiesen, so dass von diesem Niveau ausgehend eine Verknüpfung der in meiner Arbeit erzielten Ergebnisse mit der bisherigen Forschung möglich ist. Von der Hauptrumpffläche ausgehend werden jeweils die jüngeren und älteren großflächig erhaltenen Stockwerke abgezählt und dementsprechend als präHR- oder postHR-Niveaus bezeichnet. Nur lokal entwickelte, zwischen HR und postHR1 ausgebildete Verebnungen werden im Folgenden als Zwischen-niveaus bezeichnet (Bild 20, Tab. 7).

**Bild 20:**

Blick von SSE auf die Omuhonga/Omuna. Zu erkennen sind vier Niveaus des Stockwerkbaus. Der Omuhonga-Rücken (links im Hintergrund) gehört dem präHR-Stockwerk an, die Omuna-Hochfläche (im Mittelgrund rechts) stellt ein Fragment der HR dar; die Verebnung im linken Vordergrund ist als Bestandteil der Okangwati-Fläche zum postHR-Niveau zu rechnen. Die Aufnahme erfolgte von einem Hügel, der sich im rechten Bildvordergrund fortsetzt und zu den ‚Zwischenniveaus‘ zu zählen ist, die im Untersuchungsgebiet nur lokal in Höhenlagen zwischen dem HR- und postHR-Niveau erhalten sind.



**Tab. 7:** Übersicht der im Untersuchungsgebiet auftretenden Flächenniveaus. Unter dem Begriff ‚präHR‘ sind mehrere schwer miteinander zu korrelierende alte Niveaus zusammengefasst.

Eigenschaften	Benennung in Anlehnung an SPÖNEMANN, BRUNOTTE (1989, 1993), BRUNOTTE, SPÖNEMANN (1997)
älteste, höchstgelegene Niveaus	präHR
Referenzniveau	Haupttrumpffläche (HR)
nur lokal ausgebildet	Zwischenniveaus
	postHR1
jüngstes Niveau*	postHR2

\* annähernd in der Höhenlage des regionalen Vorfluters

Quelle: Eigener Entwurf.

Einen Sonderfall unter den Verebnungen – sowohl hinsichtlich der Genese als auch der Altersstellung – bilden die Beckenböden der Zebraberge. Sie sind nur sehr eingeschränkt mit den übrigen Niveaus zu parallelisieren, so dass ihre Stellung im System der Flächen in Kapitel 4.2.5 gesondert diskutiert werden muss.

#### 4.2.2 Stand der Forschung

Zur Stockwerkgliederung des Kaokolandes und des unmittelbar angrenzenden Südwestangola liegen mit den Studien von ABEL (1954/55, 1956/59), FEIO (1964, 1981), BRUNOTTE, SPÖNEMANN (1997) nur drei Arbeiten vor, die sich auf Geländebeobachtungen stützen.

Da die Untersuchungen von ABEL (1954/55) sowie BRUNOTTE, SPÖNEMANN (1997) ihre räumlichen Schwerpunkte im zentralen und südlichen Kaokoland, die Arbeiten von FEIO (1964, 1981) in Angola haben, ist der Stockwerkbau des nordöstlichen Kaokolandes bislang nur sehr unvollständig bekannt. Kartographische Darstellungen der Ausdehnung der Flächenniveaus, die das Untersuchungsgebiet berücksichtigen, legte bislang lediglich ABEL (1954/55, ergänzt 1956/59) vor. Diese – für andere Teile des nordwestlichen Namibia vorbildlichen – Karten enthalten aufgrund der nur randlichen Bereisung und des damaligen Mangels an zuverlässigen, großmaßstäbigen topographischen Karten bei der Darstellung des nordöstlichen Kaokoveldes jedoch Ungenauigkeiten und Fehler, die vor allem die

Region der Zebraberge und der Flächen- und Rückenländer betreffen.

##### 4.2.2.1 Stockwerkgliederung und Alter der Flächen

ABEL kartiert 1954/55 und 1956/59 ein Niveau aus, das älter als die HR (von ihm als Hauptflächenniveau bezeichnet) ist. Drei Niveaus, die er zum Teil weiter untergliedert, sind dem postHR-Relief zuzuordnen.

Bereits 1954/55 weist ABEL auf die ungewöhnlich stark differenzierte Stockwerkgliederung der Rückseite der Randschwelle im nördlichen Kaokoland hin und korreliert deren intramontane postHR-Flächen mit Niveaus der Vorderseite der Randschwelle. Die von ABEL festgestellte Verbreitung der verschiedenen Stockwerke ist in Tabelle 8 zusammengefasst.

FEIO (1964) weist als einziger der Bearbeiter kein Flächenstockwerk aus, das älter ist als die von ihm als „Planalto Principal“ bezeichnete HR. Bergländer und Hochflächen, welche die HR überragen, deutet er als ehemalige Bestandteile des Planalto Principal, die im Eozän herausgehoben wurden. Westlich der Randstufe kartiert er zwei Niveaus, die jünger als die HR sind sowie eine Flexurfläche, die einem abgebogenen Teil der HR entsprechen soll.

Erst in seiner Arbeit von 1981 kartiert er als „relevos residuais“ bezeichnete kleinere Bergländer aus, von denen einige der HR aufsitzen und somit als präHR-Relief zu werten sind. Die zeitliche Einordnung dieses „Residualreliefs“ ist jedoch nicht immer eindeutig, da der Begriff von FEIO genetisch (im Sinne von Relief, das nicht in die Flächenbildung des jeweiligen Umlandes einbezogen wurde) und nicht chronologisch (im Sinne der Zuordnung zu einem durch sein Alter definierten Reliefstockwerk) verwandt wird. Dies gilt z. B. in der unmittelbaren Fortsetzung des Untersuchungsgebietes für die zum Residualrelief gezählte Serra do Nhande, welche die Fortsetzung der bereits erwähnten herauspräparierten Doleritgänge auf angolaischem Gebiet ist. Sie erreicht maximale Höhen von 1.314 bzw. 1.246 m ü. M., was ungefähr dem Niveau der Haupttrumpffläche im nördlichen Kaokoland entspricht.

Die unmittelbar an das Untersuchungsgebiet grenzende Fläche von Chitado interpretiert FEIO (1981) als ungleichmäßig abgesunkenen Teil der HR („a peneplain fragment unequally subsided“, FEIO 1981, S. 316).

BRUNOTTE, SPÖNEMANN (1997) erkennen im Kaokoland drei präHR-Stockwerke. Sie machen keine Angaben über die

**Tab. 8:** Verbreitung von Flächenstockwerken im Untersuchungsgebiet nach den Angaben von ABEL (vgl. die Übersichtskarte in ABEL (1954/55, Anhang) und die tabellarische Darstellung in ABEL (1956/59, S. 182)). Die zur letztgenannten Arbeit gehörige Übersichtskarte steht im Hinblick auf die Verbreitung der Niveaus II und III zum Teil im Widerspruch zu den Angaben des Textes und wurde hier deshalb nicht berücksichtigt.

Niveau	Verbreitung im Untersuchungsgebiet
V Gipfelniveau (1.800 m ü. M.)	Omuhonga sowie höchste Teile der Baynesberge, der Zebraberger und des Berglands von Ehomba
IV Hauptflächenniveau (1.400 m ü. M.)	westlichster Teil der Okangwatifläche sowie Teile der Baynesberge, der Zebraberger, von Ehomba und Omuna
III breitflächig entwickeltes 1.250 m-Terrassenniveau	südwestlicher und südlicher Teil der Okangwatifläche und westlicher Teil der Oheuvafläche
II <sub>3</sub> intramontanes 1.050 m-Niveau	der weitaus größte Teil der Okangwatifläche sowie ein großer Teil des Gebietes nördlich der Zebraberger
II <sub>2</sub>	Hochböden des Kunenetales unterhalb von Swartbooisdrif
II <sub>1</sub>	Kuneniterrassen oberhalb und bei Swartbooisdrif
I	Kuneniterrassen unterhalb Swartbooisdrif

Anzahl der postHR-Niveaus. Im südlich angrenzenden Damara-land (Abb. 1) konnten sie in einer früheren Arbeit (SPÖNEMANN, BRUNOTTE 1989) zwei postHR-Niveaus nachweisen.

In Anbetracht der bekannten Schwierigkeiten, den Bildungszeitraum von Abtragungsflächen zu ermitteln, ist es bemerkenswert, dass alle Autoren eine Alterseinordnung der Niveaus vornehmen.

ABEL (1956/59) schließt sich auch im Hinblick an die Datierung weitgehend an die von JESSEN (1936) für das südliche Angola erzielten Ergebnisse an, welche auf Auswertung der Zusammenhänge zwischen Flächenbildungsphasen und der kontinentalen Sedimentation (Lunda- und Lualabala-Schichten) sowie der Bildung der teilweise marinen Ablagerungen an der Küste bei Moçamedes und der Bildung von Vulkaniten beruhen (Tab. 9).

FEIO (1964, 1981) datiert die Flächen mit Hilfe der als korrelat interpretierten kretazischen und känozoischen Sedimente aus dem Küstenbereich von Moçamedes (Abb. 1). Die Bildung der HR soll demnach bereits im Maastricht weitgehend abgeschlossen gewesen sein, die beiden jüngeren Stockwerke in Küstennähe ordnet er dem Miozän bzw. Pliozän zu.

SPÖNEMANN, BRUNOTTE (1989) stellen anhand von datierbaren Sedimenten, Vulkaniten, Krusten und Schelfsedimenten *termini post* bzw. *ante quem* für die Einordnung von Flächenstockwerken des Damara-landes zusammen und kommen zu der in Tabelle 10 wiedergegebenen Einteilung.

1997 wiesen BRUNOTTE, SPÖNEMANN am Brandberg (Abb. 1) zusätzlich ein präHR3-Niveau aus, das sie auch für die Baynes- und Zebraberger annehmen. Sie ordnen es dem Gondwana-Relief und somit einer präifritzeitlichen Genese zu.

Aus einer jüngeren Arbeit SPÖNEMANNs (2000, hierin Abb. 2), in welcher er eine Synthese der *termini post* und *ante quem* der Rumpfflächenbildung, der vulkanischen Episoden und der Gliederung der Schelfsedimente des südwestlichen Afrika vornimmt, gehen für die jüngsten Flächenstockwerke höhere Alter hervor, als in dem gemeinsamen Aufsatz mit BRUNOTTE angegeben. Auch SPÖNEMANN bezieht sich bei der Flächengliederung auf die Haupttrumpffläche, die er in seiner Arbeit – wohl in Anlehnung an KING (1967) – als African Surface (= AS) bezeichnet. Die preAS2 (sie entspricht der präHR2) ist hier mit einem Alter um 100 Ma verzeichnet, die preAS1 (entspricht präHR1) soll ca. 70 Ma, die AS (= HR) ca. 50 Ma alt sein. Für

**Tab. 9:** Alter von Flächenstockwerken nach ABEL (1956/59).

Niveau	Alter
V	Präkaroo oder Karoo*
IV	mittlerer und oberer Jura, untere Kreide
III	mittlere Kreide
II	obere Kreide, älteres Tertiär
I	jüngeres Tertiär**

\* JESSEN (1936) ordnet das Niveau V als karoozeitlich ein  
\*\* außerhalb meines Untersuchungsgebietes auch Quartär

**Tab. 10:** Von SPÖNEMANN, BRUNOTTE (1989) für das Damara-land ausgewiesene Niveaus und deren Alter.

Niveau	Alter
präHR2	post-Karoo
präHR1	Oberkreide
HR	Eozän bis Oligozän
postHR1	Pliozän
postHR2	Quartär

die beiden postAS-Flächen (= post HR) ergeben sich Alter von ca. 20–30 bzw. <10 Ma. Im Text erwähnt SPÖNEMANN noch die Existenz eines nur an wenigen Orten erhaltenen preAS3-Niveaus, das mit einer spätjurassischen Diskordanz in den Schelfsedimenten korrespondieren soll.

#### 4.2.2.2 Flächenstockwerke und Tektonik

Die Untersuchungen von ABEL und FEIO fallen in die Zeit vor Entwicklung des Konzepts der Plattentektonik, jedoch gehen auch im Fall späterer Publikationen dieser Autoren (z. B. FEIO 1981) plattentektonische Vorstellungen nicht in die Deutung der Reliefgenese ein.

ABEL (1954/55) diskutiert eine intermittierende, räumlich differenzierte Aufwölbung der Randschwelle, die evtl. zeitgleich mit der epirogenetischen Hebung des Subkontinents stattgefunden haben soll. 1956/59 (S. 259) konkretisiert er sein Konzept durch die Annahme einer langsamen Aufschwellung des Hochlandkörpers, der ein beschleunigter, etappenweiser



# PASSAUER SCHRIFTEN ZUR GEOGRAPHIE

## Zusammenfassung

HERAUSGEGEBEN VON

Ziel der Arbeit war es, die Reliefgenese des nordöstlichen Kaokolandes seit Beginn der geomorphologischen Ära zu rekonstruieren.

Ausgehend von einer Erarbeitung des Musters der räumlichen Verteilung des Formenschatzes sowie der Verwitterungs- und Sedimentdecken und der Klärung des Stockwerkbaus wurden im Hinblick auf die Reliefgenese folgende Ergebnisse erzielt (vgl. Tab. 17):

Hinweise auf karoozeitliche Reliefentwicklung beschränken sich im Untersuchungsgebiet auf die dwykazeitlichen Tillite im Ruacanagraben und die mutmaßlich etendekazeitlichen Dolerite und Carbonatite. Im Gegensatz zu den Annahmen MARTINS (ab 1950) folgt der Kunenelauf keinem prädwykazeitlich angelegten Tal, das in der Dwykakaltzeit glazial überprägt und mit Moränenschutt gefüllt wurde. Er orientiert sich stattdessen über weite Strecken an der Ausraumzone dwykazeitlicher Sedimente, welche in einem tektonischen Graben (FEIO 1981) bis in die Gegenwart erhalten blieben. Sollte im Untersuchungsgebiet Relief aus der Dwykakaltzeit erhalten sein, so beschränkt es sich auf den Kontakt der Tillite mit dem unterlagernden Basement. Für die heutige Reliefgestalt ist es bedeutungslos.

Vulkanische Prozesse, die in die Jura- und/oder Kreidezeit einzuordnen sind und wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Zerfall Gondwanas stehen, werden durch Doleritgänge im Osten der Zebraberger (Serra do Nhande) und im südlichen Flächen- und Rückenland sowie durch den Carbonatit von Lupongola belegt. Sie stellen erodierte Stümpfe ehemaliger, inzwischen vollständig abgetragener Vulkanbauten dar: Im Gegensatz zum südlichen und westlichen Kaokoland fehlen Flutbasaltdecken. Geht man mit HÜSER et al. (1998, S. 239) für den Zeitraum von der oberen Kreide und bis zum Jungtertiär von einer chemischen Abtragung (intensive Verwitterung und Lösungsabtrag) der Vulkanite unter feuchttropischen Bedingungen aus, so ist der Erhalt wiederaufgedeckten präetendekazeitlichen Reliefs unwahrscheinlich und für das Anorthositgebiet aufgrund der geringen Resistenz des anstehenden Anorthosits gegen chemische Verwitterung auszuschließen.

Die ältesten erhaltenen Reliefformen sind demnach in die postvulkanische Zeit zu stellen und somit maximal kreidezeitlichen Alters.

Für die Phase der ältesten Reliefentwicklung sind vier Erscheinungen von Bedeutung, deren zeitliche Zuordnung zu einander nicht immer sicher rekonstruierbar ist:

1. Die einzigen erhaltenen Formen dieser Zeit sind die Flächen der präHR-Niveaus. Sie sind nur sehr fragmentarisch erhalten, so dass im Untersuchungsgebiet eine Anordnung von Stockwerken zwar erkennbar, eine Zuweisung zu unterschiedlichen präHR-Niveaus im Sinne von BRUNOTTE, SPÖNEMANN (1997) jedoch problematisch ist.
2. Ebenfalls in den Zeitraum vor der Anlage der HR fällt die Entwicklung von Laufabschnitten der größeren Flüsse und der damit verbundenen Durchbruchstäler. Da die Bedeutung rückschreitender Erosion für die Genese der Durchbruchabschnitte

zum mindest im Gebiet mit dunklem Anorthosit gering war, muss davon ausgegangen werden, dass diese Abschnitte auf einer Fläche angelegt und von dieser ‚vererbt‘ wurden. Die Fläche selbst kann als Rumpffläche oder aber als heute nicht mehr rekonstruierbare Überdeckung (etwa durch Flutbasalte) ausgebildet gewesen sein. Zum mindest im letzteren Fall wäre das Flussnetz in Teilen älter als die ältesten erhaltenen Flächen.

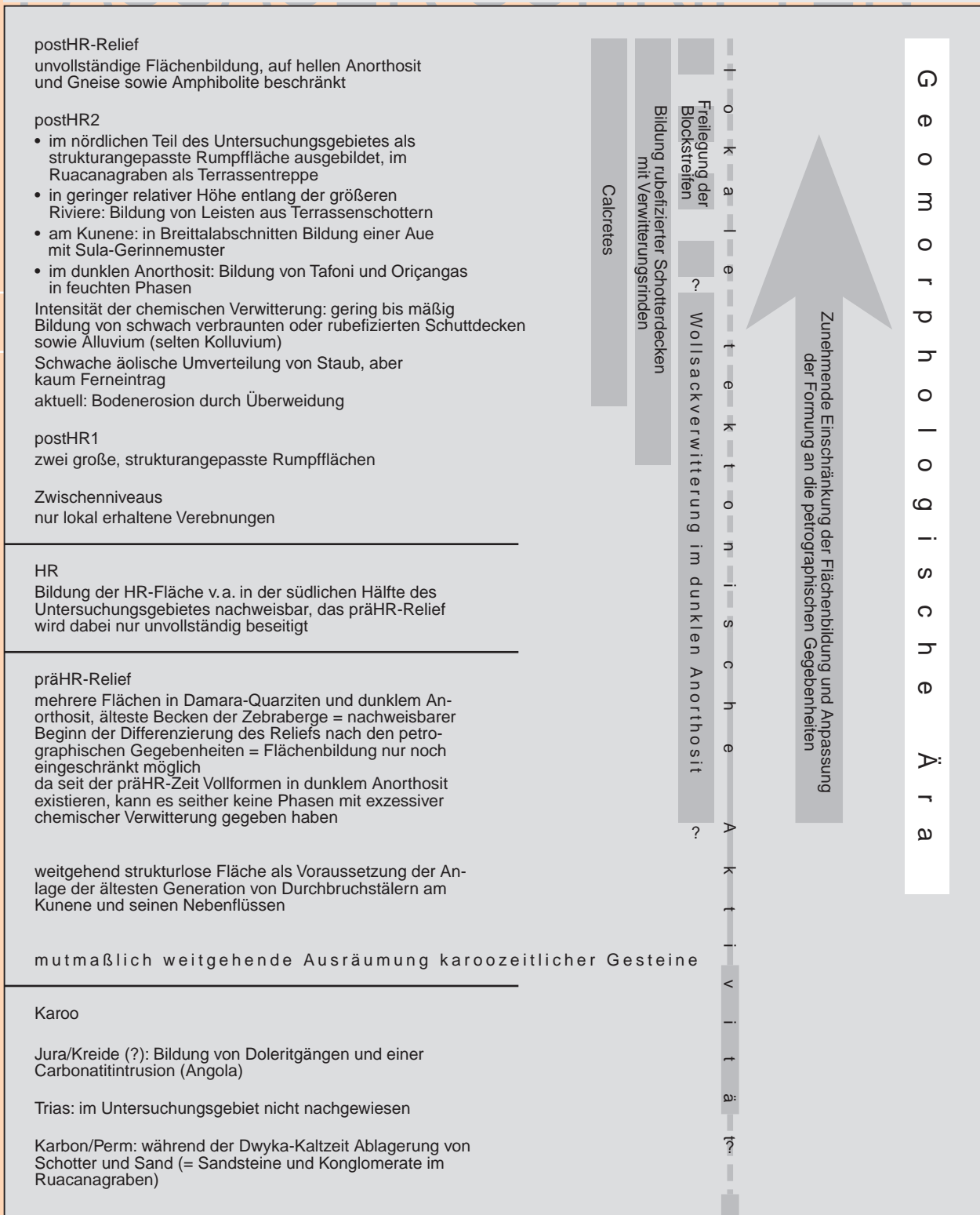
3. Zeitlich nur ungenau einzuordnen ist die Bildung von Verwerfungen. Der Lauf des Otjtanga ist an Verwerfungen orientiert, die älter sind als die HR, deren Höchstalter aber nicht sicher zu bestimmen ist. Im Falle des Durchbruchs des Kunene durch die Zebraberger und die Serra do Nhande ist das Alter der Verwerfungen nach dem Alter der Dolerite und dem Alter des zerschnittenen Reliefs als post-etendekazeitlich einzugrenzen, das Mindestalter dieser Verwerfung reicht wahrscheinlich in den Zeitraum vor Bildung der HR. Dieses Mindestalter dürfte auch für den diese Verwerfungen nach SE fortsetzenden Ruacanagraben anzunehmen sein. Im Falle der tektonisch abgesenkten Scholle am Übergang der Baynesberge zum Kunenebergland ist die Verstellung spätestens vor der Bildung des postHR1-Niveaus erfolgt, wahrscheinlich jedoch schon früher.
4. Bereits während der Bildung des präHR-Reliefs spielt sich ein Vorgang ab, der in der Folgezeit für die Reliefgenese von entscheidender Bedeutung ist: Finden sich für die Erstanlage des Flussnetzes noch keine Anzeichen einer petrographisch differenzierten Reliefentwicklung, so wächst spätestens seit dem Übergang von der präHR- zur HR-Zeit der Einfluss des Gesteins auf die Formung der Landschaft. Da sich hierbei neben dem Quarzit auch dunkler Anorthosit als verwitterungs- und abtragungsresistent erweist, kann seit dieser Zeit keine lang andauernde vollhumide Phase mit exzessiver chemischer Verwitterung mehr existiert haben. Da für die bis zur Entstehung des postHR2-Niveaus nachweisbare Blockbildung im dunklen Anorthosit und einigen anderen Gesteinen des Basements, für die Bildung von Tafoni und für die Entstehung von Vertisolen die heutigen klimatischen Bedingungen nicht ausreichen, diese Verwitterungsbildungen statt dessen sämtlich Anzeichen von Überprägungen aufweisen, ist es jedoch wahrscheinlich, dass es auch in der postHR-Zeit Phasen gegeben hat, in denen es etwas feuchter war als heute.

Voraussetzung der Bildung der bereits in der präHR-Phase ansatzweise erkennbaren und in der Folgezeit immer deutlicher hervortretenden Niveaugliederung des Reliefs sind Hebungsvorgänge im Rahmen der Herausbildung der Randschwelle. Diese Hebungsvorgänge sind – wie BRUNOTTE, SPÖNEMANN (1997) so wie SPÖNEMANN (2000) annehmen, phasenhaft erfolgt.

Wie BREMER (1999, S. 63ff.) zeigte, können Hebungsvorgänge zu einer unvollständigen Tieferlegung von Flachrelief und somit zur Bildung intramontaner Becken führen, wie sie im Kaokoland seit den Untersuchungen von ABEL (1954/55) bekannt sind und in einer besonderen Variante im Gebiet der Zebraberger vorkommen. Im nordöstlichen Kaokoland beschränkt

# DASSAUER STUDIEN

Tab. 17: Grundzüge der Reliefentwicklung im nordöstlichen Kaokoland.



Quelle: Eigener Entwurf.

sich die Flächentieferlegung auf wenig resistente Gesteine: Vor allem Gebiete mit anstehendem Quarzit und dunklem Anorthosit wurden bei der Bildung der beiden postHR-Niveaus ausgespart. Das bereits seit der ausgehenden präHR-Zeit in Ansätzen vorhandene Becken- und Rückenrelief im Gebiet der Zebraberge wird seit dem – mit seinen in Kapitel 4 dargestellten Eigengesetzlichkeiten bei der Tal- und Flächenbildung – herausmodelliert.

Spätestens mit dem Übergang von der präHR- zur HR-Zeit trennt sich auch die geomorphologische Entwicklung von nordöstlichem Kaokoland und dem östlich benachbarten Ovamboland:

- Während im Ovamboland präHR-Relief höchstens punktuell erhalten ist, baut es einen großen Teil des Randschwellenbergländes im Kaokoland und ca. 10% des Untersuchungsgebietes auf.

- Das Ovamboland entwickelte sich im Gegensatz zum Kaokoveld zu einem durch Teilbecken gegliederten tektonischen Senkungsgebiet (vgl. EITEL 1996) das großflächig unter Sedimenten der Kalahari-Sequenz begraben wurde.
- Wegen der Ausrichtung des Gewässernetzes auf den Atlantik konnten durch die Hebung der Randschwelle gegebene Abtragungsimpulse zur Randschwellenrückseite vordringen, so dass hier auch nach der Phase der Bildung der HR die Tieferhaltung weitergehen konnte. Dieser Prozess unterbrach die fluviale Sedimentzufuhr ins Ovamboland zumindest regional. Lediglich im Wasserscheidenbereich von Kunene und Hoarusib bzw. Khumib, d. h. im Gebiet der Steilrandberge springen Reste der HR weit westwärts vor. Das hydrologisch auf die Etoschapfanne ausgerichtete Ovamboland hingegen erfuhr keine weitere Tieferlegung. Hier blieb die HR die ausge dehnteste Landform.

Die Mechanismen der Hang- und Flächengenese sind auf kleinem Raum stark differenziert: Hänge im dunklen Anorthosit zeigen eine große Stabilität, die durch eine große Zahl ineinander verschachtelter Kleinformen und eine geringe Zerschneidung zu belegen ist. Lediglich das Feinmaterial zwischen den sehr langsam zerfallenden, i. d. R. lagestabilen Blöcken wurde partiell ausgespült, was im Fall vorangegangener divergierender Verwitterung zu einem Blockstreifenmuster führte. Ganz anders sind die Hänge dort entwickelt, wo sich das Basement des Epupa Metamorphic Complex und die Quarzite des Damara-Systems begegnen: Der Übergang von der Rumpffläche zur im Quarzit ausgebildeten Wand erfolgt als konkaver Hang, unbewachsene Schutthalden zeigen aktive Hangformung an. Die Analyse des den Hängen benachbarten Reliefs deutet jedoch darauf hin, dass die Rückwanderung der Hänge seit dem Alttertiär höchstens wenige Kilometer betragen haben kann. Für das gesamte Untersuchungsgebiet spricht die Existenz von Durchbruchstätern im Großen und von Blockinselbergen im Kleinen eher für eine (sich zunehmend durch Anpassung an die Petrographie einschränkende) Weiterbildung von Flächen als deren Neubildung.

Hinweise auf die Landschaftsentwicklung seit Bildung des postHR1-Niveaus sind aus der Analyse der Regolithdecken abzuleiten. Als Ergebnisse sind festzuhalten:

1. Vorherrschender Typ von Regolithdecken sind Schuttdecken. Des weiteren treten unterschiedlich alte fluviale Sedimente, Blockdecken und Vertisole auf.
2. Die Regolithdecken sind reich an leicht verwitterbaren Mineralen. Eine starke Auslaugung bei immerfeuchtem Klima ist nicht nachweisbar.
3. Durch die Bildung von Wollsack-Verwitterungsdecken, Oriçangas und Tafoni im dunklen Anorthosit, Vertisolen im hellen Anorthosit sowie Rubefizierungs- und Lessivierungsercheinungen in fluvialen Sedimenten gibt es Hinweise auf Phasen mit feuchterem Klima als heute. Durch den Mangel an datierbarem Material ist es jedoch nicht möglich, sie sicher mit Phasen der Klimageschichte im nordwestlichen Namibia (und der benachbarten Gebiete) zu verbinden, wie sie von RUST (1991); HEINE (1995); GINGELE (1996); EITEL et al. (1999); BRUNOTTE, SANDER (2000b); BRUNOTTE et al. (2000); SHI et al. (2001) diskutiert wurden.
4. Dunkler Anorthosit bildet aufgrund seiner geringen Stabilität gegenüber chemischer Verwitterung und der Tendenz zur Blockbildung ein Mesorelief an Hängen, das aufgrund von Durchfeuchtungsunterschieden durch einen regelhaften Wechsel von Blockstreifen und Hangmulden gekennzeichnet ist.
5. Wenngleich lokale äolische Umlagerung nachgewiesen werden kann, gibt es keine Hinweise auf einen bedeutenden äolischen Ferneintrag. Die im zentralen Kaokoland verbreiteten schluffigen Feinsedimente fehlen (vgl. BRUNOTTE, SANDER 2000b) weitgehend.
6. Bedingt durch fehlendes Krustenrecycling, Mangel an carbonathaltigen Gesteinen und geringer Bedeutung äolischen Ferneintrags sind Carbonatkrusten wenig verbreitet. Als zusätzliche Prozesse der Krustenbildung werden die Teilhydrolyse von Carbonaten und die Umverteilung dieser Stoffe mit dem Grundwasserstrom diskutiert.

## (Namibia)

Mit 23 Abbildungen, 17 Tabellen und 43 Bildern

**E**rst seit wenigen Jahren ist das im Nordwesten Namibias gelegene Kaokoland wieder ungehindert zu bereisen. Vor allem für den Nordosten des Kaokolandes existieren daher nur wenige zuverlässige Angaben zur Entwicklung von Relief und Lockermaterialdecken (Regolithe). Dies war bedauerlich, weil dieses Gebiet zu den vielgestaltigsten und genetisch kompliziertesten Teilräumen der Randschwellenregion gehört. Die Sonderstellung des nordöstlichen Kaokolandes zeigt sich u. a. in

- der Stockwerksgliederung des Reliefs,
- einem die Randschwelle querenden Fluss,
- epigenetisch angelegten Tälern,
- einer starken petrographischen Differenzierung und
- sehr unterschiedlichen Regolithdecken.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Reliefgenese für den Zeitraum nach dem Zerfall Gondwanas zu klären. Die Entwicklung des Reliefs wird hierbei mit dem Stockwerkbau, der Genese des Gewässernetzes und der Bildung der Regolithdecken verbunden.

Da es sich um die erste zusammenhängende Bearbeitung des nordöstlichen Kaokolandes handelt, gehen der geomorphologischen Analyse Untersuchungen zur naturräumlichen Gliederung voraus.

***Heinz Sander**, geb. 1963 in Leverkusen; an der Universität zu Köln; Lehramtsstudium für Geographie und Germanistik, 1993 Promotion (Dr. phil.) und 2003 Habilitation, 1990–95 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geographischen Institut; 1995–98 Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Kölner Sonderforschungsbereich „Kultur- und Landschaftswandel im ariden Afrika“; 1999–2001 Habilitationsstipendiat der Deutschen Forschungsgemeinschaft; 2003–04 Vertretung der Professur für Physische Geographie an der Universität Passau.*

SANDER, HEINZ: Relief- und Regolithgenese im nordöstlichen Kaokoland (Namibia). 111 S., 23 Abb., 17 Tab. und 43 Bildern. Passauer Schriften zur Geographie 19. Selbstverlag Fach Geographie der Universität, Passau 2004, € 23,50

Obwohl nicht explizit so angegeben, handelt es sich bei dem Heft 19 der Passauer Schriften zur Geographie im Kern um die Habilitationsschrift des Autors. In dieser Arbeit hat er sich einem ungemein schwierigen Problem der geomorphologischen Forschung im südwestlichen Afrika gewidmet, nämlich der Reliefentwicklung in einem noch wenig erforschten Bereich des passiven Kontinentalrands in Nordnamibia (nördliches Kaokoland). Seit fast 100 Jahren stehen Geowissenschaftler vor dem Problem, angesichts des fast völligen Totalausfalls datierbarer Sedimente die Geomorphogenese des Kontinentalrands zu entschlüsseln. Da dieser Bereich seit der Kreidezeit überwiegend ein Abtragungsgebiet darstellt, ist der Versuch, neue Ergebnisse zu erarbeiten, höchst ambitioniert. Durch den Mangel an Sedimentarchiven bleibt nämlich vor allem die Formenanalyse, die angesichts des großen Betrachtungszeitraums – die „Geomorphologische Ara“ reicht nach Ansicht des Autors mindestens bis in die Kreidezeit zurück, andere Wissenschaftler behaupten bis in das Jungpaläozoikum – nicht immer zu eindeutigen Ergebnissen führt.

HEINZ SANDER geht sein Vorhaben mit „klassischem“ Methodenrepertoire an, nämlich mit einem auf der Basis von Karten und durch Geländeerfahrung geschulten Blick und etablierten Analysemethoden (pH-Werte, Farb- und Kalkgehaltsbestimmungen, Röntgenbeugungsanalyse (XRD) und Schwermineralanalysen, Boden-Sediment-Dünnschliffe). Die röntgendiffraktometrischen Analysen (XRD) wurden an Pulverpräparaten der Ton- und Schluff-Fraktion von Sediment- und Bodenproben durchgeführt, ohne durch Belegung (z.B. Glykolisation) oder Glühen weitergehende Mineralbestimmungen und zusätzliche Argumentationshilfen (Leit- bzw. Zeigermineralindikationen) zu erschließen. Ungewöhnlich ist die Schwermineralanalyse mit XRD, die nur für wenige Fragestellungen reproduzierbare und meist nur sehr eingeschränkt interpretierbare Ergebnisse liefert. Dies und sicherlich auch die Schwierigkeit der Fragestellung erklären, dass sich die Ausführungen und Argumentationsstränge des Autors in erster Linie auf die Formeninterpretation konzentrieren, wobei die Analyseergebnisse die Ausführungen unterstützen. HEINZ SANDER ist sich, wie im Methodenanhang ausgeführt, bewusst, dass die Analyse kosmogener Isotope – und man müsste hinzufügen auch der Spaltisotopdatierung – bei allen methodenimmanenten Risiken (die angesprochen werden) eine große Chance bietet. Man wäre in der Lage, mit neuen Datensätzen der Debatte der Randstufenmorphogenese frischen Schwung zu geben. Leider hat der Autor angesichts der methodischen und interpretativen Risiken davon Abstand genommen. Würde von neuen numerischen Altersangaben und dem kritischen Umgang mit ihnen die geomorphogenetische Forschung aber nicht erheblich angeregt werden? Wann, wenn nicht im Rahmen einer Habilitation sollte diese methodische Herausforderung der Profilierung eines jungen Wissenschaftlers angemessen sein?

So bleibt es bei einer beileibe nicht zu unterschätzenden relativdatierten Chronologie von Reliefgenerationen in einem für namibische Verhältnisse eng begrenzten Arbeitsgebiet. Auch als Lokalstudie ist es die Arbeit aber Wert, aufmerksam gelesen und diskutiert zu werden.

Im Wesentlichen durch Korrelation von Verebnungen werden Rumpfflächen postuliert, die dann der von KING in mehreren (nicht zitierten) Publikationen aufgestellten und bis in die jüngste Zeit von Prof. Dr. SPÖNEMANN (Göttingen) und Prof. Dr. BRUNOTTE (Köln) fortgeführten Reliefgenerationen-Chronologie des südwestlichen Afrikas zugeordnet werden. Kaum diskutiert und ungelöst bleibt dabei das Grundproblem, wie in einer viele Millionen Jahre alten Abtragungslandschaft in Inselgebirgen, an Inselbergen und z.T. quarzitischen Tafelländern (Bavnes-Berge) Reliefstockwerke zweifelsfrei identifiziert und zugeordnet werden können. Zusätzlich verkomplizieren extreme petrographische Unterschiede (z.B.

Quarzite vs. Anorthosit) und zweifelsfrei intensive Neotektonik die Interpretation von (Rest-)Flächen und leistenartigen Verebnungen. Wie sind beispielsweise „strukturangepasste Rumpfflächen“ (z.B. S. 82) zu verstehen, und wie lassen sich mit dem eingesetzten Methodenrepertoire so genannte „Zwischenniveaus“ unterscheiden? Durch seine Stockwerksgliederung des Reliefs, die in weitgehender Übereinstimmung mit Publikationen seines Mentors ERNST BRUNOTTE (Köln) erfolgt, wird die Erhaltung alterverbter, wiederaufgedeckter (?) Formengesellschaften der permokarbonen Vereisung abgelehnt. Der Streit um die Identifikation der Dwyka-Tillite und ihre Interpretation, der letztlich auf HENNO MARTIN und seine Arbeiten aus der Mitte des 20. Jahrhunderts zurück geht, wird dadurch wieder angefacht, aber letztlich nicht gelöst.

Die Erhaltung der Zebraberger, die aus vergleichsweise gut verwitterbarem Anorthosit bestehen, verdeutlichen exemplarisch das Grundproblem: HEINZ SANDER weist vorwiegend durch Flächenniveau-Korrelationen die Rücken der Zebraberger dem präHR-Relief zu, also einer Fläche, die vermutlich noch Gondwana-zeitlich entstand (die Hauptrumpffläche (HR) ist in weiten Teilen identisch mit KING's African Surface, die nach dem Break-up des alten Superkontinents (Jura-Kreide) dem Kontinent Afrika zugeordnet wird). Wieso sollte aber gerade der wenig resistente Anorthositkomplex im Zuge der nach des Autors Meinung sehr effizienten kretazisch-tertiären Flächenweiterbildung zu HR- und post-HR-Rumpfflächen erhalten bleiben? Da bleibt nur sehr trockenes Klima als Erklärung, dessen Bedeutung für den Formenerhalt gut erläutert wird, aber wie bildeten sich dann die jüngeren Flächenniveaus? Weitgehend abgetragen und daher wohl für immer unlösbar bleibt die Frage, welche Rolle in den vergangenen 250 Mio. Jahren paläozoisch-mesozoische und tertiäre Reliefplombierungen spielten. Im südlichen Kaokoveld und im nördlichen Damaraland ist ihr Einfluss über die neotektonisch angelegte Randschwelle hinweg zweifelsfrei und sehr gut dokumentiert (Dwyka-Tillite, mesozoische Sandsteine und Mergel des Gondwana-Binnenbeckens, Etendeka-Flutbasalte, tertiäre Kalahari-Gruppe). Damit zusammenhängend werden auch die epigenetischen Durchbruchstäler des Kaokovelds – der Kunene ist ein vom Autor gut belegter Sonderfall – unterschiedlich interpretiert werden müssen: Waren die Ausgangsflächen wirklich Rumpfflächen (H. SANDER, S. 54ff.), oder bildeten eine/mehrere(?) Aggradationsflächen, die das Altrelief verschütteten, das Ausgangsniveau (vgl. wie zitiert in HÜSER et al. 1998)?

Neben diesen grundsätzlichen Fragen beschäftigt sich HEINZ SANDER sehr intensiv mit den Regolithdecken im Bereich der Zebraberger. Hier liefert er sehr anschauliche Ergebnisse zur Entstehung der Blockstreifen und anderer Verwitterungsdecken. Bemerkenswert ist der Nachweis der großen Hangstabilität und geringer Abtragungsbeträge in der jüngeren Reliefgeschichte. Dies wird mit Recht auf vergleichsweise trockene Verhältnisse über lange Zeiträume zurückgeführt, die von feuchteren Phasen unterbrochen wurden. Es ist das Verdienst des Autors hier erstmals die in Westnamibia verbreiteten oft blockigen Schuttdecken genauer untersucht zu haben. Ihre Genese, ihr Alter und ihre geoökologische Bedeutung sind noch kaum erforscht. Den Blick der Geomorphologen auf dieses Phänomen gerichtet zu haben, ist sicher ein großes Verdienst von HEINZ SANDER.

Als Fazit ist festzuhalten: Dem mit Lokalkennntnis und der umfangreichen Namibia-Literatur vertrauten Fachkollegen bietet die Arbeit zahlreiche Anregungen und Stoff für intensive Diskussionen. Die Schrift ist gut lesbar und auch lesenswert. Der nichtortskundige interessierte Leser wird eine Übersichtskarte vermissen, in der die Lage der zahlreichen Geländeprofile visualisiert wird. Beiden bleibt aber eine Arbeit, die sich wie wenige andere bisher in einer nur wenig bearbeiteten Ecke Namibias geomorphogenetischen Fragenkomplexen widmet. Das Heft ist in gewohnt hervorragender Aufmachung im DIN A4-Format der Passauer Schriften hergestellt. Dies ist das erwähnenswerte Verdienst des Schriftleiters Erwin Vogl. BERNHARD EITEL

SANDER, H. (2004): *Relief- und Regolithgenese im nordöstlichen Kaokoland (Namibia)*. – *Passauer Schriften zur Geographie*, 19. 111 S., 23 Abb., 43 Fotos und 17 Tabellen, € 23,50. Selbstverlag Fach Geographie der Universität Passau. ISBN 3-9807866-2-5.

Gegenstand dieser Kölner Habilitationsschrift ist die Reliefentwicklung in einer Region, die lange Zeit für Geländeuntersuchungen nicht zugänglich war, die aber auf Grund ihrer physisch-geographischen Eigenheiten besonders günstige Voraussetzungen für die Beantwortung einiger Fragen zur Reliefgenese im südwestlichen Afrika bietet. Das Untersuchungsgebiet liegt tektonisch gesehen auf der Innenseite der Randschwelle und ist hydrographisch über den Kunene mit der atlantischen Außenseite verbunden. Damit besteht die besondere Möglichkeit, die Wirkungen der Randschwellenbildung auf die Reliefentwicklung zu untersuchen. Außerdem erscheint die petrographisch sehr heterogene Region besonders gut für das Studium des Einflusses der Gesteinsdifferenzierung auf die Morphogenese geeignet. Die Untersuchung bedient sich in einem verhältnismäßig kleinen Untersuchungsgebiet der zwar konventionellen, aber in überzeugender Weise eingesetzten Methoden der detaillierten Geländebeobachtung und -analyse und einer umfangreichen Laboranalytik, letztere besonders für die Untersuchung der Verwitterungsprozesse und der Materialumlagerung.

Eine ausführliche Großgliederung des Reliefs im Untersuchungsgebiet, das aus proterozoischen Metamorphiten und Intrusiva aufgebaut wird, zeigt die Dominanz von Bergländern, zumeist mit Härtingscharakter, und von strukturangepassten Rumpfflächen mit ausgeprägter Stockwerkgliederung. Die Untersuchung dieses Stockwerkbaus geht von der Frage nach den ältesten noch erhaltenen Reliefresten aus und kommt zu dem Schluss, dass im nordöstlichen Kaokoland anders als südlich und westlich davon keine karoozeitlichen oder älteren Formen erhalten geblieben sind. Weder existieren exhumierte, ehemals von Etendeka-Flutbasalten oder Etjo-Sandsteinen bedeckte Flächen, noch lässt sich die Auffassung MARTINS (1950, 1969) bestätigen, dass im Tal des Kunene ein von dwyka-zeitlichen Tilliten plombiertes permo-karbonees Glazialtal überkommen ist. Wohl aber muss die frühere Existenz einer Fläche angenommen werden, auf der sich das heutige Gewässernetz mit seinen Durchbruchstalabschnitten entwickeln konnte – ob es eine Rumpffläche war oder eine flächenhafte Decke z. B. aus Flutbasalt lässt sich infolge der seitherigen Abtragung nicht mehr rekonstruieren.

Frühestens seit der Kreidezeit entwickelte sich von dieser Altfläche ausgehend der heutige Stockwerkbau des Reliefs, dessen Gliederung in Anlehnung an BRUNOTTE & SPÖNEMANN (1997) von der Haupttrumpffläche (HR) als Referenzfläche ausgeht, oberhalb derer verschiedene nur fragmentarisch erhaltene präHR-Niveaus und unterhalb zwei ausgedehnte Rumpfflächen – postHR 1 und postHR 2 – sowie lokale Zwischenniveaus ausgeschieden werden. Als Voraussetzung der Niveaugliederung des Reliefs werden phasenhafte Hebungsvorgänge im Rahmen der Randschwellenbildung angesehen, denen im Zusammenwirken mit der Einschneidung des zum Atlantik gerichteten Gewässernetzes die Tieferschaltung des Reliefs mit der weitgehenden Abtragung der Haupttrumpffläche folgte. Das östlich gelegene Ovamboland war von diesen Ereignissen nicht betroffen, so dass hier die Haupttrumpfflächen weit verbreitet erhalten sind.

Die von der Rumpfflächenbildung mindestens seit Beginn der HR-Zeit weitgehend abgeschlossenen Bergländer sind im Quarzit und im dunklen Anorthosit gelegen, die sich gegen Verwitterung und Abtragung als relativ resistent erwiesen haben. Da der Anorthosit als chemisch wenig stabil anzusehen ist und da keine Regolithdecken mit Spuren chemischer Verwitterung vorhanden sind, schließt der Verf. für die Phasen der Entstehung der strukturangepassten, d. h. in den geringer resistenten Gesteinen ausgebildeten Rumpfflächen eine lang andauernde Phase exzessiver chemischer Verwitterung unter vollhumiden Bedingungen aus. Er geht während der postHR1- und postHR2-Zeit von einem im Mittel semiariden Klima aus, das die Entstehung von Blockdecken im Anorthosit ermöglichte, aber ausweislich der Entstehung von Tafoni und Vertisolen phasenweise feuchter gewesen sein müsste als das heutige.

Die Arbeit zeigt in durchaus beispielhafter Weise die Differenzierung der Flächenbildung und -erhaltung durch Tektonik und Petrographie auf und erbringt darüber hinaus einen reichhaltigen Beitrag zur regionalen Geomorphologie Namibias. Man mag bedauern, dass der Autor von vornherein ausdrücklich auf die Anwendung von in Entwicklung befindlichen Methoden der absoluten Datierung mit Hilfe kosmogener Isotope – aber auch durch Spaltspurendatierung – verzichtet. Doch kann man der Begründung zustimmen, die die Ergebnisse solcher Analysen als noch zu unsicher und das Untersuchungsgebiet für eine Überprüfung oder Verbesserung u. a. mangels datierbarer korrelater Sedimente als ungeeignet ansieht.