

KLIMAGEOMORPHOLOGISCHE STUDIEN IN ZENTRAL-NAMIBIA:

Ein Beitrag zur Morpho-, Pedo- und Ökogenese

Dissertation zur Erlangung des
naturwissenschaftlichen Doktorgrades der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von
Diplom-Geograph Jürgen Kempf
aus Heidenheim/Brenz

Würzburg 2000

Eingereicht am: 18. September 2000

1. Gutachter der Dissertation: Prof. Dr. Detlef Busche

2. Gutachter der Dissertation: Prof. Dr. Horst-Günter Wagner

1. Prüfer der mündlichen Prüfung: Prof. Dr. Detlef Busche

2. Prüfer der mündlichen Prüfung: Prof. Dr. Horst-Günter Wagner

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Dezember 2000

Doktorurkunde ausgehändigt am: 15. Februar 2001

*Ukiramba mchanga wa nchi ngeni
uliyfika kwa ziara utajiepusha na
mashetani na maradhi ya nchi hiyo*

Wer am Sand eines fremden Landes
nach seiner Ankunft leckt, der wird
die bösen Geister und Krankheiten
dieses Landes abstoßen.

Sprichwort aus Zanzibar

Vorwort und Dank

Vorliegende Arbeit ist das Resultat eines vielschichtigen Komplexes, der bereits in der eigenen Schulzeit mit ausgedehnten Reisen ins östliche und südliche Afrika seit 1983 begann. Allen Personen zu danken, die in diesem Komplex mitgewirkt haben, würde den Umfang dieser Arbeit vermutlich übertreffen. Stellvertretend seien deshalb nur einige genannt, die insbesondere bei der Entstehung dieser Arbeit mitgewirkt haben, ja ohne deren Unterstützung sie niemals möglich gewesen wäre.

In ganz besonderer Weise bin ich dem Betreuer vorliegender Dissertation im Rahmen des Graduiertenkollegs „Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung in Afrika“ im Geographischen Institut an der Fakultät für Geowissenschaften der Universität Würzburg, Herrn Prof. Dr. Detlef Busche, zu großem und herzlichem Dank verpflichtet. Dies gilt insbesondere für seinen unbedingten und selbstlosen Einsatz, seine Geduld und seine Bereitschaft zur Hilfe in allen Fachfragen, seine Unterstützung in Gelände und Institut sowie bei allen logistischen Angelegenheiten in Würzburg, wie in Namibia. In gleichem Maße danke ich Herrn Prof. Dr. Horst-Günter Wagner für seine Unterstützung und die Übernahme des Koreferats und den Verantwortlichen des geographischen Instituts der Universität für die Nutzung der Institutseinrichtungen.

In meinen Dank einschließen möchte ich die weiteren Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Graduiertenkollegs an allen beteiligten Instituten, stellvertretend den Sprecher, Herrn Prof. Dr. Martin Okrusch, die für einen reibungslosen Ablauf sorgten, alles menschenmögliche unternahmen, um die Finanzierung der langen Geländeaufenthalte zu sichern und bei logistischen oder finanziellen Problemen mit Rat und Tat zur Seite standen. Aus Sicht des Doktoranden war die Unterstützung im abgesteckten finanziellen Rahmen optimal. Einschließen möchte ich an dieser Stelle ausdrücklich Frau Angelika Kirchner, die Verwalterin der Kasse, die sich stets mit den Wünschen der Graduiertenkollegsmittglieder und deren Abrechnungen auseinandersetzen mußte - und diesen Wünschen in meinem Fall fast immer entsprochen hat. Dies wäre natürlich nicht möglich gewesen, ohne die finanzielle Ausstattung des Kollegs durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, der ich für das Stipendium und die verfügbaren Forschungsgelder danke. Das Graduiertenkolleg hat sich als sehr fruchtbare Einrichtung erwiesen, die dazu beitrug, einmal über den eigenen wissenschaftlichen Tellerrand hinauszublicken und den Horizont zu erweitern. Besonders positiv ist in diesem Zusammenhang die gemeinsame Einführungssexkursion im April und Mai 1996 zu bewerten. Ich denke, das hat sich in dieser Arbeit niedergeschlagen.

Mein herzlichster Dank gilt auch meinen Freunden Dr. Andreas Lück, seiner Frau Kathleen und seiner Familie, für die langen und unvergeßlichen gemeinsamen Feldaufenthalte, ihre fortwährende Motivation und die Diskussion im Feld. Darüber hinaus danke ich allen Fachkollegen, die meine Arbeit auch im Feld begleitet haben, v. a. Herrn Prof. Dr. Horst Hagedorn für eine Exkursion ins Diamanten-Sperrgebiet, Frau Dr. Ingrid Stengel für die gemeinsamen Aufenthalte und sehr fruchtbaren Diskussionen, Herrn Dr. John Kinahan und Eugene Marais für Feldbegehungen und archäologische Informationen, Frau Dr. Sigrid von Hatten (UNAM, Windhoek) für eine Exkursion nach Gaub/Ben Hur, Frau Dr. Ingrid Christian für vegetationskundliche Aufnahmen sowie verschiedenen

Mitarbeitern des Sonderforschungsbereichs 389 ACACIA (Universität Köln), stellvertretend Herrn Prof. Dr. Wilhelm Möhlig, Herrn Dr. Rudolph Kuper und Dr. Werner Schuck für die wechselseitige Unterstützung.

Ganz besonders herzlich danken möchte ich auch allen meinen Freunden und Helfern in Namibia, die hier unmöglich alle genannt werden können. Ohne die riesige Unterstützung und die freundschaftliche Verbundenheit von Hede Schmitt, Renate Schmidt, Hellmut & Carola von Seydlitz (Klein Windhoek) und Franz Irlich (Swakopmund) wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Gleiches gilt für die Mitarbeiter des Landwirtschaftlichen Labors im namibischen Landwirtschaftsministerium, nämlich Frau Marina Coetzee, Herrn Paul Strydom, Herrn Heleon Beukes, Herrn Albert Callitz, Herrn Josef Katuahupira, Herrn Jorry Kaurivi, Herrn Heiner Mouton, Frau Diana Müseler und Frau Nella Weder. Analysen wurden des weiteren durchgeführt von Frau Alberta Dausas, Frau Essie Ferris, Frau Eva Gases, Herrn Petrus Goagoseb, Frau Savatina Nanus, Frau Cynthia Peters und Frau Elaine Strong. Ich danke auch „meinen“ Praktikanten MSc Silke Bertram und MSc Magnus Broman (Uppsala), Dipl.-Geogr. Stefanie Grundner (München), Yvonne Jacob (Windhoek), Dipl.-Geogr. Christian König (Bonn) und Dipl.-Geogr. Julia Tombrink (Würzburg).

Für wertvolle Informationen bin ich folgenden Personen zum Dank verpflichtet: Dipl.-Geogr. Carmen Krapf und Dipl.-Geol. Mario Werner, Dr. Astrid Seckelmann, Dr. Steffen Niemann Dr. Holger Schinke, Dr. Christof Külls und Dr. Kai Boldt (alle Würzburg), MSc Ben Strohbach und Renate Kubirske (National Botanical Research Centre, Windhoek), Frau Martha Homann (†) und Frau Dr. Irmgard Wiss (†) (Otjiseva) für Vegetationsinformationen, Dr. Christel Bühmann, Dr. Koos Eloff und Jan Schoeman (Inst. for Soil, Climate and Water, Pretoria) für tonmineralogische und pedologische Informationen, Prof. Dr. J. Desmond Clark (Berkeley), Prof. Dr. David Philipson (Oxford) und Dr. Ivan Murambiwa (Harare) für eine archäologische Exkursion nach Livingstone/Zambia, Dr. Francis Thackeray (Transvaal Museum, Pretoria) für seine paläoökologischen Kommentare und eine private Führung durch die Sterkfontein- und Kroomdraai-Höhlen, Dr. Rainer Grün (Quaternary Dating Research Centre, Canberra) für die ¹⁴C-Datierung eines Seesediments, Dr. Théa Vogt (Strasbourg) für Mitteilungen zur Kalkkrustenbildung, Prof. Dr. Wolfgang Haubold (Hohenheim) für Informationen zum Chemismus von Schwefelverbindungen und Gipsbildung, Jan-Berend Stuit (Utrecht) für Informationen zu den Benguela-Schelfsedimenten sowie Dr. Wolfgang Wendt (Windhoek) für die Bereitstellung von Informationen zur Ur- und Frühgeschichte Namibias und Inventarnummern des Staatsmuseums.

Bei der Informationsbeschaffung dienlich waren u. a. Herr Dr. Werner Hillebrecht (Nationalbibliothek Windhoek), Dr. Brigitte Lau (†) und Peter Reiner (Nationalarchiv), Frau Margret Hofmann (Landwirtschaftliche Bibliothek Windhoek), Frau Etta Coetzee (NDC-Bibliothek), Frau Antje Otto-Reiner (Bibliothek der Namibia Wissenschaftlichen Gesellschaft Windhoek), Herr Obed Gurirab (UNAM-Bibliothek), die Mitarbeiter der Sam-Cohen-Bibliothek (Swakopmund), Frau Ursula Kutzner (†) (Geological Survey Library Windhoek), die Herren Immanuel Goëseb und Joseph Franke (Surveyor General, Windhoek) und Frau Renate Grossmann (†) (Windhoek). Vielen Dank für Ihre Hilfe!

Die für diese Arbeit notwendigen Feldarbeiten wurden teilweise auf Flächen durchgeführt, die sich in privatem, kommunalem oder staatlichem Besitz befinden. Für ihre Erlaubnis zur Durchführung der Arbeiten bedanke ich mich bei allen Grundstückseigentümern und Ortsvorständen. Darüber hinaus haben sie oft mit wichtigen Informationen beigetragen und auch selbstlos logistische Unterstützung

gewährt. Stellvertretend seien genannt: Fam. Karl-Heinz und Brigitte Fietz (Eckenberg, jetzt Swakopmund), Harm Ahting (Münsterland), Gero Dieckmann (Otjekongo), Anni Eichhoff (†) (Otjomasso), Fam. Nico van Rensburg (Rasputin), die Familien Albrecht und Hartwig von Seydlitz (Schönfeld), Fam. Wilfried Halenke (Hohewarte), Marian und Hentie Knouwds (Bergvflug), Fritz Metzger (†) (Trifels), Fam. Henner Volkmann (Jakkals Omuramba), Fam. Werner von Maltzahn (Hüttenhof), Elton Usurua und Berthold Kotjinyo (Kaoko Otavi), Fam. Dr. Eggers (Uisib), Enas Nampala (Okashana Centre), Fam. Berhar Kazuhua (Groot Huis), Fam. Stürnberg (Okauperuperu), Rosi Christensen (Horebis-Nord, Usakos), Fam. Oorlam (Blaukrans), Gernot Menge (Damascus), Uwe Gressmann (Gaikos), den Angestellten der Versuchsfarmen Uitkoms, Bergvflug, Neudamm und Omatjenne sowie die Gemeinden von Oruwanje, Khowarib, Okombahe, Otjimbingue und Ovitoto.

Bedanken möchte ich mich auch bei folgenden Institutionen und Personen, welche in vielfältiger Art und Weise Unterstützung geleistet haben: Namibia Wissenschaftliche Gesellschaft (Windhoek), Gesellschaft für Wissenschaftliche Entwicklung (Swakopmund), Ministry of Agriculture, Water and Rural Development - Section Land Evaluation, Ministry of Environment and Tourism (beide Windhoek), Dr. Henning Melber (NEPRU, Windhoek), Frau Gisela Sonntag, Frau Franz Leinberger, Herrn Karl Hannemann, Herrn Heinz Roth (alle Windhoek), Herrn Dr. Weber (Swakopmund), Frau Rita Stange (Omaruru), Fam. Josua von Gottberg (Tsumeb), Herrn Fox von SAA (Windhoek), Herrn Dr. Nel (Gobabis), Dr. Wulf Hegenberger und Dr. Ute Schreiber (Geological Survey, Windhoek), Dr. Antti Erkkilä (Department of Forestry, Windhoek), Frau Ingrid Bothma, Frau Katja Schmidt (beide Pretoria), Herrn Louis van Coller (Bethlehem), Dr. John Sutton (Nairobi), Dr. Hinrich Thölken (Deutsche Botschaft Windhoek), Ernst Handl und Lynn Clark (Titan Body Repairs, Windhoek) und Herrn Heinz Schenk (Oberkochen) für seine Hilfe bei Computer-Hardware-Problemen. Außerdem bedanke ich mich bei allen meinen Reisegefährten während der zahllosen, oft monate-langen Afrikareisen, insbesondere bei Renate und Volkmar Dünkel (Dar-es-Salaam), Dieter Edinger (Oberkochen), Prof. Dr. Axel Kämmerer und Walter Englert (beide Hamburg).

Zu ganz besonderem Dank verpflichtet bin ich dem Internationalen Hilfsfonds e. V., Rosberg v. d. H. und seinem Präsidenten, Herrn Prof. Dr. Karl-Heinz Koch (Brüssel), für dessen finanzielle Unterstützung des *Namibia Land Degradation Project*, in dessen Rahmen die bodenkundlichen Aufnahmen zu vorliegender Arbeit durchgeführt wurden. Für die pedologisch-ökologische Erforschung der ländlichen Gebiete und zur Beratung von Landnutzern hat der Internationale Hilfsfonds seit 1996 ein Fahrzeug samt Unterhaltskosten bereitgestellt. Dadurch wurden sowohl die privaten Kosten, als auch diejenigen des Graduiertenkollegs gesenkt, so daß im gleichen finanziellen Rahmen mehr Arbeiten durchgeführt werden konnten. Davon profitierten v. a. auch die Landwirte und das Landwirtschaftsministerium Namibias.

Den größten Anteil an der Fertigstellung vorliegender Arbeit haben meine Freundin Susanne, meine Eltern und mein Bruder Bernd, die letztlich einen hohen Teil der finanziellen und persönlichen Lasten getragen und mir stets alle Steine aus dem Weg geräumt haben.

Ihnen allen und den zahlreichen ungenannten nochmals meinen herzlichsten Dank!
Jürgen Kempf

KLIMAGEOMORPHOLOGISCHE STUDIEN IN ZENTRAL-NAMIBIA:

ein Beitrag zur Morpho-, Pedo- und Ökogenese

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort

Abbildungs-, Tabellen- und Kartenverzeichnis

1	Einleitung: Ansätze und Ziele der Arbeit	1
2	Methodik der Untersuchung	5
2.1	Theoretische Einbindung	5
2.2	Methodisches Vorgehen und Arbeitsweisen	8
2.2.1	Transektkonzept	8
2.2.2	Methoden der Vorerkundung	10
2.2.2.1	Daten und Kartensätze als Hilfsmittel	11
2.2.2.2	Fernerkundung	12
2.2.2.3	Luftbilder	15
2.2.3	Erarbeitung des geomorphologisch-landschaftsgeschichtlichen Überblicks	16
2.3	Pedologische Feld- und Laborarbeiten	17
2.3.1	Bodenkundliche Aufnahme	17
2.3.2	Laboranalysen	20
2.4	Aufbau der Arbeit	24
3	Rezente klimatisch-ökologische Ausstattung und Morphomilieu	26
3.1	Zur Frage von Aktualismus und Paläoklima	26
3.2	Allgemeine klimatische Charakterisierung des Untersuchungsgebiets	28
3.3	Charakteristische Parameter des aktuellen Klimas in Zentral-Namibia	43
3.3.1	Temperatur	44
3.3.2	Potentielle Evaporation und Evapotranspiration	46
3.3.3	Niederschläge	47
3.3.4	Wind	68
3.3.5	Nebel	74

3.4	Das Benguela- Auftriebssystem als Klimamodifikator	75
3.5	Klimavariabilität, Morphomilieu und Ökosystemstabilität: ein Arbeitsmodell	81
3.5.1	Die Rolle der Primärdeterminanten im ökodynamischen System	81
3.5.2	Ökosystemstabilität	83
3.5.3	Morphomilieu	86
3.5.4	Modellbildung	91
3.6	Aktuelle Vegetationsökologie im zentralen Namibia: eine Kurzcharakteristik	97
3.6.1	Phytogeographische Zonierung	97
3.6.2	Biome und Lebensformen des Untersuchungstransekts	103
3.6.3	Vegetationsformationen als Milieuindikatoren	108
3.6.3.1	Wüsten- und Halbwüstenvegetation der Namib	114
3.6.3.2	Kurzstrauchsavanne und -steppe	137
3.6.3.3	Hochlandsavanne und -steppe	142
3.6.3.4	Savannen der Randstufenlücke und der Kalahari	149
3.6.4	Zum biologischen Alter der Namib, respektive deren Aridität	156
4	Ein geomorphologisches West-Ost-Transekt durch Zentral-Namibia, nebst einem kritischen Literaturüberblick als Problemstellung	172
4.1	Das Marin und Litoral der Zentral-Namib	172
4.1.1	Endtertiäre und quartäre Befunde vom südwestafrikanischen Schelf	172
4.1.2	Küstenterrassen-Galerien	186
4.2	Die Rumpfflächen der Namib und Prä-Namib in Zentral-Namibia	195
4.2.1	Beschreibung des Rumpfflächenreliefs „zwischen den Rivieren“	197
4.2.1.1	Das Spülflächenrelief mit Flachtälern	197
4.2.1.2	Rumpftreppen und Randverebnungen an Inselbergen	202
4.2.1.3	Inselberge	204
4.2.1.4	Pedimente, Glacis, Sandschwemmebenen	207
4.2.1.5	Krustenflächen, insbesondere Gipskrusten	215
4.2.1.6	Kleinrelief der Spüloberflächen außerhalb markanter Abflußlinien	241
4.2.1.7	Verwitterungsformen und (Paläo-) Bodenbildung	245
	Saprolitisierung der Hauptrumpffläche	245
	Bodenbildung	251
	Jüngere Pedogene Überformung auf den Rumpfflächen	258
	Tonminerale	263
	Silcrete und Ferricrete	265
	Karst, Lösung	270
	Verwitterung von exponierten Gesteinen	288
4.2.1.8	Pfannenbecken, Endpfannen, Otunahi, Kalkkrusten-Mbuga	289
4.2.1.9	Das äolische und proto-äolische Reliefstockwerk	313
4.2.2	Das fluviale Relief der die Namib querenden Riviere	336
4.2.2.1	Kurzer flußhistorischer Überblick	336
	Ugab	336

	Omaruru	343
	Khan	351
	Swakop	356
	Tumas und autochthone Namib-Riviere	372
	Kuiseb	391
	4.2.2.2 Vorlandsedimente und Reliefgenerationen der Referenzregion mittlerer Kuiseb	400
	4.2.2.3 Revision der Reliefgenerationen am mittleren Kuiseb	418
	4.2.2.4 Vergleich der Flußhistorien	440
4.3	Escarpment und Hochlandsflächen des Khomas-Niveaus	445
	4.3.1 Verlauf der Randstufe	445
	4.3.2 Randstufengene in Zentral-Namibia: ein Überblick	449
	4.3.3 Abtragungsgebiet Khomas-Hochland	451
	4.3.3.1 Flächenrelief	451
	4.3.3.2 Flußsysteme des Khomas-Hochlands	454
	4.3.3.3 Böden des Khomas-Hochlands	461
4.4	Das Windhoek Becken und seine Randgebiete	467
4.5	Neudammer Hochland	473
4.6	Kalahari-Flächen	476
5	Krustenbildungen in Namibia: eine Parenthese	488
	5.1 Zur Genese von Carbonatkrusten, insbesondere Calcrete	488
	5.2 Kalkkrusten Namibias als Geoindikatoren	494
	5.3 Calcrete-Reliefgenerationen	495
6	Der Stand der geoarchäologisch-paläontologischen Erkenntnisse in Namibia: ein Überblick	498
	6.1 Paläontologische und osteoarchäologische Indizien aus Namibia	501
	6.2 Artefakte und siedlungsgeschichtliche Interpretation	504
7	Entwurf eines chronologisch-klimageomorphologischen Ablaufs	516
	7.1 Geologischer Bau und Landschaftsgeschichte	516
	7.2 Jüngere Reliefgeschichte Grundbedingungen für die Entstehung einer Randstufenlücke	525
	7.3 Die Bildung des heutigen Großreliefs der untersuchten Gebiete	528
	7.3.1 Das Hochland, Proximalbereich einer früh- bis mitteltertiären	

	Aufwölbung	529
	7.3.2 Weitere Verbiegungsformen und Arkogene	540
	7.4 Eine vorläufige klimatisch-morphologische Untergliederung von Endtertiär und Quartär in Namibia	548
8	Zusammenfassung	
9	Literaturverzeichnis	
10	Anhang	

Abbildungsverzeichnis

<u>Nr.</u>	<u>Abbildungstitel</u>	<u>Seite</u>
1	Oberflächenstruktur-Diagramm	19
2	Verwendete Korngrößendiagramme und Bodenartenbezeichnungen	20
3	Relative klimatische Position verschiedener Geostandorte in Namibia	38
4a	Paläoklimatisches Szenarium I: Verstärkter Zykloneinfluß	41
4b	Paläoklimatisches Szenarium II: Verstärkter Antizykloneinfluß	41
5	Langjähriger saisonaler Niederschlag: Station Grootfontein	50
6	Langjährige Niederschlagsmittel und -extreme einzelner Monate: Grootfontein	51
7	Vergleich der Regenzeiten 1987/88-1993/94: Station Bergvlug	52
8	Verteilung monatlicher Niederschlagsmengen: Station Windhoek	53
9	Verteilung monatlicher Niederschlagsmengen: Station Karibib	54
10	Gang der Regenzeit 1954/55: Station Bergvlug	55
11	Gang der Regenzeit 1955/56: Station Bergvlug	55
12	Gang der Regenzeit 1956/57: Station Bergvlug	56
13	Langjährige Monatsmittel und durchschnittlicher Niederschlagsgang	56
14	Verhältnis von Niederschlagsmittel zu prozentualer Abweichung	60
15	Gemessene Niederschlagsintensität: Station Von-Bach-Damm, Regenzeit	61
16	Gemessene Niederschlagsintensität: Station Von-Bach-Damm, Frühe Regen.	62
17	Gemessene Niederschlagsintensität: Station Omaruru, Trockenheitsaspekt	62
18	Gemessene Niederschlagsintensität: Station Gobabis, Feuchtaspekt	64
19	Regression: Anzahl der Regentage zu Jahresdurchschnittsniederschlag	64
20	Tägliche Niederschläge: Station Eckenberg, Trockenjahr 1994/95	65
21	Tägliche Niederschläge: Station Eckenberg, Regenjahr 1988/89	65
22	Januarniederschläge: Station Eckenberg 1984-1995	Anh.
23	Februarniederschläge: Station Eckenberg 1984-1995	Anh.
24	Jahresdurchschnittsniederschlag und Niederschlagsplanungswert in Namibia	Anh.
25	Vergleich zweier nahe beieinanderliegender Stationen: Bergvlug - Bellerode	Anh.
26	Windrichtungen: Station Okaukuejo	68
27	Windrichtungen zur Hauptregenzeit: Station Okaukuejo	69

28	Windrichtungen zur Trockenzeit: Station Okaukuejo	69
29	Windrichtungen im Zeitraum zwischen Trockenzeit und kleiner Regenzeit	69
30	Windrichtungen: Station Windhoek	70
31	Vereinfachtes Modell des Benguela-Auftriebssystems	76
32	Stofftransportmodell im Benguela-Küstenwüstensystem	78
33	Stofftransportmodell im Benguela-Küstenwüstensystem bei ENSO-Witterung	80
34	Grundmodell der Beziehung Naturraumvariabilität-Ökosystemstabilität	93
35	Überlagerungsmatrix der Morphodynamik zum Grundmodell	93
36	Morphomilieu-Arbeitsmodell für namibische Ökosysteme	94
37	Dornen der potentiellen natürlichen Vegetation des Damaralands	110
38	Relative Position der Kurzstrauchsavanne im Morphomilieu-Arbeitsmodell	138
39	Vegetationszusammensetzung im Gebiet Epako-Tjirundu	151
40	Ergebnisse der Busczählung im Gebiet Epako-Tjirundu	152
41	Relative Positionsänderung im Arbeitsmodell bei verstärktem Sommerregen	171
42	Paläotemperaturkurve des südlichen Ozeans	174
43	Kennwerte von Bohrkernanalysen vom namibischen Schelf	176
43a	Quartäre Meeresoberflächentemperaturen und Intensität des Auftriebs	181
44	Küstenterrassengalerien in Namibia	186
45	Der marine Terrassenkomplex im Sperrgebiet	187
46	Höhenmodell der Randstufenlücke mit dem Erongo	196
47	Rumpftreppenschema der zentralen Namib nach SPREITZER (1966a)	204
48	Gipskrusten-Bodenprofil von der Rooikop-Terrasse	207
49	Gipskrustengenerationen im Tumas-Einzugsgebiet	222
50	Oberflächentypenverteilung in Teilräumen der zentralen Namib	243
51	Höhenprofil durch den Moria-Flächenstreifen (nördliche Khomas-Stufe)	246
52	Zusammensetzung der Damaraschiefer nach SMITH (1953: 35)	250
53	Zusammensetzung des Damaraschiefers nach EITEL (1994a: 62)	250
54	Geochemische Zusammensetzung des Damaraschiefers	250
55	Kalzifiziertes Rotlehmprofil von Farm Schlesien	254
56	Gipsifiziertes fossiles Latosolprofil vom oberen Soutrivier (zentrale Namib)	254
57	Typisches Bodenprofil aus stark verwittertem Donkerhoek-Granit	255
58	Idealprofil eines Gipskrustenbodens nach HEINE & WALTER (1996)	261
59	Geologisch-morphologisches Profil durch den Gaub-Beckenkomplex	277
60	Genese des Karstsystems vom Pofaddergerat	278
61	Geologisch-morphologisches Profil der Randstufen-Zerschneidungszone	285
62	Geologisch-morphologisches Profil durch das Arnhem-Becken	286
63	Modell der Pfannenentwicklung nach GOUDIE (1991: 234)	290
64	Schnitt durch die Barnardespan mit Profil KH57	295
65	Pfannenboden von Kampingama nach SCHOLZ (1968d: 216)	297
66	Schnitt durch die Pfanne von Ovikokorero	299
67	Profil durch die Kalkpfanne von Otupanda	302
68	Schematischer Schnitt durch eine Spülscheide mit Otunahi	304
69	Schema der Trocken-Mbuga in Zentral-Namibia	306
70	Gegenüberstellung der LM-C- und Miozän-Modelle zur Reliefgenese	326
71	Feldskizze zur Morphoposition des Tsondab-Sandsteins	330
72	Profilschnitt durch das mittlere Ugab-Tal	338
73	Feldskizze zur Tekto- und Reliefgenese am mittleren Ugab	341

74	Profilschnitt durch das untere Ugab- und Goantagab-Tal	344
75	Flußlängsprofil des Goantagab	344
76	Gefälle der Wasserscheide zwischen Ugab und Omaruru	345
77	Distanz- und Gefälleverhältnis-Diagramm am Trig. Pkt. Löwenberg	346
78	Stratigraphie des Schwemmfächers am unteren Omaruru	349
79	Profilschnitt durch das Khan- Tal und die Otjipateraberge	352
80	Profilschnitt durch das Aroab-Becken und das Khan-Tal östl. Usakos	353
81	Flußlängsprofil des Aroab zwischen Okawayo und Usakos	355
82	Profilschnitt durch die Swakop-Nossob-Wasserscheide	357
83	Geologisch-morphologisches Profil durch das obere Swakoptal bei Otjisazu	358
84	Geologisch-morphologisches Profil durch das Swakoptal bei Swakoppoort	359
85	Geologisch-morphologisches Profil durch das Swakoptal bei Otjimbingue	360
86	Profilschnitt durch das Swakoptal zwischen Habis und Witwaterbergen	361
87	Flußlängsprofil von Swakop und Khan	361
88	Abfolge von Talquerschnitten im Swakopsystem	362
89	Geologisch-morphologisches Profil durch die Swakop-Khan-Wasserscheide	363
90	Profilschnitt durch das untere Swakoptal bei Riet	365
91	Morphologische Profilschnitte durch das obere Ganab-Gebiet	373
92	Höhenprofil der Kriess-Stufe	375
93	Talfüllungen des Proto-Tumas	379
94	Struktur der Leeukop-Konglomerate und Tumas-Sandsteine	382
95	Skizze der Talfüllungen am unteren Tumas	383
96	Flußlängsprofil von Kuiseb und Tumas	393
97	Profilskizze durch das mittlere Kuiseb-Tal	393
98	Profilskizze durch die nördlichen Zuflüsse am Kuiseb-Mittellauf	394
99	Profilschnitt vom Kuiseb-Cañon über die Berghof-Fläche zum Gamsberg	419
100	Skizze zur Reliefentwicklung am mittleren Kuiseb-Tal	422
101	Kalkkrustengenerationen auf Farm Kromhoek	426
102	Profilschnitt von der Tumas-Vlake zum Rostockberg	429
103	Aufschlußzeichnung zum Karpfenkliff nach KORN (1942)	432
104	Sedimentaufschluß am Aruvlei	434
105	Profil am Aufschluß Karpfenkliff	436
106	Vergleich der Terrassenprofile vom mittleren Ugab und mittleren Kuiseb	442
107	Geländemodell des Khomas-Hochlands mit der Randstufe	446
108	Profilschnitt und Karte des Kuiseb-Systems auf dem westlichen Hochland	456
109	Geländemodell der Hohenheim-Göllschauer Fläche	457
110	Profilschnitt vom Gamsberg in das Rehobother Becken	458
111	Geländemodell der Gamsberg-Stufe zwischen Gamsberg und Gaub	459
112	Geländemodell der Übergangs vom Windhoeker Becken zur Seeis-Fläche	470
113	Geländemodell des oberen Windhoeker Beckens im Streichen der Auasberg	471
114	Schnitt durch das Kalahari-Becken	479
115	Mächtigkeit von Kalahari-Sedimenten im Etoscha-Becken	480
116	Sammelprofil der Kalahari-Gruppe	481
117	Bohrprofile der Kalahari-Sedimente von Okamatangara (westl. Kalaharirand)	487
118	Kalkkrustentypen	490
119	Profil der Acheul-Fundstelle Namib IV	507
120	Schema der gondwanischen Flächen in Zentral-Namibia	523

121	Geologisch-morphologisches Profil durch die Randstufenlücke	526
122	Profilschnitt durch das Khomas-Arkogen	535
123	Schema der Querwölbung im distalen Arkogenbereich	538
124	Profilschnitt durch das quergewölbte Proximale Arkogen östl. Windhoek	539
125	Profil der Randstufe nördlich der Randstufenlücke (Damara-Randstufe)	541
126	Profil der Randstufe südlich des Khomas-Arkogens (Nama-Randstufe)	544
127	Hypothetischer landschaftsgeschichtlicher Ablauf im oberen Swakoptal	549
128	Hypothetischer landschaftsgeschichtlicher Ablauf im mittleren Swakoptal	549
129	Synopse mittel- bis spätpleistozäner Klimaindikatoren	Anh.
130	Synopse endpleistozäner und holozäner Klimaindikatoren	Anh.
131	Synoptische Gegenüberstellung der Auffassungen zur Reliefgenese	559
132	Morphomilieuentwicklung im Pliozän	558
133	Morphomilieuentwicklung im Alt- und Mittelpleistozän	558

Tabellenverzeichnis

<u>Nr.</u>	<u>Titel</u>	<u>Seite</u>
1	Vergleich von Umweltparametern Winterregen-Sommerregen-Gebiete	30
2	Systemmatrix der klimabestimmenden Einflüsse in Namibia	38
3	Niederschlagsdurchschnittswerte und Abweichungen	49
4	Berechnung des Niederschlagsplanungswerts für 64 ausgewählte Stationen	59
5	Nährstoff- und Sauerstoffkonzentrationen im Benguela-Bereich	79
6	Ökosystemstabilität und -dynamik	85
7	Klimageomorphologische Phasen der zentralen Namib	87
8	Phytogeographische Unterteilung der weiteren Namib-Karoo-Region	98
9	Biome in Zentral-Namibia	106
10	Daten zur Vegetationsbedeckung der Kurzstrauchsavanne	137
11	Daten zur Vegetationsbedeckung auf dem Khomas-Hochland	145
12	Diversitätsdaten einzelner Biome im südlichen Afrika	165
13	Tertiäre Paläoklimanachweise an Afrikas Südwestküste	178
14	Paläoklimatische Indikatoren an der Westküste des südl. Afrikas	183
15	„Glazial“ und „Interglazial“ in Kennwerten vom namibischen Schelf	185
16	Rumpfflächenstockwerke in Zentral-Namibia	202
17	Geochemische Zusammensetzung der Damara-Schiefer	250
18	Analysedaten ausgewählter Bodenprofile	Anh.
19	Pfannenlokalitäten und Pfannentypen	292
20	Analysedaten des Pfannenbodens von Kampingama nach SCHOLZ (1968d)	298
21	Vergleich zwischen Dambos, Trocken-Mbuga und Oshanas	307
22	Stratigraphie des sog. „Tsondab-Sandsteins“	321
23	Fundstätten fossiler <i>Struthioniformes</i> -Schalen und Alter der Arenite	324
24	Gegenüberstellung einiger Charakteristika der Tsondab-Hypothesen	329
25	Phasenablauf der Reliefgeschichte im westlichen Tumas-Catchment	386
26	Reliefgenerationen im Bereich des Fluvialreliefs am Kuiseb	440
27	Vergleich der Flußhistorien von Ugab, Omaruru, Khan, Swakop, Kuiseb etc.	444
28	Vergleich von altverwitterten und jungen Kolluvialhorizonten	463

29	Modell des <i>Early Stone Age</i> im südlichen Afrika	499
30	Geologie Zentral-Namibias (vereinfacht)	524
31	Reliefgenerationen in Zentral-Namibia und zeitliche Korrelation	552

Kartenverzeichnis

<u>Nr.</u>	<u>Titel</u>	<u>Seite</u>
1	Überblickskarte mit Höhenschichten	9
2	Meeresoberflächentemperaturen im südöstlichen Atlantik unter Normalbed.	33
3	Meeresoberflächentemperaturen im südöstlichen Atlantik bei Benguela-Niño	33
4	Zentral-Namibia in den Klimaregionen von KÖPPEN (1923)	44
5	Durchschnittliches Tagestemperaturminimum im kältesten Monat	45
6	Durchschnittliches Tagestemperaturmaximum im heißesten Monat	46
7	Potentielle Evaporation in Zentral Namibia	47
8	Durchschnittlicher saisonaler Niederschlag in Zentral-Namibia	48
9	Niederschlagsvariabilität in Zentral-Namibia	48
10	Isohyeten der extremen Regenzeit von 1933/34 in Zentral-Namibia	49
11	Durchschnittliche jährliche Niederschlagsenergie in Zentral-Namibia	67
12	Phytogeographische Unterteilung Zentral-Namibias nach JÜRGENS (1991)	99
13	Biome in Zentral-Namibia nach IRISH (1994)	104
14	Vegetationskarte Zentral-Namibias nach ENGLER (1914)	109
15	Beispiel für eine Regenfläche nach RUST (1970)	112
16	Vegetationsformationen Namibias nach GIESS (1971, 1998)	113
17	Habitattypen der zentralen Namib	136
18	Habitattypen der Hochlandsavanne	148
19	Hydrogeographischer Überblick über Zentral-Namibia	172
20	Geomorphologische Karte der Swakop-Khan-Wasserscheide (Chuos-Berge)	214
21	Karte der Nebelhäufigkeit in der zentralen Namib nach OLIVIER (1995)	239
22	Geomorphologische Karte Otjisondu-Pfannenfeld	301
23	Verbreitung von Namib-Sanden und Tsondab-Sandstein südlich des Kuiseb	323
24	Karte der zentralen Namib und ihrer Flußsysteme	335
25	Karte des Tumas-Einzugsgebiets mit Flußumlenkungen und Sedimentvork.	371
26	Geomorphologische Karte der Ganab-Region am oberen Tumas	373
27	Karte des unteren und mittleren Kuiseb-Einzugsgebiets	395
28	Verbreitung der Hauptschotter am mittleren Kuiseb	423
29	Geomorphologische Kartenskizze vom mittleren Ugab	443
30	Flußnetz des Khomas-Hochlands	455
31	Karte der Flußumlenkung am oberen Gurumanas	460
32	Karte der Flußverläufe im zentralen Khomas-Hochland	461
33	Gewässernetz des Windhoek-Okahandja-Beckens	469
34	Mächtigkeit der Kalahari-Beckensedimente	479
35	Verbreitung oligozäner Vulkanite im zentralen Hochland	533
36	Erdbebenbeobachtungen und junge seismische Aktivität in Zentral-Namibia	535

Verzeichnis der Fotos im Text

Foto 1: Khan-Tal mit Khanfläche und Chuos-Bergen	213
Foto 2: Nordenburg-Dorstrivier-Fläche mit Sphinx-Berg	213
Foto 3: Satellitenbild von Ugab-Tal und Kamanjab-Fläche	340
Foto 4: Blick von einer Calcrete-Mesa auf Farm Berghof zum Gamsberg	419
Foto 5: Hochterrassen im Kuiseb-Tal	419
Foto 6: Acheul-Faustkeil von Hohewarte	475