

Muster der Vegetation und ihre Determinanten in einem
desertifikationsgefährdeten Raum im Nordwesten Namibias (Kaokoland)

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität zu Köln

vorgelegt von

Thorsten Becker

aus Köln

Köln, 2000

Berichterstatter: Prof. Dr. N. Jürgens

Prof. Dr. E. Brunotte

Tag der mündlichen Prüfung: 12.02.2001

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG	1
2 FRAGESTELLUNG UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG	4
3 FORSCHUNGSSTAND	7
3.1 Vorbemerkungen	7
3.2 Vegetationsökologischer Forschungsstand	7
3.3 Forschungsstand zur Vegetationsdynamik weidewirtschaftlich genutzter Trockengebiete	9
3.4 Desertifikation im Kaokoland	20
3.5 Weitere Forschungsansätze	23
4 METHODEN	24
4.1 Vegetationsökologische Methoden	24
4.1.1 Methodik zum Schwerpunktthema „Vegetationsökologische Transektanalyse“	24
4.1.2 Methodik zum Schwerpunktthema „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“	26
4.1.3 Methodik zur Abgrenzung der Vegetationseinheiten	26
4.1.4 Lebensformen	27
4.1.5 Identifikation und Benennung der Arten	28
4.2 Fernerkundliche Methoden	28
4.3 Bodenkundliche Methodik und Verfahren	28
4.4 Statistische Methoden und Verfahren	30
4.4.1 Die Evenness	30
4.4.2 Univariate Methoden und Verfahren: Korrelationskoeffizienten	31
4.4.3 Multivariate Methoden und Verfahren	32
4.4.3.1 Verfahren der Gradientenanalyse: Die Korrespondenzanalyse und die kanonische Korrespondenzanalyse	33
4.4.3.2 Klassifikationsverfahren: Die Clusteranalyse	34
4.5 Methodik zum Schwerpunktthema „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“	35
5 ABGRENZUNG UND NATURRÄUMLICHE GEGEBENHEITEN DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	36
5.1 Lage des Kaokolandes und des Untersuchungsgebietes	36
5.2 Naturräumliche Gliederung und Topographie des zentralen und westlichen Kaokolandes	39
5.3 Klimatische Gegebenheiten	44
5.3.1 Bedeutung der klimatischen Gegebenheiten für das westliche Kaokoland	44
5.3.2 Einordnung in die Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre und klimatische Zonierung	44

5.3.3	Klimaklassifikation	45
5.3.4	Niederschlagsbedingungen	47
5.3.4.1	Vorbemerkungen	47
5.3.4.2	Merkmale der Regenzeit	48
5.3.4.3	Mittlere Niederschlagsmengen	52
5.3.4.4	Langfristige Trends in der jährlichen Niederschlagsverteilung und Dürreproblematik im Kaokoland	54
5.3.5	Lufttemperatur	60
5.3.6	Relative Luftfeuchtigkeit	63
5.4	Geologie und Bodengeographie	63
5.5	Agro-Ökologische Zuordnung	66
5.6	Phytogeographie und Diversität	68
5.7	Vegetation	71
6	ERGEBNISSE	73
6.1	Taxonomische Übersicht über die erfaßten Arten und Zuordnung zu Lebensformgruppen	73
6.2	Vegetationsökologische Transektanalyse	75
6.2.1	Einleitung	75
6.2.2	Erfasste Standorttypen	75
6.2.3	Steuernde Faktoren für die Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness der Vegetationsaufnahmen	82
6.2.4	Standortbindungen der Lebensformgruppen	97
6.2.5	Muster der Vegetation	111
6.2.5.1	Einleitung	111
6.2.5.2	Vegetationsmuster des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park	112
6.2.5.2.1	Abgrenzung und Beschreibung der entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park auftretenden Pflanzengemeinschaften	112
6.2.5.2.1.1	Überblick	112
6.2.5.2.1.2	<i>Ephemerer Grasland</i>	118
6.2.5.2.1.3	<i>Colophospermum mopane-Savannen</i>	121
6.2.5.2.1.3.1	<i>Colophospermum mopane-Savanne</i>	125
6.2.5.2.1.3.2	<i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne</i>	133
6.2.5.2.1.3.3	<i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne</i>	140
6.2.5.2.1.4	Zusammenfassung	148
6.2.5.2.2	Standortbindungen syntaxonomisch relevanter Arten (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)	148
6.2.5.2.2.1	Zusammenfassung	156
6.2.5.2.3	Standortbindung der entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften	156
6.2.5.3	Vegetationsmuster des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park	159
6.2.5.3.1	Abgrenzung und Beschreibung der entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park auftretenden Pflanzengemeinschaften	159
6.2.5.3.1.1	Überblick	159
6.2.5.3.1.2	<i>Ephemerer Grasland</i>	166
6.2.5.3.1.3	<i>Colophospermum mopane-Savannen</i>	171
6.2.5.3.1.3.1	<i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne</i>	175
6.2.5.3.1.3.2	<i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne</i>	196

6.2.5.3.1.4 Zusammenfassung	197
6.2.5.3.2 Standortbindungen syntaxonomisch relevanter Arten (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)	198
6.2.5.3.2.1 Zusammenfassung	209
6.2.5.3.3 Standortbindung der entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften	209
6.2.5.4 Vegetationsmuster des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park	215
6.2.5.4.1 Abgrenzung und Beschreibung der entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park auftretenden Pflanzengemeinschaften	215
6.2.5.4.1.1 Überblick	215
6.2.5.4.1.2 <i>Ephemeris Grasland</i>	218
6.2.5.4.1.3 <i>Colophospermum mopane-Savannen</i>	223
6.2.5.4.1.3.1 <i>Colophospermum mopane-Savanne</i>	224
6.2.5.4.1.3.2 <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne</i>	227
6.2.5.4.1.4 <i>Acacia spp.-Savanne</i>	229
6.2.5.4.1.5 <i>Commiphora spp.-Savanne</i>	231
6.2.5.4.1.6 Zusammenfassung	235
6.2.5.4.2 Standortbindungen syntaxonomisch relevanter Arten (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)	235
6.2.5.4.2.1 Zusammenfassung	243
6.2.5.4.3 Standortbindung der entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften	244
6.2.5.5 Zusammenfassende Darstellung der Standortbindungen syntaxonomisch relevanter Arten	246
6.2.5.6 Zusammenfassende Darstellung der entlang der Transekte Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park beschriebenen Vegetationstypen	251
6.3 Die Vegetationsökologie der Siedlungsplätze	255
6.3.1 Vegetationsökologie des Siedlungsbereichs Okamungudona	256
6.3.2 Vegetationsökologie des Siedlungsbereichs Omungunda	267
6.3.3 Vegetationsökologie des Siedlungsbereichs Onganga	272
6.3.4 Vegetationsökologie des Siedlungsbereichs Otjiheke	278
6.3.5 Vegetationsökologie des Siedlungsbereichs Orupembe	281
6.3.6 Zusammenfassende Darstellung der Vegetationsökologie der Siedlungsplätze und Diskussion der Bezüge der Vegetation der Siedlungsplätze zur zonalen Vegetation	286
6.4 Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews	296
6.4.1 Arbeitsgebiet Steilrandberge	297
6.4.2 Arbeitsgebiet Hoarusib-Becken	301
6.4.3 Arbeitsgebiet Sesfontein/Warmquelle	303
6.4.4 Vegetationsökologische Schlußfolgerungen	304
7 ZUSAMMENFASSUNG	312
LITERATURVERZEICHNIS	316
ANHANG	350

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Merkmale von Equilibrium-Weidesystemen und Disequilibrium-Weidesystemen.....	19
Tab. 2: Durchschnittlicher Jahresniederschlag an den Stationen Opuwo, Sesfontein und Mlöwe Bay.....	53
Tab. 3: Mitteltemperaturen des wärmsten und des kältesten Monats sowie die Werte der Jahresamplitude und der mittleren Tagesamplitude von Mlöwe Bay und Opuwo	62
Tab. 4: Merkmale der Agro-Ökologischen Zone KAO4.....	66
Tab. 5: Verteilung der Arten auf morphologisch-phänologisch definierte Lebensformgruppen.....	73
Tab. 6: Taxonomische Zuordnung der durch die Vegetationsaufnahmen dokumentierten Arten	74
Tab. 7: Anzahl der Vegetationsaufnahmen entlang der drei Transekte an verschiedenen Standorttypen.....	76
Tab. 8: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen mit Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials.....	76
Tab. 9: Verteilung der im Verlauf der drei Transekte erfassten Vegetationsaufnahmen auf die Naturräume und Hauptstandorttypen mit Angaben über die Hangneigung der Aufnahmeflächen	80
Tab. 10: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit der Artenzahl und der Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen für das Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park.....	84
Tab. 11: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit der Artenzahl, der Gesamtdeckung und der Evenness der Vegetationsaufnahmen für das Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park.....	85
Tab. 12: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit der Artenzahl, der Gesamtdeckung und der Evenness der Vegetationsaufnahmen für das Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park.....	87
Tab. 13: Zusammenfassende Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit der Artenzahl, der Gesamtdeckung und der Evenness der Vegetationsaufnahmen für die drei Transekte	88
Tab. 14: Stetigkeit differenzierender Arten des ephemeren Graslandes und der Colophospermum mopane-Savannen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)	113
Tab. 15: Räumliche Übereinstimmung der von VILJOEN (1980) vorgenommenen Vegetationsgliederung im Bereich des nördlichen Transekts mit der vorliegenden Gliederung	115
Tab. 16: Gemeinschaftsbezogene Stetigkeit diagnostisch wichtiger Arten des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park.....	116
Tab. 17: Vegetationseinheiten im Bereich des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park.....	117
Tab. 18: Stetigkeit differenzierender Arten der Colophospermum mopane-Savanne, der Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne und der Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	123
Tab. 19: Standortbindungen von Stipagrostis hirtigluma (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	149
Tab. 20: Standortbindungen von Calicorema capitata (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)	150
Tab. 21: Standortbindungen von Stipagrostis uniplumis (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	150
Tab. 22: Standortbindungen von Commiphora wildii (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	151
Tab. 23: Standortbindungen von Colophospermum mopane (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)..	152
Tab. 24: Standortbindungen von Terminalia prunioides (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	152
Tab. 25: Standortbindungen von Combretum apiculatum (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	153
Tab. 26: Standortbindungen von Enneapogon desvauxii (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)	154
Tab. 27: Standortbindungen von Curroria decidua (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	155
Tab. 28: Standortbindungen von Tribulus zeyheri (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	155
Tab. 29: Standortbindungen von Euphorbia damarana (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	155

Tab. 30: Korrelation der Standortfaktoren ‚Calciumgehalt‘, ‚Carbonatgehalt‘ und ‚pH-Wert‘ beim Feinmaterial der entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Standorte.....	157
Tab. 31: Stetigkeit differenzierender Arten des ephemeren Graslandes und der <i>Colophospermum mopane</i> -Savannen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	160
Tab. 32: Gemeinschaftsbezogene Stetigkeit diagnostisch wichtiger Arten des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park.....	161
Tab. 33: Vegetationseinheiten im Bereich des Transekts Opuwo–Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park	165
Tab. 34: Stetigkeit differenzierender Arten der artenarmen <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> -Savanne, der artenreichen <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> -Savanne sowie der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> -Savanne (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	173
Tab. 35: Standortbindungen von <i>Calicorema capitata</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	199
Tab. 36: Standortbindungen von <i>Euphorbia damarana</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	199
Tab. 37: Standortbindungen von <i>Stipagrostis hirtigluma</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	200
Tab. 38: Standortbindungen von <i>Zygophyllum stapfii</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	200
Tab. 39: Standortbindungen von <i>Stipagrostis namaquensis</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	200
Tab. 40: Standortbindungen von <i>Phaeoptilum spinosum</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	201
Tab. 41: Standortbindungen von <i>Curroria decidua</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	201
Tab. 42: Standortbindungen von <i>Colophospermum mopane</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	201
Tab. 43: Standortbindungen von <i>Terminalia prunioides</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	202
Tab. 44: Standortbindungen von <i>Heliotropium hereroense</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	202
Tab. 45: Standortbindungen von <i>Amphiasma merenskianum</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	203
Tab. 46: Standortbindungen von <i>Commiphora virgata</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	203
Tab. 47: Standortbindungen von <i>Petalidium luteo-album</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	203
Tab. 48: Standortbindungen von <i>Ximenia americana</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	204
Tab. 49: Standortbindungen von <i>Grewia flavescens</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	204
Tab. 50: Standortbindungen von <i>Fingerhutia africana</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	204
Tab. 51: Standortbindungen von <i>Commiphora anacardiifolia</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	205
Tab. 52: Standortbindungen von <i>Stipagrostis uniplumis</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	205
Tab. 53: Standortbindungen von <i>Dicoma tomentosa</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	206

Tab. 54: Standortbindungen von <i>Acacia nilotica</i> , <i>Acacia mellifera</i> und <i>Acacia reficiens</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	206
Tab. 55: Standortbindungen von <i>Catophractes alexandri</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	207
Tab. 56: Standortbindungen von <i>Petalidium rossmanianum</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	207
Tab. 57: Standortbindungen von <i>Combretum apiculatum</i> (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	207
Tab. 58: Korrelation der Standortfaktoren ‚Calciumgehalt‘, ‚Carbonatgehalt‘ und ‚pH-Wert‘ beim Feinmaterial der entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Standorte..	210
Tab. 59: Gemeinschaftsbezogene Stetigkeit diagnostisch wichtiger Arten des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park.....	217
Tab. 60: Vegetationseinheiten im Bereich des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park	218
Tab. 61: Stetigkeit differenzierender Arten der <i>Colophospermum mopane</i> -Savanne und der <i>Colophospermum mopane</i> -Savannen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	223
Tab. 62: Standortbindungen von <i>Acacia erioloba</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	236
Tab. 63: Standortbindungen von <i>Acacia tortilis</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)	237
Tab. 64: Standortbindungen von <i>Calicorema capitata</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	237
Tab. 65: Standortbindungen von <i>Catophractes alexandri</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)	238
Tab. 66: Standortbindungen von <i>Cleome foliosa</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	238
Tab. 67: Standortbindungen von <i>Colophospermum mopane</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)	238
Tab. 68: Standortbindungen von <i>Commiphora virgata</i> , <i>C. wildii</i> und <i>C. ob lanceolata</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)	239
Tab. 69: Standortbindungen von <i>Euphorbia damarana</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park) ...	240
Tab. 70: Standortbindungen von <i>Gisekia africana</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	240
Tab. 71: Standortbindungen von <i>Monechma genistifolium</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)	240
Tab. 72: Standortbindungen von <i>Salvadora persica</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)	241
Tab. 73: Standortbindungen von <i>Stipagrostis uniplumis</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)..	242
Tab. 74: Standortbindungen von <i>Stipagrostis hirtigluma</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).	241
Tab. 75: Standortbindungen von <i>Terminalia prunioides</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)..	243
Tab. 76: Standortbindungen von <i>Zygophyllum simplex</i> (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)....	243
Tab. 77: Korrelation der Standortfaktoren ‚Calciumgehalt‘, ‚Carbonatgehalt‘ und ‚pH-Wert‘ beim Feinmaterial der entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Standorte.....	245
Tab. 78: Zusammenhang zwischen der Hangneigung, der geographischen Länge sowie den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Aufnahmeflächen mit der Artmächtigkeit der für die Vegetationsgliederung der Transekte Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park syntaxonomisch relevanten Arten	250
Tab. 79: Korrelation der Standortfaktoren ‚Dunganteil‘ und ‚Leitfähigkeit‘ bei den an Siedlungsplätzen erfaßten Aufnahmeflächen	287
Tab. 80: Ruderale Arten des Arbeitsgebietes.....	292
Tab. 81: Durchschnittliche Stetigkeit von <i>Enneapogon desvauxii</i> , <i>Eragrostis annulata</i> und <i>Tribulus zeyheri</i> in den entlang der drei Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen	293
Tab. 82: Indikatorarten für nicht oder nur gering anthropogen gestörte Vegetationsausschnitte	293
Tab. 83: Arten mit deutlichem Rückgang seit der Dürreperiode 1979-81.....	306

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Regelgrößen des Weidezustandes nach dem ‚Range Succession Model‘	10
Abb. 2: Diagramm einer quantitativen Basis zur Bestimmung des Weidezustandes	12
Abb. 3: ‚Cup-and-ball“-Model zur Illustration des ‚state-and transition“-Modells	15
Abb. 4: Dynamik der Vegetationsveränderung in einem Buschland der südliche Karoo nach dem ‚state-and-transition“-Modell	16
Abb. 5: Diagramm zur Schwellenwert-determinierten Zustandsänderung einer Pflanzengemeinschaft von einer Savanne zu einem Buschland durch Beweidungseinfluß.....	17
Abb. 6: Die ‚Cusp“-Katastrophe, Bestandteile und Symptome.....	18
Abb. 7: Lage des Kaokolandes und der Untersuchungsgebiete zu den Schwerpunktthemen „Vegetationsökologische Transektanalyse“, „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ und „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“	37
Abb. 8: Topographie und Höhengliederung des westlichen Kaokolandes	40
Abb. 9: Naturräumliche Gliederung des westlichen Kaokolandes mit den Untersuchungsgebieten für die Schwerpunktthemen „Vegetationsökologische Transektanalyse“, „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ und „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“	43
Abb. 10: Klimazonale Gliederung des Kaokolandes	46
Abb. 11: Dauer der Regenzeit im zentralen und westlichen Kaokoland.....	48
Abb. 12: Monatliche Verteilung der Niederschläge an den Stationen Opuwo, Sesfontein und Möwe Bay 1941 – 1999.....	49
Abb. 13: Klimadiagramm der Station Opuwo	50
Abb. 14: 24-Stunden Niederschlagssummen in Opuwo für den Zeitraum 1958 – 1963.....	51
Abb. 15: 24-Stunden Niederschlagssummen in Sesfontein für den Zeitraum 1958 – 1963.....	51
Abb. 16: Mittlere Jahresniederschläge im zentralen und westlichen Kaokoland.....	52
Abb. 17: Regenzeitliche Niederschlagsmengen an der Station Opuwo für den Zeitraum 1941-1999.....	57
Abb. 18: Regenzeitliche Niederschlagsmengen an der Station Sesfontein für den Zeitraum 1956-1986.....	58
Abb. 19: Regenzeitliche Niederschlagsmengen an der Station Möwe Bay für den Zeitraum 1969-1995.....	59
Abb. 20: Lage der Isohyeten für die niederschlagsreiche Regenzeit 1949/50 (a) und die niederschlagsarme Regenzeit 1944/45 (b) im Kaokoland	60
Abb. 21: Jahresgang der Temperatur in Opuwo (A) und Möwe Bay (B).....	61
Abb. 22: Jahresgang der relativen Luftfeuchtigkeit in Opuwo und Möwe Bay.....	63
Abb. 23: Geologische Gliederung des zentralen und westlichen Kaokolandes.....	64
Abb. 24: Bodengeographie des zentralen und westlichen Kaokolandes	65
Abb. 25: Agro-Ökologische Gliederung des zentralen und westlichen Kaokolandes	67
Abb. 26: Phytochorologische Gliederung des westlichen und zentralen Kaokolandes	69
Abb. 27: Die „Ökoklimatische Zone“ des afrikanischen Sahel	71
Abb. 28: Vegetationskarte des zentralen und westlichen Kaokolandes	72
Abb. 29: Anteil verschiedener Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial der an den drei Transekten A) Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, B) Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und C) Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Aufnahmeflächen	79
Abb. 30: Anzahl der Vegetationsaufnahmen mit unterschiedlicher Exposition für A) das Transekt Opuwo- Etanga-Skeleton Coast Park, B) das Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und C) das Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park	81
Abb. 31: Gesamtdeckung und Artenzahl der entlang der drei Transekte A) Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, B) Opuwo- Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und C) Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen.....	92

Abb. 32: Evenness der entlang der drei Transekte A) Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, B) Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und C) Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen	93
Abb. 33: A) Artenzahl, B) Gesamtdeckung und C) Evenness der entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen getrennt nach den Hauptstandorttypen.....	94
Abb. 34: A) Artenzahl, B) Gesamtdeckung und C) Evenness der entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen getrennt nach den Hauptstandorttypen	95
Abb. 35: A) Artenzahl, B) Gesamtdeckung und C) Evenness der entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen getrennt nach den Hauptstandorttypen	96
Abb. 36: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) annuelle Arten, B) Grasarten und C) Chamaephyten in den entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen	100
Abb. 37: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) blattsukkulente Arten, B) stammsukkulente Arten und C) Phanerophyten in den entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen	101
Abb. 38: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) annuelle Arten, B) Grasarten und C) Chamaephyten in den entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen.....	104
Abb. 39: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) blattsukkulente Arten, B) stammsukkulente Arten und C) Phanerophyten in den entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen.....	105
Abb. 40: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) annuelle Arten, B) Grasarten und C) Chamaephyten in den entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen	108
Abb. 41: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) blattsukkulente Arten, B) stammsukkulente Arten und C) Phanerophyten in den entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen.....	109
Abb. 42: Überblick über die im Verlauf des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park abgegrenzten Vegetationseinheiten	112
Abb. 43: Durchschnittliche Artenzahl der im ephemeren Grasland (A) und den Colophospermum mopane-Savannen (B) vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)	116
Abb. 44: Durchschnittlicher Deckungsgrad der im ephemeren Grasland (A) und den Colophospermum mopane-Savannen (B) vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)	116
Abb. 45: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata-Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	119
Abb. 46: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Commiphora wildii-Stipagrostis hirtigluma-Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	120
Abb. 47: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Stipagrostis uniplumis-Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	121
Abb. 48: Übersicht über die im Hinblick auf die durchschnittliche Artmächtigkeit wichtigsten Arten der Colophospermum mopane-Savannen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)	123
Abb. 49: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der Colophospermum mopane-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	124
Abb. 50: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	125
Abb. 51: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)	125

Abb. 52: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	126
Abb. 53: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	131
Abb. 54: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	131
Abb. 55: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	133
Abb. 56: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	135
Abb. 57: Artenarme <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides</i> -Savanne.....	136
Abb. 58: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der artenarmen <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	137
Abb. 59: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	138
Abb. 60: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	140
Abb. 61: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der artenarmen <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	142
Abb. 62: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	143
Abb. 63: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	145
Abb. 64: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	146
Abb. 65: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Tribulus zeyheri</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park).....	147
Abb. 66: Artmächtigkeit von <i>Stipagrostis hirtigluma</i> und <i>Stipagrostis uniplumis</i> entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (Regenzeit 1998)	151
Abb. 67: Artmächtigkeiten von <i>Terminalia prunioides</i> , <i>Combretum apiculatum</i> und <i>Colophospermum mopane</i> in den entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen	154
Abb. 68: Überblick über die im Verlauf des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park abgegrenzten Vegetationseinheiten	159
Abb. 69: Durchschnittliche Artenzahl der im ephemeren Grasland (A) und den <i>Colophospermum mopane</i> -Savannen (B) vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	163
Abb. 70: Durchschnittlicher Deckungsgrad der im ephemeren Grasland (A) und den <i>Colophospermum mopane</i> -Savannen (B) vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	164
Abb. 71: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Calicorema capitata-Euphorbia damarana</i> -Gemeinschaft vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	167

Abb. 72: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im <i>Zygophyllum stapfii</i> - <i>Stipagrostis namaquensis</i> -Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	169
Abb. 73: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	170
Abb. 74: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im <i>Phaeoptilum spinosum</i> - <i>Curroria decidua</i> -Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	171
Abb. 75: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der artenarmen <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)	174
Abb. 76: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der artenreichen <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)	175
Abb. 77: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	175
Abb. 78: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	177
Abb. 79: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)	179
Abb. 80: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Amphiasma merenskianum</i> - <i>Heliotropium hereroense</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	180
Abb. 81: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Commiphora virgata</i> - <i>Petalidium luteo-album</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	182
Abb. 82: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Grewia flavescens</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	184
Abb. 83: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Fingerhutia africana</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)	186
Abb. 84: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Lindernia clavata</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	187
Abb. 85: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Commiphora anacardiifolia</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)	188
Abb. 86: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Dicoma tomentosa</i> - <i>Stipagrostis uniplumis</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	189
Abb. 87: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Acacia</i> spp.-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)	191
Abb. 88: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Catophractes alexandri</i> - <i>Petalidium rossmannianum</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	193
Abb. 89: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittliche Gesamtdeckung (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Catophractes alexandri</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)	195

Abb. 90: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park	197
Abb. 91: Artmächtigkeiten von <i>Stipagrostis hirtigluma</i> in den entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen (Regenzeiten 1996/1997).....	200
Abb. 92: Artmächtigkeiten von <i>Terminalia prunioides</i> , <i>Combretum apiculatum</i> und <i>Colophospermum mopane</i> in den entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen	208
Abb. 93: Übersicht über die im Hinblick auf die durchschnittliche Artmächtigkeit wichtigsten Arten des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park.....	211
Abb. 94: Standörtliche Bindung der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Amphiasma merensianum</i> - <i>Heliotropium hereroense</i> -Savanne (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	213
Abb. 95: Standörtliche Bindung der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Savanne (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	213
Abb. 96: Standörtliche Bindung der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> -Savanne (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	214
Abb. 97: Standörtliche Bindung der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Commiphora virgata</i> - <i>Petalidium luteo-album</i> -Savanne (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)....	214
Abb. 98: Standörtliche Bindung der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Acacia</i> spp.-Savanne (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park).....	215
Abb. 99: Überblick über die im Verlauf des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park abgegrenzten Vegetationseinheiten	216
Abb. 100: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im <i>Stipagrostis uniplumis</i> - <i>Cleome foliosa</i> - <i>Gisekia africana</i> -Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	220
Abb. 101: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im <i>Stipagrostis uniplumis</i> - <i>Calicorema capitata</i> -Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	222
Abb. 102: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	223
Abb. 103: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	225
Abb. 104: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Stipagrostis uniplumis</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	226
Abb. 105: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Salvadora persica</i> - <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	227
Abb. 106: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Catophractes alexandri</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	229
Abb. 107: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Acacia erioloba</i> - <i>Salvadora persica</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	230
Abb. 108: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Acacia tortilis</i> - <i>Zygophyllum simplex</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	231
Abb. 109: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Commiphora wildii</i> - <i>Monechma genistifolium</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park).....	233

Abb. 110: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Commiphora ob lanceolata</i> - <i>Euphorbia damarana</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)	234
Abb. 111: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der <i>Commiphora virgata</i> -Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)	235
Abb. 112: Artmächtigkeiten von <i>Colophospermum mopane</i> und <i>Terminalia prunioides</i> in den entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen	239
Abb. 113: Artmächtigkeit von <i>Stipagrostis hirtigluma</i> und <i>Stipagrostis uniplumis</i> entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park (Regenzeit 1998/99)	242
Abb. 114: Halbschematische Darstellung der Verbreitung der Hauptvegetationstypen entlang der drei Transekte	252
Abb. 115: Indirekte Gradientenanalyse aller entlang der drei Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen (Darstellung der Hauptvegetationseinheiten).....	254
Abb. 116: Der Siedlungsraum Okamungudona	258
Abb. 117: Siedlungsstrukturen im nordwestlichen Teil des Beckens von Okamungudona im Vergleich der Jahre 1976 und 1996	259
Abb. 118: Halbschematische Darstellung des Siedlungsplatzes I im Becken von Okamungudona; Lage der Vegetationsaufnahmen entlang des Nutzungsgradienten	260
Abb. 119: Vegetationsmuster im Bereich des Siedlungsplatzes I im Becken von Okamungudona.....	262
Abb. 120: Artenzahl und Gesamtdeckung der im Bereich des Siedlungsplatzes I (Okamungudona) erfaßten Vegetationsaufnahmen	263
Abb. 121: Prozentualer Anteil der Lebensformgruppen ‚Chamaephyten‘ ‚Phanerophyten‘ und ‚Annuelle‘ an der Gesamtdeckung der im Bereich des Siedlungsplatzes I (Okamungudona) erfaßten Vegetationsaufnahmen	264
Abb. 122: Prozentualer Anteil unterschiedlicher Lebensformgruppen an der Gesamtdeckung der Siedlungsplatzstrukturen am Siedlungsplatz II (Okamungudona), Gesamtdeckungen und Artenzahlen	265
Abb. 123: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich von inneren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Okamungudona	266
Abb. 124: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich der äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Okamungudona	266
Abb. 125: Überblick über die Siedlungsbereiche von Okamungudona, Omungunda und Onganga	267
Abb. 126: Siedlungsstrukturen im zentralen Teil des Beckens von Omungunda im Vergleich der Jahre 1976 und 1996	268
Abb. 127: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich der äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Omungunda.....	271
Abb. 128: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich der äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Omungunda.....	271
Abb. 129: Halbschematische Darstellung eines Viehpostens im Siedlungsbereich Onganga; Lage der Vegetationsaufnahmen entlang des Nutzungsgradienten	274
Abb. 130: Gehalt an wasserlöslichen Salzen im Bereich eines rezent genutzten Siedlungsplatzes entlang des Gradienten abnehmender Nutzungsintensität.....	275
Abb. 131: Rezent genutzter Siedlungsplatz mit halbschematischer Darstellung der Vegetationszonierung (Siedlungsbereich Onganga)	277
Abb. 132: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich von zentralen Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Onganga.....	278
Abb. 133: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich der äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich von Onganga	278
Abb. 134: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich von inneren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Otjiheke.....	281
Abb. 135: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich von äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Otjiheke	281

Abb. 136: Lage des Siedlungsbereichs Orupembe im Übergangsbereich von der Escarpment-Zone zur Vornamib und Lage der Siedlungsstrukturen.....	283
Abb. 137: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich von inneren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Orupembe	286
Abb. 138: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich der äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Orupembe	286
Abb. 139: Direkte Gradientenanalyse der in den Siedlungsbereichen erfaßten Vegetationsaufnahmen	289
Abb. 140: Darstellung der Arten, die mit einer Stetigkeit von mehr als 10 % in den Siedlungsbereichen vertreten sind; durchschnittliche Artmächtigkeit der Arten; Stetigkeit dieser Arten in der Matrixvegetation.....	290
Abb. 141: Indirekte Gradientenanalyse der im Bereich der Siedlungsplätze und der drei Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen	291
Abb. 142: Indirekte Gradientenanalyse der in den Siedlungsbereichen und der drei Transekte erfaßten Arten; Detaildarstellung der für die Siedlungsplätze wichtigen Arten.....	295
Abb. 143: Topographische Übersicht des Siedlungsbereichs Orontjtombo; Landsat5-TM-Aufnahme des Gebietes.....	300
Abb. 144: Topographische Übersicht des Beckens von Sesfontein/Warmquelle; Landsat5-Aufnahme des Gebietes	303
Abb. 145: Beschreibung der Vegetationsdynamik im Kaokoland anhand der „Cusp“-Katastrophe	310

FOTOVERZEICHNIS

Foto 1: Regenzeitaspekte der Vornamib bei Orupembe.....	25
Foto 2: Der Gomatum während der Regenzeit 1999 bei Tomakas.....	86
Foto 3: Blick vom Van Zyl's Paß nach Westen in das Marienflußtal.....	113
Foto 4: Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne bei den White Hills.....	114
Foto 5: Commiphora giessii – ein Endemit des Kaokolandes.....	114
Foto 6: Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata-Grasland.....	119
Foto 7: Commiphora wildii-Stipagrostis hirtigluma-Grasland	120
Foto 8: Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne im Marienflußtal (Blick nach Osten auf die Randstufe)	126
Foto 9: Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne in einem intramontanen Becken der Hartmannberge.....	127
Foto 10: Aspekt der Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne in den Hartmannbergen.....	127
Foto 11: Feenkreis im nördlichen Marienflußtal (ephemeres Stipagrostis uniplumis-Grasland).....	128
Foto 12: Feenkreise im Marienflußtal (ephemeres Stipagrostis uniplumis-Grasland).....	128
Foto 13: Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne	129
Foto 14: Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne.....	134
Foto 15: Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne	137
Foto 16: Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne.....	139
Foto 17: Artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne.....	141
Foto 18: Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis-Savanne	142

Foto 19: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> - <i>Barleria senensis</i> - <i>Indigofera</i> <i>115301</i> -Savanne	144
Foto 20: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> - <i>Euphorbia damarana</i> - Savanne.....	145
Foto 21: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> - <i>Tribulus zeyheri</i> -Savanne	147
Foto 22: <i>Phaeoptilum spinosum</i> in der Vornamib südlich von Orupembe.....	160
Foto 23: <i>Calicorema capitata</i> - <i>Euphorbia damarana</i> -Gemeinschaft	166
Foto 24: <i>Zygophyllum stapfii</i> - <i>Sipagrostis namaquensis</i> -Grasland	168
Foto 25: <i>Caloplaca elegantissima</i> auf Rosenquarz der Randhöhen zum Skeleton Coast Park	168
Foto 26: <i>Phaeoptilum spinosum</i> - <i>Curroria decidua</i> -Gemeinschaft	171
Foto 27: Durch Beweidung stark überprägte <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> -Savanne.....	176
Foto 28: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Savanne	178
Foto 29: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Amphiasma merenskianum</i> - <i>Heliotropium</i> <i>hereroense</i> -Savanne.....	179
Foto 30: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Commiphora virgata</i> - <i>Petalidium luteo-album</i> - Savanne.....	181
Foto 31: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Grewia flavescens</i> - <i>Ximenia americana</i> -Savanne .	183
Foto 32: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Fingerhutia africana</i> -Savanne	185
Foto 33: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Commiphora anacardiifolia</i> -Savanne.....	187
Foto 34: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Acacia</i> spp.-Savanne.....	190
Foto 35: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Catophractes alexandri</i> - <i>Petalidium rossmannianum</i> - Savanne.....	192
Foto 36: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Catophractes alexandri</i> -Savanne	194
Foto 37: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> -Savanne	196
Foto 38: <i>Acacia tortilis</i> - <i>Zygophyllum simplex</i> -Savanne im Becken von Sesfontein.....	216
Foto 39: <i>Stipagrostis uniplumis</i> - <i>Cleome foliosa</i> - <i>Gisekia africana</i> -Grasland	219
Foto 40: <i>Stipagrostis uniplumis</i> - <i>Calicorema capitata</i> -Grasland auf quarzitischen Lockersedimenten im Tal des <i>Gomatum</i>	221
Foto 41: <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Grasland	222
Foto 42: <i>Colophospermum mopane</i> -Savanne im Becken von Sesfontein	224
Foto 43: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Stipagrostis uniplumis</i> -Savanne	225
Foto 44: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Salvadora persica</i> - <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Savanne	226
Foto 45: <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Catophractes alexandri</i> -Savanne östlich von Sesfontein.....	228
Foto 46: <i>Acacia erioloba</i> - <i>Salvadora persica</i> -Savanne am Hoarusib.....	229
Foto 47: <i>Commiphora wildii</i> - <i>Monechma genistifolium</i> -Savanne	232
Foto 48: <i>Commiphora virgata</i> -Savanne.....	234
Foto 49: <i>Acacia erioloba</i> (rechts) und <i>Combretum imberbe</i> (Bildmitte) im Bett des abgehenden Hoanib bei Sesfontein.....	236
Foto 50: <i>Salvadora persica</i> mit Verbißspuren (Schwemmebene des Hoarusib).....	241

Foto 51: Standorte von <i>Colophospermum mopane</i> bei 13° 35' östl. L.: A) verkarsteter Standort bei Kaoko Otavi, B) feinmaterialreicher Ebenenstandort bei Orontjitombo (stark anthropogen überprägt)	247
Foto 52: Kleines Rivier südlich von Orupembe in der Vornamib	247
Foto 53: <i>Euphorbia damarana</i> und <i>Colophospermum mopane</i> südöstlich von Warmquelle (Damaraland)	248
Foto 54: <i>Stipagrostis uniplumis</i> im Bereich zweier kleiner Gerinne, den Rand eines ‚Feenkreises‘ markierend (Vornamib, nördliches Transekt)	249
Foto 55: <i>Tribulus zeyheri</i> aspektbildend an einem Viehposten bei Red Drum (südwestlich des Marienflußtals)	255
Foto 56: Das Becken von Okamungudona	257
Foto 57: Siedlungsplatz I im Becken von Okamungudona	260
Foto 58: Zentrum des Siedlungsplatzes I im Becken von Okamungudona (A); (B) Detailansicht des Viehkral's	261
Foto 59: Einzäunung des Viehkral's am Siedlungsplatz I im Becken von Okamungudona	261
Foto 60: Siedlungsplatz I im Becken von Okamungudona, (A) <i>Petalidium variabile</i> - <i>Monechma cleomoides</i> -Zone; (B) Bodenprofil	262
Foto 61: Seit 1954 nicht mehr genutzter Siedlungsplatz II im Becken von Okamungudona	264
Foto 62: Überblick über den zentralen Teil des Beckens von Omungunda (A, Blick nach Südosten); Sedimentfüllung des Beckens (B)	268
Foto 63: Nach ausreichenden Niederschlägen ist <i>Antheophora schinzii</i> die aspektbildende Art im Becken von Omungunda	269
Foto 64: Das Becken von Omungunda: A) Stark degradierte Fläche im zentralen Teil, B) <i>Terminalia prunioides</i> -Gebüsch im Westteil des Beckens als fragmenthafter Rest der potentiell natürlichen Vegetation	270
Foto 65: (A) Innere Siedlungsfläche von Siedlungsplatz I; (B) durch Beweidung ausgelöste Deflation (Siedlungsbereich Omungunda)	272
Foto 66: Siedlungsbereich Onganga: (A) Überblick, (B) Bodenerosion	272
Foto 67: (A) Von <i>Monelytrum luederitzianum</i> dominierte äußere Siedlungsfläche; (B) Bodenprofil	273
Foto 68: Viehposten im Siedlungsbereich Onganga	274
Foto 69: <i>Amaranthus thunbergii</i> aspektbildend im Bereich der inneren Siedlungsfläche des Siedlungsplatzes I im Siedlungsbereich Otjiheke	279
Foto 70: Siedlungsplatz II im Siedlungsbereich Otjiheke	279
Foto 71: Innere Siedlungsfläche des Siedlungsplatzes II im Siedlungsbereich Otjiheke	280
Foto 72: Auf dem Weg vom Hoarusib zur Bergweide ziehen Rinder weidend durch den Siedlungsplatz I im Siedlungsbereich Otjiheke	280
Foto 73: Siedlungsplatz I im Siedlungsbereich Orupembe	284
Foto 74: (A) Innere Siedlungsfläche des Siedlungsplatzes I im Siedlungsbereich Orupembe; (B) Humusauflage	284
Foto 75: <i>Monelytrum luederitzianum</i> -dominierte äußere Siedlungsfläche am Siedlungsplatz I (Siedlungsbereich Orupembe)	285
Foto 76: (A) Innere Siedlungsfläche des Siedlungsplatzes II; (B) Übergang zur Matrixvegetation im Bereich von Siedlungsplatz II (Siedlungsbereich Orupembe)	285
Foto 77: Ehemaliger Brunnen im Westteil des Siedlungsbereichs Orontjitombo (A), zentraler Teil des Siedlungsbereichs (beide Aufnahmen aus der Regenzeit 1999)	300

ANHANGSVERZEICHNIS

Tab. A: Übersicht über die im Zuge der Bearbeitung der Schwerpunktthemen „Vegetationsökologische Transektanalyse“ und „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ dokumentierten Taxa

Bodenprofile am Transekt Opuwo – Kaoko Otavi-Orupembe – Skeleton Coast Park

VERZEICHNIS DER MATERIALIEN IM ANLAGENBAND

Abbildungen

- Abb. I: Direkte Gradientenanalyse der entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen
- Abb. II: Direkte Gradientenanalyse der entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen
- Abb. III: Direkte Gradientenanalyse der entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

Tabellen

- Tab. I: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit den Artenzahlen und Deckungsgraden der verschiedenen Lebensformgruppen der Vegetationsaufnahmen für das Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park
- Tab. II: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit den Artenzahlen und Deckungsgraden der verschiedenen Lebensformgruppen der Vegetationsaufnahmen für das Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park
- Tab. III: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit den Artenzahlen und Deckungsgraden der verschiedenen Lebensformgruppen der Vegetationsaufnahmen für das Transekt Warmbad-Puros-Skeleton Coast Park.
- Tab. IV: Zusammenfassende Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit den Artenzahlen und Deckungsgraden der verschiedenen Lebensformgruppen der Vegetationsaufnahmen für die drei Transekte
- Tab. V: Vegetationsgliederung des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (nördliches Transekt) und Darstellung der abiotischen Standorteigenschaften
- Tab. VI: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den physikalischen und chemischen Eigenschaften des im Bereich der Aufnahmefläche vorliegenden Materials mit der Artmächtigkeit der im Bereich des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park syntaxonomisch relevanten Arten
- Tab. VIIa: Vegetationsgliederung des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park (mittleres Transekt) und Darstellung der abiotischen Standorteigenschaften
- Tab. VIIb: Vegetationsgliederung des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park (mittleres Transekt) und Darstellung der abiotischen Standorteigenschaften (Arten mit einer Stetigkeit mit weniger als 3 %)
- Tab. VIII/1: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den physikalischen und chemischen Eigenschaften des im Bereich der Aufnahmefläche vorliegenden Materials mit der Artmächtigkeit der im Bereich des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park syntaxonomisch relevanten Arten
- Tab. VIII/2: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den physikalischen und chemischen Eigenschaften des im Bereich der Aufnahmefläche vorliegenden

Materials mit der Artmächtigkeit der im Bereich des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park syntaxonomisch relevanten Arten

Tab. IX: Vegetationsgliederung des Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park (südliches Transekt) und Darstellung der abiotischen Standorteigenschaften

Tab. X: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den physikalischen und chemischen Eigenschaften des im Bereich der Aufnahmefläche vorliegenden Materials mit der Artmächtigkeit der im Bereich des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park syntaxonomisch relevanten Arten

Tab. XI: Vegetation der Siedlungsplätze mit Angabe der Strukturparameter und abiotischen Standorteigenschaften

Tab. XII: Vegetationsgliederung der im Siedlungsbereich Okamungudona untersuchten Siedlungsstrukturen

Tab. XIII: Vegetationsgliederung der im Siedlungsbereich Omungunda untersuchten Siedlungsstrukturen

Tab. XIV: Vegetationsgliederung der im Siedlungsbereich Onganga untersuchten Siedlungsstrukturen

Tab. XV: Vegetationsgliederung der im Siedlungsbereich Otjiheke untersuchten Siedlungsstrukturen

Tab. XVI: Vegetationsgliederung der im Siedlungsbereich Orupembe untersuchten Siedlungsstrukturen

Karten

Karte I: Vegetationseinheiten des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park

Karte II: Vegetationseinheiten des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park

Karte III: Vegetationseinheiten des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park

Karte IV: Lage der Untersuchungsgebiete zum Schwerpunktthema „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“

Abkürzungen

bzw.	beziehungsweise
E	östliche Länge
elektr.	elektrisch
Fa.	Familie
i.d.R.	in der Regel
i.S.	im Sinne
Jhdts.	Jahrhunderts
NN	Normal-Null
NS	Niederschlag
Östl. L.	östliche Länge
pers. Mitt.	persönliche Mitteilung
S	südliche Breite
SITZ	südliche innertropische Konvergenzzone
sog.	sogenannt
Südl. Br.	südliche Breite
unveröff.	unveröffentlicht
ü.	über
vgl.	vergleiche
vulk.	vulkanisch
z.B.	zum Beispiel
Zit.	Zitat

Maßeinheiten

° C	Grad Celsius
a	Jahr
ha	Hektar
km	Kilometer
l	Liter
m ²	Quadratmeter
mg	Milligramm
mm	Millimeter
mS/cm	Milli-Siemens pro Zentimeter

1 Einleitung

Noch bis vor weniger als 100 Jahren war der Norden des damaligen Deutsch-Südwest-Afrika für die europäische Wissenschaftswelt und Öffentlichkeit ein weitgehend unbekannter Raum. Zwar begann 1884 mit der Erklärung zum deutschen Schutzgebiet die Kolonialzeit des heutigen Namibia, doch boten die peripheren, unzugänglichen und malariagefährdeten nördlichen Landesteile mit dem heutigen Kaokoland kaum Anreize zur Erkundung (LESER 1982:29). So waren es die Geologen und Landmesser HARTMANN, TOENNESEN und KUNTZ, die mit ihren Expeditionsberichten erstmalig Beschreibungen des Gebietes vorlegten (HARTMANN 1903, HAHN 1910, KUNTZ 1911, 1913).

Da das Kaokoland der deutschen Kolonialregierung und später der südafrikanischen Mandatsregierung wirtschaftlich uninteressant erschien, wurde es gemeinsam mit anderen im Lande verteilten Gebieten zum „Gesellschaftsland“ bzw. „Heimatland“ für die dort lebenden bzw. dorthin umgesiedelten Völker vorgeschlagen (LESER 1982:28ff; vgl. BOLLIG 1998). Durch die weitgehende Isolation kam es in den Gesellschafts- und Heimatländern nicht zu einer mit dem Farmgebiet des zentralen Namibia vergleichbaren Entwicklung kolonialer Strukturen. So bestanden in diesen Teilen des Landes weitgehend die traditionellen Nutzungsformen wie Viehhaltung und subsistenzwirtschaftlicher Ackerbau weiter fort (VAN WARMELO 1951:34, MALAN & OWEN-SMITH 1974:133, WERGER 1978a:1066, LESER 1982:68f, KLIMM et al. 1994:47f, BOLLIG 1998, KROLL & KRUGER 1998:316, vgl. BOLLIG 2000a).

Auch der seit Mitte der 60er Jahre bis 1989 andauernde Konflikt zwischen der South West Africa People's Organization (SWAPO) bzw. der People's Liberation Army of Namibia (PLAN) mit ihren Hauptstützpunkten in Süd-Angola und der südafrikanischen Protektoratsarmee hat dazu beigetragen, daß das Kaokoland sowohl für die wissenschaftliche Erforschung als auch für Touristen weitgehend verschlossen blieb.

Tiefgreifende Veränderungen erlebt das Kaokoland besonders seit der Unabhängigkeit Namibias von Südafrika im Jahre 1990 (BOLLIG 1997a:25f). Selbst in entlegenen Gebieten wurde eine an das englische System angelehnte Schulinfrastruktur aufgebaut – Opuwo, der zentrale Ort des Kaokolandes, ist von einem Verwaltungsort mit weniger als zehn Gebäuden in den 50er Jahren (HECK 1955:110, vgl. VAN WARMELO 1951:3f), zu einem multi-ethnischen Ort mit ca. 4000 Einwohnern und kleinstädtischer, auf Handel und Administration ausgerichteter Infrastruktur herangewachsen.

Seit dem Ende der Protektoratszeit läßt sich im Kaokoland eine immer stärker werdende Marktorientierung der Viehwirtschaft erkennen, die die subsistenzwirtschaftliche Nutzung der Ressourcen immer deutlicher ablöst. Aber auch durch die in immer größerer Zahl selbst in entlegenste Bereiche vordringenden Touristen, die das Kaokoland vor allem wegen des Volkes der Himba und der ursprünglichen Landschaft besuchen, sind die Gesellschafts- und damit auch die Nutzungsstrukturen der pastoralnomadisch lebenden Himba und Herero im Umbruch begriffen (HILTON-TAYLOR 1994:203). Dies äußert sich vor allem in einer hohen Zahl von Kindern und Jugendlichen, die entweder im Internat in Opuwo oder in einer der Buschschulen mit europäischem Wissen und Denken in Berührung kommen. Diese Jugendlichen kehren nach Abschluß der Schule selten als Hirten in ihre Heimatdörfer zurück, sondern versuchen entweder in Opuwo oder einem der größeren Orte des Landes Arbeit zu finden. Gleichzeitig führt die Nachfrage nach westlichen Konsumgütern, die in Opuwo oder bei fahrenden Händlern zu erwerben sind, zu einer Veränderung der Wirtschaftsweise unter den Himba und Herero. Zwar haben beide Volksgruppen schon immer im Tauschhandel mit anderen Völkern gestan-

den, doch war dieser Handel nicht mehr als die Ergänzung der eigenen Subsistenzwirtschaft, die zwar eine gute Versorgung mit tierischen Produkten garantierte, aber nur in geringem Umfang pflanzliche Nahrung lieferte (KUNTZ 1911, BOLLIG 1997a, 1998). Heute wird ein großer Teil des Viehs veräußert, um am Konsum westlicher Prägung teilhaben zu können. Die dafür notwendige Steigerung der Wirtschaftskraft muß über eine Erhöhung der Viehzahlen erreicht werden (vgl. WERGER 1978a:1076).

In ariden und semi-ariden Gebieten mit der für sie weltweit typischen weidewirtschaftlichen Nutzung, hängt die wirtschaftliche Tragfähigkeit in erster Linie von der Menge und der zeitlichen Verteilung der Niederschläge ab (SAUNDERSON 1952:14, NOY-MEIR 1973, GRIFFIN & FRIEDEL 1985, LE HOUÉROU et al. 1985, NEMATI 1986:29, COUGHENOUR et al. 1990, SOLLOD 1990, SMITH 1992:11f, BOLLIG 1994:130, PFLAUMBAUM 1994, KALFF et al. 1995, SNYMAN 1998). Auch für das Kaokoland ergibt sich parallel zu den jährlich schwankenden Niederschlagsmengen eine variable Tragfähigkeit des Raumes, der die traditionelle pastoralnomadische Nutzung angepaßt ist (MALAN & OWEN-SMITH 1974, BOLLIG 1996, 1997a, SANDER et al. 1998, BOLLIG & SCHULTE 1999). Einem deutlichen, nordost-südwest-gerichteten Niederschlagsgradienten folgend, hat sich im Kaokoland eine stark differenzierte Savannen- und Halbwüstenvegetation herausgebildet. Gerade diese Vegetationstypen am Rande der Ökumene, mit Nomadismus und Transhumanz als traditionellen typischen Landnutzungsformen, weisen weltweit ein hohes Degradationsrisiko auf (IBRAHIM 1979, MONOD 1986:205f, LIVINGSTON 1991, MILTON et al. 1994, LE HOUÉROU 1996:146, NICHOLSON et al. 1998). Ist das Wissen um traditionelle Nutzungsregeln verlorengegangen oder werden diese Regeln nicht mehr angewendet, kann dies gebietesweise zur Degradation der Vegetation sowie des Bodens und schließlich im Zuge von Dürreperioden zur Desertifikation des Raumes führen (ORMEROD 1978, IBRAHIM 1980, OMALIKO et al. 1984, MENSCHING 1994:37f, KASSAS 1995:118, UNSO 1996:11, KROLL & KRUGER 1998:317, SANDER et al. 1998, SULLIVAN 1998:148f, BOLLIG & SCHULTE 1999, UMRANI 1999:5). Durch ihre wirtschaftlichen, klimatischen, zoologischen und phytogeographischen Merkmale stellen Teile des südafrikanischen Subkontinents das südhemisphärische Pendant zur Sahelzone Nordafrikas dar (DE WINTER 1971, SCHIFFERS et al. 1976:216, SINCLAIR & FRYXELL 1985:991f, GILLET 1986, MONOD 1986:204, CROSS 1990:16, KEMPF 1994:163, WICKENS 1997:649). Weidewirtschaftliche Nutzung und ein hohes Dürreerisiko machen das Kaokoland zu einem der am stärksten desertifikationsgefährdeten Gebiete des südlichen Afrika (UNCOD 1977).

Eine Abgrenzung und Charakterisierung von Vegetationstypen und die Analyse ihrer Abhängigkeit von biotischen und abiotischen Determinanten sowie die Dokumentation ihrer Veränderung durch anthropogene Nutzungseinflüsse, stellen eine wichtige Grundlage dar, Managementkonzepte zu entwickeln, die auf eine langfristig tragfähige Bewirtschaftung eines Raumes und die Vermeidung von Degradation und Desertifikation abzielen (BOSCH 1989:166, KOOIJ et al. 1990, BOSCH & KELLNER 1991, FULS et al. 1992a, 1992b, MEURER et al. 1992, ECKHARDT et al. 1992, 1995; BARNARD 1995, MEURER 1996, SNYMAN 1998:645, STERK & HAIGIS 1998, MORGENTHAL & CILLIERS 1999).

Diese Grundlage ist für das Kaokoland bislang kaum erarbeitet worden. Zwar hat VILJOEN (1980) eine das Kaokoland abdeckende Vegetationskartierung vorgelegt. Seine kleinmaßstäbliche Darstellung der Vegetationstypen hat aber eher deskriptiven Charakter ohne die ökologischen Wechselwirkungen zwischen abiotischen sowie biotischen Standortfaktoren und der Vegetation genauer herauszuarbeiten. Insbesondere der im Grunde das gesamte Gebiet betreffenden anthropogenen Überprägung der Vegetation wird kaum Rechnung getragen. Diese Lücke zwischen deskriptiver Vegetationsklassifizierung und Konzeptualisierung weidewirtschaftlicher Managementstrategien will diese Arbeit schließen. Mit

der ökologischen Charakterisierung der durch ein vielfältiges Faktorenmosaik herausgebildeten Vegetationstypen soll eine Basis geschaffen werden, um die Vegetation des Kaokolandes als Lebensgrundlage der Himba und Herero in ihrem Gefüge aus abiotischen und biotischen Standortbedingungen besser verstehen zu können.

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des seit 1995 an der Universität zu Köln etablierten Sonderforschungsbereichs 389 „Arid Climate, Adaptation and Cultural Innovation in Africa“ (ACACIA). Thematischer Mittelpunkt des SFB „ACACIA“ ist es, die historische Entwicklung des afrikanischen Kontinents und seiner Völker vom frühen Holozän bis in die Gegenwart unter dem Aspekt der Wechselwirkungen zwischen dem Menschen und einer zunehmend arider werdenden Umwelt zu dokumentieren und zu analysieren (SFB 389 1994:11). Das Kaokoland stellt dabei einen räumlichen Schwerpunkt interdisziplinärer Forschung im ariden Afrika dar. Für die Ausgestaltung dieser Arbeit waren vor allem zwei Fragestellungen innerhalb des SFB „ACACIA“ von zentraler Bedeutung. Zum einen sollte nachvollzogen werden, wie die Aridisierung im nordöstlichen und südwestlichen Afrika während der letzten 12 000 Jahre, also während des Holozäns, verlaufen ist. Im Hinblick auf diese Fragestellung wurden durch die vorliegende Arbeit Ergebnisse erzielt, die im Rahmen des SFB 389-Projektes „Archäobotanik“ anhand von Holzkohlen identifizierten Taxa in ihren rezenten ökologischen Kontext einordnen lassen (EICHHORN & JÜRGENS 2000). Dadurch ist eine weitgehende Rekonstruktion der Vegetationsgeschichte des Kaokolandes und eine ökologische Charakterisierung seiner holozänen Entwicklung als Lebensraum für frühe Siedlergruppen möglich (EICHHORN & JÜRGENS 2000, VOGELSANG 2000). Daneben hat die Frage nach heute Aridisierung, Degradation und Desertifikation antreibenden Prozessen einen zentralen Stellenwert für im SFB „ACACIA“ integrierte Projekte (SFB 389 1994:13).

Die Beckenlandschaften des Kaokolandes stellen durch ihre vergleichsweise gute Wasser- bzw. Grundwasserverorgung sowie die zumeist fruchtbaren, tiefgründigen Böden Gunsträume für eine Besiedlung durch den Menschen dar und weisen im Vergleich zum extensiver genutzten, umgebenden Bergland ein erhöhtes Degradations- und Desertifikationsrisiko auf (RUST 1982, SANDER et al. 1998, BOLLIG 1999:144, BOLLIG & SCHULTE 1999, BRUNOTTE & SANDER 2000a, 2000b). Die in diesen Siedlungsbereichen durchgeführten Untersuchungen ermöglichen die vegetationsökologische Charakterisierung dieser Landschaftsausschnitte im Vergleich zu geringer anthropogen überprägten Räumen.

Während in anderen Teilen Afrikas Prozesse der Vegetations- und Landschaftsveränderungen vor dem Hintergrund des Desertifikationsrisikos durch eine Vielzahl von Studien belegt sind (z.B. REENBERG 1994, DEAN et al. 1995, ESCADAFAL et al. 1997, NICHOLSON et al. 1998, TRODD & DOUGILL 1998, AYOUB 1999), ist ein Monitoringprojekt im Kaokoland bislang nur räumlich eng begrenzt implementiert worden (SANDER et al. 1998). Mit Hilfe von Intensiv-Interviews und Methoden der Fernerkundung konnten im Rahmen der vorliegenden Arbeit Landschaftsveränderungen in besonders desertifikationsgefährdeten Gebieten des Kaokolandes z.T. für einen bis 1950 reichenden Zeitraum zurückverfolgt werden. Die Dokumentation landschaftsverändernder Prozesse bildet die Grundlage der Einordnung von Ökosystem-Prozessen in das Equilibrium/Disequilibrium-Konzept (WALKER & NOY-MEIR 1982, ELLIS & SWIFT 1988, WESTOBY et al. 1989a, 1989b, LAYLOCK 1991, BEHNKE et al. 1993). Gleichzeitig wurde durch die Interviews die Wahrnehmung von Umweltveränderungen durch Himba und Herero dokumentiert. Die Kenntnis über die Perzeption solcher Prozesse stellt für die Entwicklung und Akzeptanz von Managementplänen in desertifikationsgefährdeten Gebieten eine

bedeutende Grundlage dar (OGUNTOYINBO & RICHARDS 1978, SCOONES 1995a, KASUSYA 1998, VAN ROOYEN 1998, STERK & HAIGIS 1998, KRAHN 2000).

Die in dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse fließen in die in Erarbeitung befindliche Vegetationskarte von Namibia ein (STROHBACH & SHEUYANGE 2000).

2 Fragestellung und Ziel der Untersuchung

Im Mittelpunkt dieser Untersuchung steht die Beschreibung und ökologische Charakterisierung von Vegetationstypen im zentralen und westlichen Teil des Kaokolandes. Die Ausprägung unterschiedlicher Vegetationstypen ist bedingt durch das räumliche Muster der Eigenschaften von primären Standortfaktoren (Wasser, Licht, Wärme, Nährstoffe, mechanische Beanspruchung) und sekundären Standortfaktoren (Klima, Orographie, Edaphon, biotische Standortfaktoren) (vgl. WALTER 1986:91, 1990:42f; FREY & LOESCH 1998:139).

Hauptdeterminante für die Ausprägung verschiedener Vegetationstypen im Kaokoland ist der deutlich ausgeprägte, nordost-südwest-gerichtete Niederschlagsgradient, der bei einer Horizontalabstand von 200 km zu einer Abnahme der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge von 315 mm auf weniger als 50 mm führt. Als Folge dieser Niederschlagsbedingungen haben sich zwei Pflanzenformationen herausgebildet, die sich als Savannenvegetation auf der einen Seite und als eine durch *Poaceae* geprägte Halbwüstenvegetation auf der anderen Seite abgrenzen lassen (vgl. GIESS 1971:31). Der Wechsel von der Savannenvegetation mit deutlichem Phanerophytenanteil zur von Gräsern dominierten Halbwüstenvegetation ist im Kaokoland überwiegend makroklimatisch bedingt. Beide Formationen stellen unter den gegebenen klimatischen Bedingungen die potentiell natürlichen Formationen des jeweiligen Raumes dar (vgl. WALTER 1939a, WERGER & COETZEE 1978:312f, WHITE 1983:52f, WALTER & BRECKLE 1991a:129f, 288f). Damit sind die Savanne und die Halbwüstenvegetation als die zonale Vegetation des hier betrachteten Raumes aufzufassen (vgl. WALTER 1954, WALTER & BRECKLE 1991a:133ff, WHITE 1983:52ff). Unter dem Einfluß der starken geologischen, geomorphologischen und pedologischen Heterogenität des Kaokolandes lassen sich innerhalb dieser zonalen Vegetation der kleinräumigen Differenzierung von Standortfaktoren entsprechend, zahlreiche Vegetationseinheiten abgrenzen (zur Bedeutung der Geofaktoren im Hinblick auf die Vegetationsdifferenzierung in ariden Gebieten siehe z.B. COLE 1982, WALKER & KNOOP 1987, WARD et al. 1993, IRISH 1994, WITKOWSKI & O'CONNOR 1996, SCHOLES 1997:260f).

Als weitere Einflußgröße für die Ausprägung der Vegetationstypen tritt neben diese abiotischen Standortfaktoren die für das Kaokoland typische mobile Weidewirtschaft der Hirtenvölker der Herero und Himba. Zahlreiche Studien aus ariden bis semi-ariden pastoral genutzten Räumen der Erde belegen die durch die weidewirtschaftliche Nutzung bedingte quantitative und qualitative Veränderung der Vegetation (z.B. ROSIERE et al. 1975, TAYLOR et al. 1980, DE RIDDER et al. 1986, MILCHUNAN & LAUENROTH 1993, KEYA 1998a:45f, MOLEELE 1998, AYANTUNDE et al. 1999, OBA & POST 1999, TURNER 1999). Daß die selektive Beweidung der Vegetation durch Herbivore auch großräumig eine Wirkung erzielen kann, haben WALTER & BRECKLE (1991a) dargestellt. Sie zeigen auf, daß das fast gänzliche Fehlen der für die afrikanischen Savannen so prägenden dornigen Arten z.B. der Gattung *Acacia* in Australien und Neuseeland dort vermutlich auf das Fehlen des für die afrikanischen Savannen typischen Selektionsdrucks durch Großwild und Vieh zurückzuführen ist (WALTER & BRECKLE

1991a:132, vgl. auch MILTON 1991, BLENCH & SOMMER 1999:19). Auch für das südliche Afrika wird ein durch die Herbivorie von Großwild und Vieh bedingter, sich über historische Zeiträume entwickelnder Wandel der Vegetation beschrieben (WERGER 1978b:243, WERGER & COETZEE 1978:316, WERGER 1983, WHITE 1983:55, OWEN-SMITH & DANCKWERTS 1997:401f). Die auf das Weideverhalten von Rinder, Schafen und Ziegen zurückzuführende Selektion einzelner Pflanzenarten kann im Zusammenspiel mit dem Beweidungsdruck und negativen Abweichungen von den mittleren Niederschlagsmengen zur nachhaltigen Verringerung der Tragfähigkeit des Weidelandes führen (TAYLOR et al. 1980, WARREN & HUTCHINSON 1983, FULS 1992, JORDAAN et al. 1997, ROSENSCHEIN et al. 1999, VAN DER MERWE & KELLNER 1999). Dies trifft nach WERGER & COETZEE (1978:317) insbesondere auf Savannensysteme mit weniger als 600 mm mittlerem Jahresniederschlag zu. Zu diesen Gebieten, die im Vergleich zu Savannensystemen mit höheren Jahresniederschlägen eine geringere ökosystemare Stabilität aufweisen, zählt auch das Kaokoland, das im niederschlagsreichen östlichen Teil bis 500 mm Niederschlag erhält (VAN DER MERWE 1983). Eine wichtige Rolle im Hinblick auf die anthropogene Überprägung der Vegetation kommt auch der Entnahme von Holz als Brennstoff oder Baumaterial zu (GRUNDY et al. 1993, GOEL & BEHL 1996, SHACKLETON 1993, 1998, SANDER et al. 1998:309f, KIRUBI et al. 2000).

Mit der Veränderung der Vegetationsdecke, die oft mit einer Verringerung der Bodenbedeckung durch Pflanzen verbunden ist, können die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens unter ariden und semi-ariden Klimabedingungen stark nachteilig beeinflusst werden (FULS 1992a, AYOUB 1998, DE SOYZA et al. 1998, SNYMAN 1998). Insbesondere um die intensiv genutzten Siedlungsbereiche kann es infolge fortschreitender Degradation des Bodens und der Vegetation zur Desertifikation dieser Räume kommen (z.B. LESER 1976, CHRISTIANSSON 1981, RINGROSE et al. 1996, BADEJO 1998, HIERNAUX et al. 1999, JAMES et al. 1999). Dies ist im Kaokoland vor allem in den heute dicht besiedelten Gunstlagen der Beckenlandschaften geschehen (RUST 1982, SANDER et al. 1998, BOLLIG 1999:140ff, BOLLIG & SCHULTE 1999:509f).

Zuvor sind die zu einer Differenzierung der Vegetation im Kaokoland führenden Hauptfaktoren beschrieben worden. Es wurde ausgeführt, daß die Vegetation des Kaokolandes von einem komplexen Gefüge biotischer und abiotischer Faktoren determiniert wird.

Die dieser Arbeit zugrundeliegenden Fragestellungen lassen sich drei Themenblöcken (Schwerpunktthemen) zuordnen:

- A. „**Vegetationsökologische Transektanalyse**“: Mit dem Ziel, die unterschiedlichen Ausprägungen der zonalen Vegetation im Untersuchungsgebiet abgrenzen, beschreiben und vegetationsökologisch charakterisieren zu können, wurden vegetationsökologische Untersuchungen an drei, sich an dem großräumig wirkenden Niederschlagsgradienten orientierende Transekte durchgeführt. Folgende Aspekte wurden dabei bearbeitet:
1. Welcher Zusammenhang besteht entlang der Transekte zwischen der Artenzahl, der Vegetationsbedeckung sowie der Evenness und abiotischen Standortfaktoren?
 2. Welche unterschiedlichen Ausprägungen der zonalen Vegetation lassen sich entlang des nordost-südwest-gerichteten Niederschlagsgradienten im zentralen und westlichen Teil des Kaokolandes voneinander abgrenzen?
 3. Welche Standortfaktoren steuern neben dem großräumig wirkenden Niederschlagsgradienten die unterschiedlichen Ausprägungen der zonalen Vegetation?

4. Läßt sich bei bestimmten Arten ein auf den großräumigen Niederschlagsgradienten zurückführbarer Biotopwechsel feststellen?

B. **„Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“:** Die Beckenlandschaften des Kaokolandes sind die Gunstlagen für eine anthropogene Nutzung. Im Vergleich zur extensiv genutzten, zonalen Vegetation ist die Degradation der Vegetation hier deutlich sichtbar. Entlang eines der zuvor vegetationsökologisch untersuchten Transekte, wurden innerhalb von Siedlungsbereichen Siedlungsplätze ausgewählt, an denen folgende Fragestellungen bearbeitet wurden:

1. Welche Pflanzengemeinschaften charakterisieren die Siedlungsplätze?
2. Wie sind die Übergänge zwischen intensiv genutzten Flächen und extensiv genutzten Flächen ausgebildet?
3. Welchen Einfluß hat der großräumig wirkende Niederschlagsgradient auf die Vegetation der Siedlungsplätze?
4. Inwieweit unterscheidet sich die Vegetation der Siedlungsplätze von der zonalen Vegetation?

C. **„Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“:** Mit welchen Modellen sich Vegetationsdynamik in ariden bis semi-ariden, weidewirtschaftlich genutzten Räumen beschreiben läßt, ist bislang nicht abschließend geklärt. Diskutiert werden auf der einen Seite Modelle, die Vegetationsveränderungen als kontinuierliche, steuerbare Prozesse beschreiben. Auf der anderen Seite wurden Modelle entwickelt, die die Ökosysteme arider und semi-arider Räume als ereignisgesteuerte Systeme auffassen (WIEGAND et al. 1995, OWEN-SMITH & DANCKWERTS 1997:404, PUIGDEFÁBREGAS 1998), in denen Vegetationsdynamik diskontinuierlich und richtungsunabhängig von äußeren Ereignissen gesteuert verlaufen sollen. Mit dem Ziel einer Rekonstruktion der Landschafts- und Vegetationsentwicklung in den drei am stärksten von Desertifikationsphänomenen betroffenen Räumen des Kaokolandes, wurden mit Himba und Herero Intensiv-Interviews durchgeführt. Folgende Einzelaspekte wurden bearbeitet:

1. Welche biotischen und abiotischen Faktoren steuern in der Perzeption der Informanten die Veränderung ihres Lebensraumes?
2. Welche Dynamik haben landschaftsverändernde Prozesse in der Wahrnehmung der Informanten? Verlaufen diese Prozesse über einen längeren Zeitraum kontinuierlich oder lassen sich Zeiträume mit unterschiedlichen Dynamiken abgrenzen?
3. Welche Pflanzenarten sind von Dürreereignissen am stärksten betroffen? Lassen sich Arten benennen, die als Indikatoren für Desertifikationsprozesse eingestuft werden können?

Im Hinblick auf die pastorale Nutzung arider und semi-ariden Gebiete ist von entscheidender Bedeutung, wie Savannen- und Graslandssysteme auf die Änderung wichtiger Einflußfaktoren wie variable Niederschlagsmengen oder die Veränderung des Nutzungsdrucks reagieren (ELLIS et al. 1993:39, PRIOR 1994:16f, HARRISON & SHACKLETON 1999). Mit dem Equilibrium-(Gleichgewichts-)Konzept und dem Disequilibrium-(Ungleichgewichts-)Konzept beherrschen zwei Modelle die Diskussion um die Stabilität und Resilienz von Savannen- und Graslandssystemen (WALKER & NOY-MEIR 1982, WESTOBY et al. 1989a, 1989b, LAYCOCK 1991, JOHNSON & MAYEUX 1992, SCOONES 1992, SKARPE

1992, BEHNKE & SCOONES 1993, ELLIS et al. 1993, BOLLIG & SCHULTE 1999). Auf der Grundlage vorliegender Modelle soll versucht werden, die unterschiedlichen Savannensysteme des Untersuchungsgebietes in diese Konzepte einzuhängen. Die zutreffende Charakterisierung eines weidewirtschaftlich genutzten Systems im Hinblick auf seine Stabilität und Dynamik, ist eine notwendige Grundlage für die Entwicklung von Management-Strategien, die auf einen Erhalt bzw. die Verbesserung der Weidebedingungen abzielen (WESTOBY et al. 1989a, 1989b, COPPOCK 1993, TAPSON 1993, BIOT 1993, DU TOIT 1995, HIERNAUX & GÉRAD 1999).

3 Forschungsstand

3.1 Vorbemerkungen

Aus der Formulierung der Fragestellung und der Zielsetzung ist deutlich geworden, daß in diese Arbeit Forschungsansätze und Methodiken verschiedener Forschungsrichtungen einfließen. So sind für die Bearbeitung der „Vegetationsökologischen Transektanalyse“ die vegetationsökologischen Forschungen im südlichen Afrika und insbesondere in Namibia von entscheidender Bedeutung. Das gleiche gilt für den Themenblock „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“, bei dem auf einer anderen Maßstabebene die erarbeiteten Ergebnisse in einen ähnlichen Forschungshintergrund eingearbeitet werden. Der Forschungsstand zu diesen beiden Themen wird in Kapitel 3.2 dargestellt.

Von den beiden zuvor genannten Schwerpunktthemen hebt sich das Thema der „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“ insofern ab, als es hier nicht nur um die Beschreibung eines Ist-Zustandes geht, sondern vor dem Hintergrund der trockengebietstypischen Degradations- und Desertifikationsproblematik, um die Frage nach der Dynamik von Vegetations- und Landschaftsveränderungen im Kaokoland. Während im Kaokoland diesbezüglich erst seit kurzem Forschungen durchgeführt werden, sind diese Prozesse in anderen Trockengebieten bereits intensiver untersucht worden. Im Hinblick auf Vegetationsdynamik lassen sich dabei zwei verschiedene Konzepte unterscheiden. Während die klimaxorientierten Konzepte von einer stabilen mit dem Boden und dem Klima im Gleichgewicht (Equilibrium) stehenden Schlußgesellschaft ausgehen, der Vorstufen dieser Schlußgesellschaft kontinuierlich zustreben, beschreiben die Disequilibrium-(Ungleichgewicht-)Konzepte die Vegetationsdynamik in Trockengebieten als ereignisgesteuerte, diskontinuierliche Prozesse. Beide Konzepte haben für das Verständnis von Degradations- und Desertifikationsprozessen in Trockengebieten eine große Bedeutung, da sie die theoretischen Grundlagen für die Ausrichtung von Management-Projekten in den Problemräumen darstellen (ELLIS & SWIFT 1988, BEHNKE & SCOONES 1993, ELLIS et al. 1993). Beide Konzept-Richtungen sollen daher im Kapitel 3.3 detaillierter dargestellt werden.

Ein eigenes Kapitel ist dem Forschungsstand zum Problemkreis „Desertifikation im Kaokoland“ gewidmet (Kap. 3.4).

3.2 Vegetationsökologischer Forschungsstand

Im Gegensatz zu den Industrienationen, wo geobotanische, pflanzengeographische, pflanzensoziologische und vegetationsökologische Forschung z.T. seit mehr als einem Jahrhundert intensiv be-

trieben wird (vgl. DIERSCHKE 1994:17f, RICHTER 1997:13, FREY & LÖSCH 1998:3f), sind in Afrika zumindest gebietsweise selbst Grundlagen dieser Forschungsrichtungen bisher nicht oder nur in einem geringen Umfang erarbeitet worden (BARNARD 1995:27). Dagegen profitierte Namibia im Hinblick auf seine wissenschaftliche Erforschung durch den Status als Kolonie des Deutschen Reiches. So begann mit der Kolonialzeit des damaligen Deutsch-Südwest-Afrika im Jahre 1884 die Erforschung der Flora und Vegetation des Landes, der nur wenige, auf Reiseberichten beruhende Beschreibungen der Pflanzenwelt vorausgingen. Die in der Hauptsache taxonomisch und floristisch ausgerichtete Forschungsarbeit mündete 1953 in die Gründung des Nationalherbariums in Windhoek. Grundstock des Herbariums waren die 2000 von H. WALTER 1952 während einer Forschungsreise in Namibia gesammelten Herbarbelege. Im Jahre 1957 führte H. MERXMÜLLER gemeinsam mit W. GIESS eine Forschungsreise in Namibia durch, die beide auch in das Kaokoland führte. Insgesamt 2800 Arten wurden im Verlauf dieser Reise gesammelt und dem Herbarium zugeführt (GIESS 1989:8). Auf dieser Grundlage entstand der „Prodromus einer Flora von Südwestafrika“ (MERXMÜLLER 1972), der auch heute noch das Standardwerk für Bestimmungsarbeiten in Namibia ist. Einen umfassenden Überblick über die zahlreichen vorwiegend taxonomisch und morphologisch ausgerichteten Arbeiten bis 1987 gibt GIESS (1989).

GIESS war es auch, der 1971 eine „Vorläufige Vegetationskarte von Namibia“ vorlegte (GIESS 1971). In seiner Darstellung, die die Vegetation Namibias 15 Einheiten zuordnet, weist GIESS wiederholt auf den vorläufigen Charakter seiner Arbeit hin (GIESS 1971:30ff). Insbesondere die Bearbeitung des Kaokolandes erfolgte stark generalisierend: „Bis zu einer intensiveren Aufnahme des Kaokoveldes [Kaokoland] möchte ich das ganze nordwestliche Gebiet, einschließlich dem westlichen Ovamboland, zur Mopanesavanne rechnen“ (GIESS 1971:35). IRISH (1994:554) weist darauf hin, daß sich die von GIESS vorgenommenen Abgrenzungen der Vegetationseinheiten Namibias nur selten durch aktuelle Vegetationsaufnahmen bestätigen lassen. Eine detaillierte Beschreibung der Vegetation des Kaokolandes hat VILJOEN (1980) vorgelegt, doch sind seine Ergebnisse in die 1998 erschienene 3. Auflage der GIESS'schen Vegetationskarte noch nicht eingearbeitet worden (GIESS 1998). Auf der Grundlage von bei COTTAM & CURTIS (1956), LOUW & GRUNOW (1969) und COETZEE & GERTENBACH (1977) dargestellten Methoden der Vegetationskartierung, beschreibt VILJOEN für das Kaokoland vierzehn Hauptvegetationseinheiten, die in zahlreiche Untereinheiten differenziert werden. Für jede Hauptvegetationseinheit wird das jeweilige Verbreitungsgebiet abgegrenzt und durch die Angaben der Höhe über NN, die Geologie und die durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge beschrieben. Die Untereinheiten werden durch die Nennung der Hauptbestandbildner – getrennt nach Baum-, Strauch- und Krautschicht – charakterisiert. Eine Interpretation der Vegetation eines Standortes als Ergebnis konkreter, an diesem Standort wirkender Umweltfaktoren, erfolgt nur mit untergeordneter Bedeutung.

Weltweit sind traditionell weidewirtschaftlich genutzte aride bis semi-aride Gebiete wirtschaftlich und sozial marginalisierte Räume (BLENCH & SOMMER 1999:7). Dies hat zur Folge, daß auch die Intensität wissenschaftlicher Forschungen in diesen Gebieten deutlich unter der von kommerziell weidewirtschaftlich genutzten Räumen liegt (vgl. JÜRGENS 1998:54). Auch im Kaokoland sind zu landschafts- oder vegetationsökologischen Fragestellungen bislang nur wenige Studien durchgeführt worden. Ein Schwerpunkt der Forschung liegt auf der Autökologie und Synökologie von *Colophospermum mopane*. Wenngleich diese Art eine weit über Namibia hinausgehende Verbreitung hat, so liegt ihr Verbreitungsschwerpunkt innerhalb Namibias im Kaokoland (vgl. VOLK 1966:50, GIESS 1998:35) und ist damit gewissermaßen die Charakterart des nordwestlichen Teils des Landes (vgl. KUNTZ

1913). Wegen ihrer großen Bedeutung für die Savannen des südlichen Afrika, liegen zur Ökologie von *Colophospermum mopane*-Savannen zahlreiche Studien vor. Einen Überblick gibt die Bibliographie von TIMBERLAKE (1995).

Neuere Arbeiten befassen sich mit den öko-pedologischen Standortansprüchen von *Colophospermum mopane* (TRIPPER 1996) und der Auswirkungen von Maßnahmen der Verbuschungsbekämpfung auf das Wurzelsystem und die Verjüngung dieser Art (SMIT & RETHMAN 1998a, 1998b, 2000). Die Primärproduktion verschiedener Ausprägungen einer *Colophospermum mopane*-Savanne und Unterschiede in deren Phänologie stehen im Mittelpunkt der Arbeit von DEKKER & SMIT (1996). Die Auswirkungen von Dürreperioden auf die Vegetationsdynamik einer *Colophospermum mopane*-Savanne in der Northern Province, Republik Südafrika, stellt O'CONNOR (1999) dar. Die langfristige Dynamik einer *Colophospermum mopane*-Savanne im Norden Namibias beschreiben unter Verwendung multitemporaler Landsat5-TM-Szenen ERKKILÄ & LÖFMAN (1999). Im Hinblick auf seine Flächengröße nimmt die von GIESS ausgegliederte *Colophospermum mopane*-Savanne in Namibia die dritte Position ein (BARNARD et al. 1998a). Das vergleichsweise geringe Engagement zur wissenschaftlichen Erforschung dieses Savantentyps kann im Grunde nur aus seiner Lage im kommunal bewirtschafteten Teil Namibias abgeleitet werden.

Zur Umsetzung eines mehr analytischen und erklärenden Ansatzes in der Vegetationskartierung, wie es eines der Ziele dieser Arbeit ist, müssen Informationen über konkreten Umweltbedingungen an einem konkreten Standort mit der Vegetation dieses Standortes in Beziehung gesetzt werden (vgl. MÜLLER-HOHENSTEIN 1986:115). Dies erfordert genaue Kenntnisse der in Kap. 2 genannten biotischen und abiotischen Standortfaktoren. Diese Grundlagen sind für das Kaokoland bisher nur begrenzt erarbeitet worden.

3.3 Forschungsstand zur Vegetationsdynamik weidewirtschaftlich genutzter Trockengebiete

In Kap. 2 ist bereits kurz dargestellt worden, daß die Herbivorie durch Großwild und Vieh einen wichtigen Faktor für die Ausprägung der Vegetation in Savannen und Grasländern darstellt. Die frühen Berichte von HARTMANN (1903), HAHN (1910), KUNTZ (1910, 1911, 1913) und auch später HECK (1955:95f) und VAN WARMELO (1951:8) berichten vom Großwildreichtum des Kaokolandes (insb. Elefanten, Antilopen, Nashörner, vgl. VILJOEN 1980, VILJOEN & BOTHA 1990). Für das Kaokoland läßt sich eine weidewirtschaftliche Nutzung zumindest für die letzten 2000 Jahre annehmen, wengleich die Nutzung durch Rinder zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt eingesetzt hat (vgl. MALAN & OWEN-SMITH 1974:167, VOGELSANG 2000, BLENCH & SOMMER 1999:33, BOLLIG 2000a). Jahresniederschläge bis 500 mm und die über das Land verteilten Wasserstellen, lassen mit Ausnahme der westlichsten, niederschlagsarmen und namibnahen Gebiete überall eine weidewirtschaftliche Nutzung zu (ABEL 1954:117f, VAN WARMELO 1951:6, 33; MALAN & OWEN-SMITH 1974:169, BOLLIG 1996, BOLLIG 1997a:25).

Das Thema „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“ zielt darauf ab, die Dynamik landschafts- und vegetationsverändernder Prozesse wie sie im Kaokoland insbesondere in den von Degradation und Desertifikation besonders betroffenen Räumen stattgefunden haben, zu beschreiben und zu charakterisieren. Wie bereits erwähnt, ist das Verständnis ökosystemarer Dynamiken eine wesentliche Grundlage für die Entwicklung von Management-Strategien, die weitere Degradations- und Desertifikationsprozesse unterbinden sollen (vgl. BEHNKE & SCOONES 1993, ELLIS et al. 1993).

Auch zur Rehabilitation degraderter und desertifizierter Landschaftsräume ist eine Kenntnis der Ökosystem-Dynamik notwendig (HARRISON & SHACKLETON 1999). Zur Beschreibung von Dynamiken der Vegetation als einem wesentlichen Landschaftskompartment sind zahlreiche Theorien vorgelegt worden. Diese Theorien prägen heute nebeneinander das Verständnis von Dynamiken in den von Degradations- und Desertifikationsphänomenen betroffenen Trockengebieten der Erde.

Kontinuumsorientierte Konzepte

Die Anfänge der wissenschaftlichen Erforschungen der weidewirtschaftlichen Nutzung arider bis semi-arider Räume liegen in den U.S.A. (BEHNKE & SCOONES 1993:2). Dort entwickelte CLEMENTS (1916, 1936) die holistisch-organismische Monoklimax-Theorie, die von einer durch die Pflanzengemeinschaft selbst gesteuerten und in eine stabile Klimaxgesellschaft mündenden Sukzession ausgeht. Im Gegensatz zu den bis zu diesem Zeitpunkt existierenden Vorstellungen, die von einer statischen, sich nicht verändernden Vegetation ausgingen, ist die gerichtete Dynamik der Vegetationsveränderung (Sukzession) eine wesentliche Grundlage seiner Monoklimax-Theorie (JOYCE 1993:133). Die wichtigsten Bausteine der Monoklimax-Theorie haben MEEKER & MERKEL (1984:427) zusammengefaßt:

- Innerhalb einer Region mit gleichen klimatischen Bedingungen führen alle Sukzessionen unabhängig von zuvor bestehenden Unterschieden in den standörtlichen Voraussetzungen mit der Zeit zu einer Klimaxvegetation.
- Sukzessionen können in jedem Zustand des Sukzessionsablaufes durch äußere Einflüsse für einen beliebig langen Zeitraum unterbrochen werden. Solche Zustände werden als disclimax, preclimax, postclimax und subclimax bezeichnet.
- Regressive, also durch äußere Einflüsse bedingte, vom Klimax wegführende Vegetationsveränderungen sind reversibel.
- Das Klimax ist wegen der abgeschlossenen Standortentwicklung ein stabiler Zustand. In seinem Gleichgewichtszustand (Equilibrium) zeigt es aber in Abhängigkeit von der Änderung äußerer Einflüsse eine zyklische Dynamik. Diese Modifikationen bedeuten kein Verlassen des Klimax-Zustandes, sondern sind Bestandteil des Klimax.

Gleichzeitig mit der von CLEMENTS betriebenen Weiterentwicklung seiner Theorie, wurde er-

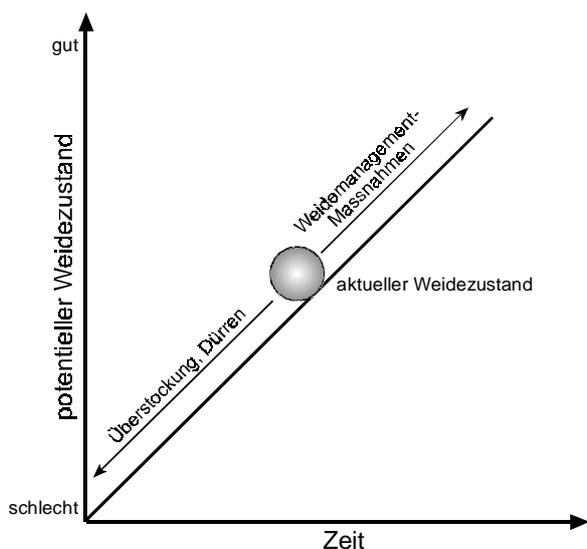


Abb. 1: Regelgrößen des Weidezustandes nach dem 'Range Succession Model'

kannt, daß unangepaßte Formen der Landnutzung in den Trockengebieten des Westens der U.S.A. aufgrund der hoch variablen Niederschläge zur Degradation des Bodens und der Vegetation und damit zu einer Verringerung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit führen können (JARDINE & FORSLING 1922, ALBERTSON & WEAVER 1942, 1944a, 1944b). Die von CLEMENTS entwickelte Theorie beschrieb sowohl für Degradationsdynamiken (regressive Sukzession, Retrogression) als auch progressive Sukzessionsdynamiken, also zum Klimax hinführende Dynamiken, vorhersagbare und über das Weidemanagement regelbare Zustände der Vegetation entlang eines linear verlaufenden Sukzessionskontinuums (WESTOBY et al. 1989a:266f, WIEGAND et al. 1995, vgl. Abb. 1).

Um jedoch unterschiedliche Vegetationszustände (Weidezustände) miteinander vergleichen zu kön-

nen, mußte möglichst ein einheitliches Verfahren der Vegetationskartierung angewendet werden. Die 1905 von CLEMENTS vorgestellte Methode der Vegetationskartierung bestand aus der Aufnahme der Individuenzahlen aller Arten eines zuvor festgelegten quadratischen Ausschnitts der Vegetation (CLEMENTS 1905, zit. in JOYCE 1993). Dies war der erste quantitative Ansatz zur Beschreibung von Vegetation (JOYCE 1993:133). Wegen ihrer Praxisnähe prägte die Monoklimax-Theorie die ersten Ansätze eines Weidemanagements in den U.S.A. (VOIGT 1951, SMOLIAK 1956, DYKSTERHUIS 1955:196) und wurde in diesem Zusammenhang auch als „Range Succession Model“ bezeichnet (WESTOBY et al. 1989b). Bis heute hat die Monoklimax-Theorie einen nicht zu unterschätzenden Stellenwert bei der Betrachtung von Vegetationsdynamik im Weideland der Trockengebiete (vgl. JOYCE 1991:544, ELLIS et al. 1993:31, BORMAN & PYKE 1994, DODD 1994, MILTON et al. 1994, WARREN et al. 1996).

Die Beurteilung und Einordnung des Weidzustandes („Range Condition Classification“) ist sowohl in der kommerziell (marktorientiert) wie auch traditionell (subsistenzorientiert) betriebenen Weidewirtschaft als Stellgröße der Viehdichte („stocking rate“) von zentraler Bedeutung (MENTIS 1984). Der Zusammenhang zwischen einer zu hohen Viehdichte in weidewirtschaftlich genutzten Trockengebieten und der Degradation der Vegetation ist früh erkannt worden (z.B. OSBORN 1950, WEAVER 1950, COOK et al. 1953, STODDART 1967). Daraus folgte, daß Weideflächen mit unterschiedlicher Vegetation auch eine unterschiedliche „Tragfähigkeit“ („carrying capacity“, „grazing capacity“) besitzen (BARNES et al. 1987). Die Tragfähigkeit eines Raumes kann entweder aus ökologischer Sicht oder aus ökonomischer Sicht definiert werden (vgl. DYKSTERHUIS 1955, MILLIN 1956, BEHNKE & SCOONES 1993:3, DIJKMAN 1996). TROLLOPE & TROLLOPE (1990:53) nennen in ihrem Katalog weidewirtschaftlicher Begriffe des südlichen Afrika folgende Definition:

„Carrying Capacity: Potential of an area to support livestock through grazing and/or browsing and/or fodder production over an extended number of years without deterioration to the overall ecosystem – ha/livestock unit or livestock unit/ha.“

Eine wesentlich offenere Definition der Tragfähigkeit stellen BEHNKE & SCOONES (1993:6) in Anlehnung an BELL (1985:153, zit. in BEHNKE & SCOONES 1993:6) vor:

„We conclude therefore, that the only embracing definition of carrying capacity is: ‚The density of animals and plants that allows the manager to get what he wants out of the system‘. Thus, any specific definition of carrying capacity must be expressed in relation to a particular objective, and it must be defined very precisely since there are no ‚natural‘ stability points in such interactive systems that act as foci for self-defining concepts.“

Einen Überblick über weitere Definitionen der Tragfähigkeit bzw. deren Anwendung für das südliche Afrika geben u.a. BARNES et al. (1984), MENTIS (1984), TANTON (1985), ABEL & BLAIKIE (1989), STUART-HILL & AUCAMP (1993), HATCH & TANTON (1995), DIJKMAN (1996) und DEKKER (1998). Mit der weidewirtschaftlichen Tragfähigkeit bestimmter Landschaften des Kaokolandes setzt sich BOLLIG (1999:146) auseinander.

Ein für heutige Weidezustandsklassifizierungen grundlegendes, auf die Monoklimax-Theorie aufbauendes Konzept legte DYKSTERHUIS 1949 vor (DYKSTERHUIS 1949, vgl. BARNES et al. 1984). Von der Prämisse ausgehend, daß die Übernutzung bzw. Degradation eines Weidegebietes („overgrazing“) am verlässlichsten daran zu erkennen sei, daß für die Weidewirtschaft wertvolle durch weniger wertvolle Arten ersetzt werden, entwickelte DYKSTERHUIS eine Klassifizierung der die Weide zusammensetzenden Arten. Von der Voraussetzung ausgehend, daß der Weidezustand über den prozentualen

Anteil der ursprünglichen Vegetation (Klimax-Vegetation) des Standortes beschrieben werden könnte (DYKSTERHUIS 1949:105), teilte DYKSTERHUIS die Arten der Weide den drei Gruppen ‚decreasers‘, ‚increasers‘ und ‚invaders‘ zu (DYKSTERHUIS 1949:108). Die Zuordnung der Arten zu diesen Gruppen erfolgte durch ihre beobachtete Dynamik bei unterschiedlich hohem Beweidungsdruck: Ein hoher Anteil an ‚decreaser‘-Arten zeigt einen exzellenten Zustand der Weide an (vgl. Abb. 2).

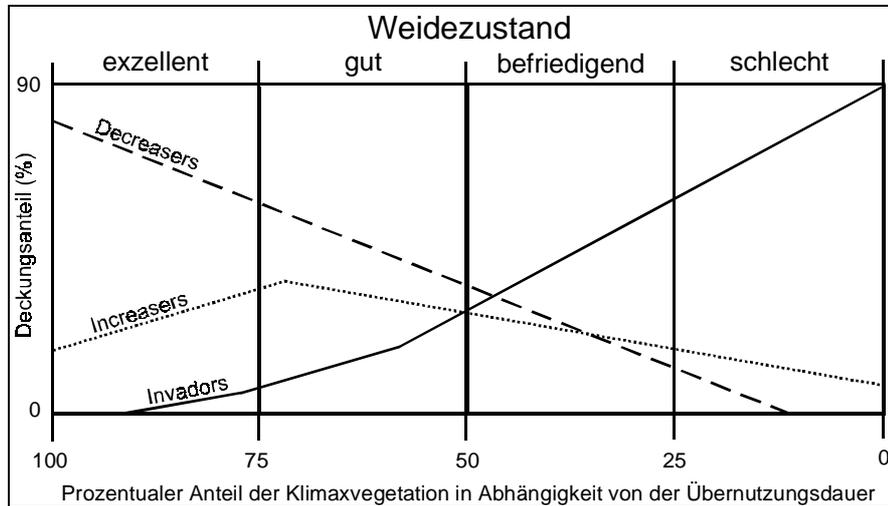


Abb. 2: Diagramm einer quantitativen Basis zur Bestimmung des Weidezustandes (nach DYKSTERHUIS 1949:109)

Dieser Gruppe zugeordnete Arten besitzen einen hohen Futterwert und sind Bestandteil der Klimax- oder Subklimax-Vegetation des Standortes. Da diese Arten gegenüber den mit einem erhöhten Beweidungsdruck verbundenen Effekten wie erhöhter Biomasseverlust und Trittbelastung nur gering widerstandsfähig sind, zeigt die Verringerung ihres Anteils an der Vegetation eine Verschlechterung des Weidezustandes an. Das gleiche gilt für die ‚increaser‘-Arten, die zunächst auf den erhöhten Nutzungsdruck jedoch mit einer Zunahme ihres Flächenanteils reagieren (DYKSTERHUIS 1949:108). Bei einer weiteren Verschlechterung der Standortbedingungen z.B. durch zunehmenden Beweidungsdruck, verringert sich der Flächenanteil dieser ‚increaser‘-Arten und die als ‚invaders‘ bezeichneten Arten besetzen einen zunehmenden Flächenanteil. Die ‚invader‘-Arten können entweder Elemente der Klimaxvegetation sein, in der ihr Vorkommen jedoch auf Einzelstandorte beschränkt ist. Beispiele für diese Gruppe für ‚invaders‘ sind die im südlichen Afrika indigenen Arten *Dicrostachys cinerea* und *Acacia mellifera*. Als Folge eines mangelhaften Weidemanagement kann es zu einer deutlichen Zunahme dieser dornigen Straucharten und damit zu einer Verbuschung der Weidefläche kommen (WALTER & BRECKLE 1991a:132f, SCHLETTWEIN 1994, ZACHARIAS 1994, STROHBACH 1996, BESTER 1999, vgl. SCHOLLES 1997:270f). Häufig werden aber erst durch die nutzungsbedingten Veränderungen der Standorte Nischen geschaffen, in die Florenelemente angrenzender Gebiete einzudringen vermögen (vgl. Kap. 6.3.6).

Ein Beispiel hierfür ist *Prosopis juliflora*, eine Art die von Mexico und New Mexico aus nach Norden vordringt und erheblich zum Verbuschungsproblem in den semi-ariden Weidegebieten im Westen der U.S.A. beiträgt (BROWN 1950, BOICE 1955, SCHMUTZ et al. 1959). MACDONALD & NOTT (1987) haben das Auftreten von *Prosopis*-Arten für Namibia, Südafrika und Botswana dokumentiert (vgl. auch BROMILOW 1995:204). Als florenfremdes Element nimmt sie hier Neophyten-Status ein

und ist damit ein Beispiel für den zweiten Typ von ‚invader‘-Arten. Auch in das Kaokoland ist diese Gattung mittlerweile vorgedrungen. Der zunehmende Flächenanteil der ‚invader‘-Arten kennzeichnet einen sehr schlechten Weidezustand.

Das von DYKSTERHUIS (1949:105) entwickelte Konzept des „Range Management Assessment“ baut im Grundsatz auf folgender These auf:

„Range condition might be defined at this point as the percentage of the present vegetation which is original vegetation for the site.“

Daraus wird deutlich, daß für jedes Gebiet, in dem der Weidezustand (oder der Natürlichkeitsgrad der Vegetation, Hemerobie, vgl. CORNELIUS et al. 1992) bestimmt werden soll, eine ökologische Charakterisierung der Arten vorgenommen werden muß (DYKSTERHUIS 1955, vgl. auch BEHNKE & SCOONES 1993:3). Beispiele für die Anwendung auch im südlichen Afrika und Verfeinerungen dieses Modells sind u.a. in den Arbeiten von BARNES et al. (1987), BOSCH & KELLNER (1991), KELLNER & BOSCH (1992), DU TOIT (1995), MILTON et al. (1995), STEENEKAMP & BOSCH (1995), JOORDAN et al. (1997) und LANDSBERG et al. (1999) dargestellt. OUDTSHOORN (1992) hat die Grasarten des südlichen Afrika den Gruppen dieses Modells zugeordnet.

Für die Weidegebiete des südlichen Afrika wurden zahlreiche weitere Verfahren der Weidezustandsklassifizierung entwickelt. Einen Überblick geben die Arbeiten von STUART-HILL & HOBSON (1991) und JORDAAN et al. (1997). Anwendungsbeispiele unterschiedlicher Verfahren sind von STUART-HILL et al. (1986), FOURIE et al. (1987), MACKAY & ZIETSMAN (1996) und DU TOIT (1998) vorgelegt worden.

Die Monoklimax-Theorie von CLEMENTS wurde rasch angegriffen. Die auf Arbeiten in den schwach reliefierten Gebieten Nordamerikas beruhende Theorie erwies sich in Landschaften mit höherer Beta-Diversität als nicht haltbar (MEEKER & MERKEL 1984:428). So sollte sich der Monoklimax-Theorie zufolge an jedem Standort mit identischen klimatischen Bedingungen derselbe Bodentyp und eine einheitliche Klimaxvegetation einstellen. Schon TANSLEY (TANSLEY 1920, zit. in DIERSCHKE 1994:443) hatte erkannt, daß es entsprechend dem Nebeneinander verschiedener Gesteinsarten, Böden und unterschiedlicher Reliefeinheiten zu einem Nebeneinander mehrerer, unterschiedlicher Klimax-Gesellschaften kommen muß. Die von ihm vorgestellte Polyklimax-Theorie postulierte das Auftreten verschiedener Klimaxgesellschaften unter gleichen Klimabedingungen. Diese Klimax-Gesellschaften sollten in einem dynamischen Gleichgewicht mit den determinierenden Standortfaktoren stehen (MEEKER & MERKEL 1984:428, vgl. WHITTAKER 1975:182).

Vor allem auf TÜXEN (1933), TÜXEN & DIEMONT und ELLENBERG (1959, alle zit. in MEEKER & MERKEL 1984:428) ist die Entwicklung der Polyklima-Klimaxtheorie zurückzuführen, die aber im Grundsatz nur eine Abwandlung der Polyklimax-Theorie von TANSLEY darstellt (MEEKER & MERKEL 1984:428). Diese Theorie ist u.a. Grundlage für die Arbeit von KELLNER & BOSCH (1992) über Grasland-Dynamiken im südlichen Afrika.

Begründet auf seiner Ansicht, daß es durch das Kontinuum sich ändernder Standortbedingungen keine abgrenzbaren, identischen Pflanzengemeinschaften geben kann, entwickelte WHITTAKER (1951, 1953, zit. in MEEKER & MERKEL 1984:428) das Klimaxmuster-Konzept. Danach liegt entsprechend des Musters von Standortgradienten ein damit korrespondierendes Muster von Klimaxgesellschaften vor (WHITTAKER 1975:183f). Räumlich dominante Klimaxgesellschaften werden als Leitgesellschaften bezeichnet (DIERSCHKE 1994:443). WHITTAKER (1975:184) führt aus:

„Habitats and communities intergrade along environmental gradients; a gradient of environments together with the corresponding community gradient is an ecosystem gradient, or ecocline.“

Die diesem Ansatz entsprechende Methode der Gradientenanalyse ist zur Interpretation von Vegetation-Umwelt-Beziehungen auch in Savannen- und Graslandsystemen des südlichen Afrika eingesetzt worden (z.B. WITKOWSKI & O'CONNOR 1996). Auch im Hinblick auf beweidungsökologische Fragestellungen und die Untersuchung von Boden- und Vegetationsdegradation liegen aus diesem Raum zahlreiche, auf der Gradientenanalyse aufbauende Arbeiten vor (z.B. BOSCH et al. 1987, BOSCH & JANSE VAN RENSBURG 1987, HURT et al. 1993).

Diskontinuum-Konzepte

Ausgehend von der Monoklimax-Theorie von CLEMENTS bis zum Klimaxmuster-Konzept von WHITTAKER verbindet alle bisher dargestellten Sukzessionstheorien die Vorstellung von einem Kontinuum mit dem die Sukzessionsstadien ineinander übergehen. Daneben sind die Vorstellungen von einem mit den Klimaxstandortbedingungen im Gleichgewicht stehenden Vegetations-Klimax (Equilibrium) geprägt. In der Praxis zeigte sich aber häufig, daß durch Beweidung verursachte Vegetationsveränderungen nicht kontinuierlich, nicht umkehrbar oder nicht beständig waren (WESTOBY et al. 1989:268, WALKER 1993, WIEGAND et al. 1995). So waren nach dem Ausschluß von Beweidung in semi-ariden Busch- und Grasland keine Vegetationsveränderungen festzustellen (TURNER 1971, SMITH & SCHMUTZ 1975, SMEINS et al. 1976, WEST et al. 1984) oder die Veränderung entsprach nicht der durch die Sukzessionsmodelle vorhergesagten Dynamik (GLENDENING 1952, BUFFINGTON & HERBEL 1965, RICE & WESTOBY 1978). Zudem wurde beobachtet, daß Grasländer mit stark saisonalem Niederschlag, in denen aus starker Beweidung eine Dominanz annueller Arten folgte, sich nach Beweidungsausschluß nicht wieder zu einem von perennierenden Gräsern dominierten Grasland entwickelten, wie es die Sukzessionsmodelle vorhersagten (BISWELL 1956, HEADY 1958, NAVEH 1967, WALKER et al. 1986).

In theoretischer Hinsicht entwickelten sich Vorstellungen, in denen Übergänge zwischen Ökosystemzuständen diskontinuierlich und irreversibel sein konnten, nicht im Gleichgewicht befindliche Pflanzengemeinschaften existieren konnten und Zufallsereignisse die Sukzession zu steuern vermochten (CONNELL & SLAYTER 1977, MAY 1977, NOBEL & SLAYTER 1980). WESTOBY et al. (1989a:268) nennen die wichtigsten Beobachtungen, die schließlich zur Ablehnung der kontinuumsorientierten, ein Equilibrium annehmenden Sukzessionstheorien und damit auch zur Ablehnung des „Range Succession Model“ zumindest für einen bestimmten Autorenkreis führten (vgl. auch ELLIS et al. 1993:32f):

- Demographische Trägheit („demographic inertia“): Die Etablierung von Populationen kann auf seltenen Ereignissen beruhen. Nach dem Eintreten dieses Ereignisses kann die Kohorte aber auch ohne die Wiederholung dieses Ereignisses einen langen Zeitraum bestehen bleiben (vgl. WESTOBY et al. 1989b, O'CONNOR & ROUX 1995, VEENENDAAL et al. 1996, JÜRGENS 1997:509).
- Beweidungs-Katastrophe („grazing catastrophe“): Biomasseentnahme durch Beweidung und Netto-Biomasseproduktion stehen in einer nicht-linearen Funktion. Die Form dieser Funktion legt nahe, daß sich die Abundanzen der Arten diskontinuierlich und irreversibel verändern können.
- Die Veränderung der Vegetation kann eine irreversible Änderung der bodenchemischen und -physikalischen Eigenschaften hervorrufen.

Die Vorstellung, daß Änderungen eines Ökosystems nicht kontinuierlich, sondern als Sprung nach dem Überschreiten eines ökosystemaren, komplexen Schwellenwertes erfolgen (HOLLING 1973, MAY 1977, WISSEL 1984), wurde in das sog. „state-and-transition model“ umgesetzt (WESTOBY et al. 1989a, DODD 1994). Dieses Model postulierte, daß in der Vegetationsdynamik beweideter Flächen einzelne diskrete, stabile Zustände (states) vorliegen, die durch Übergangsphasen (transitions) ineinander übergehen. Der Übergang von einem Zustand zu einem anderen Zustand kann danach durch natürliche Ereignisse wie Niederschlagsänderungen, Feuer sowie durch Managementmaßnahmen herbeigeführt werden (SCOONES 1992). Am wahrscheinlichsten ist aber ein Zustandswechsel beim Zusammenwirken eines natürlichen und eines anthropogen Ereignisses. Der Wechsel von einem Zustand zum anderen kann rasch erfolgen (z.B. durch Feuer) oder langsam (z.B. durch die Etablierung einer Population nach einem Ausnahmeereignis wie z.B. stark überdurchschnittlicher Niederschläge). Basierend auf Untersuchungen im semi-ariden Weideland Australiens, kommt FRIEDEL (1991:422) zu dem Schluß, daß die Reversibilität eines auf das Überschreiten eines Schwellenwertes zurückzuführenden Wechsels von einem gering degradierten Zustand zu einem stärker degradierten Zustand in einem für das praxisbezogene Weidemanagement maßgeblichen Zeitraum neben der Verringerung des Weidedrucks weitere Meliorationsverfahren erfordert (vgl. ABEL 1993:175, STEENEKAMP & BOSCH 1995). KREBS (1985, zit. in LAYLOCK 1991) legte dazu das sog. „cup and ball“-Modell vor (vgl. Abb. 3). Nach dem „Range Succession Model“ kehrt eine durch Störungen veränderte Pflanzengemeinschaft

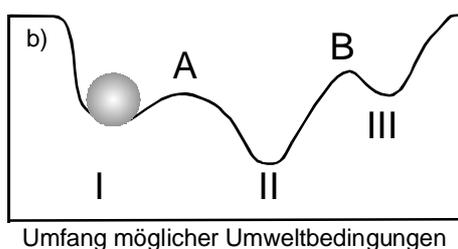
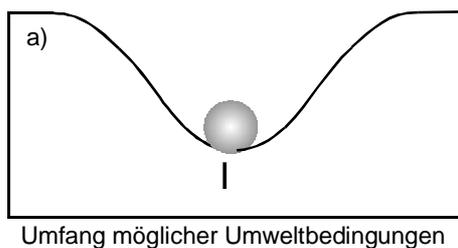


Abb. 3: „Cup-and-ball“-Model zur Illustration des „state-and transition“-Modells

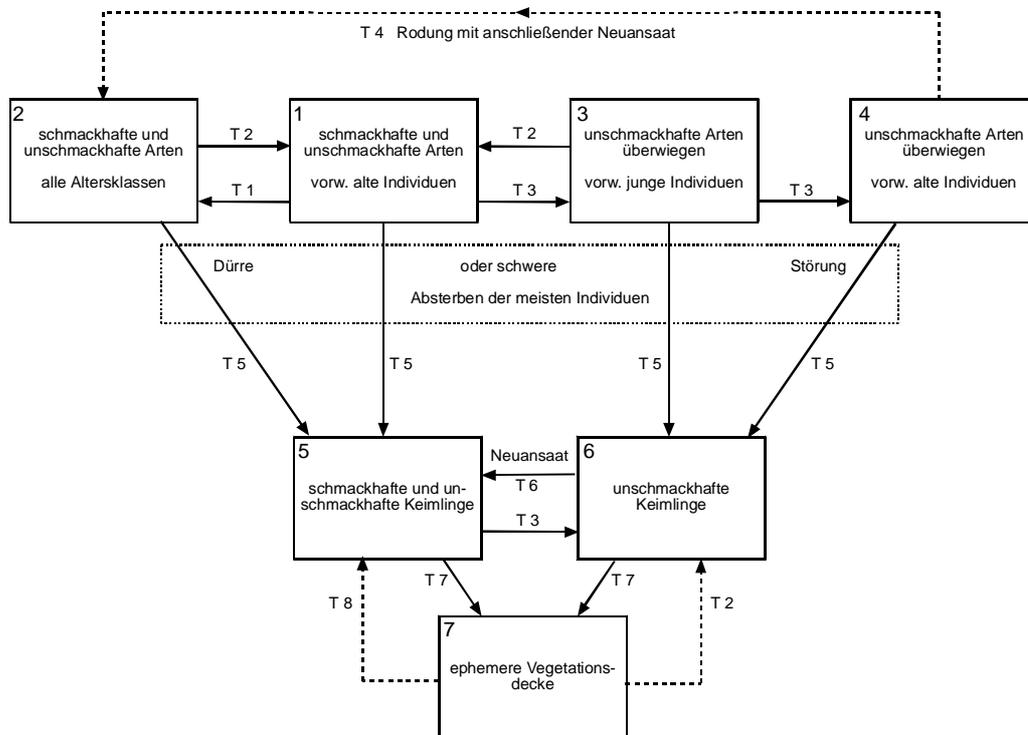
(nach KREBS 1985, zit. in LAYLOCK 1991:431)

wieder in ihren ursprünglichen Zustand, das Klimax, zurück (Abb. 3a). Dies ist der einzig stabile Zustand der Pflanzengemeinschaft. Dagegen kann bei Annahme des „state-and-transition“-Modells eine Pflanzengemeinschaft durch das Überschreiten eines Schwellenwertes in einen stabilen Zustand überführt werden, von dem sie sich ohne Managementmaßnahme nicht wieder zurückentwickeln kann (WESTOBY et al. 1989b). Abb. 3b verdeutlicht, daß eine Pflanzengemeinschaft im Zustand I nach Störungen wieder in ihren Ausgangszustand zurückkehren kann. Übersteigt die Störung aber den Schwellenwert A, so entwickelt sie sich zur stabilen Pflanzengemeinschaft II. Hat eine Pflanzengemeinschaft diesen Zustand erreicht, ist sie nicht mehr durch einfache Managementmaßnahmen wie z.B. die Verringerung der Beweidungsintensität in Zustand I rückführbar (LAYLOCK 1991:431). Hierzu wären besondere Managementmaßnahmen oder die natürliche Regeneration des Standortes über einen je nach Klimabedingungen Jahrtausende langen Zeitraum notwendig (FRIEDEL 1991:424). Bei weiterem Störungseinfluß und überschreiten des Schwellenwertes B kann die Pflanzengemeinschaft den stabilen Zustand III einnehmen (vgl. LAYLOCK 1991).

MILTON & HOFFMANN (1994) beschreiben die Dynamik eines Buschlandes der Südlichen Karoo (Südafrika) anhand des „state-and-transition“-Modells (Abb. 4). Ausgehend von Zustand 1 (state 1) werden Zustandsänderungen der Vegetation über natürliche Faktoren wie Dürre und über die unter dem Begriff ‚Weidemanagement‘ zusammenfaßbaren Faktoren wie Erhöhung der Beweidungsintensität, Neuansaat und Beweidungsausschluß herbeigeführt. Weitere, mit dem „state-and-transition“-

3 Forschungsstand

Modell beschreibbare Vegetationsdynamiken haben FRIEDEL (1987), NOVELLIE & STRYDOM (1987), HOFFMANN et al. (1990), FULS (1991), BISIGATO & BERTILLER (1997) und O'CONNOR (1999) vorgelegt (vgl. auch MILTON et al. 1994).



Stadien ('states')	Übergänge ('transitions')
1 Mischung aus alten schmackhaften und unschmackhaften Sträuchern, mit Jungwuchs an kleinen gestörten Flächen.	T 1 Weidemanagement, erlaubt die Samenbildung schmackhafter Arten jedes Jahr.
2 Alle Altersklassen schmackhafter und unschmackhafter Sträucher sind vertreten.	T 2 Verlängerte Beweidungspause.
3 Unschmackhafte Sträucher aller Alterklassen. Schmackhafte Sträucher sind alt und werden stark beweidet.	T 3 Beweidung verhindert weitgehend die Etablierung schmackhafter Arten.
4 Unschmackhafte Sträucher sind überwiegend alt mit geringem Jungwuchs an kleinen gestörten Stellen. Schmackhafte Arten sind selten oder verschwunden.	T 4 Selektives Roden kombiniert mit der Aussaat schmackhafter Arten.
5 Keimlinge etablieren sich im Schutz abgestorbener Sträucher.	T 5 Schwere Störung gefolgt von Niederschlag und Keimung.
6 Keimlinge unschmackhafter Arten können sich verstärkt etablieren.	T 6 Aussaat indigener schmackhafter Arten.
7 Perennierende Arten sind durch Trittbelastung und Erosion verschwunden. Nach Niederschlägen kommt es zur Etablierung ephemerer Arten.	T 7 Intensive dauerhafte Trittbelastung und Beweidung.
	T 8 Beweidungsausschluss mit Meliorationsmaßnahmen und Neuansaat.

Abb. 4: Dynamik der Vegetationsveränderung in einem Buschland der südliche Karoo nach dem „state-and-transition“-Modell (nach MILTON & HOFFMANN 1994)

Der Ansatz des „state-and-transition“-Modells wird auch durch Studien von ARCHER (1989) über die Sukzession einer Savanne zu einem *Prosopis*-Buschland im südlichen Texas unterstützt (vgl. Abb. 5).

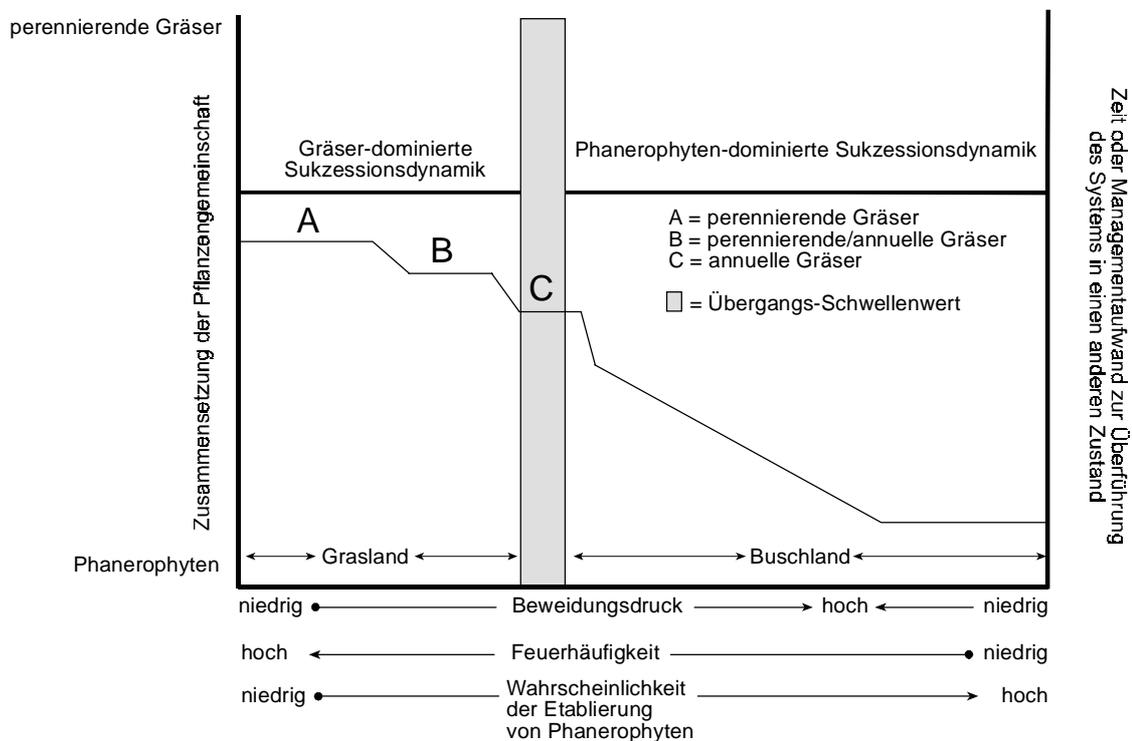


Abb. 5: Diagramm zur Schwellenwert-determinierten Zustandsänderung einer Pflanzengemeinschaft von einer Savanne zu einem Buschland durch Beweidungseinfluß
(nach ARCHER 1989)

Dabei kommt es durch einen zunehmenden Beweidungsdruck zu einer Umwandlung der grasdominierten Savanne (A, B) zu einem *Prosopis*-Buschland. Die durch den Beweidungsdruck induzierte Dynamik wird durch die mit der verstärkten Etablierung von Phanerophyten steigenden Feuerhäufigkeit verstärkt. Beim Durchqueren eines Übergangsschwellenwertes wird die Gräser-dominierte Sukzessionsdynamik von einer Phanerophyten-dominierten Sukzessionsdynamik abgelöst. Die Ausgangsgemeinschaft der Savanne ist ein stabiles Buschland überführt worden. SCHULTE (2000) nimmt für weidewirtschaftlich genutzte Savannensysteme im nördlichen Teil des Kaokolandes eine an das „state-and-transition“-Modell angelehnte Degradationsdynamik an (vgl. auch SANDER et al. 1998).

Sowohl die kontinuumsorientierten als auch die diskontinuumsorientierten Modelle wurden im Beweidungsmanagement als theoretischer Hintergrund verwendet. Als ein schwerwiegender Mangel der „state-and-transition“-Theorie ergab sich, daß sie mehr dazu geeignet war, geschehene Prozesse nachzuvollziehen als Prozesse vorhersagbar zu machen (LOCKWOOD & LOCKWOOD 1993:282). Der Grund dafür liegt darin, daß diese Theorie aus der Zusammenfassung von Beobachtungen resultierte, ohne aber eine eigene mathematische Grundlage zu haben. Mit dem „fold catastrophe“-Modell versuchten LOCKWOOD & LOCKWOOD 1993 beide Modellerichtungen miteinander zu verknüpfen. Hintergrund dieses Modells war die 1972 von THOM (zit. in LOCKWOOD & LOCKWOOD 1993:283) entwickelte Katastrophen-Theorie, mit der diskontinuierliche Phänomene in ansonsten kontinuierlichen Systemen erklärt werden konnten. Durch das von ZEEMAN (1978) entworfene „cusp“(Sichel)-Modell wurde die Theorie schließlich auch für ökosystemare Fragen anwendbar gemacht. Eine wichtige

Grundlage der Katastrophen-Theorie ist die mathematische Einbeziehung von Singularitäten, die im vegetationsökologischen Zusammenhang z.B. Dürreperioden, extreme Niederschläge oder extreme Änderung der Nutzungsstrukturen sein können (vgl. SCOONES 1992). Beim Eintreten von zwei Singularitäten zweier Variablen, wie sie sich aus variablen Niederschlagsbedingungen und variablen weidewirtschaftlichen Nutzungsintensitäten ergeben können, hebt die Dynamik der Vegetationsentwicklung in Form von Diskontinuitäten von der ansonsten untergelegten Kontinuums-Dynamik ab (LOCKWOOD & LOCKWOOD 1993:283). LOCKWOOD & LOCKWOOD hatten 1991 im Rahmen von Weidelandstudien dargelegt, daß ein typisches Weideland-Ökosystem über 20000 direkte Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen aufweist. Bezieht man indirekte Beziehungen mit ein, so steigt die Zahl auf über 1 Mrd. (LOCKWOOD & LOCKWOOD 1991:974). Die Lösung des Problems durch die Katastrophen-Theorie besteht nun darin, den für die Berechnung von Ökosystemdynamiken einzusetzenden Variablensatz auf einen vergleichsweise kleinen Satz von Kontrollvariablen zu reduzieren (LOCKWOOD & LOCKWOOD 1993:283).

Vor allem in Trockengebieten ergeben sich diese Kontrollvariablen aus der Variabilität der mit dem Niederschlag verbundenen Klimaelemente (LOCKWOOD & LOCKWOOD 1993:283, SCHULZE 1997:28f). So kann z.B. eine Aufeinanderfolge mehrerer überdurchschnittlich niederschlagsreicher Jahre die Sukzession eines Graslandes auch ohne Beweidungseinfluß durch die verstärkte Etablierung von Phanerophyten in ein langfristig stabiles, Phanerophyten-dominiertes System überführen (FRIEDEL 1991:425). In einem anderen Beispiel kann es durch die zeitliche Verschiebung des saisonalen Niederschlags zur Etablierung von unterschiedlichen, stabilen Pflanzengemeinschaften mit unterschiedlichen Strategietypen kommen (FRIEDEL 1991:425). Weitere Kontrollvariablen können sich aus der weidewirtschaftlichen Nutzung des Raumes ergeben (vgl. ELLIS & SWIFT 1988). Für die Erklärung von Dynamiken in Trockengebieten hat die „cusp“-Katastrophe den größten Stellenwert.

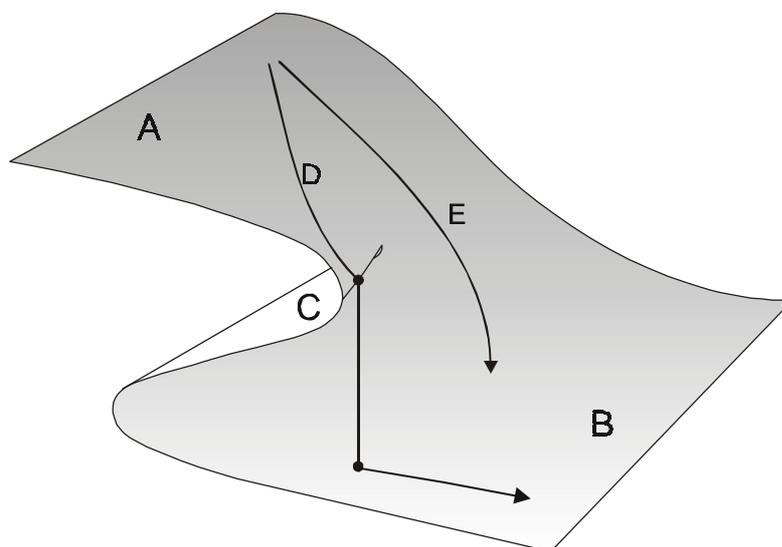


Abb. 6: Die „Cusp“-Katastrophe, Bestandteile und Symptome
(nach LOCKWOOD & LOCKWOOD 1993)

Sie erklärt, wie sich aus geringfügigen Unterschieden in den auf einen Standort einwirkenden Faktoren eine zu unterschiedlichen Zuständen führende Dynamik einsetzen kann (LOCKWOOD & LOCKWOOD 1993:284). Veranschaulicht wird dies durch Abb. 6. Dargestellt ist ein System (z.B. eine Pflanzengemeinschaft), das die zwei verschiedene Zustände A und B einnehmen kann. Der Zustands-

wechsel von A nach B kann nun einmal durch den mit D gekennzeichneten Vektor über einen „Sprung“ oder in einer kontinuierlichen Sukzession über den Vektor E verlaufen. Während bei Vektor E eine Rückkehr zu Zustand A möglich ist und damit die Reversibilität der Klimax-Sukzessionstheorien repräsentiert wird, ist eine Zustandsänderung mit dem Verlauf über D nicht reversibel. Gemäß des „state-and-transition“-Modells wird hier Zustand B als Sprung – also diskontinuierlich – durch das Überschreiten eines Schwellenwertes (C) erreicht. Zu beachten ist dabei, daß sich die unterschiedlichen Dynamiken aus einer geringfügig unterschiedlichen Ausgangsposition ableiten lassen.

Eine wesentliche Voraussetzung für die Bearbeitung vegetationsökologischer Fragestellungen (und hierbei insbesondere syndynamischer Inhalte) und die Wahl geeigneter Managementmaßnahmen in degradierten oder desertifizierten Räumen, ist die zutreffende Zuordnung des zu untersuchenden Systems zu den Equilibrium- und Disequilibrium-Konzepten (DODD 1994:183). Dazu führen ELLIS et al. (1993:41) aus:

„The information...appear to demonstrate firstly that both equilibrial and non-equilibrial dynamics occur in real-world grazing systems, and secondly, that appropriate management and development interventions are different for equilibrial and non-equilibrial ecosystems. It necessarily follows that scientists, managers, and developers must understand which kind of system they are working with if their efforts are to be successful rather than counterproductive.“

ELLIS & SWIFT (1988:454) haben einen Merkmals-Katalog von Equilibrium- und Disequilibrium-Weidesystemen vorgelegt (ergänzt nach WESTOBY et al. 1989a, BEHNKE & SCOONES 1993, DIJKMAN 1996, PUIGDEFÁBREGAS 1998, ROE et al. 1998).

Tab. 1: Merkmale von Equilibrium-Weidesystemen und Disequilibrium-Weidesystemen

	Equilibrium-Weidesysteme	Disequilibrium-Weidesysteme
Ø jährl. Niederschläge	> 400 mm	< 400 mm
Pflanze-Herbivor-Interaktionen	enge Bindung der Interaktionen Herbivore kontrollieren die pflanzliche Biomasse relativ konstante Tragfähigkeit	schwache Bindung der Interaktionen pflanzliche Biomasse wird durch abiotische Faktoren kontrolliert relativ variable Tragfähigkeit
Populationsmuster	dichteabhängig Populationsgrößen entsprechen der Tragfähigkeit Populationszyklen werden durch Mangel an Ressourcen gesteuert	dichteunabhängig Tragfähigkeit zu dynamisch für eine genaue Anpassung der Populationsgrößen Populationszyklen werden durch abiotische Faktoren gesteuert
Gesellschaft-und Ökosystem-Merkmale	menschliche Gemeinschaften stehen im Wettbewerb enge räumliche Ausdehnung des einzelnen Systems (Intensivwirtschaft) selbstkontrolliertes System	menschliche Gemeinschaften stehen nicht im Wettbewerb weite räumliche Ausdehnung (Extensivwirtschaft) äußere Faktoren steuern im hohen Maße das System
Management-System	konservativ	opportunistisch

Faßt man die wichtigsten in Tab. 1 aufgeführten Merkmale zusammen, so bleibt festzustellen, daß in Equilibrium-Weidesystemen die Limitierung der pflanzlichen Ressourcen durch die Interaktion Pflanze-Herbivor determiniert wird (enge Bindung der Interaktionen), während dies in Disequilibrium-Weidesystemen durch die Variabilität abiotischer Faktoren geschieht (schwache Bindung der Interaktionen). Equilibrium-Weidesysteme entwickeln sich auf der Grundlage einer geringen Variabi-

lität der abiotischen Faktoren. Für Disequilibrium-Weidesysteme sind variable Zustände der abiotischen Faktoren prägend.

BOLLIG 1999 und BOLLIG & SCHULTE (1999) versuchen eine Einhängung weidewirtschaftlich intensiver genutzter Teile des Kaokolandes und eines Vergleichsraumes in Kenya in die Equilibrium- und Disequilibriumkonzepte. Auf der Grundlage abiotischer Faktoren und der Interpretation von Interviewergebnissen kommen sie zu dem Schluß, daß die ökosystemare Dynamik des Kaokolandes überwiegend nach dem Disequilibrium-Konzept beschreibbar ist. Dagegen kann ein kenyatischer Vergleichsraum mit höheren Jahresniederschlägen und einer geringeren Variabilität der Jahresniederschlagsmenge eher dem Equilibrium-Konzept zugeordnet werden (BOLLIG & SCHULTE 1999:510f, vgl. auch DODD 1994:182). Die das Kaokoland betreffende Auffassung wird auch durch VAN WARMELO (1951:35) gestützt:

„The dominating features of this economy is uncertainty and instability. Everthing depends on the season. Nobody knows in advance what will be the best way of getting through the next year. So they sit and wait.“

Abschließend bleibt festzustellen, daß Klimax und Sukzession auch heute noch zu den in der Vegetationskunde und Ökosystemforschung meistdiskutierten Hypothesen gehören (WALTER 1986:204ff; WALTER & BRECKLE 1991b:129f, JOCHIMSEN 1993:418, DIERSCHKE 1994:443f, RICHTER 1997:142f). Die zuletzt vorgestellten Studien legen es nahe, daß in Räumen mit unterschiedlichen abiotischen und biotischen Bedingungen syndynamische Prozesse nur durch ein gleichwertiges Nebeneinander der vorgestellten Theorien und Konzepte zu verstehen sind (vgl. auch DODD 1994, AHMAD 1998).

3.4 Desertifikation im Kaokoland

Bevor auf die Desertifikationsproblematik im Kaokoland eingegangen werden kann, muß eine Definition der Begriffe Degradation und Desertifikation erfolgen. Wie zum Dürrebegriff liegen auch zu diesen Begriffen zahlreiche Definitionsansätze vor (vgl. Kap. 5.3.4.4). Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff Degradation als die Reduktion (oder der totale Verlust) des wirtschaftlichen Ertragspotentials eines ganzen Landschaftsraumes bzw. eines seiner Kompartimente (z.B. Vegetation, Boden) verstanden (vgl. WARREN & KHOGALI 1992:65, KASSAS 1995:115, AGNEW & WARREN 1996:312, DARKOH 1998, MAINGUET & DA SILVA 1998). Während der Begriff ‚Dürre‘ ein je nach Dürretyp mit entsprechenden Indices beschreibbares Wasserdefizit ausdrückt (vgl. Kap. Kap. 5.3.4.4), ist Desertifikation ein nicht meßbarer Prozeß bzw. Zustand, der sich aus der nachhaltigen Degradation unterschiedlicher Landschaftskompartimente in ariden, semi-ariden und sub-humiden Räumen ergibt (vgl. AGNEW 1990, IBRAHIM 1992, LE HOUÉROU 1996). Auf die Diskussion um eine endgültige Definition des Begriffs ‚Desertifikation‘ soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Einen Überblick über die z.T. recht kontroversen Definitionsansätze geben VAN VOORTHUIZEN (1978), MENSCHING (1990), DODD (1994), THOMAS & MIDDLETON (1994), LE HOUÉROU (1996) und WICKENS (1997). Im folgenden wird der Begriff ‚Desertifikation‘ nach der von IBRAHIM (1992:77) vorgestellten Definition verwendet (vgl. auch IBRAHIM 1980:9f):

„Desertifikation ist ein Prozeß fortschreitender Degradation der Regenerationsfähigkeit der symbiotischen Natur-Mensch-Produktionssysteme, welche durch einen hohen Anpassungsgrad an aride Bedingungen gekennzeichnet sind“.

Faktoren dieses Prozesses können agronomische Übernutzung (Überkultivierung, Überweidung) und Entwaldung eines Gebietes sein (THOMAS & MIDDLETON 1994:67f, WICKENS 1997). Inwiefern Desertifikationsprozesse nur in Verbindung mit Dürren auftreten können, wird bis heute diskutiert (vgl. LE HOUÉROU 1976, AGNEW 1990, KASSAS 1995, LE HOUÉROU 1996, WICKENS 1997, DARKOH 1998, PUIGDEFÁBREGAS 1998).

Betrachtet man den südafrikanischen Subkontinent, so gehört das Kaokoland zu den Gebieten mit einer hohen Desertifikationsgefahr (UNCOD 1977). In der oft zitierten UNESCO „World Map of Desertifikation“ (UNCOD 1977, z.B. HEINE 1988, KLIMM et al. 1994) werden Wind, Wasser und Relief als die das Desertifikationsrisiko im Nord-Westen Namibias begründenden Faktoren dargestellt. Für andere Gebiete des südlichen Afrika, wird dagegen das Zusammenwirken abiotischer Faktoren mit anthropogenen Faktoren wie „Übernutzung durch Feldbau“ und „Überbesatz mit Vieh“ als Ursache für die Desertifikationsgefahr beschrieben. Folgt man der Auffassung von IBRAHIM (1992:72), nach der es sich „bei der Desertifikation nicht nur um einen biologisch-physikalischen, sondern in ganz wesentlichem Maße auch um einen sozio-ökonomischen Prozeß handelt“, muß die Darstellung der UNCOD als Vereinfachung eingestuft werden. Damit ist klar, daß eine nur naturwissenschaftlich ausgerichtete Untersuchung zur Desertifikationsproblematik zu irreführenden Ergebnissen kommen kann (vgl. IBRAHIM 1992). Diese Grundannahme umsetzend, zeigen zahlreiche Publikationen zur Desertifikationsproblematik einen interdisziplinären Ansatz, indem sie naturwissenschaftliche und sozio-ökonomische Arbeitsmethoden miteinander verbinden (z.B. SCHIFFERS et al. 1976, KAPP 1987, SCHULZ & POMEL 1992, PRIOR 1994, KEMPF 1994, MOORSOM et al. 1995, HOFFMANN 1998, SANDER et al. 1998, BOLLIG & SCHULTE 1999). Für NAVEH (1989) ist dieser holistische Ansatz die Basis für eine moderne, umsetzungsorientierte landschaftsökologische Forschung (vgl. auch MÜLLER-HOHENSTEIN 1986:119, JÜRGENS 1998:54).

Als das niederschlagsärmste Land südlich der Sahara (MOORSOM 1995:13) unterliegt Namibia nach UNCOD (1977) insgesamt einem moderaten bis sehr hohen Desertifikationsrisiko. Ausgenommen ist lediglich die Namib als natürlicher hyperarider Raum ohne agropastorale Landnutzung (UNCOD 1977). In Anbetracht dieses Desertifikationsrisikos sieht TYSON (1987:86) ganz Namibia und Botswana als eine potentielle Wüste. AHARONI & WARD (1997:16) kommen dagegen zu der Auffassung, daß in überwiegenden Teilen Namibias lediglich ein geringes Desertifikationsrisiko vorliegt. Nur für zentrale und nördliche Landesteile beschreiben sie ein mittleres (u.a. Kaokoland) bzw. hohes Risiko der Desertifikation.

Räumliche Schwerpunkte der Desertifikationsforschung im südlichen Afrika sind die Karoo mit östlich angrenzenden Gebieten (z.B. BOUSMAN & SCOTT 1994, DEAN et al. 1995, MILTON et al. 1995, O'CONNOR & ROUX 1995, VAN ROOYEN 1998) und die Kalahari (z.B. FOURIE et al. 1987, PERKINS & THOMAS 1993, PALMER & VAN ROOYEN 1998, VAN ROOYEN 1998). Doch neben der räumlichen Differenzierung des Desertifikationsrisikos wird auch eine nutzungsabhängige Differenzierung diskutiert.

In seinem Artikel „The tragedy of the commons“ hatte HARDIN (1968) dargestellt, daß die Degradations- und Desertifikationsprobleme in kommunalen weidewirtschaftlich genutzten Räumen Afrikas vor allem durch ein fehlendes, alle Mitglieder der Gemeinschaft einbindendes Weide-Management bedingt sind. Die „Tragödie des kommunalen Menschen“ liegt nach HARDIN darin begründet, daß ein Viehbesitzer, der die Anzahl seines Viehs zugunsten einer konservativen Weidenutzung reduziert, gegenüber den Mitgliedern der Gemeinschaft, die weiterhin eine möglichst hohe Viehzahl anstreben,

benachteiligt würde. Die von der Wirtschaftsweise dieses Viehbesitzers ausgehende Verringerung des Nutzungsdrucks (und damit Verbesserung der Weidequalität) käme allen Mitgliedern der Gemeinschaft zugute. Diese würden die zusätzlichen Ressourcen durch eine Erhöhung der Viehzahl nutzen und damit die konservative Nutzungsstrategie des einzelnen Viehbesitzers untergraben. Damit war für HARDIN klar, daß traditionell ausgeführte Weidewirtschaft in Trockengebieten mit der Maxime einer ständigen Erhöhung der Viehzahlen zwangsläufig zu einer Verringerung der Tragfähigkeit des Raumes, zu Degradation und schließlich zu Desertifikation führen muß (vgl. CHAPLINE 1966, MENTIS 1984, DIJKMAN 1996).

Die These, daß die traditionelle pastorale Nutzung der Trockengebiete Hauptfaktor für die Degradation und Desertifikation dieser Räume ist, wird bis heute kontrovers diskutiert. Letztendlich geht es um die Frage, ob nach traditionellen Nutzungsstrategien ausgeführter kommunaler Pastoralismus in den Trockengebieten der Erde die optimal angepaßte Nutzungsform darstellt (z.B. VAN VOORTHUIZEN 1978, GREENWOOD 1986, ELLIS & SWIFT 1988, ROE 1989, BOONZAIEER et al. 1990, MCCABE 1990, SCOONES 1992, DODD 1994, PRIOR 1994, WICKENS 1997, HARRISON & SHACKLETON 1999, DAHLBERG 2000) oder ob Degradation und Desertifikation durch die Einführung eines übergreifenden Managements und Privatisierung der vormals kommunalen Weideflächen begrenzt werden könnten (z.B. CHAPLINE 1966, HARDIN 1968, FORBES & TROLLOPE 1991, OBA 1992, MACHE 1994, vgl. auch ABEL & BLAIKIE 1989).

Dieser Ansatz der Frage nach Ursachen von Desertifikation hat in Namibia, wo 43 % der Landfläche von 90 % der Gesamtbevölkerung kommunal bewirtschaftet werden, eine besondere Bedeutung (DEWDNEY 1996, SEELY 1998). Bei einem Vergleich zweier kommunal und kommerziell weidewirtschaftlich genutzter Gebiete im zentralen Namibia mit ähnlicher naturräumlicher Ausstattung, kommen WARD et al. (1998) zu dem Ergebnis, daß kommunale pastorale Nutzung nicht zu stärkerer Boden- und Vegetationsdegradation führt. HARRISON & SHACKLETON (1999) attestieren kommunal genutzten Weideflächen in Gebieten Südafrikas eine hohe Resilienz (vgl. SCOONES 1992).

Zur Bearbeitung des Themas „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“ sind die als Gunsträume besonders intensiv genutzten Beckenlandschaften des Kaokolandes ausgewählt worden. Über diese Beckenlandschaften berichtet RUST (1982:41):

„A sequence of heavily destructive geomorphic processes can be seen: The roots of the natural vegetation cover (*Colophospermum mopane*) are exposed by sheet wash. The basins are ruined by gullying and badland formation.“

VAN WARMELO (1951:33ff) macht folgende Beobachtung:

„With few exceptions the Kaokoveld cattle folk do not bother to sink wells and therefor concentrate with all their livestock near the open waters, thereby over-grazing certain areas. Fortunately water collects in many places during the rainy season so that then the cattle can be dispersed all over the country.“

„A country so much at the mercy of a fickle rainfall obviously requires careful supervision of stock and population, and overstocking must be avoided like the plague.“

In seiner Beschreibung über die Landschaft um Sesfontein berichtet VAN WARMELO (1951:39):

„The whole surrounding area has been overgrazed so thoroughly that only the large trees remain in a level plain of bare sand. There are no young trees nor can any raise its head owing to the intensive browsing of the numerous cattle, goats and donkeys perpetually on the look-out for a nibble of green leaf or twig. In course of time, as the large trees die off one by one and no others take their place, it seems that all vegetation must eventually disappear, and leave only enclosed gardens.“

In die im Zuge der Schwerpunktthemen „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ und „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“ durchgeführten Untersuchungen wurden auch Siedlungsbereiche einbezogen, in denen künstliche Brunnen eine ganzjährige Wasserversorgung garantieren (Omungunda seit 1960, Orupembe seit 1975, vgl. Abb. 7, S. 37). Eine Initialfunktion von Orten gesicherter Wasserversorgung für Desertifikationsprozesse wird für die Trockengebiete weltweit diskutiert (IBRAHIM 1980, VALENTIN 1983, MCCABE 1990, HANAN et al. 1991, SCOONES 1992, THOMAS & MIDDLETON 1994:73f, 88f, 131f; SEELY et al. 1995:53, FRIEDEL 1997, AYOUB 1998:405, DE SOYZA et al. 1998, JAMES et al. 1999).

3.5 Weitere Forschungsansätze

Die ethnobotanische Arbeit von MALAN & OWEN-SMITH (1974) umfaßt auch Beschreibungen des Einflusses der anthropogenen Nutzung auf die Vegetation des Kaokolandes. Insbesondere aus dem selektiven Weideverhalten des Viehs resultiert danach großräumig eine Abundanzzunahme annueller Grasarten wie *Aristida effusa*, *Schmidtia kalahariensis* sowie *Eragrostis spp.* und eine Abundanzverringerung bevorzugter Straucharten wie *Boscia foetida*, *Leucosphaera bainesii* und *Petalidium spp.* (MALAN & OWEN-SMITH 1974:166f, BOLLIG 1999:140ff).

Die Arbeiten von M. BOLLIG umfassen Studien zur oralen Tradition der Himba (BOLLIG 1997b) sowie zur Anpassung des Wirtschaftsystems dieses halbnomadisch lebenden Hirtenvolkes an die im Kaokoland herrschenden Umweltbedingungen (BOLLIG 1996, 1997a, 1999, 2000b). Für ein räumlich eng begrenztes Gebiet im nördlichen Kaokoland stellen SANDER et al. (1998) in einer geographische, völkerkundliche und botanische Inhalte umfassenden Studie dar, wie sich die Aufgabe traditioneller pastoralnomadischer Nutzungsstrategien auf die Savannenvegetation und den Boden auswirkt. Sie zeigen, daß die aus der Übernutzung der Vegetation resultierende Degradation von Boden und Vegetation nicht kontinuierlich erfolgt, sondern Degradationsstadien stufenweise aufeinander folgen. Dies impliziert Bezüge der untersuchten Systeme zum „state-and-transition“-Modell und dem von BEHNKE et al. (1993) für afrikanische Savannen dargestellten „Disequilibrium“-Konzept (vgl. auch WESTOBY et al. 1989a, 1989b; PRIOR 1994:16f, ROE et al. 1998, vgl. Kap. 3.3).

Arbeiten mit paläoklimatischen Fragestellungen haben VOGEL & RUST (1987) und BRUNOTTE & SANDER (2000b) vorgelegt. Auf den Themenkreis Geologie/Geomorphologie beziehen sich die frühen Arbeiten von HARTMANN (1903), HAHN (1911) und KUNTZ (1911, 1913). Eine umfassende geomorphographische Arbeit legte ABEL (1954) vor. BRUNOTTE & SPÖNEMANN (1997) bearbeiten morphotektonische Fragestellungen der Randstufe im Nordwesten Namibias. Bodenkundliche Aspekte finden sich in den Arbeiten von BRUNOTTE & SANDER (2000a, 2000b, 2000c). Eine umfassende Studie zur Ethnobotanik des Kaokolandes haben MALAN & OWEN-SMITH (1974) vorgelegt.

Durch die geringe Anzahl von im Kaokoland lokalisierten, i.w.S. landschaftsökologischen Forschungsarbeiten kann das Kaokoland i.S. LESERS als Elementarlandschaft landschaftsökologischer Forschung aufgefaßt werden (LESER 1986a).

4 Methoden

4.1 Vegetationsökologische Methoden

4.1.1 Methodik zum Schwerpunktthema „Vegetationsökologische Transektanalyse“

Für die Bearbeitung des Schwerpunktthemas „Vegetationsökologische Transektanalyse“ wurden an drei, im wesentlichen ost-west-verlaufenden Transekten pflanzensoziologische Vegetationsaufnahmen erfaßt. Die Transekte orientieren sich damit an den im Arbeitsgebiet großräumig nordost-südwest-verlaufenden Gradienten unterschiedlicher Klimaelemente, bei denen die mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente als Hauptdeterminante für die Herausbildung der Hauptvegetationstypen im Vordergrund stehen. Eine detaillierte Beschreibung der Transektverläufe erfolgt in Kap. 5.1 (vgl. auch Abb. 8, S. 40).

Die Geländearbeit zu diesem Schwerpunktthema wurde während der Regenzeiten von 1996 bis 1998 (in geringem Umfang auch 1999) ausgeführt. Neben dem grundsätzlichen Ansatz, die Vegetationsmuster entlang von Transekten, die den klimatischen Gradienten folgen, zu erfassen, wurde ein auf alle Standorte angewendetes Arbeitsprogramm entwickelt. Dieses Arbeitsprogramm beinhaltet, daß entlang der Transekte im Abstand von 5 geographischen Minuten (ca. 7 km Luftlinie) die Vegetation der unterschiedlichen Habitate nach einer modifizierten BRAUN-BLANQUET-Skala pflanzensoziologisch aufgenommen wurde (BRAUN-BLANQUET 1964). Dabei wurde versucht, von anthropogen bedingten Nutzungen möglichst wenig oder unbeeinflusste Standorte vegetationsökologisch zu erfassen. Zu den insgesamt 387 erfaßten Aufnahmeflächen mit einer Größe von jeweils 0.1 ha (50 m * 20 m) wurden Standortangaben wie Exposition, Hangneigung, Reliefsituation des Standortes (z.B. Ebene, Fußhang, Mittelhang) notiert (vgl. zur Methode GILLISON & BREWER 1985, WARD et al. 1993).

Wie bereits erwähnt, wurden die im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Vegetationsaufnahmen in modifizierter Form nach der bei BRAUN-BLANQUET (1964) beschriebenen Methode der Artmächtigkeitsschätzung aufgenommen. Diese Methode umfaßt die kombinierte Schätzung von Abundanz (Individuenzahl) und Dominanz (Deckungsgrad) für jede in der Aufnahmefläche vorkommende Art. Kommt eine Art in mehr als einer Schicht (Kraut-, Strauch- oder Baumschicht) vor, so wird die Artmächtigkeit für jede Schicht getrennt geschätzt. Für die betreffenden Arten können sich dadurch über 100 % liegende Artmächtigkeiten ergeben. Die Schichtzugehörigkeit wurde wie folgt festgelegt:

- zur Krautschicht zählen die Individuen aller Lebensformen bis zu einer Wuchshöhe von 0.5 m
- zur Strauchschicht zählen ausdauernde phanerophytische Arten und sukkulente Arten mit einer Wuchshöhe zwischen 0.5 m und 5 m
- die Baumschicht wird von Phanerophyten und stammsukkulenten Arten mit einer Wuchshöhe von mehr als 5 m gebildet

In Abstimmung mit dem National Botanical Research Institute (NBRI, Windhoek), erfolgte die Artmächtigkeitschätzung im Rahmen dieser Arbeit für 0.1 ha-Flächen (20 m * 50 m) mit

r = Deckung < 0.01 % und
+ = 0.01 > Deckung < 0.1 %.

Für die über 0.1 % liegenden Artmächtigkeiten wurden für jede Art – nach Schichtzugehörigkeit getrennt – die jeweiligen Deckungsprozent genau geschätzt. Diese Präzisierung ist insbesondere in Trockengebieten sinnvoll, wo z.T. nur wenige Prozent betragende Gesamtdeckungen der Aufnahmeflächen erreicht werden (vgl. MCAULIFFE 1990, HACHFELD 1996). Die Verwendung der klassischen BRAUN-BLANQUET-Skala würde hier in der Auswertung der Daten zur Verwischung von im Gelände klar erkennbaren Unterschieden des Deckungsgrades einzelner Arten führen. Für die statistische Auswertung des Datenmaterials ist die in Teilen ordinale Symbolskala in eine metrische Skala überführt worden, wobei „r“ durch 0.01 Prozent und „+“ durch 0.1 Prozent ersetzt wurden.

Wie in Kap. 5.3 ausgeführt wird, zeigen die jährlichen Niederschlagsmengen im Arbeitsgebiet eine hohe Variabilität. Aus diesem Grund wurde die Arbeit an den einzelnen Transekten in der Hauptsache jeweils innerhalb einer Regenzeit ausgeführt. Der pflanzensoziologische Vergleich der drei Transekte untereinander ist dadurch jedoch nur eingeschränkt durchführbar. So führte die gute Regenzeit 1996 zu einer hohen Anzahl annueller Arten entlang des in diesem Jahr untersuchten mittleren Transekts. Während der beiden niederschlagsarmen Regenzeiten der Jahre 1997 und 1998 lagen dagegen ungünstigere Bedingungen für die Etablierung annueller Arten vor.

Durch die für Trockengebiete typische hohe Variabilität der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge, haben ephemere Arten einen großen Anteil an der Vegetation. Ephemere Arten sind für ihre Etablierung auf bestimmte Umweltbedingungen angewiesen, die gerade in ariden Räumen nicht regelmäßig gegeben sind. So können sich je nach Ausprägung von variablen Umweltfaktoren, wie z.B. der Niederschläge, in zwei aufeinanderfolgenden Jahren stark unterschiedliche Aspekte der Vegetation ergeben. Diese für Trockengebiete typische Besonderheit illustriert Foto 1. Dargestellt ist hier der Vornamibaspekt während der niederschlagsarmen Regenzeit 1997 und während der in diesem Raum niederschlagsreichen Regenzeit des Jahres 1998.

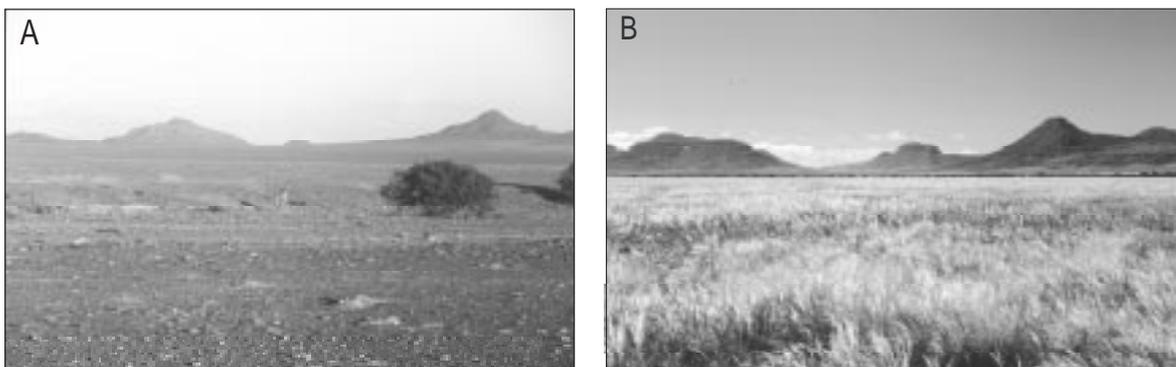


Foto 1: Regenzeitaspekte der Vornamib bei Orupembe
(A. Regenzeit 1997, B. Regenzeit 1998)

Wie in Kap. 6.2.5 gezeigt werden wird, ist die annuelle *Poaceae Stipagrostis hirtigluma ssp. hirtigluma* die diesen Raum charakterisierende Art (vgl. VILJOEN 1980). Während regenarmer Jahre reichen die Niederschläge nicht aus, um die Keimung von *Stipagrostis hirtigluma* zu initiieren. Bei ausreichenden Niederschlägen ist *Stipagrostis hirtigluma* dagegen die aspektbildende Art der Vornamib-Ebene. Daraus ergeben sich im Vergleich beider Jahre deutlich unterschiedliche Artmächtigkeiten für *Stipagrostis hirtigluma ssp. hirtigluma*. In z.T. abgeschwächter Form, trifft diese aus pflanzensoziologisch-methodischer Sicht problematische interannuelle Dynamik, auf alle nicht ausdauernden Arten des Gebietes zu (zur Problematik vgl. auch, WERGER 1974, FRANKENBERG 1986, LESER 1986b:224f, MÜLLER-HOHENSTEIN 1986:117).

Hier sei auch nochmals auf das vegetationsökologische Problem der Kohortenbildung bei ausdauernden Arten verwiesen (vgl. S. 14). Ausgelöst durch seltene Ereignisse, wie außergewöhnlich hohe Niederschlagsmengen, können sich in einem Raum Individuen einer Art etablieren, wobei jedoch der Rückschluß auf die das Auftreten der Art ermöglichenden Ausprägungen von Umweltfaktoren aus den rezent beobachtbaren Bedingungen nicht ableitbar sind.

Als Konsequenz aus den im Arbeitsgebiet vorliegenden Bedingungen, stützt sich die in Kap. 6.2.5 dargestellte Vegetationsgliederung in der Hauptsache auf die Gruppe der ausdauernden Arten.

4.1.2 Methodik zum Schwerpunktthema „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“

Im Bereich von Siedlungsplätzen liegen von der Nutzungsintensität abhängige Gradienten unterschiedlicher Standortfaktoren wie Trittbelastung, Nährstoffeintrag und Verbiß vor (vgl. OSTERLOH 2000). Durch die vom Zentrum eines Siedlungsplatzes aus abnehmende Intensität anthropogener Nutzungseinflüsse, weisen diese Standortfaktoren im allgemeinen abnehmende Werteausprägungen in Richtung der außerhalb der Siedlungsplätze liegenden Flächen auf. Mit dem Ziel, die Vegetationsmuster und die sie determinierenden Standortfaktoren im Bereich von Siedlungsplätzen zu charakterisieren, wurde die Vegetation innerhalb der regelmäßig auftretenden Siedlungsstrukturen (z.B. Viehkral, innere Siedlungsfläche, äußere Siedlungsfläche) durch Vegetationsaufnahmen dokumentiert. Zur Erfassung der Artmächtigkeiten kam dabei die in Kap. 4.1.1 beschriebene Methode zur Anwendung. Im Gegensatz jedoch zur Vorgehensweise bei der „Vegetationsökologischen Transektanalyse“, wurde die Größe der Aufnahmefläche wegen der Kleinräumigkeit der Vegetationsmuster auf 0.01 ha (10 m * 10 m) festgesetzt.

4.1.3 Methodik zur Abgrenzung der Vegetationseinheiten

Die Abgrenzung der in Kap. 6.2.5 und Kap. 6.3 vorgestellten Vegetationseinheiten erfolgt nach der von BRAUN-BLANQUET (1964) entwickelten pflanzensoziologischen Methode. Die Vegetationsklassifizierung zielt darauf ab, nach bestimmten Merkmalen Vegetationserscheinungen zu gruppieren und daraus gebildete Typen voneinander abzusetzen (DIERSCHKE 1994:175ff, RICHTER 1997:68ff, FREY & LÖSCH 1998:43ff). Eine Benennung von Vegetationstypen, Savanntentypen und Gemeinschaften nach dem in Mitteleuropa gebräuchlichen syntaxonomischen System hat sich in Namibia bislang nicht durchgesetzt, auch wenn die in Kap. 4.1.1 dargestellte Methode der pflanzensoziologischen Vegetationsaufnahmen auch im südlichen Afrika eine breite Anwendung gefunden hat (vgl. TAYLOR 1984, ECKHARDT et al. 1992, 1995, FULS et al. 1992a, 1992b, BREDENKAMP & BEZUIDENHOUT 1995). Daher wird auch im Rahmen dieser Arbeit auf eine die Nomenklatur dieses

Systems verwendende Bezeichnung der einzelnen Einheiten verzichtet (vgl. Kap. 6.2.5.1, S. 111, vgl. auch MÜLLER-HOHENSTEIN 1986:115).

Die Abgrenzung von Vegetationseinheiten entlang von Transekten kann wegen der sich kontinuierlich ändernden Ausprägung von Standortfaktoren problematisch sein. Dabei lassen sich Einheiten nur selten scharf voneinander abgrenzen (vgl. FRANKENBERG 1986, SKARPE 1986, WONDZELL et al. 1990, WARD et al. 1993, PALMER & WHITE 1994).

4.1.4 Lebensformen

Als Anpassung an die unterschiedlichen ökologischen Bedingungen ihrer Habitate zeigen Arten spezifische Ausprägungen ihrer morphologisch-physiognomischen Merkmale auf der einen und ihrer phänologischen Merkmale auf der anderen Seite (z.B. SOLBRIG 1979, FRANKENBERG 1986, SHMIDA & BURGESS 1988, FLORET et al. 1990, COWLING et al. 1994, SKARPE 1996, RICHTER 1996, DÍAZ et al. 1999, MCINTYRE et al. 1999). Diese als Lebensformen bezeichneten Anpassungen sind zunächst von RAUNKIAER (1937) beschrieben und systematisiert worden (FREY & LOESCH 1998:253). Für Trockengebiete hat sich aber eine Typisierung der Arten nach der von RAUNKIAER in den Mittelpunkt gestellten Lage der perennierenden Überdauerungsorganen während der Vegetationsruhe, aufgrund spezifischer Anpassungsformen als nicht ausreichend erwiesen (vgl. NOY-MEIR 1973:42ff, FRANKENBERG 1982:61f, JÜRGENS 1986, ORSHAN 1986, WALTER & BRECKLE 1991b:172f, FREY & LOESCH 1998:259).

Die Zuordnung der Arten einer Vegetationsaufnahme zu den verschiedenen Lebensformgruppen ermöglicht die physiognomische Charakterisierung des Bestandes und erlaubt Rückschlüsse auf die am Standort wirkenden Umweltfaktoren. Dabei ist mit sich ändernden Umweltbedingungen, wie sie im Rahmen dieser Arbeit z.B. durch die Großraumtransekte erfaßt sind, mit einer Verschiebung der Deckungsanteile der einzelnen Lebensformgruppen entlang des Umweltgradienten zu rechnen (vgl. SOLBRIG 1979, BORNKAMM & KEHL 1985, JÜRGENS 1990).

Die Analyse der in den Vegetationsaufnahmen vertretenen Lebensformen basiert auf der Zuordnung der Arten zu den in Tab. 5 (S. 73) dargestellten Lebensformgruppen. Die Gruppe der krautigen Arten faßt einjährige und mehrjährige dikotyle Arten zusammen, die keine Verholzung der Primärachse und keine Blattsukkulenz aufweisen. Phanerophyten (Sträucher, Bäume) zeichnen sich durch die Verholzung der Primärachse aus. Im Gegensatz zu den ebenfalls verholzenden Chamaephyten (Halbsträucher), übersteigt die Wuchshöhe der Phanerophyten 100 cm. Eine weitergehende Unterteilung der Gruppe der Phanerophyten, z.B. in Nanophanerophyten und Makrophanerophyten, ist für die vorliegende Auswertung nicht vorgenommen worden. Zu hoch ist die innerartliche Wuchshöhen-Variabilität einzelner Individuen z.T. auf Dekameter-Distanz infolge stark unterschiedlicher Standortbedingungen. *Colophospermum mopane* als phanerophytische Hauptart des Kaokolandes, kann in ihrem Verbreitungsgebiet je nach Standortbedingungen Wuchshöhen zwischen 1 m und 18 m erreichen (vgl. VOLK 1966, VOORTHUIZEN 1976, WERGER 1978c:310ff; COLE 1982, TRIPPNER 1996). Deutliche Wuchshöhen-Variabilität läßt sich entlang des Transekts aufgrund unterschiedlicher edaphischer oder klimatischer Standortvoraussetzungen bei allen phanerophytischen Arten beobachten (vgl. VILJOEN 1980).

Die Gruppe der sukkulenten Arten läßt sich je nach Sukkulenz aufweisendem Organ in die stamm-sukkulenten Arten und die blattsukkulenten Arten untergliedern. Geophyten besitzen ein unterirdisches Speicherorgan. Ephiphyten sitzen den Individuen anderer Arten oberirdisch auf.

Eine genauere Betrachtung des Auftretens der Lebensformgruppen entlang der Großraumtransekte erfolgt in Kap. 6.2.4. Die Diskussion der entlang dieser Transekte auftretenden Vegetationseinheiten erfolgt ebenfalls unter Berücksichtigung der die einzelnen Einheiten kennzeichnenden Lebensformspektren (vgl. Kap. 6.2.5). Die Darstellung der Vegetationsökologie der Siedlungsplätze bezieht ebenfalls die Lebensformen der hier auftretenden Arten in starkem Maße mit ein.

4.1.5 Identifikation und Benennung der Arten

Folgende Werke wurden zur Identifikation der Arten verwendet: MERXMÜLLER (1972), VOLK (1974), MÜLLER (1985), COATES PALGRAVE (1983), GIBBS RUSSEL et al. (1991), CRAVEN & MARAIS (1992, 1993), VON BREITENBACH (1995), VAN OUDTSHOORN (1992, 1999), SMIT (1999). Die Benennung der Arten folgt CRAVEN (1999).

4.2 Fernerkundliche Methoden

Auf fernerkundliche Methoden gestützte Auswertungen sind im Rahmen dieser Arbeit insbesondere im Hinblick auf einen Wandel der Vegetation und der Siedlungsstrukturen in den von Desertifikationsphänomenen am stärksten betroffenen Räumen der Beckenlagen im Einzugsgebiet des Hoanib und des Haorusib durchgeführt worden. Dabei erlaubt der für diese Gebiete vorliegende Satz stereoskopischer Luftbilder aus den Jahren 1976 und 1996, einen Vergleich der Situation vor bzw. nach der Dürreperiode 1979-1981. Die Auswertung der Luftbilder erfolgte unter Verwendung des Spiegelstereoskops der Fa. Topcon.

Mit dem Ziel, eine naturräumliche Gliederung des Arbeitsgebietes vornehmen und die Ausdehnung desertifizierter Räume beschreiben zu können, wurden folgende Landsat5-TM-Szenen mit dem Programmpaket ERDAS IMAGINE Ver 8.2 zu Falschfarben-Kompositen aufbereitet: Szene 182-72 (6.10.1986), Szene 181-73 (10.11.1984), Szene 181-72 (10.11.1984).

4.3 Bodenkundliche Methodik und Verfahren

Die Wasser- und Nährstoffversorgung von Landpflanzen erfolgt durch das Medium ‚Boden‘. Da Wasser in ariden und semi-ariden Gebieten i.d.R. den physiologischen Minimumfaktor für die Lebensprozesse der Pflanzen darstellt, hat der durchwurzelbare Raum und die Feldkapazität des Bodens eine entscheidende Bedeutung für die Wasserversorgung von Pflanzen und die Ausprägung von Pflanzengemeinschaften (ALIZAI & HULBERT 1970, NOY-MEIR 1973, TINLEY 1982, LÖSCH 1986, BRADBURY 1990a, 1990b; CHOINSKI & TUOHY 1991, MONTAÑA et al. 1995, SCHULTZ 1995:286f, TRASH et al. 1993, SAVORY 1999:109f, SMIT & RETHMAN 2000). Daneben kommt vor allem der Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff und Phosphaten eine große Bedeutung zu (EL-AYOUTY et al. 1978, BATE & GUNTON 1982, BUCKLEY et al. 1987, WALKER & KNOOP 1987, ABRAMS et al. 1997, PALMER & VAN DER HEYDEN 1998). Mit dem Ziel, die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Böden im Untersuchungsgebiet beschreiben zu können, wurden zahlreiche Bodenprofile erstellt und beprobt. Anhand der bodenchemischen und -physikalischen Daten sollen die pedologischen Be-

dingungen im Untersuchungsgebiet charakterisiert werden. Die Betrachtung der auf die Vegetation eines Standortes einwirkenden abiotischen Faktoren bildet einen Schwerpunkt dieser Arbeit.

Am Standort jeder Vegetationsaufnahme wurden die prozentualen Anteile der verschiedenen Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche geschätzt sowie eine Mischprobe des Oberbodenmaterials gezogen.

Anhand der Bodenproben wurden folgende Analysen durchgeführt:

- **pH-Wert:** Der pH-Wert steht mit vielen Eigenschaften des Bodens in einem engen Zusammenhang. So beeinflusst die Bodenacidität die chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften direkt und das Pflanzenwachstum direkt oder indirekt (z.B. Verfügbarkeit von Nährstoffen, Konzentration von toxisch wirkenden Ionen). Der pH-Wert gehört zu den wichtigsten Kenngrößen des Landschaftskompartimentes ‚Boden‘ (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989:112ff). Die Messung des pH-Wertes erfolgte durch das Aufschlännen der Probe durch die Zugabe von 25 ml zu 10 g getrocknetem Feinboden. Nach einem 30-minütigen Schüttelvorgang wurde der pH-Wert mit der Einstabmeßkette ermittelt (STEUBING 1965). Auf eine Zugabe von CaCl_2 oder KCl zur Suspension, wie es bei der Bestimmung des pH-Wertes von landwirtschaftlich genutzten Böden in Mitteleuropa üblich ist, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit verzichtet (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989:125).
- **Carbonatgehalt:** Unter Carbonaten werden hier Calcium- und Magnesiumcarbonate (Kalk und Dolomit) verstanden. Die Bestimmung des Carbonat­gehaltes erfolgte durch Einstufung der optisch und akustisch erkennbaren Reaktionen nach Beträufeln des Feinbodens mit 10 %iger Salzsäure (vgl. ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982).
- **Bodenart:** Mit der Bestimmung der Bodenart läßt sich die Korngrößenzusammensetzung des mineralischen Bodenmaterials kennzeichnen. Von der Körnung des Bodenmaterials im Wurzelraum hängen zahlreiche, die Wuchsbedingungen eines Standortes beeinflussende Faktoren wie Durchwurzelbarkeit, Wasser-, Sauerstoff- und Nährstoffangebot ab (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989:24, vgl. auch KUNTZE et al. 1988:133f). Die Bestimmung der Bodenart (hier Bodenarthauptgruppen) erfolgte nach dem bei der ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982) beschriebenen Verfahren der ‚Fingerprobe‘.
- **Gehalt an wasserlöslichen Ionen:** Die in Böden als wasserlösliche Salze vorliegenden Nährstoffe, sind für Pflanzen wegen der leichten Mobilisierung bei Durchfeuchtung des Bodens rasch aufnehmbar (KUNTZE et al. 1988:282f). In ariden und semiariden Räumen, die überwiegend durch humusarme und tonmineralarme Substrate gekennzeichnet sind, stehen wasserlösliche Salze bei der Nährstoffversorgung der Pflanzen im Mittelpunkt (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989: 221ff, SCHULTZ 1995:318f). Die Bestimmung des Gehaltes an wasserlöslichen Ionen erfolgte unter Verwendung von Feinbodenproben am Ionenchromatograph DX-120 (Fa. Dionex). Dazu wurden 2 g getrockneter Feinboden mit 50 ml Aqua dest. aufgeschlämmt und einem 30-minütigen Schüttelvorgang unterzogen. 5 ml der Suspension wurden anschließend dem DX-120 zur Analyse zugeführt. Als Ergebnis erhält man die Ionenkonzentration in mg/l. Von den vom Gerät zur Verfügung gestellten Daten, fließen die Werte für Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ (Kationen) sowie SO_4^{2-} , PO_4^{2-} , NO_3^- und Cl^- (Anionen) in diese Arbeit ein.

Die Ergebnisse der aus diesen Verfahren gewonnenen Daten, sind eine der Grundlagen der in den Kap. 6.2 und Kap. 6.3 diskutierten Ergebnisse der vegetationsökologischen Untersuchung der Großraumtransekte und der Siedlungsplätze. Im Gegensatz zum Schwerpunktthema „Vegetationsökologische Transektanalyse“ wurde bei der Bearbeitung der Siedlungsplätze zu jeder Vegetationsaufnahme ein Bodenprofil erstellt. Hier wurden für den Fall einer erkennbaren Horizontierung jedem Horizont eine Mischprobe entnommen. War eine Horizontierung nicht erkennbar, so wurden bis zur Profilsohle alle 10 cm Mischproben entnommen. Diesem Schema folgend, wurde die Lagerungsdichte mittels eines Dornes („Einstichprobe“) an der trockenen Profilwand die Durchwurzelungsintensität sowie der Flächenanteil des Bodenskeletts dokumentiert (vgl. ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982). Für die im Bereich der Siedlungsplätze gewonnenen Bodenproben wurde wegen der zu erwartenden hohen Bela-

stung durch organische Substanzen eine Analyse der Ionengehalte am DX-120 nicht durchgeführt. Hierbei wäre eine Schädigung des Gerätes nicht auszuschließen gewesen.

Problematisch ist die Interpretation von Vegetationsmustern anhand bodenchemischer Daten auf Standorten (Aufnahmeflächen), deren Material in hohem Maße von Bodenskelett geprägt wird. So stellt eine Aufnahmefläche zwar einen im Hinblick auf die Vegetation repräsentativen Ausschnitt dar. Die Aufnahmefläche selbst stellt jedoch eine Vielzahl von Einzelhabitaten zur Verfügung, die Arten mit unterschiedlichen ökologischen Amplituden als Wuchsorte nutzen können. So hat eine Feinboden-Mischprobe einer 0.1 ha-Fläche, die überwiegend von Material des Grobbodens geprägt wird, nur eine begrenzte Aussagekraft für die unterschiedlichen Habitatbedingungen des Standortes bzw. über die Bindung der Arten an bodenchemische Eigenschaften. Bedingt durch das Überwiegen physikalischer Verwitterung aufgrund arider Klimabedingungen, sind feinmaterialreiche Böden im Arbeitsgebiet selten und zumeist an Standorte wie Beckenlagen gebunden. Die Diskussion von Standortbindungen syntaxonomisch relevanter Arten (vgl. z.B. Kap. 6.2.5.2.2, S. 148), erfolgt insbesondere im Hinblick auf bodenchemische Parameter vor dem Hintergrund der soeben geschilderten Problematik.

4.4 Statistische Methoden und Verfahren

Ziel der Anwendung statistischer Methoden in der Ökologie ist es, den Analyse- und Interpretationsprozeß der Vegetationsgliederung reproduzierbar zu machen, die Informationsfülle ökologischer Datenmatrizen auf wesentliche Komponenten zu reduzieren und die Hypothesenbildung zu vereinfachen (MÜLLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974, WIEGLEB 1986, WILDI 1986, PFADENHAUER 1993). Durch statistische Verfahren werden Zusammenhänge zwischen Standortfaktoren und vegetationsökologischen Kenngrößen wie ‚Artenzahl der Aufnahmefläche‘ und ‚Gesamtdeckung der Aufnahmefläche‘ auch bei großen Datenmengen erkennbar. Abgegrenzte Vegetationseinheiten lassen sich mittels statistischer Verfahren mit Standortfaktoren in Beziehung setzen und ermöglichen so eine Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Auftreten dieser Einheiten mit den auf den Standort wirkenden Faktoren (FRANKENBERG 1982, DIERSCHKE 1994:202ff, RICHTER 1997:98ff, FREY & LÖSCH 1998:69ff).

4.4.1 Die Evenness

Die innere Vielfalt oder Mannigfaltigkeit eines Systems an Strukturen und Elementen wird als Diversität bezeichnet. Dieser Begriff läßt sich auch auf die Verteilung der Gesamtartmächtigkeit innerhalb eines Bestandes oder einer pflanzensoziologischen Aufnahme auf die verschiedenen Arten übertragen, die zusammen mit der Artenzahl Vielfalt bzw. Mannigfaltigkeit determiniert (HAEUPLER 1982, DIERSSEN 1990). Als Maß zur Berechnung der Diversität in diesem Sinne wird der aus der Informationstheorie stammende SHANNON-Index (1) herangezogen (SHANNON 1948, SHANNON & WEAVER 1976, DIERSCHKE 1994).

$$H' = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i; \quad p_i = n_i/N \quad (1)$$

Es bedeuten:

H' = Vielfalt, Mannigfaltigkeit (SHANNON-Index)

N = Gesamtartmächtigkeit

n_i = Artmächtigkeitsanteil der einzelnen Arten aus N

p_i = relative Artmächtigkeit je Fläche der i -ten Art

Ist nur eine Art in der berechneten Aufnahme vorhanden, nimmt H' unabhängig von deren Artmächtigkeit den Wert 0 an. Dies bedeutet völlige Strukturlosigkeit des Bestandes im informationstheoretischen Sinn. Sein Maximum erreicht H' , wenn die Gesamtartmächtigkeit gleichmäßig auf alle Arten einer Aufnahme verteilt ist. Der mögliche Maximalwert steigt mit der Zahl der in der Aufnahme vertretenen Arten n an (2).

$$H' \text{ max} = \ln n \quad (2)$$

Daraus folgt, daß Dominanzverhältnisse von Aufnahmen mit unterschiedlicher Artenzahl nicht direkt über H' miteinander vergleichbar sind. Dies wird erst durch die Berechnung der Evenness (E) ermöglicht (3).

$$E = \frac{H'}{\ln n} 100 \quad (3)$$

Die Evenness drückt aus, in welchem Grad die maximal mögliche Gleichverteilung innerhalb eines Bestandes bzw. einer pflanzensoziologischen Aufnahme erreicht wurde. Eine hohe Evenness steht für relativ gleiche Anteile der Arten einer Aufnahme an der Gesamtdeckung. Niedrige Evenness-Werte ergeben sich bei Aufnahmen, bei denen eine oder wenige Arten einen sehr hohen Anteil der Gesamtartmächtigkeit auf sich vereinen. Eine Darstellung der Evenness der entlang der drei Großraumtransekte erfaßten Vegetationsaufnahmen erfolgt in Kap. 6.2.3.

4.4.2 Univariate Methoden und Verfahren: Korrelationskoeffizienten

Stärke und Richtung von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Merkmalsausprägungen von Variablen lassen sich durch Korrelationskoeffizienten beschreiben. Läßt sich dabei eine nicht binormale Grundgesamtheit belegen, so ist ein verteilungsunabhängiger Test, wie z.B. der Rangkorrelations-Koeffizient von SPEARMAN (r_s) anzuwenden (SACHS 1992:510ff). Eine binormale Grundgesamtheit kann zumindest für eine der wichtigsten Variablen dieser Arbeit, der geographischen Länge der Aufnahmefläche, *a priori* ausgeschlossen werden: Von der Hypothese ausgehend, daß die Herausbildung unterschiedlicher Vegetationstypen und Gemeinschaften zu einem nicht unerheblichen Teil von großräumig nordost-südwest-gerichteten Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente determiniert wird, fließt die geographische Länge der Aufnahmefläche als diese Umweltfaktoren widerspiegelnde Größe in diese Arbeit ein. Um den gesamten Variablensatz jedoch ei-

nem identischen Verfahren der Korrelationsberechnung unterziehen zu können – und damit die Interpretationen zu vereinheitlichen – wurde überwiegend der Rangkorrelations-Koeffizient von SPEARMAN verwendet. Dort, wo eine binormale Grundgesamtheit durch den KOLMOGOROFF-SMIRNOFF-Test (vgl. SACHS 1992:426ff) belegt werden konnte, wurde für einzelne Korrelationsberechnungen der PEARSON'sche Produktmoment-Korrelationskoeffizient eingesetzt (vgl. BAHRENBURG et al. 1990:146ff).

Die hier genannten Korrelationskoeffizienten sind u.a. die Grundlage der Diskussion der Standortbindungen der Lebensformgruppen sowie syntaxonomisch relevanter Arten entlang der drei Großraumtransekte (vgl. z.B. Kap. 6.2.4, S. 97 u. Kap. 6.2.5.2.2, S. 148). Problematisch bei der Anwendung derartiger Koeffizienten bei ökologischen Fragestellungen, ist deren Beschränkung auf lineare Zusammenhänge der Pflanze-Umwelt-Beziehungen, die im ökologischen Kontext jedoch weitgehend abzulehnen sind (vgl. SHIMDA et al. 1986, TER BRAAK 1987). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen diese Koeffizienten aber dennoch zum Einsatz kommen, da 1. auch komplexere Verfahren der Analyse des Zusammenhangs zwischen Vegetation und Umweltfaktoren (z.B. kanonische Korrespondenzanalyse) zumindest in Teilen ebenfalls auf linearen Modellen beruhen (z.B. multiple Regressionsanalyse innerhalb der kanonischen Korrespondenzanalyse, Zusammenhang zwischen den in die kanonische Korrespondenzanalyse einfließenden Umweltfaktoren, vgl. JONGMAN et al. 1989:137f, MONTAÑA 1990, WARD et al. 1993). 2. Die standortökologischen Bindungen der hier betrachteten Arten sind insgesamt weitestgehend unbekannt. Es kann daher nur hypothetisch davon ausgegangen werden, daß die im Untersuchungsraum vorliegenden Ausprägungen der Standortfaktoren in Wertebereichen liegen, die eine uni- bis multimodale Amplitude der Arten bedingen (vgl. WHITTAKER 1967, 1978, AUSTIN 1987, TER BRAAK 1987: 1ff, AUSTIN & GAYWOOD 1994). Tatsächlich ergeben sich bei den in dieser Arbeit durchgeführten Berechnungen in den hier dokumentierten Wertebereichen der Standortfaktoren eine Vielzahl statistisch z.T. hochsignifikanter linearer Zusammenhänge zwischen Ausprägungen der Standortfaktoren und z.B. dem Deckungsgrad von Lebensformgruppen und Artmächtigkeiten syntaxonomisch relevanter Arten (vgl. dazu auch SEELY 1978a, 1978b, FRANKENBERG 1986:64f, SCHMIDT et al. 1994).

4.4.3 Multivariate Methoden und Verfahren

Den in dieser Arbeit verwendeten multivariaten Analyseverfahren zur Gliederung und Ordnung der erfaßten Vegetation liegen mit der Klassifikation und der Gradientenanalyse zwei unterschiedliche theoretische Ansätze zugrunde.

Die Klassifikation zielt darauf ab, nach bestimmten Merkmalen Vegetationserscheinungen zu gruppieren und daraus gebildete Typen voneinander abzusetzen (DIERSCHKE 1994). Ein Instrument der Klassifikation ist die Clusteranalyse, bei der, bestimmten Ähnlichkeitsprinzipien folgend, Arten und Standorte gruppiert werden. Dieser Ansatz geht von klar abgrenzbaren Vegetationseinheiten aus (Diskontinuitätskonzept) und steht somit in enger Verbindung mit dem Prinzip des floristischen Gesellschaftssystems von BRAUN-BLANQUET (1964, vgl. WHITTAKER 1972, FRANKENBERG 1982, DIERSCHKE 1994).

Im Gegensatz dazu untersucht die Gradientenanalyse die Wechselbeziehungen von Populationen und Gesellschaften entlang konkreter oder abstrakter Gradienten (WHITTAKER 1967, ORLOCI 1978). Geprägt ist dieser Ansatz im Gegensatz zu dem der Klassifikation von der These, daß Veränderungen

in der Vegetationszusammensetzung und Übergänge im Raum in Abhängigkeit von Gradienten einen kontinuierlichen Charakter haben, sich klar abgrenzbare Gruppen also kaum bilden lassen (Kontinuitätskonzept, vgl. WHITTAKER 1967, 1974, 1975, 1978, FRANKENBERG 1982, TER BRAAK 1987). Die Ordination als grundlegende Methode der Gradientenanalyse ist auf das individualistische Konzept von GLEASON (1926) zurückzuführen (vgl. WIEGLEB 1986). Ein mathematisches Ordinationsverfahren ist die in dieser Arbeit angewendete Korrespondenzanalyse.

Klassifikation und Gradientenanalyse sowie die ihnen zugehörigen Verfahren werden häufig bei der Bearbeitung vegetationsökologischer Fragestellungen eingesetzt und ergänzen sich aufgrund ihrer unterschiedlichen theoretischen Ansätze (vgl. VAN DER MAAREL 1969, WHITTAKER 1972, PROCTOR 1975, FRANKENBERG 1982, WIEGLEB 1986:367).

4.4.3.1 Verfahren der Gradientenanalyse: Die Korrespondenzanalyse und die kanonische Korrespondenzanalyse

Die durch die Korrespondenzanalyse konstruierten Achsen spannen den Raum auf, in dem Standorte nach der Ähnlichkeit hinsichtlich des Artenbesatzes und Arten hinsichtlich ihrer Verteilung auf die Standorte angeordnet werden (FRANKENBERG 1982:142). Über ein mehrschrittiges mathematisches Verfahren können beliebig viele, voneinander unabhängige Ordinationsachsen ermittelt werden. Sie spiegeln die das Aufnahmемaterial differenzierenden ökologischen Gradienten wider (WILDI 1986). Die Reduzierung der Vielzahl von zeitlichen und räumlichen Gradienten auf wenige Hauptgradienten erleichtert das Erkennen und die Interpretation der wesentlichen, in komplexen pflanzensoziologischen Tabellen vorhandenen Strukturen (VAN DER MAAREL 1969, CRAMER & HYTTEBORN 1987, RICHTER 1997:98ff).

Mit dem Verweis auf die detaillierte Verfahrensbeschreibung bei JONGMAN et al. (1987) wird hier aus Platzgünden auf eine ausführliche Darstellung der einzelnen Verfahrensschritte der Korrespondenzanalyse verzichtet. Sie bedient sich mathematisch einer Weiterentwicklung des bei WHITTAKER (1967) im Rahmen einer direkten Gradientenanalyse vorgestellten „weighted averaging“-Verfahrens. Es handelt sich dabei um die von HILL (1973) in die Ökologie eingeführte Methode des „reciprocal averaging“.

Die sich ergebenden Achsen werden entsprechend ihres Erklärungsanteils für die auf den Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen den Arten bzw. Standorten beruhenden Streuung geordnet. Da keine Regression des Aufnahmемaterials mit Umweltparametern vorgenommen wird, spricht man von einer indirekten Gradientenanalyse.

Ausgangspunkt der Analyse ist die aus den Aufnahmen und Arten bestehende Rohdatentabelle mit den in Kap. 4.1.1 genannten Transformationen der ordinalen Klassen der Artmächtigkeitsskala.

Die kanonische Korrespondenzanalyse bezieht Umweltparameter in den Ordinationsvorgang mit ein und ist somit eine Kombination aus Ordination und multipler Regression. Abhängigkeiten zwischen Aufnahmen bzw. Arten und Standortparametern können so sichtbar gemacht werden (JONGMAN et al. 1987, TER BRAAK 1987, 1988).

Die Durchführung der Analysen erfolgte mit den Programmen CANOCO Ver. 3.12 und CANOCO for WINDOWS 4.0 unter Verwendung des „detrending by segments“-Verfahrens (HILL & GAUCH 1980, VAN DER MAAREL 1980, MINCHIN 1987, TER BRAAK 1988).

Die von OKSANEN & MINCHIN (1997) beschriebenen Probleme bei der Anwendung der Korrespondenzanalyse mit CANOCO Ver 3.12 können für den hier verarbeiteten Datensatz ausgeschlossen werden.

4.4.3.2 Klassifikationsverfahren: Die Clusteranalyse

Die Clusteranalyse dient in der Vegetationsgeographie dazu, nach ihrem Artenbesatz ähnliche Standorte bzw. nach ihrer Verteilung an den Standorten ähnliche Pflanzenarten zu Gruppen zusammenzufassen. Das Ziel ist, das Ausgangsmaterial zu ordnen und eine Typisierung der Bestände vorzubereiten (FRANKENBERG 1982).

Man unterscheidet bei den Clusteranalysen grundsätzlich zwischen den divisiven und den agglomerativen Analysenverfahren. Die divisiven Verfahren unterteilen von der Grundmenge ausgehend die Standorte bzw. Arten nach meist einem Ähnlichkeitsmerkmal (z.B. einer Trennart) in kleinere Gruppen. Im Gegensatz dazu gehen die agglomerativen Verfahren von den einzelnen Untersuchungsobjekten, also z.B. den Standorten aus. Diese werden dann sukzessive nach der Ähnlichkeit ihres Artenbesatzes zu Gruppen von Standorten mit ähnlichem Artenbesatz zusammengefaßt. Zu den agglomerativen Verfahren gehört auch der in dieser Arbeit verwendete WARD-Algorithmus (WARD 1963). Bei einer Clusteranalyse der Pflanzenarten bilden diese die Grundeinheiten. Sie werden nach der Ähnlichkeit ihres Auftretens an den verschiedenen Standorten schrittweise zu Gruppen zusammengefaßt.

Der Unterschied zu den divisiven Verfahren liegt also zum einen in der Richtung des Zusammenfassens und zum anderen im Einbeziehen einer Vielzahl von Merkmalen in die Analyse (FRANKENBERG 1982:109f, BACKHAUS et al. 1987:280ff).

Grundlage der Analyseverfahren sind die aus der Ausgangstabelle der Standorte und Arten mit ihren Deckungswerten mittels eines Ähnlichkeitskoeffizienten errechneten sekundären Ähnlichkeitsmatrizes. Dabei enthält die sekundäre Q-Matrix die Ähnlichkeitskoeffizienten aller Standorte und die sekundäre R-Matrix die Ähnlichkeitskoeffizienten aller Arten (FRANKENBERG 1982).

Zahlreiche Distanz- und Ähnlichkeitsmaße können zur Errechnung der sekundären Ähnlichkeitsmatrix angewendet werden (MÜLLER & DOMBOIS 1974, JONGMAN et al. 1987). In der vorliegenden Arbeit wurde die quadrierte euklidische Distanz als Distanzmaß für den Vergleich der Standorte bzw. der Arten verwendet (vgl. GAUCH 1973).

Die sekundäre Ähnlichkeitsmatrix bildet den Ausgangspunkt für die Clusteralgorithmen, die eine Zusammenfassung der einzelnen Objekte zu Gruppen zum Ziel haben. Der WARD-Algorithmus faßt die Gruppen zusammen, die ein vorgegebenes Heterogenitätsmaß am wenigsten vergrößern. Bei dem Heterogenitätsmaß handelt es sich um die Streuung (Varianz). Diese wird für jedes Cluster errechnet und als Gesamtvarianz für alle Cluster addiert. In den folgenden Schritten werden nun die beiden Cluster zusammengefaßt, die die Gesamtvarianz am geringsten ansteigen lassen (BAHRENBERG et al. 1992:286). Das Ergebnis der Analyse läßt sich u.a. durch ein Dendrogramm darstellen. Da die Verzweigungsebenen eines Dendrogramms verschiedene Ähnlichkeitsniveaus ihrer Elemente darstellen, sind Dendrogramme eine Ordinationsform klassifikatorisch ermittelter Gruppen (vgl. VAN NOORDWIJK-PUIJK et al. 1979, DIERSCHKE 1994).

Die Clusteranalyse wurde mit dem Statistikprogramm SPSS for Windows Ver. 6.1.3 durchgeführt.

4.5 Methodik zum Schwerpunktthema „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“

Bei dem Schwerpunktthema „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“ kommt mit den hier durchgeführten Interviews eine nicht naturwissenschaftliche Methode zur Bearbeitung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung zur Anwendung. Derartige Überschneidungen zwischen Disziplinen finden sich häufig bei der Bearbeitung ähnlich ausgerichteter Fragestellungen (z.B. NICHOLSON 1978, OGUNTOYINBO & RICHARDS 1978, CASIMIR et al. 1980, SCHULZ 1988, SOLLOD 1990, SQUIRES et al. 1992, DEAN et al. 1995, WICKENS 1997, KASUSYA 1998, VAN ROOYEN 1998, STERK & HAIGIS 1998, BATTERBURY & BEBBINGTON 1999, BOLLIG 1999, BOLLIG & SCHULTE 1999, EICHHORN & JÜRGENS 2000, DAHLBERG 2000, JOHNSON et al. 2000, KOVACS 2000, RAO & STAHL 2000).

Die Interviews wurden mit in den jeweiligen Untersuchungsgebieten lebenden Probanden im März und April 2000 durchgeführt. Aufgrund ihres Alters hatten diese Probanden die Möglichkeit, Umweltveränderungen ihres Lebensraumes insbesondere im Vergleich des vor der Dürre 1979-81 liegenden Zeitabschnitts mit dem nachfolgenden Zeitabschnitt wahrzunehmen. Die Interviews orientierten sich an folgenden zentralen Fragen:

1. Hat die Dürreperiode 1979-81 zu Veränderungen der Landschaft (des Boden/der Vegetation) geführt?
2. Welche Pflanzen (Bäume/Phanerophyten und Gräser) gab es vor der Dürreperiode 1979-81 häufiger als heute?
3. Welche anderen Auswirkungen hat die Dürreperiode 1979-81 auf die Landschaft gehabt? (Boden/Erosion, Wild)
4. Wie haben sich die Niederschlagsbedingungen nach der Dürreperiode 1979-81 entwickelt?
5. Gibt es einen Unterschied im Hinblick auf den ackerbaulichen Ertrag im Vergleich des vor der Dürreperiode 1979-81 liegenden Zeitabschnitts mit dem nachfolgenden Zeitabschnitt?
6. Welches Regenerationspotential wird der Vegetation zugemessen?
7. Welche Strategien werden im Falle einer unterdurchschnittlichen Regenzeit/einer Dürreperiode angewendet

Die Interviews wurden mit der Unterstützung eines Übersetzers durchgeführt. Eine Überprüfung des Übersetzungsinhaltes erfolgte unabhängig in Deutschland durch eine Zweitübersetzung.

Auf die Problematik der Verwendung von historischen Quellen und Befragungen zur Rekonstruktion des Degradationsverlaufes im westlichen Zentral-Mexico gehen ENDFIELD & O'HARA (1999) in ihrem Artikel ‚Perception or Deception? Land Degradation in Post-Conquest Michoacán, West Central México‘ ein (vgl. auch OGUNTOYINBO & RICHARDS 1978, SOLLOD 1990). Hier wird exakt die Frage aufgeworfen (‚Wahrnehmung oder Täuschung?‘), die sowohl bei der Durchführung als auch bei der Auswertung der Befragungen im Arbeitsgebiet Berücksichtigung fand: In welchem Maße sind Schilderungen von Umweltveränderungen als rein subjektive Wahrnehmung aufzufassen, in welchem Maße lassen sich aus den von verschiedenen Befragten erhaltenen Informationen ‚objektive‘ Aussagen ableiten? Zur Beschreibung eines möglichen Wandels der Landschaft in heute besonders stark degradierten Teilräumen, wurden auch historische Quellen wie die Beschreibungen von HARTMANN (1903), HAHN (1910), KUNTZ (1910, 1911, 1913), VAN WARMELO (1951) und ABEL (1954) ausgewertet. Auch hier muß natürlich von einer gewissen Subjektivität der Landschaftsperzeption ausgegangen werden.

5 Abgrenzung und naturräumliche Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes

5.1 Lage des Kaokolandes und des Untersuchungsgebietes

Zur Abgrenzung des Kaokolandes kann die von der südafrikanischen Protektoratsregierung erlassene und bis 1991 gültige Verwaltungsgliederung herangezogen werden (LESER 1982:54). Mit einer Gesamtfläche von ca. 48 000 km² liegt das Kaokoland im Nordwesten Namibias (ODENDAAL 1964, vgl. Abb. 7, S. 37). Begrenzt wird das Kaokoland nach Norden vom Kunene, dem Grenzfluß zu Angola, nach Osten vom Ovamboland und im Süden vom Hoanib, der die Grenze zum Damaraland bildet. Im Westen reicht das Kaokoland den Skeleton Coast Park als Nordteil der Namib mit einschließend, bis an den Atlantik. Seit der Neugliederung Namibias im Jahre 1991 gehört das Kaokoland zur Region Kunene, die u.a. auch Teile des ehemaligen Damaralandes umfaßt. Die für diese Arbeit ausgewählten Untersuchungsgebiete liegen westlich von 14° E und damit im zentralen und westlichen Teil des Kaokolandes. Daher beschränkt sich die genauere Beschreibung der naturräumlichen Gegebenheiten in den Kapiteln 5.2 bis 5.7 auf diesen Raum.

Für das Schwerpunktthema „**Vegetationsökologische Transektanalyse**“ wurden drei Transekte gewählt, die dem Gradienten der von Osten nach Westen abnehmenden Jahresniederschläge folgen (Abb. 7, vgl. Kap. 5.3.4, S. 47). Dieser Umweltfaktor stellt im Untersuchungsgebiet die wichtigste Determinante für die großräumige Differenzierung der Vegetation dar. Als Folge der nach Süden geringer werdenden Wahrscheinlichkeit in den Einflußbereich der Südlichen Innertropischen Konvergenzzone zu gelangen, zeigt das Untersuchungsgebiet auch eine nord-süd-gerichtete Abnahme der jährlichen Niederschlagsmenge (vgl. Kap. 5.3.4) Durch die Nord-Süd-Staffelung der Transekte wird dieser Gradient ebenfalls erfaßt.

Im folgenden wird der Verlauf der drei Transekte dargestellt:

Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (nördliches Transekt, Länge 238 km, Luftentfernung Start-Ende: 190 km): Das nördliche Transekt beginnt bei Opuwo (13° 50' östl. L.) und verläuft über das Becken von Orontjitombo südlich der Steilrandberge nach Etanga. Hier öffnet sich die Mittelgebirgslandschaft bis Otjitanda in ein relativ schwach reliefiertes Hochplateau (vgl. Abb. 25, S. 67). Die Durchquerung der Randstufe erfolgt am van Zyl's Pass. Das Transekt quert den südlichen Teil des Marienflusstals in ost-westlicher Richtung und verläßt es an seinem südlichen Ausgang. Es passiert die südlichen Ausläufer der Hartmannberge und verläuft weiter nach Westen führend durch die Ebene der Vornamib und endet an der Grenze des Skeleton Coast Parks (12° 10' östl. L.).

Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park (mittleres Transekt, Länge 210 km, Luftentfernung Start-Ende: 155 km): Wie das nördliche Transekt beginnt auch das mittlere Transekt bei Opuwo (13° 50' östl. L.). Bis Kaoko Otavi weist der Verlauf des Transekts einen südlichen bzw. südwestlichen Verlauf auf. Westwärts durchquert das Transekt relativ weite Beckenlandschaften, bevor bei Otjiu der Hauptarm des Hoarusib gequert wird. Weiter nach Westen führend, verläuft das Transekt nun im Tal dieses Flußes, bevor es nach ca. 25 km in ein sehr stark reliefiertes Schiefergebirge eintritt. Nach der Querung der Randstufe verläuft das Transekt über den bereits in der Vornamib liegenden Siedlungsbereich Orupembe weiter bis zu den Randhöhen des Skeleton Coast Parks (12° 24' östl. L.).

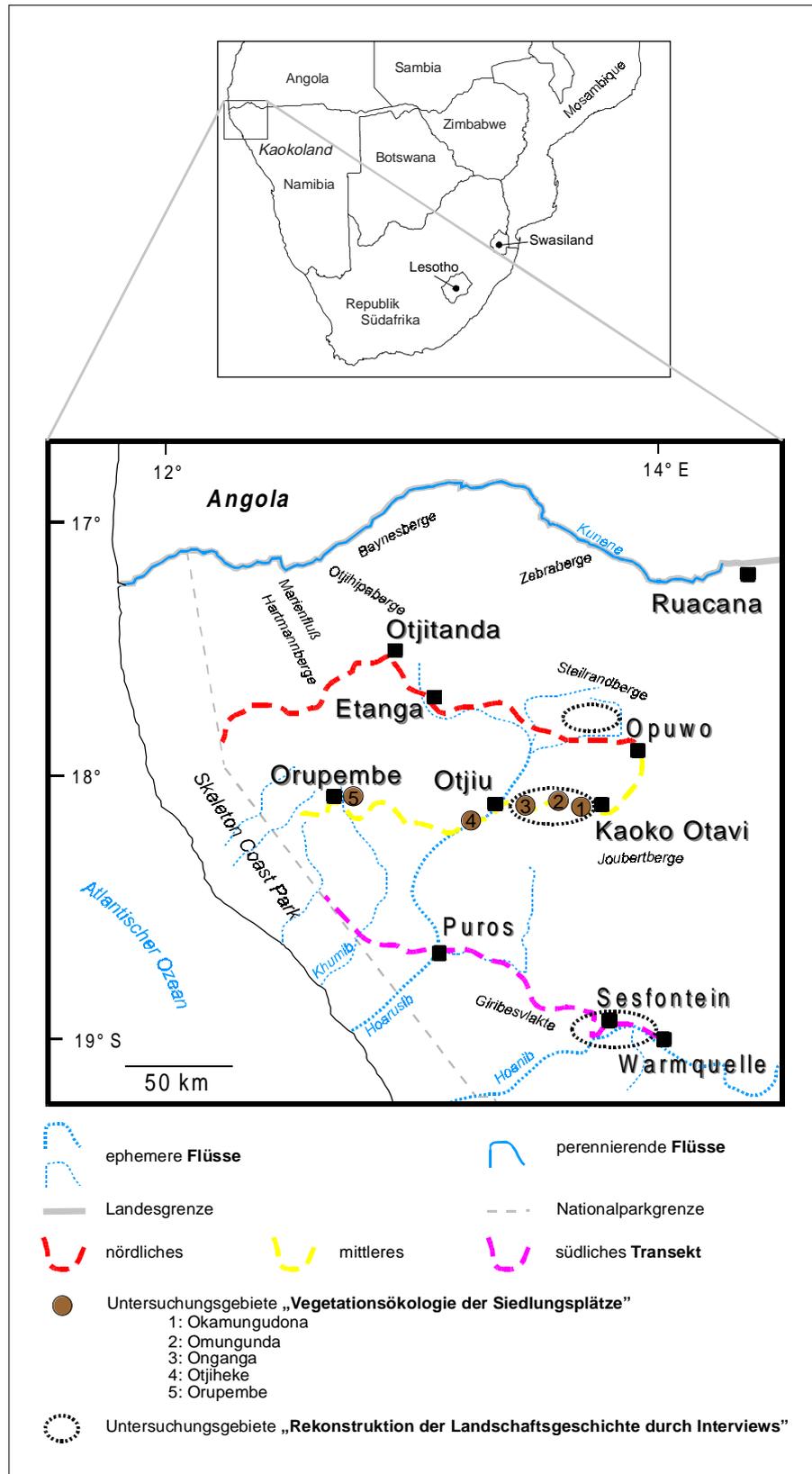


Abb. 7: Lage des Kaokolandes und der Untersuchungsgebiete zu den Schwerpunkthemen „Vegetationsökologische Transektanalyse“, „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ und „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“

Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park (südliches Transekt, Länge 190 km, Luftentfernung Start-Ende: 165 km): Das südliche Transekt beginnt bei Warmquelle (13° 50' östl. L.) und verläuft über Sesfontein nach Westen zunächst durch eine relativ stark reliefierte Mittelgebirgslandschaft. Nach der Durchquerung der Giribesvlakte folgt das Transekt bis zur Querung des Hoarusib bei Puros dem Tal des Gomatum. Nördlich der Hoarusib-Querung verläuft das Transekt bis zur Grenze des Skeleton Coast Parks bei 12° 30' östl. L. durch die Vornamib-Ebene.

Das Schwerpunktthema „**Vegetationsökologie der Siedlungsplätze**“ konzentriert sich auf fünf Siedlungsbereiche, die von dem Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park (mittleres Transekt) durchquert werden (Abb. 7). Dadurch war es möglich, die Ausprägungen der durch hohen anthropogenen Nutzungsdruck überprägten Vegetation vor dem Hintergrund unterschiedlicher Niederschlagsbedingungen zu analysieren und den im Zuge der Transektanalyse ausgegliederten, weniger stark anthropogen beeinflussten Vegetationseinheiten gegenüberzustellen. Die untersuchten Siedlungsbereiche stellen bei von Osten nach Westen abnehmender Tragfähigkeit des Raumes die Siedlungsschwerpunkte der jeweiligen Gebiete dar. Im ariden Raum des westlichen Kaokolandes liegen die Siedlungsschwerpunkte in den von periodisch Wasser führenden Flüssen durchquerten Beckenlagen. Durch ihre z.T. weit in das umliegende Bergland hineinreichenden Einzugsgebiete, führen diese Trockenflüsse (Riviere) auch während Regenzeiten mit unterdurchschnittlichen Regenfällen mit großer Sicherheit Wasser. Die in den Beckenlagen häufig vorliegenden tiefgründigen Substrate speichern das Wasser auf und erlauben so durch die Nutzung von Quellen und Brunnen die Unterhaltung permanenter Siedlungen. Insbesondere die vom Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park durchquerten Becken zeigen durchgängig von Osten nach Westen eine hohe Siedlungsdichte. Dies ist vor allem auf den Hoarusib und die ihm tributären Vorfluter zurückzuführen. Von den fünf zur Bearbeitung des Schwerpunktthemas „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ ausgewählten Siedlungsbereichen liegen Okamungudona, Omungunda, Onganga und Otjiheke im Einflußbereich des Hoarusib bzw. seiner Vorfluter. Dagegen ist für den westlichsten untersuchten Siedlungsbereich Orupembe die Lage am Khumib von großer Bedeutung. Bei den untersuchten Siedlungsplätzen handelt es sich entweder um aus mehreren Haushalten bestehende Dörfer oder um von einzelnen Haushalten genutzte Siedlungsplätze. Die ausgewählten Siedlungsplätze liegen innerhalb der fünf in Abb. 7 (S. 37) dargestellten Siedlungsbereiche.

Die im Rahmen des Schwerpunktthemas „**Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews**“ ausgewählten Untersuchungsgebiete sind die im zentralen und westlichen Kaokoland großflächig am stärksten von Degradation und Desertifikation betroffenen Räume. Dies ist zum einen das Gebiet südlich der Steilrandberge mit den Streusiedlungen Orontjitombo und Oute (Arbeitsgebiet „Steilrandberge“). Die Steilrandberge stellen eines der wichtigsten Einzugsgebiete des Hoarusib und die Wasserscheide zwischen dem Hoarusib und dem Kunene dar (vgl. MALAN & OWEN-SMITH 1974:136). Zahlreiche Vorfluter des Hoarusib durchqueren das den Steilrandbergen nach Süden vorgelagerte Becken. Die gute Wasserversorgung erlaubt die Unterhaltung zahlreicher permanent genutzter Siedlungen. Das Grundwasser aufspeichernde Substrat ermöglicht in guten Regenjahren den Anbau von Mais. Weitere Interviews wurden in den Siedlungsbereichen von Onganga, Omungunda und Okamungudona geführt (Abb. 7). Die naturräumliche Situation dieser Siedlungsbereiche entspricht weitgehend der der Beckenlage südlich der Steilrandberge. Auch hier liegt im Hinblick auf die Wasserversorgung und die Bodenbedingungen eine Gunstsituation vor (Arbeitsgebiet „Hoarusib-Bekken“). Als drittes Arbeitsgebiet wurde das vom Hoarusib durchquerte Becken von Sesfontein und

Warmquelle ausgewählt (Arbeitsgebiet „Sesfontein/Warmquelle“). Dieses Becken bildet den östlichen Endabschnitt des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park. In einem Gebiet, in dem die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge nur noch ca. 1/3 der von Opuwo entspricht, stellt das fruchtbare Schwemmland und die Beckenlage eine Gunstsituation für die menschliche Besiedlung dar. Zwar sind im Gegensatz zu den im Verlauf des nördlichen und mittleren Transekts ausgewählten Arbeitsgebieten ältere Erosionsformen hier kaum vertreten, doch unterliegt das Gebiet rezent einem starken Nutzungsdruck und zeigt mit einem ausgedehnten *Acacia tortilis*-Bestand einen besonderen Vegetationstyp, der im westlichen Kaokoland ansonsten nur noch im Becken südlich der Steilrandberge in Fragmenten zu finden ist.

5.2 Naturräumliche Gliederung und Topographie des zentralen und westlichen Kaokolandes

Grundlage der von LESER (1982:78) vorgelegten naturräumlichen Gliederung Namibias sind die orographischen Großeinheiten des Raumes. Danach ergibt sich für Namibia eine Dreiteilung in einen „Zentralen Beckenbereich“, den „Randschwellenbereich“ und die „Küstenabdachung“. Diese Großeinheiten prägen auch die Situation im Kaokoland und fließen unter Einbeziehung der Geoökofaktoren Relief, Substrat und Vegetation in seine naturräumliche Gliederung ein. Danach gehört das Kaokoland mit Ausnahme eines schmalen Küstenstreifens, der als „Nebelwüstentyp“ abgegrenzt wird, zu den „Trockenen Sandstandorten“. Die feinere Gliederung dieser Einheit beschreibt den Raum südöstlich von Ruacana bis ca. 20° südl. Br. als „wenig reliefierte Lockersedimentflächen (Sand)“ deren charakteristische Vegetation nach LESER „Trockenwald und Busch“ ist. Im Hinblick auf die großräumige orographische Gliederung Namibias zählt dieser Raum zum „Zentralen Beckenbereich“. Nach Osten schließt sich ein „felsiges, schuttbedecktes Bergland mit Trockenwald“ an, das in orographischer Hinsicht in den Randschwellenbereich fällt. Von diesem durch die Große Randstufe abgegrenzt, folgen südlich des Hoarusib „Fels-, Schutt- und Feinsedimentflächen der Halbwüsten“. Nördlich des Flußlaufs dominieren „Fels- und Schuttflächen der Wüste und Halbwüste“. Der westlich der Großen Randstufe gelegene Raum repräsentiert die orographische Großeinheit „Küstenabdachung“. In geomorphologisch-geomorphogenetischer Hinsicht ordnet LESER (1982, S. 82) den östlichen Teil des Untersuchungsgebietes dem „Hohen Bergland des Escarpments (Rumpf- und Schichttafeltypus)“ zu. Das randlich stark gegliederte Bergland geht im Bereich der Vornamib in eine „geneigte und zerschnittene Fußfläche mit Serir, Hamada und Inselbergen“ über, der auch die gesamte Nördliche Namib zugeordnet ist.

KAYSER (1973:164) hat in seine Gliederung der Namib auch das sich östlich anschließende Gebiet etwa bis Ruacana einbezogen. Danach wird der östliche Teil des Kaokolandes von einem Binnenhochland geprägt, dem mit einer Breite von bis zu 120 km von Nordwesten nach Südosten verlaufend ein Randgebirge aufsitzt. Nach Westen wird das Binnenhochland vom Bruchsystem der Großen Randstufe begrenzt. Der durch Dünen geprägte Küstenstreifen der Nördlichen Namib wird nach Osten von untergeordneten Stufen abgegrenzt, die bei der Mündung des Hoarusib auf die Atlantikküste treffen. Der nördlich des Hoarusib zwischen diesen Stufen und der Großen Randstufe liegende Raum wurde von KAYSER nicht klassifiziert. Das südlich des Hoarusib liegende Gebiet wird abgesehen von einem schmalen, küstennahen Dünenstreifen bis zur Großen Randstufe von der „inneren Fußflächenzone“ gebildet. Beide Autoren weisen auf den vorläufigen Charakter bzw. die Kleinmaßstäblichkeit ihrer Naturraumgliederung hin (KAYSER 1973:157; LESER 1982:77).

5 Abgrenzung und naturräumliche Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes

Auf der Grundlage der Auswertung von Landsat5-TM-Szenen und der von LOXTON et al. (1974, zit. in VILJOEN 1980:7f) vorgelegten Arbeit, wird für das zentrale und westliche Kaokoland folgende Gliederung der Naturräume vorgeschlagen (Abb. 8, Abb. 9, S. 43): Der östliche Raum wird von einem Bergland geprägt, das nicht mehr Teil des Binnenhochlandes ist, sondern bereits in die geotektonische Dynamik der Großen Randstufe einbezogen ist. Dieses Randschwellen-Bergland (D) besitzt insgesamt

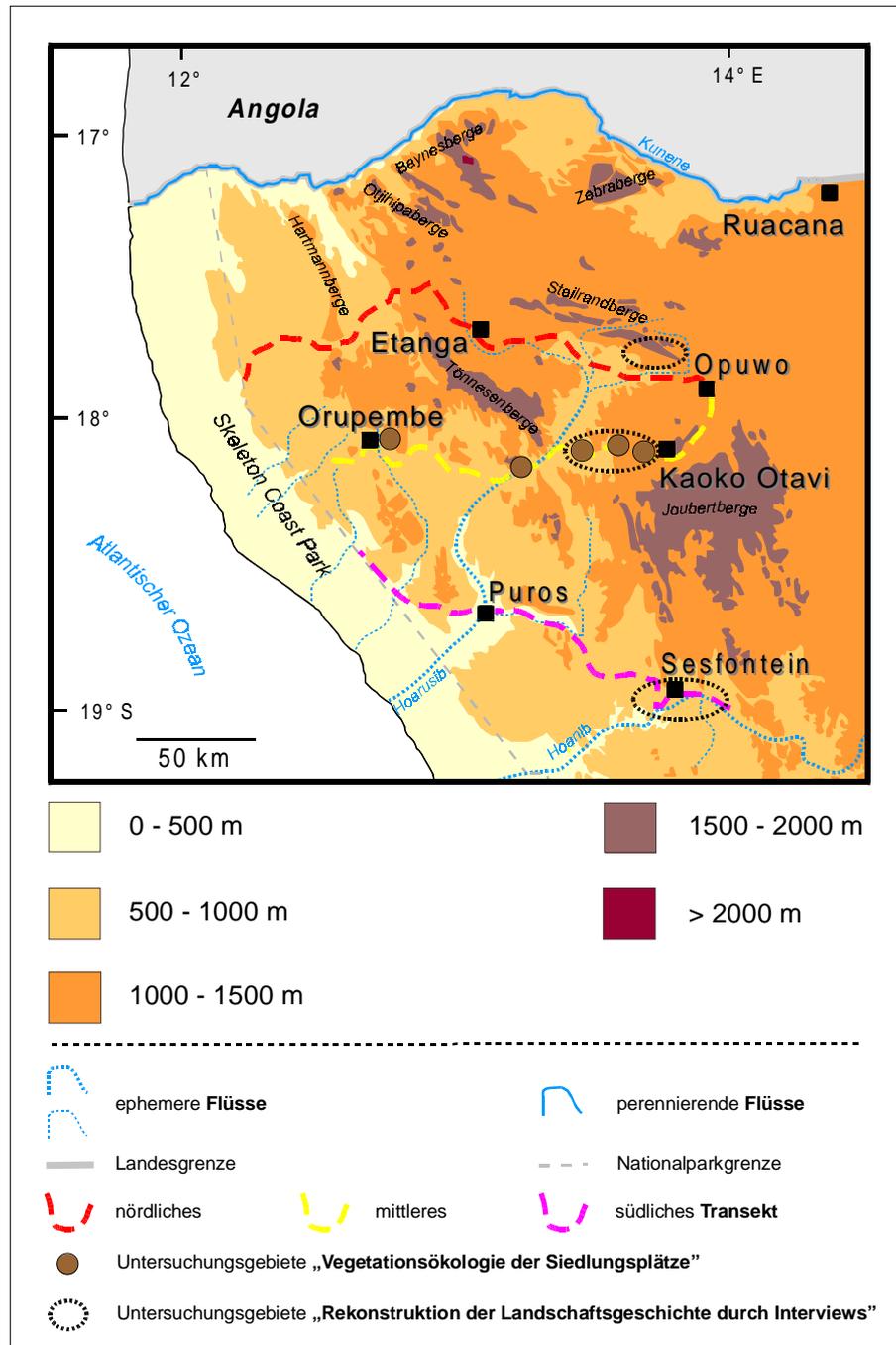


Abb. 8: Topographie und Höhengliederung des westlichen Kaokolandes

Mittelgebirgscharakter, wobei die Höhe über NN überwiegend zwischen 1000 m und 1500 m liegt. Über dieses Niveau erheben sich nur wenige Gebirgszüge, wie z.B. die nordwestlich von Opuwo liegenden, in südwestlicher bis nordöstlicher Richtung langgestreckten Steilrandberge und der Gebirgskomplex der Joubertberge mit Höhen bis zu 1970 m NN. Die Steilrandberge bilden die Hauptwasserscheide im Kaokoland. Nordwärts erfolgt eine Entwässerung in den Kunene, die südwärts

verlaufenden Riviere sind dem Hoarusib tributär (vgl. VILJOEN 1980). Die höchste Erhebung des Kaokolandes liegt mit 2065 m NN in den Baynesbergen. Besonders entlang des Hoarusib als wichtigstem ephemeren Fluß, haben sich großräumig Beckenlandschaften herausgebildet.

Zwischen dem Randschwellen-Bergland und der nach Westen vorgelagerten Küstenabdachung vermittelt die Escarpment-Zone (C, Abb. 9), die ihren westlichen Abschluß in der z.T. markant herausgebildeten Großen Randstufe hat (vgl. ABEL 1954:22f, BRUNOTTE & SPÖNEMANN 1997). So beträgt der Unterschied der Geländehöhe zwischen Escarpmentschwelle und dem Marienflußtal auf wenigen hundert Metern Horizontaldistanz bis zu 800 m. Der westliche Abfall der Escarpment-Zone zur Küstenabdachung markiert überall im westlichen Kaokoland einen deutlichen Wechsel der Standortbedingungen besonders im Hinblick auf das Relief, die Böden und die Niederschlagsverhältnisse.

Die nach Westen vorgelagerte Küstenabdachung umfaßt im hier betrachteten Raum die Vornamib und die Nördliche Namib.

Mit einer maximalen Ost-West-Ausdehnung von 70 km erstreckt sich die Vornamib zwischen dem Escarpment und der Nördlichen Namib. Bei einer Höhe von 500 - 1000 m NN ist dieser Raum überwiegend schwach reliefiert. Nur die der Randstufe vorgelagerten Tafelberg-Komplexe weisen Höhen über 1000 m NN auf.

Die Grenze des Skeleton Coast Parks markiert grob den Beginn der Nördlichen Namib. Dieser bis 500 m NN aufsteigende Landschaftsraum, wird durch weite Dünenfelder und besonders in Küstennähe von ausgedehnten Salzpflanzen geprägt. Während in der Vornamib noch permanente Siedlungen der Himba zu finden sind und dieser Raum als Ergänzungsweideland genutzt wird, ist in der Nördlichen Namib aufgrund der geringen Niederschlagsmengen keine weidewirtschaftliche Nutzung mehr möglich (MALAN-OWEN-SMITH 1974:169, WERGER 1978:1067). Zudem bestehen für den diesen Abschnitt der Namib umfassenden Skeleton Coast Park besonders strenge naturschutzrechtliche Zugangsbeschränkungen.

Wie Abb. 9 (S. 43) zeigt, liegen die vegetationsökologisch untersuchten Transekte überwiegend im Bereich des Randschwellen-Berglandes und der Escarpment-Zone. Die westlichen Transektabschnitte durchqueren die Vornamib und erstrecken sich im Falle des mittleren und südlichen Transekts in den Raum der Nördlichen Namib hinein. Die im Zusammenhang mit dem Schwerpunktthema „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ ausgewählten Arbeitsgebiete liegen mit Ausnahme des Siedlungsbereichs Orupembe im Randschwellen-Bergland bzw. der Escarpment-Zone. Der Siedlungsbereich Orupembe befindet sich im Übergangsbereich von der Escarpment-Zone zur Vornamib. Die für die Bearbeitung des Schwerpunktthemas „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“ ausgewählten Arbeitsgebiete liegen im Bereich des Randschwellen-Berglandes. Dies gilt auch für das Arbeitsgebiet „Sesfontein/Warmquelle“, das jedoch nach Westen in den Bereich der Escarpment-Zone hineinreicht.

Das Mosaik der Landsat5-TM-Szenen macht deutlich, daß bei einer auf den Kanälen 4 (rot), 3 (grün) und 2 (blau) basierenden Falschfarben-Darstellung lediglich die Nördliche Namib einen relativ homogenen Landschaftsraum darstellt. Dagegen zeigt der hier als Vornamib ausgegliederte Raum eine deutliche Heterogenität im Hinblick auf das Relief, das Substrat und die Geologie. Da sich hieraus weitreichende Konsequenzen für den Landschaftshaushalt der einzelnen Teilräume ergeben, müsste eine mehr geographisch-landschaftsökologisch orientierte Untersuchung verifizieren, in wieweit eine

hier vorgeschlagene Dreiteilung der Vornamib in einen nördlichen Teil (bis Orupembe), einen mittleren Teil (bis Puros) und einen südlichen Teil (bis über den Hoanib hinaus) gerechtfertigt ist. Das gleiche gilt für die ungleich komplexeren Räume des Randschwellen-Berglandes und der Escarpment-Zone (vgl. ZONNEVELD 1989). Der von LOXTON (1974, zit. in VILJOEN 1980) vorgeschlagenen Gliederung naturräumlicher Hauptkompartimente kann nur im westlichen Teil des Kaokolandes weitgehend gefolgt werden. Die für den zentralen Teil des Kaokolandes dargestellten Abgrenzungen sind überwiegend aus topographischer und orographischer Sicht nicht schlüssig.

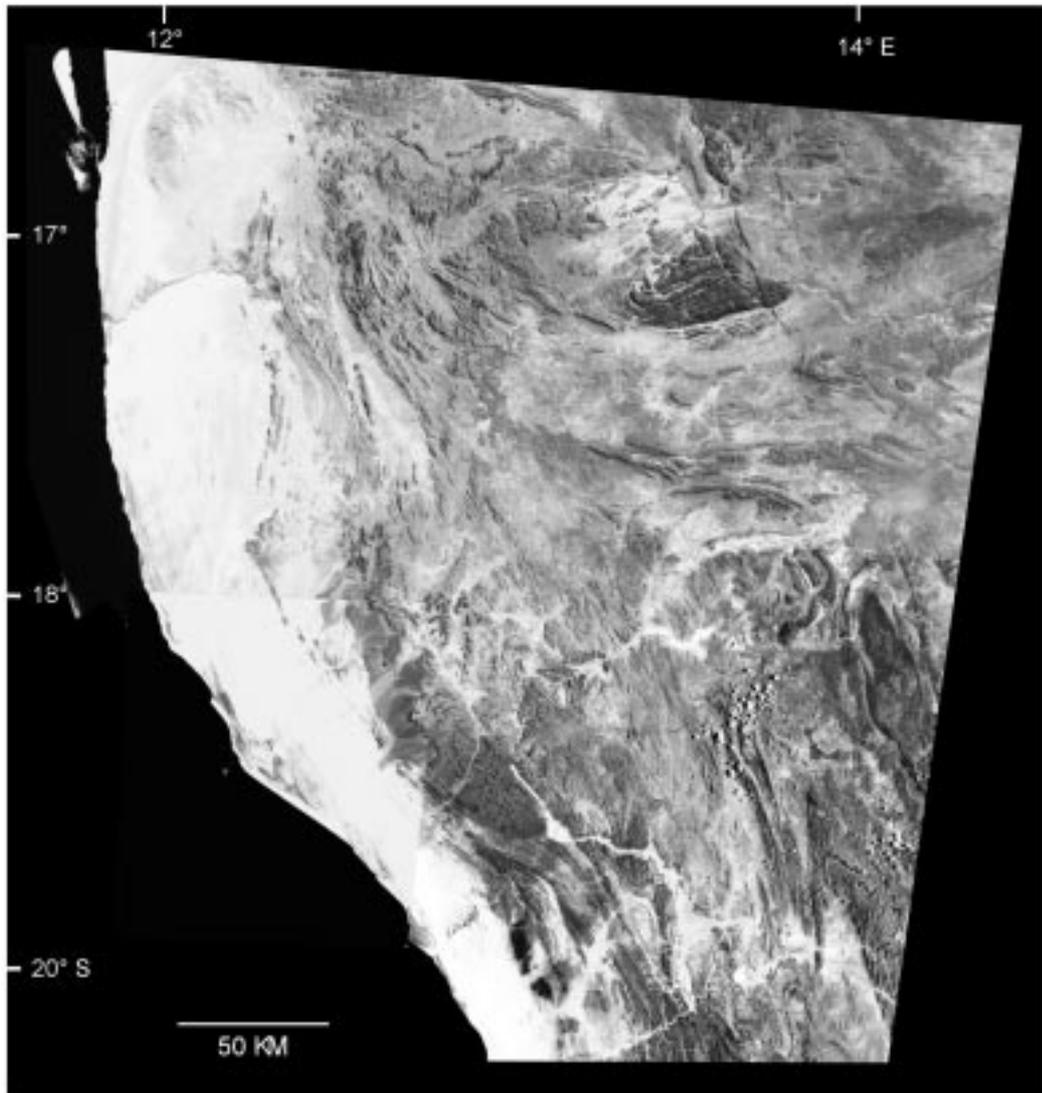


Abb. 9: Naturräumliche Gliederung des westlichen Kaokolandes mit den Untersuchungsgebieten für die Schwerpunktthemen „Vegetationsökologische Transektanalyse“, „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ und „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“ (Landsat5-TM-Falschfarben-Szenenmosaik; Bänder 4 [Rot], 3 [Grün], 2 [Blau])

5.3 Klimatische Gegebenheiten

5.3.1 Bedeutung der klimatischen Gegebenheiten für das westliche Kaokoland

Die mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente wie die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge und die Variabilität der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge, haben in ariden und semi-ariden Gebieten eine herausragende Bedeutung für die Differenzierung der Vegetation und die Nutzung des Raumes durch den Menschen (LE HOUÉROU & HOSTE 1977, SCHULZE & MCGEE 1978:21f, LE HOUÉROU et al. 1985, SOLLOD 1990, STRUCK 1994, GHAZANFAR 1997, KEYA 1998b, AYOUB 1999, BOTHA 1999:5, DAHLBERG 2000). So wurden die Trockenräume der Erde ursprünglich durch die angepaßte Lebensweise von Jäger- und Sammlergesellschaften und Nomadenvölkern geprägt (WICKENS 1997:650, BLENCH & SOMMER 1999:7f). In dem durch die halbnomadisch lebenden Völker der Himba und Herero besiedelten Kaokoland vollzieht sich der Wechsel von den östlich gelegenen Regenfelddaugebieten des Ovambolandes hin zur Nördlichen Namib, wo die geringen Niederschläge keine landwirtschaftliche Nutzung mehr erlauben. Gleichzeitig vollzieht sich der Wechsel vom Trockenwald über die Savanne zur Vegetation der Halbwüsten und Wüsten.

Die folgende Darstellung beschränkt sich auf das rezente Klima des Kaokolandes. Paläoklimatische Aspekte des Untersuchungsgebietes behandeln MARTIN (1968), VOGEL & RUST (1987), RUST (1991), BRUNOTTE & SANDER (2000b). Übersichten zur Klimageschichte des südwestlichen Afrika, die zugleich die ältere Literatur erschließen, enthalten BESLER et al. (1994), HEINE (1990, 1995), EITEL & ZÖLLER (1996) sowie HÜSER et al. (1998). Neue Ergebnisse zur Paläoklimaforschung bieten die Darstellungen von SCOTT (1996) und EITEL et al. (1999). Auf den jungquartären Klimawandel gehen BLÜMEL et al. (2000) ein. In diesem Zusammenhang soll nur erwähnt werden, daß die „Kleine Eiszeit“ zwischen 1640 und 1720 in Namibia zu deutlich geringeren Niederschlägen im Vergleich zu den heutigen Verhältnissen führte. Hyperaride Bedingungen wie sie heute in der Namib herrschen, waren zu dieser Zeit kennzeichnend für einen deutlich weiter nach Osten reichenden Raum (BLÜMEL et al. 2000:20).

5.3.2 Einordnung in die Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre und klimatische Zonierung

Die grundlegenden klimatischen Merkmale eines Gebietes werden maßgeblich von seiner Lage im System der Allgemeinen Zirkulation der Erde bestimmt (PRESTON-WHYTE & TYSON 1988:179f). Die Einbettung Namibias in die Allgemeine Zirkulation der Erde wird durch seine geographische Breitenlage und die Lage an einer randtropischen Westküste geprägt (HUTCHINSON 1995:17f). Diese beiden Lagebedingungen sind auch für die klimatischen Verhältnisse des zwischen 17° und 20° S liegenden Kaokolandes entscheidend (ENGERT & JURY 1997:287). Hier wird das Klima durch die jahreszeitliche Verschiebung von äquatorialer Tiefdruckrinne und subtropisch-randtropischem Hochdruckgebiet geprägt (PRESTON-WHYTE & TYSON 1988:189f, ENGERT & JURY 1997:287). Der Wechsel von sommerlicher Regenzeit und winterlicher Trockenzeit ist Folge dieses Vorgangs. Die winterliche Trockenzeit wird dominiert vom Südostpassat, der aus den subtropisch-randtropischen Hochdruckgebieten strömt, dabei absinkt und so eine Inversion aufbaut (PRESTON-WHYTE & TYSON 1988:215). Die stabil geschichtete Luft unterbindet die Konvektion und damit die Bildung von Niederschlägen. Im Sommer stößt die äquatoriale Tiefdruckrinne – dem Sonnenstand folgend – bis weit in die Kalahari nach Süden vor (HUTCHINSON 1995:20). In dieser Südlichen Innertropischen Konvergenzzone (SITZ) konvergie-

ren Luftmassen, die aus dem Nordostpassat hervorgegangen sind und z.T. nach dem Überqueren des Äquators eine Linksablenkung erfahren haben mit dem Südostpassat. Konvergenz in Bodennähe und die konvektive Hebung von Luftpaketen können in dieser Jahreszeit zur Bildung konvektiver Niederschläge über Nordwest-Namibia führen.

Daneben hat die Lage des Kaokolandes an einer randtropischen Westküste entscheidenden Einfluß auf das Klimageschehen. Durch die Lage des Kerns des subtropisch-randtropischen Hochdruckgebietes über dem östlichen Teil des Südatlantiks sind Absinkbewegungen und Inversionen im Kaokoland besonders stark ausgebildet. Die aus dem Hochdruckgebiet äquatorwärts ausströmende Luft unterliegt einer Flächendivergenz, welche die Tendenz zum Absinken verstärkt (PRESTON-WHYTE & TYSON 1988:141f). Der Südostpassat hat bereits einen großen Teil des Wasserdampfs an der südafrikanischen Ostküste bei der Bildung orographischer Niederschläge verloren und erreicht als relativ trockener Wind die Westküste Namibias (LESER 1982:87). Daneben beeinflusst der kühle Benguelastrom das Klima in Küstennähe (LESER 1982:87). Neben der Herkunft des Wassers aus subarktischen Breiten trägt kaltes Auftriebswasser im Bereich divergierender Strömung zu den niedrigen Oberflächentemperaturen bei (PRESTON-WHYTE & TYSON 1988:96). Über der kühlen Meeresströmung verstärkt sich die Stabilität der Luftschichtung, was Konvektion und damit verbundene Niederschlagsereignisse weitgehend ausschließt (LOGAN 1969:131f, BLÜMEL et al. 2000). Da im Bereich der subtropischen Hochdruckzelle auch advective Niederschläge fehlen, ist die Küste Namibias arm an Regenereignissen (LANCASTER et al. 1984:7f). Bedingt durch die niedrigen Temperaturen erfolgt in Küstennähe ein häufiges Unterschreiten des Taupunktes und damit Nebelbildung und Tauniederschlag (MATTICK 1970, LANGE et al. 1991, OLIVIER 1995, HACHFELD 2000).

5.3.3 Klimaklassifikation

Zwar liegen für das südliche Afrika verschiedene Klimaklassifikationen wie z.B. das „Life Zone Scheme“ von HOLDRIDGE (1959, HOLDRIDGE et al. 1971) und die Klimaindices nach THORNTHWAITE (1948) vor, doch hat die Klassifikation des Klimas nach KÖPPEN (1936) im südlichen Afrika die weiteste Verbreitung gefunden (SCHULZE & MCGEE 1978:37). Nach diesem System weist der größte Teil des westlichen Kaokolandes ein heißes Wüstenklima mit einer Jahresmitteltemperatur von mehr als 18° C (BWh) auf und ist damit auch der wichtigste Klimatyp für die im Rahmen der drei Schwerpunktthemen ausgewählten Untersuchungsgebiete (Abb. 10). So liegen die für die Bearbeitung des Themas „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ ausgewählten Siedlungsbereiche in dem durch ein BWh-Klima geprägten Raum. Während das südliche Transekt ebenfalls gänzlich in dieser Klimazone liegt, reichen die östlichen Abschnitte des nördlichen und des mittleren Transekts auch in einen Bereich hinein, für den ein heißes Wüstenklima mit sommerlichem Maximum der Niederschläge und Temperaturen beschrieben wird (BWhgw). Auch die zur Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews ausgewählten Arbeitsgebiete verteilen sich auf diese beiden Klimatypen. Bedingt durch den vor der Küste Namibias äquatorwärts fließenden kalten Benguelastrom, liegt im Bereich des Skeleton Coast Parks kaltes Wüstenklima vor (BWk). Östlich von Opuwo geht das Wüstenklima in ein Halbwüstenklima (BSh) mit sommerlichem Temperatur- und Niederschlagsmaximum über. Die Anordnung der Klimaregionen weist darauf hin, daß für das Kaokoland nicht ein reiner Ost-West-Gradient der Klimatelemente beschrieben werden kann. Aus dem Ausschwingen der SITZ aus nordöstlicher Richtung in den Norden Namibias resultiert für das Kaokoland eine nordöstlich-südwestliche

5 Abgrenzung und naturräumliche Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes

Anordnung der verschiedenen Klimaregionen (vgl. HUTCHINSON 1995:19f). Diese räumliche Orientierung ist auch auf die nachfolgend besprochenen Klimaelemente übertragbar.

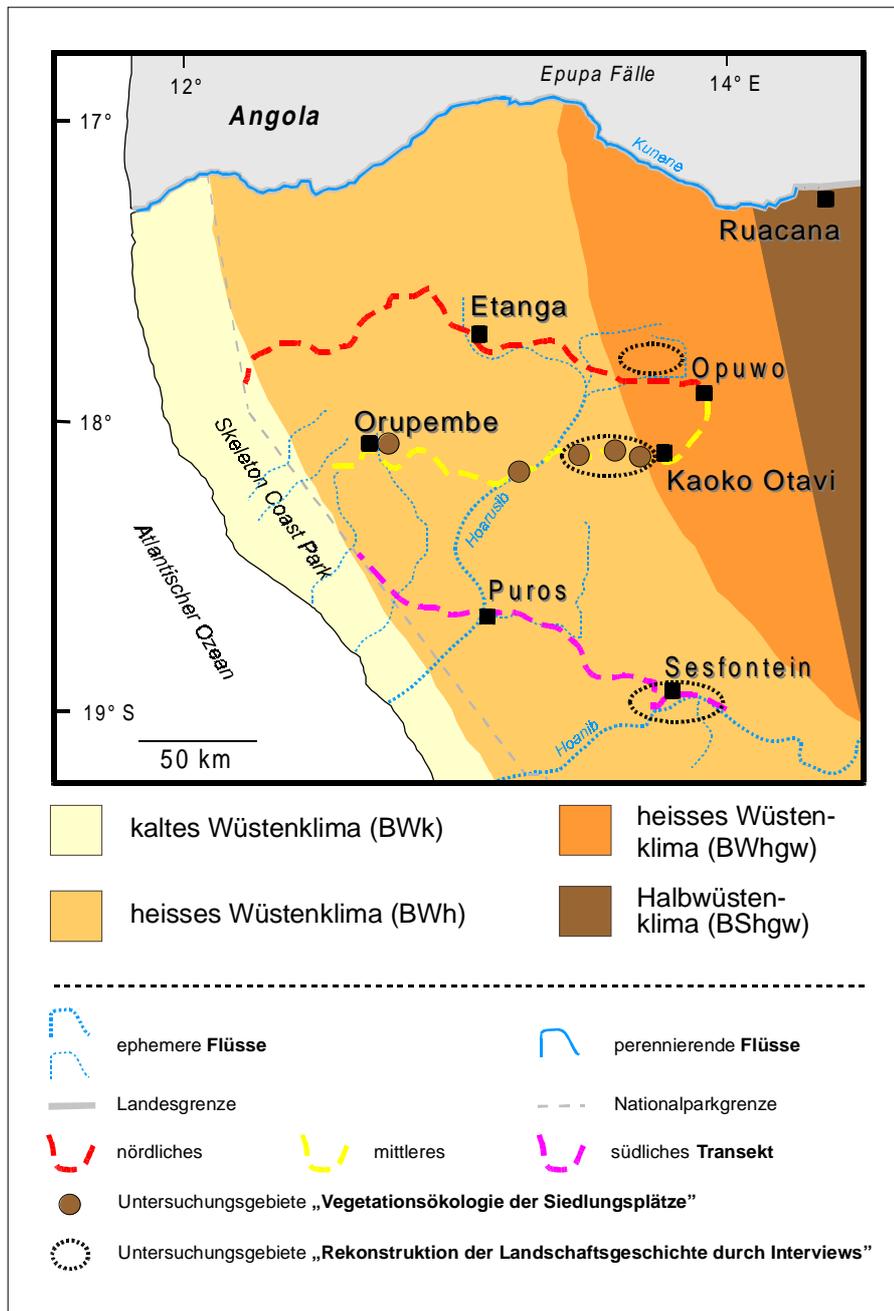


Abb. 10: Klimazonale Gliederung des Kaokolandes
(nach KÖPPEN; verändert nach VAN DER MERWE 1983)

5.3.4 Niederschlagsbedingungen

5.3.4.1 Vorbemerkungen

Die folgenden Aussagen über die Niederschlagsbedingungen im Kaokoland stützen sich zum einen auf die großräumigen, auch das Kaokoland umfassenden interpolierten Darstellungen der Niederschlagsbedingungen im südlichen Afrika bzw. in Namibia (SCHULZE & MCGEE 1978, LESER 1982, VAN DER MERWE 1983, PRESTON-WHYTE & TYSON 1988, KLIMM et al. 1994, HUTCHINSON 1995). Daneben wurden die an den drei Stationen Opuwo, Sesfontein und Möwe Bay seit 1941 erfaßten Niederschlagsdaten ausgewertet, um konkretere Aussagen über die zeitliche und räumliche Verteilung der Niederschläge im zentralen und westlichen Kaokoland machen zu können. Die Auswertbarkeit der Datensätze wird aber durch folgende Mängel begrenzt (vgl. SANDER & BECKER 2000):

1. Keiner, der an diesen drei Stationen erhobenen Datensätze, repräsentiert eine dreißigjährige Normalperiode, die konventionell zur Berechnung miteinander vergleichbarer Mittelwerte herangezogen wird.
2. Alle Datensätze sind lückenhaft. Sie weisen monate- und z.T. jahrelange Unterbrechungen der Meßtätigkeit auf. Von den vom Weather Bureau Windhoek zur Verfügung gestellten Niederschlagsdaten, wurden nur die Jahresdaten verwendet, für die ein kompletter Jahresdatensatz vorliegt.
3. Während an allen Stationen Niederschlagsdaten erfaßt wurden, existieren Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsdaten lediglich für Opuwo und Möwe Bay (Lage Möwe Bay: vgl. Abb. 11). Die entsprechenden Beobachtungszeiträume sind noch kürzer als bei den Niederschlägen – die Datensätze sind wesentlich lückenhafter.

Aus der von BOTHA (1999) vorgestellten Übersicht über Wetterstationen in Namibia wird deutlich, daß die Stationen Opuwo, Sesfontein und Möwe Bay die einzigen staatlichen Stationen im Nordwesten Namibias sind (BOTHA 1999: 7). Mit dem Ziel, die Datenbasis für vegetationsökologische Fragestellungen langfristig zu verbessern, sind im Rahmen des SFB „ACACIA“ an der Grenze zum Skeleton Coast Park und in Kaoko Otavi Klimastationen errichtet worden (vgl. SANDER & BECKER 2000).

5.3.4.2 Merkmale der Regenzeit

Durch die Lagebeziehung des Kaokolandes zur SITZ ergibt sich für das westliche Kaokoland eine zwischen Dezember und April liegende Regenzeit (VAN DER MERWE 1983). Dabei verkürzt sich die in diesem Zeitraum liegende Zeitspanne, während der Regenfälle zu erwarten sind, von 2 bis 4 Monaten im Osten des Arbeitsgebietes bis zum Atlantik auf weniger als einen Monat. Auch die mit diesem Gradienten parallel laufende Erhöhung der Variabilität der jährlichen Niederschlagsmenge wird durch die Lage der drei ausgewählten, vegetationsökologisch bearbeiteten Transekte erfaßt.

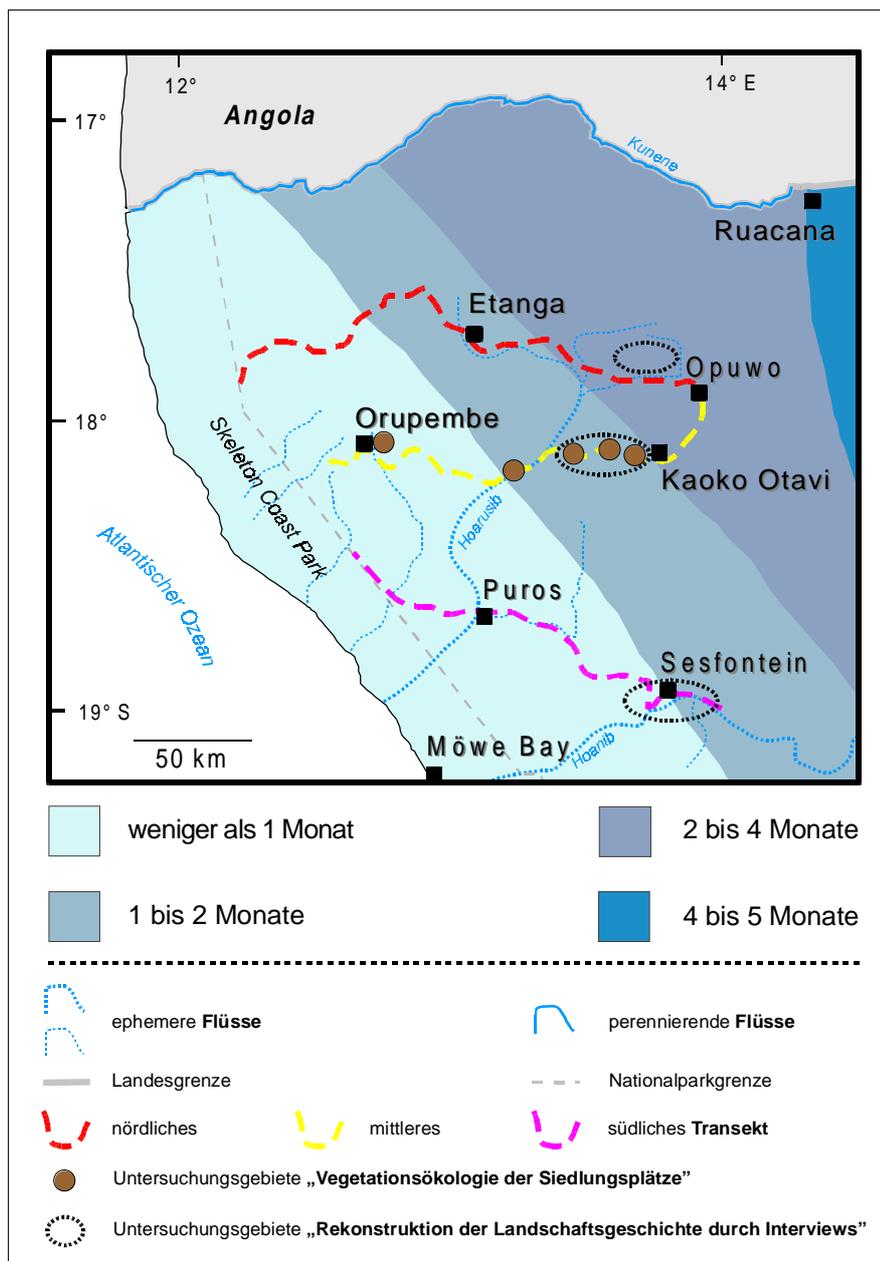


Abb. 11: Dauer der Regenzeit im zentralen und westlichen Kaokoland
(Anzahl der Monate mit mehr als 50 mm Niederschlag, verändert nach VAN DER MERWE 1983)

Die Arbeitsgebiete zur Bearbeitung des Schwerpunktthemas „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ liegen in einem Bereich mit einer Regenzeitdauer von zwei bis vier Monaten (Steilrandberge, Hoarusib-Becken) bzw. im Übergangsbereich von einer Regenzeitdauer von weniger als einem Monat

zu einer ein- bis zweimonatigen Regenzeitdauer (Sesfontein/Warmquelle). Für die Bearbeitung des Schwerpunktthemas „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“ wurden Gebiete ausgewählt, die im Bereich einer zwei- bis viermonatigen Regenzeit (Steilrandberge), einer ein- bis zweimonatigen Regenzeit (Hoarusib-Becken) bzw. weniger als einem Monat andauernden Regenzeit liegen (Sesfontein/Warmquelle).

Im Hinblick auf vegetations- und beweidungsökologische Fragestellungen ist die zeitliche Verteilung von Niederschlägen von großer Bedeutung (PRIOR 1994:4, VEENENDAAL et al. 1996, WILSON & WITKOWSKI 1998, ARGAW et al. 1999). Abb. 12 zeigt, daß die höchsten Niederschlagsmengen an den Stationen Opuwo, Sesfontein und Möwe Bay von Januar bis März fallen. Während die maximalen Niederschlagsmengen den Durchschnittswert dieser Monate weit übersteigen können, können die Niederschläge in dieser Periode auch deutlich geringer sein oder ganz ausfallen. So sind im Januar 1995 an den drei Stationen keine Niederschläge zu verzeichnen gewesen. An allen Stationen ist der März

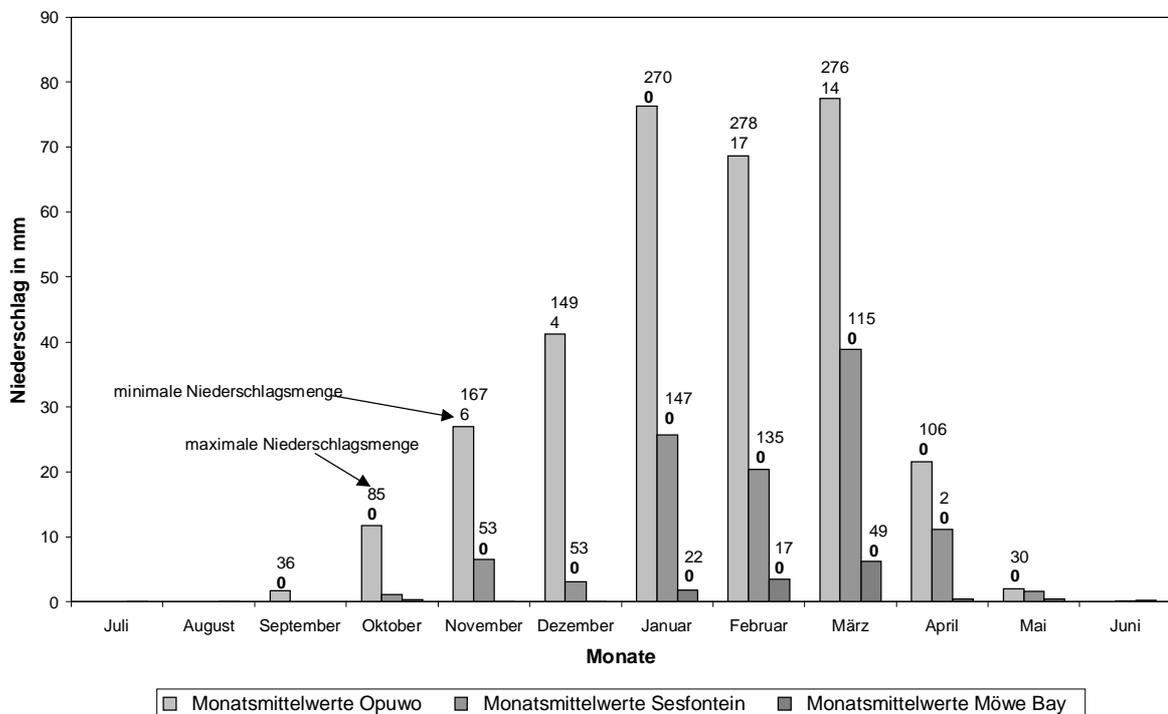


Abb. 12: Monatliche Verteilung der Niederschläge an den Stationen Opuwo, Sesfontein und Möwe Bay 1941 – 1999

(Daten: Weather Bureau Windhoek)

der niederschlagsreichste Monat. Während das sekundäre Maximum an den Stationen Opuwo und Sesfontein im Januar liegt, treten die zweithöchsten Niederschlagsmengen an der Station Möwe Bay im Februar auf. Bedingt durch die nahe Lage zum Wendekreis des Steinbocks ergibt sich für das Kaokoland eine winterliche, von Mai bis Oktober andauernde Trockenzeit. Für Namibia beschreibt SMIT (1998) eine Dauer des hygrischen Jahres vom Mai des einen Jahres bis zum April des folgenden Jahres. Eine solche Abgrenzung trifft auch auf die Station Opuwo zu, wie aus dem Klimadiagramm nach WALTER & LIETH (1960-67) deutlich wird (Abb. 13).

Neben den Niederschlagsmengen auf Jahres- bzw. Regenzeitniveau (vgl. Kap. 5.3.4.4) ist aus vegetationsökologischer Sicht und damit auch im Hinblick auf die agro-pastorale Nutzung eines Raumes

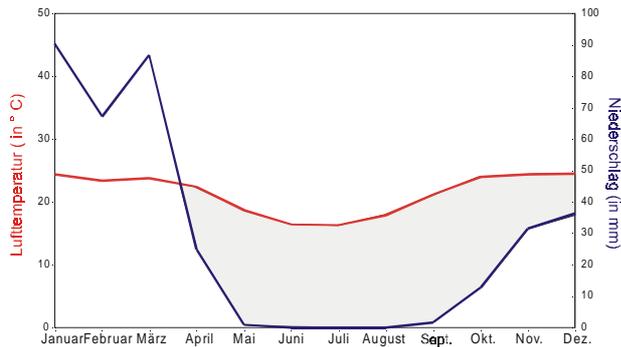


Abb. 13: Klimadiagramm der Station Opuwo
(Daten: Weather Bureau Windhoek; aufgrund des fragmentierten Datensatzes ergeben sich für die mittleren monatlichen Niederschläge unterschiedliche Beobachtungszeiträume, Beobachtungszeitraum Lufttemperatur 1957-1963)

die zeitliche Verteilung der Niederschläge innerhalb einer Regenzeit von Bedeutung. So täuscht selbst die Auflösung der Niederschlagsmengen auf einem Monats-Skalenniveau darüber hinweg, daß der monatliche Gesamtniederschlag in Trockengebieten an einem Tag fallen kann (ORMEROD 1978:358f, MOORSOM 1995:13). Die bei derartigen Regenereignissen auftretenden Niederschläge werden je nach Relief- und Vegetationsbedingungen nur zu einem geringen Teil *in situ* aufgespeichert und gehen so dem Standort verloren (vgl. MWENDERA & SALEEM 1997, PEUGEOT et al. 1997, BOYD et al. 2000:4). Dieses Phänomen be-

trifft Gebiete mit Konvektionsniederschlag ungleich stärker als Gebiete mit zyklonalem Niederschlag (ORMEROD 1978:358).

Von besonderer Bedeutung für Erosionsprozesse ist die Niederschlagsintensität. So können Starkregenereignisse zu starken Bodenerosions-Prozessen führen (SCHIFFERS et al. 1976:48, CHRISTIANSSON 1981). Nach ORMEROD (1978:359) laufen Erosionsprozesse bei Niederschlagswerten von mehr als 35 mm/h in ariden und semi-ariden Gebieten deutlich verstärkt ab (vgl. NILL et al. 1996). Die mit den Abflußereignissen verbundene Abspülung von Feinmaterial wurde v.a. für die Region des zentralen und nördlichen Kaokolandes dokumentiert (SANDER et al. 1998, BRUNOTTE & SANDER 2000a, 2000b). Besonders zu Beginn der Regenzeit, wenn der Boden noch nicht durch Vegetation geschützt wird, bewirken Starkregenereignisse im Kaokoland gebietesweise erhebliche Erosionsvorgänge.

Bei der überwiegenden Zahl der Niederschlagsereignisse in Opuwo werden nur relativ geringe Regenmengen erzielt (Abb. 14). Niederschläge über 30 mm/24 h bilden in dem hier als Vergleichszeitraum mit der Station Sesfontein ausgewählten Zeitabschnitt 1958 bis 1963 die Ausnahme. Als Spitzenwert wurden 1961 78 mm/24 h gemessen.

An der Station Sesfontein liegen die höchsten Niederschlagsmengen pro 24 Stunden i.d.R. zwischen 20 und 30 mm (Abb. 15). Die Anzahl der Regentage ist deutlich geringer als in Opuwo. Bedingt durch den zellulären Charakter der konvektiven Niederschläge, muß eine sehr starke räumliche Differenzierung der Regenereignisse angenommen werden. Selbst eng benachbarte Orte können im selben Jahr sehr unterschiedliche Regenmengen erhalten (VAN WARMELO 1951:7, MOORSOM 1995:13, vgl. S. 56).

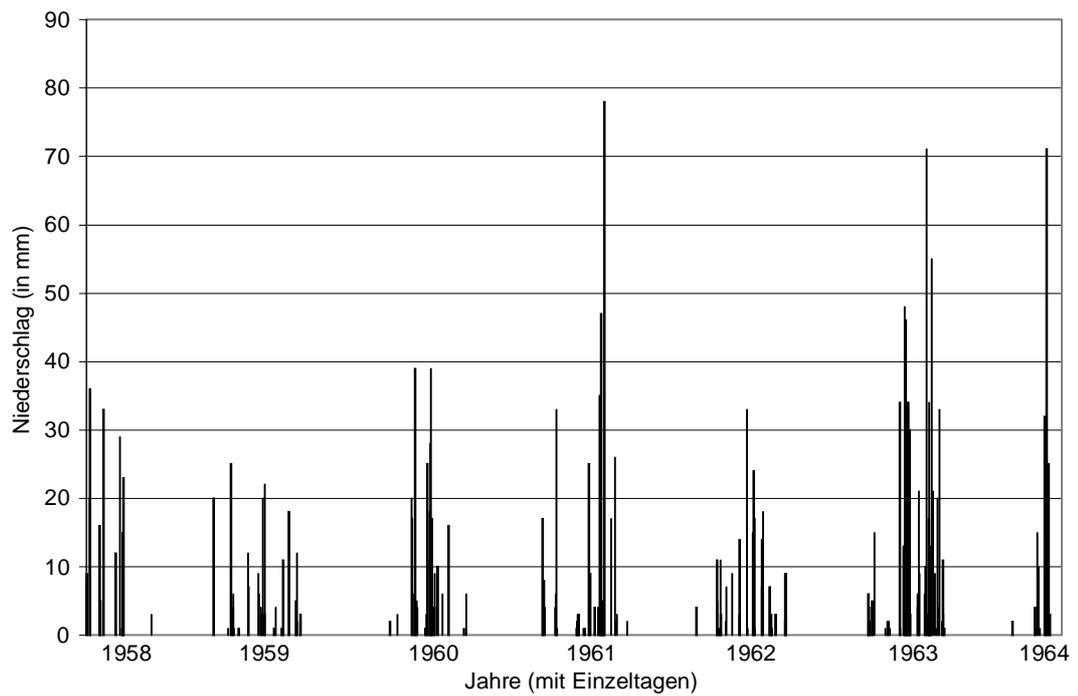


Abb. 14: 24-Stunden Niederschlagssummen in Opuwo für den Zeitraum 1958 – 1963
(nach SANDER & BECKER 2000)

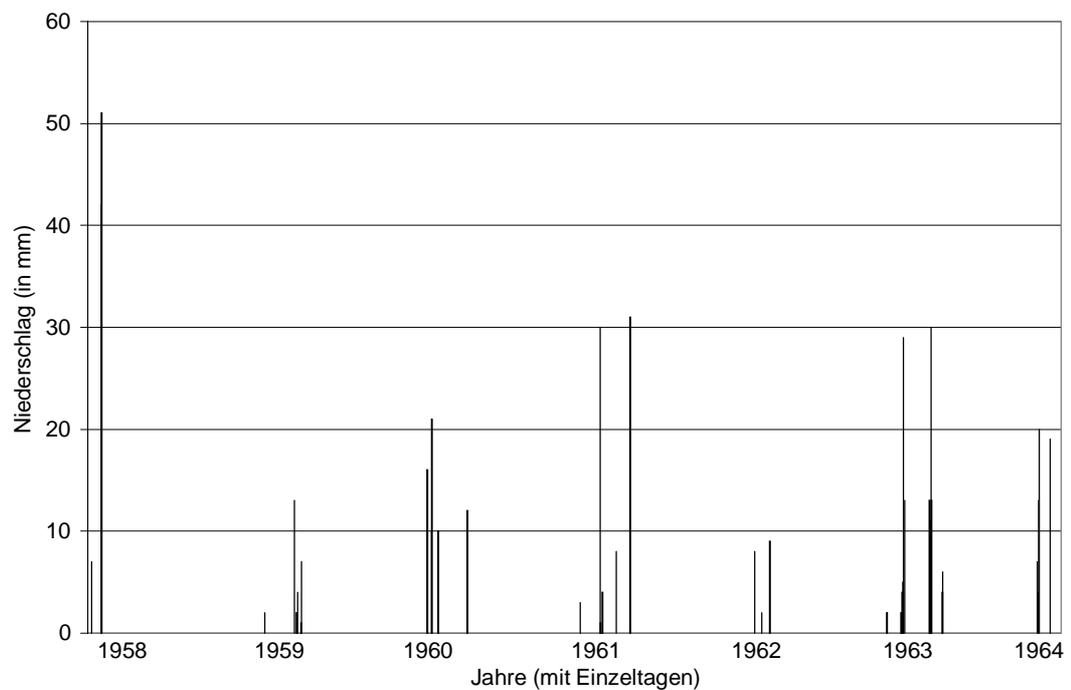


Abb. 15: 24-Stunden Niederschlagssummen in Sesfontein für den Zeitraum 1958 – 1963
(nach SANDER & BECKER 2000)

5.3.4.3 Mittlere Niederschlagsmengen

Die dem Untersuchungsgebiet zukommende durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge zeigt deutlich einen nordost-südwest-gerichteten Gradienten (Abb. 16). Auf die SITZ als dominierender Faktor für diesen Gradienten ist bereits eingegangen worden (vgl. Kap. 5.3.2). Während Opuwo als östlicher Endpunkt des nördlichen und des mittleren Transekts in einem Bereich mit durchschnittli-

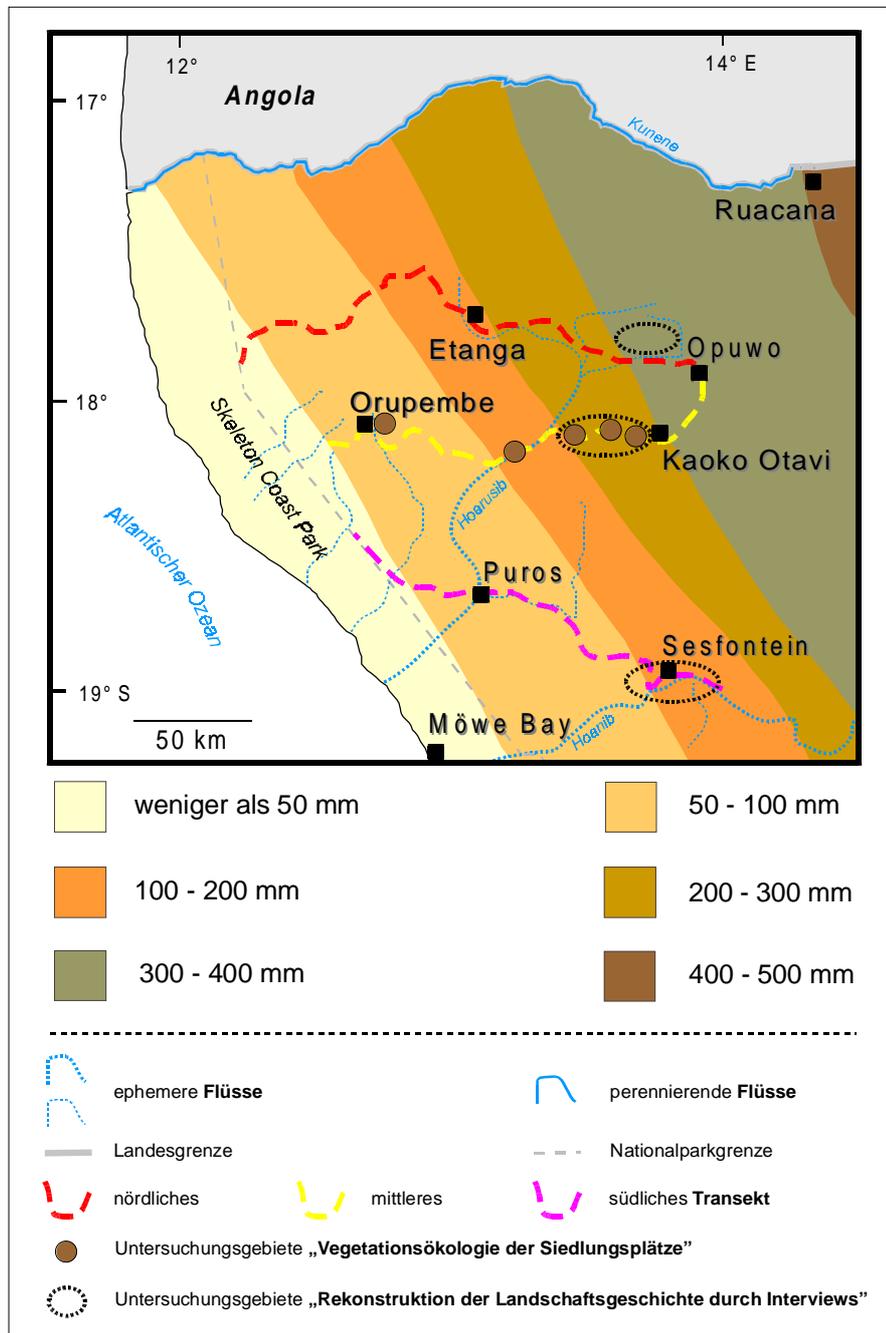


Abb. 16: Mittlere Jahresniederschläge im zentralen und westlichen Kaokoland (nach VAN DER MERWE 1983)

chen jährlichen Niederschlägen von 300 bis 400 mm liegt, sinkt diese Kenngröße in den westlichen Abschnitten der drei Transekts auf weniger als 50 mm ab. Die Anordnung der entlang des mittleren Transekts untersuchten Siedlungsplätze vollzieht diesen Gradienten mit nach. Die für das Schwerpunktthema „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte anhand von Interviews“ ausgewählten Siedlungs-

plätze liegen in Bereichen, in denen die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge 300 bis 400 mm (Steilrandberge), 200 bis 300 mm (Hoarusib-Becken) bzw. 100 bis 200 mm (Sesfontein/Warmquelle) beträgt. Die aus der SITZ hervorgehenden Niederschläge weisen besonders in den niederschlagsarmen Räumen des Kaokolandes überwiegend fleckenhaften Charakter auf. An dieser Stelle sei auf eine weitere Darstellung der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen in Namibia verwiesen (NATIONAL REMOTE SENSING CENTRE, in BARNARD 1998:17). Die vorliegende Arbeit bezieht sich jedoch ausschließlich auf die Darstellung bei VAN DER MERWE (1983).

Tab. 2 zeigt die Situation hinsichtlich der Jahresniederschläge an den Stationen Opuwo, Sesfontein und Möwe Bay. Die am Atlantik gelegene Station Möwe Bay repräsentiert dabei die für die küstennahen Bereiche des Skeleton Coast Parks, also der Nördlichen Namib, typischen Niederschlagsbedingungen. Im Vergleich der Stationen Opuwo und Sesfontein sinkt die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge von 315 mm auf ca. ein Drittel, obwohl beide Stationen auf annähernd derselben geographischen Länge liegen. Neben der geringeren Wahrscheinlichkeit, daß die Regen bringende SITZ bis in den Bereich von Sesfontein (S 19° 07') ausschwingt, ist als weiterer Grund für diesen steilen nord-süd-gerichteten Niederschlagsgradient das zwischen Opuwo und Sesfontein gelegene Bergland (Joubertberge) zu sehen (vgl. Abb. 8, S. 40). Dieses steigt bis über 1800 NN auf und bildet damit die dritthöchste Erhebung des Kaokolandes. Aufgrund von Steigungsregen gehört dieser Raum zu den Niederschlagsgunstbereichen des Arbeitsgebietes während Sesfontein im Regenschatten dieses Berglandes liegt. So sind auf der Landsat5-TM-Aufnahme des Kaokolandes (Aufnahmezeitpunkte des Szenen-Mosaiks: November 1984, Oktober 1986; Abb. 9, S. 43) über der Westflanke dieses Berglandes südlich von Kaoko Otavi Wolken zu erkennen, während der übrige Festlandsbereich wolkenfrei ist.

Deutlich niedriger als an den Stationen Opuwo und Sesfontein liegt der Durchschnittswert der Jahresniederschläge an der Station Möwe Bay. Durch die südwestliche Lage der Station ist die Wahrscheinlichkeit eines Ausschwingens der SITC bis in diesen Bereich am Atlantik im Vergleich zu Sesfontein und Opuwo stark herab gesenkt. Durch den vor der Küste Namibias nordwärts fließenden kalten Benguelastrom weisen die aus westlichen und südwestlichen Richtungen herangeführten Luftpakete eine geringe absolute Feuchte auf. Bei der über dem Land erfolgenden Erwärmung wird die relative Luftfeuchtigkeit deutlich verringert. Die durch den Benguelastrom bedingte bodennahe Temperaturinversion schränkt die Wahrscheinlichkeit konvektiver Niederschlagsereignisse stark ein. Diese Bedingungen machen die Nördliche Namib zu einem hyperariden Raum (UNCOD 1977). Eine weitere ariditätsbezogene Untergliederung des Untersuchungsraumes ist nicht angebracht. So fällt für BARNARD (1998:17) die Grenze zwischen ariden und semi-ariden Räumen mit der 150 mm-Isohyete zusammen (vgl. Abb. 16). Dagegen sehen AHARONI & WARD (1997:14) das gesamte Kaokoland mit Ausnahme der hyperariden Namib als einen ariden Raum. Nach der FAO (1987) fällt die Grenze zwischen ariden und semi-ariden Räumen mit der 300 mm-Isohyete zusammen (vgl. auch LE HOUÉROU 1996).

Tab. 2: Durchschnittlicher Jahresniederschlag an den Stationen Opuwo, Sesfontein und Möwe Bay

(n=Anzahl der Beobachtungsjahre zwischen 1941 und 1999)

Station	Geographische Lage (E=östl. L., S=südl. Br.)	n	Ø NS/a (mm)
Opuwo	E 13° 50', S 18° 03'	21	315
Sesfontein	E 13° 37', S 19° 07'	24	112
Möwe Bay	E 12° 43', S 19° 20'	28	13

5.3.4.4 Langfristige Trends in der jährlichen Niederschlagsverteilung und Dürreproblematik im Kaokoland

Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge eines Gebietes stellt einen wesentlichen Faktor für die Ausprägung der Vegetation dar. Anders als in Mitteleuropa, wo mittelfristig konstante klimatische Bedingungen zur Herausbildung von Klimax- oder Schlußgesellschaften führen (zur Begriffsdiskussion siehe DIERSCHKE 1994:420f, 443f; RICHTER 1997:147f, FREY & LÖSCH 1998:85, vgl. Kap. 3.3), unterliegen die ariden und semi-ariden Gebiete der Erde einer starken Variabilität dieses Klimatelements (KLAUS 1981:6, THOMAS & MIDDLETON 1994:103f, LE HOUÉROU et al. 1985, LE HOUÉROU 1989, 1996). Insbesondere die Aufeinanderfolge mehrerer unterdurchschnittlicher Regenjahre kann zu tiefgreifenden Veränderungen der Vegetation und damit der Grundlage für die wirtschaftliche Nutzung des Raumes führen (YOUNG 1956, SCHIFFERS et al. 1976:98f, KLÖTZLI 1980, GRIFFIN & FRIEDEL 1985, DANCKWERTS & STUART-HILL 1988, SOLLOD 1990, REENBERG 1994, WICKENS 1997, BOTHA 1999:5). In seiner Untersuchung über die Prozesse der Bodenerosion in einem Gebiet mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 566 mm im zentralen Tansania formuliert CHRISTIANSSON (1981:32f) drastisch:

„The coming or not of the rain may mean life or death to humans and livestock, and the amount and intensity of the rains is of decisive importance for soil erosion as well as for crop yields.”

Die Regenzeit stellt in ariden und semi-ariden Gebieten die eigentliche Vegetationsperiode dar (GELLERT 1948a:142) und hat für die Nutzungsbedingungen in agro-pastoral genutzten Gebieten eine entscheidende Bedeutung. Unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen betreffen mit unterschiedlichen Auswirkungen unterschiedliche Kompartimente und Funktionen des Systems (AGNEW 1990). Nach OLSZEWSKI & MOORSOM (1995:41f) und MAINGUET & DA SILVA (1998:377) lassen sich folgende Dürretypen unterscheiden (vgl. auch AGNEW 1990, KASSAS 1995:119f, LE HOUÉROU 1996:157f):

- meteorologische (klimatische) Dürre: Die innerhalb eines bestimmten Zeitraums fallenden Niederschläge liegen unterhalb eines Schwellenwertes (Definitionsdiskussion s.u.).
- agronomische Dürre: Als Folge von Niederschlagsdefiziten werden die agro-pastoralen Funktionen des Systems beeinträchtigt.
- hydrologische Dürre: Als Folge von Niederschlagsdefiziten, geänderten Abflußbedingungen oder erhöhter Evaporation innerhalb eines Gebietes, werden die zur Wasserversorgung eingerichteten Reservoirs nicht ausreichend gefüllt.
- edaphische Dürre: Diese Dürreform wird ausgelöst durch verringerte Infiltrationsraten, z.B. durch Versiegelung des Bodens infolge von Krustenbildung und damit einer nicht ausreichenden Wasserversorgung für Feldprodukte.

Einen umfassenden Definitions- und Diskussionsüberblick geben WILHITE & GLANTZ (1987), AGNEW 1990 und AGNEW & WARREN (1996). DU PISANI et al. (1998) stellen im südliche Afrika gebräuchliche Indices zur Abgrenzung der verschiedenen Dürretypen vor. Während der Begriff ‚Dürre‘ das Wasser- bzw. Niederschlagsdefizit eines relativ kurzen Zeitraums beschreibt, bezeichnet der Begriff ‚Austrocknung‘ (desiccation) einen sich über zumindest eine Dekade erstreckenden Zeitraum, in dem die jährlichen Niederschläge deutlich unter dem Jahresmittel liegen (WARREN & KHOGALI 1992:87, DARKOH 1998, vgl. THOMAS & MIDDLETON 1994:17f). So ist dieser Begriff auf den zwi-

schen 1965 und 1990 liegenden Zeitraum auf den Sahel anzuwenden, als dort kontinuierlich deutlich unterdurchschnittliche Niederschläge fielen (KASSAS 1995:119, vgl. AGNEW 1990).

Die Bedeutung der Niederschlagsvariabilität als steuernder Faktor für eine erfolgreiche Farmwirtschaft im heutigen Namibia ist früh erkannt worden (REENEN 1925, JAEGER 1926, OBST 1934, 1936, SCHUMANN & THOMSON 1934, WALTER 1939a). GELLERT (1948a, 1948b, 1950a, 1950b) beschreibt die Identifikation eines zyklischen Musters im Auftreten niederschlagsarmer Perioden als ein wichtiges Instrument zur Entwicklung einer an die Niederschlagsbedingungen angepaßten, langfristig tragfähigen Weidewirtschaft. Durch die Auswertung der von WALTER (1939b) vorgenommenen Jahresringmessungen an *Colophospermum mopane* und *Acacia erioloba*, bei denen die Holzzuwächse mit der durch den Wechsel von Trocken- und Regenzeit definierten Vegetationsperiode gleichgesetzt wurden, und der statistischen Auswertung der Regendaten von 40 Meßstationen für den Zeitraum 1924/25 bis 1937/38, beschreibt GELLERT (1948a, 1950a) für die nördlichen und zentralen Landesteile Namibias folgenden Zyklus in der Variabilität der jährlichen Niederschlagsmenge:

1. Die Mehrzahl der Jahre bleibt mit ihren Niederschlagsmengen unter dem langjährigen Niederschlagsmittel. Die Regenmenge dieser Jahre beträgt ca. 2/3 der durchschnittlichen Niederschlagsmenge.
2. Im Durchschnitt treten innerhalb eines 10-Jahres-Zeitraums drei Jahre auf, deren Niederschlagsmenge unterhalb des Mittels dieser unterdurchschnittlichen Regenjahre liegt. Diese, in einer 2-Jahres-Folge auftretenden extrem schlechten Regenjahren, stellen Dürreperioden dar.

Wenn auch GELLERTs methodischer Ansatz der Jahresringmessung aus heutiger Sicht nicht mehr haltbar oder zumindest nicht in allen Gebieten Namibias anwendbar ist (SANDER et al. 1998:302, vgl. aber TYSON 1978:64, TIETMA 1989, WYANT & REID 1992, MUSHOVE et al. 1995, HAYASHI 1996, LE HOUÉROU 1996:143f), so ist die Frage nach der Periodizität von Dürreereignissen in ariden und semiariden Gebieten spätestens seit der Dürrekatastrophe im Sahel 1968 bis 1973 in den Mittelpunkt naturwissenschaftlich ausgerichteter Desertifikationsforschung gerückt (SCHIFFERS et al. 1976, KLAUS 1981, TYSON 1978, 1981, 1987; LE HOUÉROU et al. 1985, MALO & NICHOLSON 1990, LE HOUÉROU 1996). Auch für das südliche Afrika wird das zyklische Auftreten von überdurchschnittlichen und unterdurchschnittlichen Niederschlagsjahren diskutiert (GELLERT 1962, TYSON 1987, PRESTON-WHYTE & TYSON 1988:260ff, OLSZEWSKI & MOORSOM 1995:40, NICHOLSON 1996). Inwieweit ein Zusammenhang dieser Niederschlagsoszillationen mit der El Niño-Southern Oscillation (ENSO) besteht, ist aber weiterhin umstritten (TYSON 1986:112f, PRESTON-WHYTE & TYSON 1987:203, ARNTZ & FAHRBACH 1991:30ff; LE HOUÉROU 1996:139, SMIT 1998, BOTHA 1999:6f).

In ariden- und semiariden Gebieten mit überwiegend konvektiven Niederschlägen kann es kleinräumig zu erheblichen Unterschieden in der Verteilung des Niederschlags kommen (KAPP 1987:24). So erlauben die an den Stationen Opuwo, Sesfontein und Möwe Bay erfaßten Niederschlagsdaten keine endgültige Gesamteinschätzung der Niederschlagssituation bzw. -entwicklung im westlichen und zentralen Kaokoland. Wegen der schlechten Datenlage im Hinblick auf mehrjährige Niederschlagsmessungen, sollen die an diesen Stationen erfaßten Daten trotzdem herangezogen werden, um das Dürrierisiko im Kaokoland aus klimatischer Sicht zu skizzieren. Im Gegensatz zu der Darstellung bei BOLLIG & SCHULTE (1999:510) und SANDER & BECKER (2000), die für die Beschreibung mittelfristiger Veränderungen der Niederschlagsbedingungen im Nord-Westen Namibias die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge herangezogen haben, basieren die folgenden Ausführungen auf den während der einzelnen Regenzeiten gefallenen Niederschläge. Bei der Abgrenzung von Dürreperioden führt die Auswertung der Regenzeitniederschläge zu realitätsbezogeneren Interpretationen als die Be-

trachtung der Niederschläge während eines Kalenderjahres (CHRISTIANSSON 1981:34, TYSON 1987:12, PRESTON-WHYTE & TYSON 1988:335, SOLLOD 1990, KEYA 1998b:20, BOTHA 1999:5).

Welche Bedingungen erfüllt sein müssen, um einen Zeitraum unterdurchschnittlicher Niederschläge als Dürreperiode abgrenzen zu können, sind vielfach diskutiert worden (vgl. GIBBS & MAHER 1967, SCHIFFERS et al. 1976, AGNEW 1990, WARREN & KHOGALI 1992, AGNEW & ANDERSON 1992:35f, AGNEW & WARREN 1996:312). Für die folgenden Betrachtungen über Dürreperioden im Kaokoland wurde das von DHAR et al. (1979) in Anlehnung an die Dürre-Definition der World Meteorological Organization (WMO 1975) festgelegte Kriterium zugrundegelegt, nach dem eine Dürreperiode einen zwei- oder mehrjährigen Zeitraum umfaßt, in dem die Niederschläge um mehr als 20 % unter dem langjährigen Mittel liegen. Die Arbeiten von MILLIGAN (1982), GREENWOOD & DE LEEUW (1983) und SOLLOD (1990) weisen für ein pastoralnomadisches System im westlichen Niger nach, daß das System nach einer zweijährigen Dürre einen Schwellenwert durchbricht und kollabiert (vgl. KLÖTZLI 1980, MILTON et al. 1995). Auf die Schwächen einer auf mittlere Jahres- bzw. Regenzeitniederschläge abhebenden Definition von Dürreperioden hat BOTHA (1999:5) hingewiesen, da auch kürzere Dürreabschnitte in agropastoralen Systemen arider bzw. semi-arider Gebiete zu erheblichen Problemen der Nahrungsmittel- und Futtersituation und damit zu einer erheblichen Degradation der Vegetation führen können (OLSZEWSKI & MOORSOM 1995:41, AGNEW & WARREN 1996:313, PAMO 1998:180). Dies war im südlichen Afrika 1992/93 der Fall, als geringe Niederschläge einer sehr ungünstigen zeitlichen Verteilung während der Regenzeit unterlagen (MOORSOM 1999:14).

Daß Dürreperioden auch im Kaokoland sich häufig wiederholende Erscheinungen sind, hat BOLLIG (1999) umfassend dargelegt (vgl. auch RAO & STAHL 2000).

Abb. 17 zeigt, daß für eine Bewertung der Niederschlagsentwicklung an der Station Opuwo für den Zeitraum 1941 bis 1972 und die 90er Jahre eine gute Datenlage vorliegt. In diesem Zeitraum läßt sich ein bis zur Regenzeit 1966/67 andauernder Abschnitt abgrenzen, in dem die regenzeitlichen Niederschläge überwiegend unter dem mehrjährigen Regenzeitmittel lagen und die Niederschlagsmenge aufeinanderfolgender Regenzeiten den Schwellenwert „mehrjähriges Regenzeitmittel minus 20 %“ unterschritten. Eingeschaltet in diesen Abschnitt überwiegend unterdurchschnittlicher Niederschläge, ist die Ausnahmeregenzeit 1962/63 mit 685.1 mm Niederschlag (Jahresniederschlag 1963:837.1 mm). Folgt man den von DHAR et al. (1979) und JANOWIAK et al. (1986) vorgeschlagenen Kriterien für die Abgrenzung von Dürreperioden, so führten die geringen Niederschläge während der Regenzeiten 1951/52 und 1952/53 sowie während der Regenzeiten 1954/55 und 1955/56 zu Dürresituationen im Raum Opuwo (vgl. BOLLIG 1999:260ff). Über die Regenzeit der Jahre 1941/42 berichtet VAN WARMELO (1951:7, vgl. BOLLIG 1999:257f):

„In 1941-42 there was a drought considered by the natives to be the worst they ever had. Yet 229.2 mm fell in Opuwo. But some areas had no rain at all. 6000 cattle and 3000 small stock were estimated to have died. At Sesfontein 40 % of the livestock were lost“.

(Die Angabe der Regenmenge in Opuwo ist bei VAN WARMELO widersprüchlich, vgl. VAN WARMELO 1951: 7 und Tafel 31. Offiziell lag die Niederschlagsmenge dieser Regenzeit bei 377.2 mm.)

Dagegen ist der Zeitraum von der Regenzeit 1967/68 bis zur Regenzeit 1971/72 durch z.T. deutlich über dem Regenzeitmittel liegende Niederschlagsmengen gekennzeichnet. Eine weitere Dürresituation ist für den Abschnitt seit der Regenzeit 1994/95 zu erkennen. In diesem Zeitraum lagen nur die während der Regenzeit 1996/97 gefallenen Niederschläge über dem 20 %-Schwellenwert, blieben aber unterhalb des mehrjährigen Regenzeitmittels. Auch wenn die Datenlage keineswegs zufriedenstellend ist, so lassen die vorliegenden Daten den Schluß zu, daß unterdurchschnittliche und überdurchschnitt-

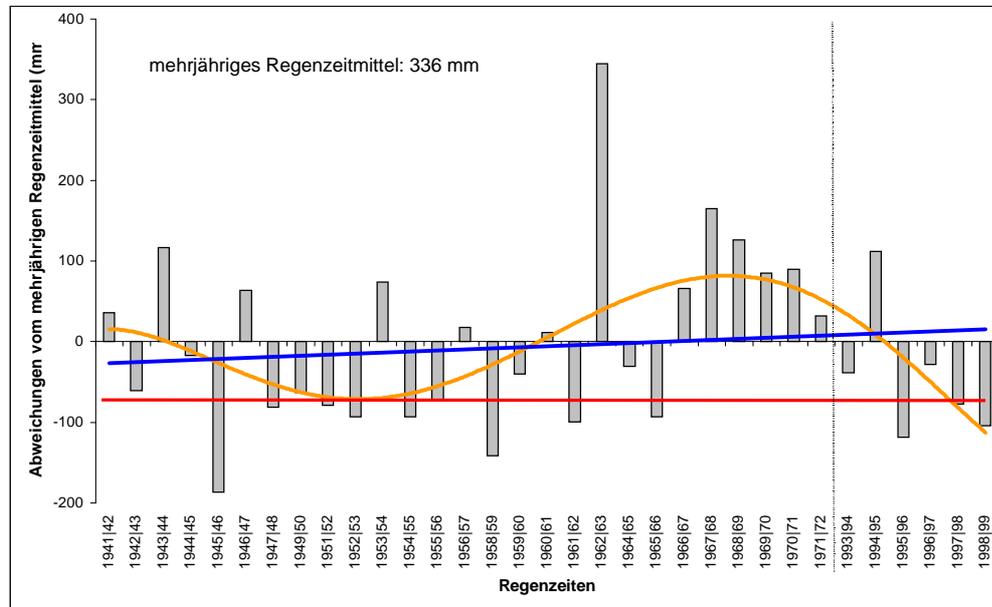


Abb. 17: Regenzeitliche Niederschlagsmengen an der Station Opuwo für den Zeitraum 1941-1999

(blaue Linie: linearer Trend, orangene Linie: polynomischer Trend, rote Linie: mehrjähriges Regenzeitmittel minus 20 %; die senkrechte Linie im Diagramm weist auf größere Zeitlücken im Datensatz hin)

liche Regenzeiten im Raum Opuwo jeweils als Gruppen aufeinanderfolgender Jahre auftreten. Der mittelfristige, lineare Trend weist für Opuwo eine schwache Zunahme der regenzeitlichen Niederschläge aus. Die für Namibia bzw. das Kaokoland beschriebenen Dürreperioden 1979 bis 1981 und 1992/93 (HUTCHINSON 1995:32f, MOORSOM 1995:14f, OLSZEWSKI & MOORSOM 1995:40f) sind durch die Daten der Station Opuwo nicht belegt. Abb. 17 macht deutlich, daß die dieser Arbeit zugrundeliegenden Untersuchungen in einem Zeitraum durchgeführt wurden, in dem zumindest an der Station Opuwo z.T. stark unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen gemessen wurden.

An der Station Sesfontein sind für die 60er Jahre Zweiergruppen über- bzw. unterdurchschnittlicher regenzeitlicher Niederschlagsmengen zu verzeichnen gewesen (Abb. 18). Während der niederschlagsarmen Regenzeiten 1958/59 bis 1959/60 und 1964/65 bis 1966/67 unterschritten die Niederschläge das mehrjährige Regenzeitmittel um mehr als 20 %. Diese Zeitabschnitte sind als Dürreperioden einzustufen.

Während des Beobachtungszeitraums von der Regenzeit 1974/75 bis zum Ende der Meßtätigkeit 1985/86 ist ein fünf Regenzeiten umfassender Abschnitt zu erkennen, in dessen Verlauf die regenzeitlichen Niederschläge mehr als 20 % unter dem mehrjährigen Regenzeitmittel blieben. Die für das übrige Kaokoland von 1979 bis 1981 andauernde Dürreperiode dauerte somit im Raum Sesfontein fünf

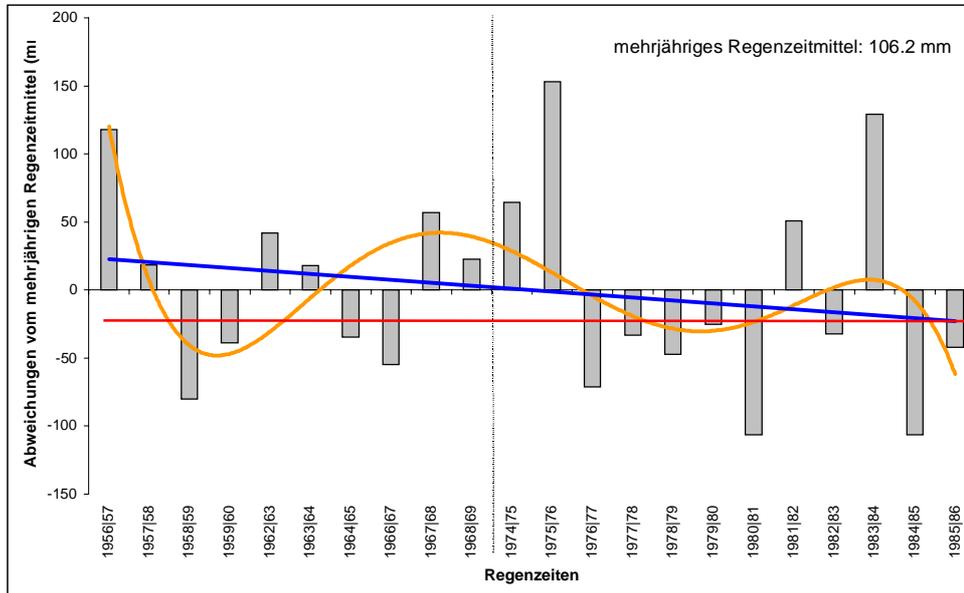


Abb. 18: Regenzeitliche Niederschlagsmengen an der Station Sesfontein für den Zeitraum 1956-1986

(blaue Linie: linearer Trend, orangene Linie: polynomischer Trend, rote Linie: mehrjähriges Regenzeitmittel minus 20 %; die senkrechte Linie im Diagramm weist auf größere Zeitlücken im Datensatz hin)

Jahre (vgl. auch BOLLIG 1999:142). Eine weitere Dürresituation ist für die Regenzeiten 1984/85 und 1985/86 erkennbar. Aus den vorliegenden Messungen ergibt sich für den Zeitraum 1956 bis 1986 im Gegensatz zu den Verhältnissen an der Station Opuwo ein leicht abfallender Trend für die regenzeitlichen Niederschlagsmengen. Korreliert man die synchron erfaßten Niederschlagsdaten der Stationen Opuwo und Sesfontein, so erhält man einen schwach positiven Zusammenhang (Korrelationskoeffizient nach PEARSON: 0.53 [n=8, p=0.089]).

Für die Station Möwe Bay (vgl. Abb. 16, S. 52) liegt ein fast lückenloser Datensatz für den Zeitraum 1969 bis 1995 vor. Bei einem relativ deutlichen linearen Trend in der regenzeitlichen Niederschlagsentwicklung sind auch hier aufeinanderfolgende Regenzeiten zu erkennen, deren Niederschlagsmenge weniger als 80 % des mehrjährigen Regenzeitmittels betrug. Im Ablauf der Regenzeiten ist an dieser Station eine Abnahme der regenzeitlichen Variabilität der Niederschlagsmenge zu erkennen. Während der Dürreperiode von 1979 bis 1981 fielen an der Station mit 0.4 bzw. 1.2 mm stark unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Der ganz Namibia betreffenden Dürre 1992/93 geht an der Station Möwe Bay eine weitere Regenzeit mit weniger als 80 % des mehrjährigen Regenzeitmittels voraus. Auch die Niederschläge der folgenden Regenzeiten 1993/94 und 1994/95 lagen unter dieser Kenngröße.

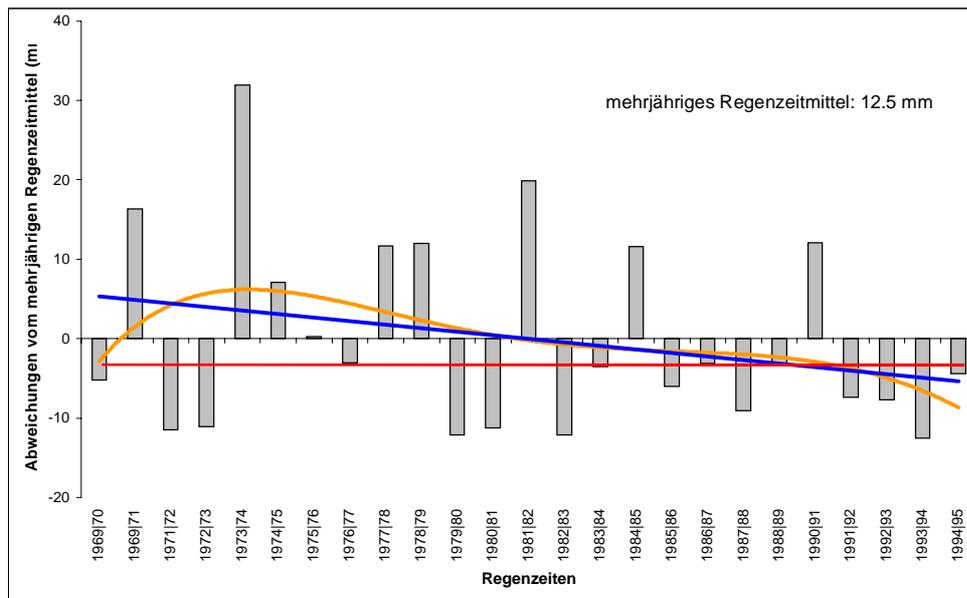


Abb. 19: Regenzeitliche Niederschlagsmengen an der Station Möwe Bay für den Zeitraum 1969-1995

(blaue Linie: linearer Trend, orangene Linie: polymischer Trend, rote Linie: mehrjähriges Regenzeitmittel minus 20%; die senkrechte Linie im Diagramm weist auf größere Zeitlücken im Datensatz hin)

Die eine Korrelationsberechnung erlaubende synchrone Datenlage ist für die Stationen Opuwo und Möwe Bay nicht gegeben. Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten zwischen den an der Station Sesfontein erhobenen Daten und den dazu synchronen Daten der Station Möwe Bay ergibt keinen Zusammenhang zwischen den Niederschlagsbedingungen (Korrelationskoeffizient nach PEARSON: 0.13 [n=12, p=0.69]). Dabei ist zu bemerken, daß sich trockene wie auch feuchte Phasen im südlichen Afrika seit der Mitte des 19. Jhdts. großräumig nachvollziehen lassen (TYSON 1981, 1987) und die geringen Zusammenhänge der vorliegenden Korrelationsberechnungen vermutlich auf der geringen Anzahl synchron belegter Regenzeiten beruhen. Unter Einbeziehung von Stationen mit langjährigen Datenreihen aus dem benachbarten Damara- und Ovamboland lassen sich diese Dürreperioden für den Großraum jedoch rekonstruieren (SANDER & BECKER 2000).

Die großräumige Niederschlagssituation im Vergleich einer überdurchschnittlich niederschlagsreichen und einer überdurchschnittlich niederschlagsarmen Regenzeit im Kaokoland sind in Abb. 20 dargestellt. Die grobe Interpolation derartiger Darstellungen wird dadurch deutlich, daß sich diese „Extremjahre“ für die Station Opuwo nicht nachvollziehen lassen.

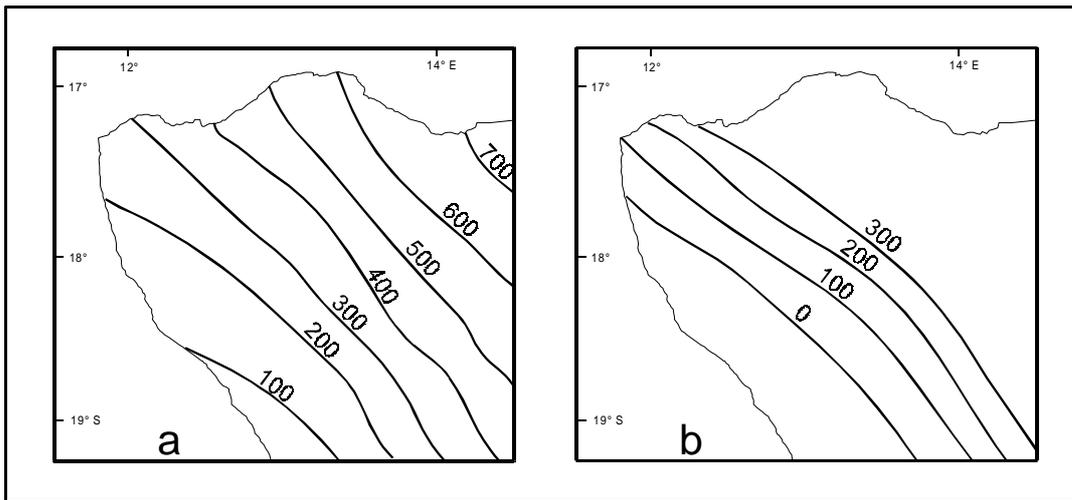


Abb. 20: Lage der Isohyeten für die niederschlagsreiche Regenzeit 1949/50 (a) und die niederschlagsarme Regenzeit 1944/45 (b) im Kaokoland
(Niederschlagsmenge in mm, nach KLIMM et al. 1994:10f)

5.3.5 Lufttemperatur

Nach WALTER (1986:91) zählt die Lufttemperatur zu den primären Standortfaktoren. So geben HENNING & WHITE (1974) und ERKKILÄ & SIISKONEN (1992) die 5° C-Isotherme der mittleren täglichen Minimumtemperatur des kältesten Monats als die thermische Verbreitungsgrenze für *Colophospermum mopane* an (vgl. VAN VOORTHUIZEN 1976:223). CHOINSKI & TUOHY (1991) beschreiben den Effekt unterschiedlicher Temperaturen auf die Keimungserfolge von *Colophospermum mopane* und *Combretum apiculatum*. Wie später gezeigt wird, kennzeichnet *Combretum apiculatum* eine artenreiche Ausprägung der *Colophospermum mopane*-Savanne im Kaokoland.

Drei Lagekriterien steuern die Ausprägung des Temperaturjahresganges im Kaokoland (vgl. SANDER & BECKER 2000):

1. Die Lage innerhalb des Gürtels der subtropisch-randtropischen Trockengebiete
2. Die Entfernung von der Küste
3. Die Höhenlage

1. Die Lage innerhalb des Gürtels der subtropisch-randtropischen Trockengebiete

Bedingt durch die beträchtliche Entfernung (ca. 1900 km) zum Äquator ist ein deutlicher Jahresgang von Strahlung und Temperatur zu verzeichnen: Während im Sommer zwei Zenitalstände der Sonne auftreten, werden im Juni nur noch maximale Einstrahlungswinkel von ca. 50° erreicht. Dies hat zur Folge, daß neben den hygrischen auch thermische Jahreszeiten ausgebildet sind, wie der Jahresgang der Temperaturkenngößen in Opuwo zeigt (vgl. Abb. 21, S. 61): Während im Winter ein Rückgang der Monatsmittel auf 16,3° C (Juni) zu verzeichnen ist, weist der Dezember als wärmster Monat 24,5° C auf. Somit beträgt die Amplitude der Monatsmittel 8,2° C. Während das winterliche Absinken der Temperaturen deutlich ausgebildet ist, bleiben die sommerlichen Monatsmittel zwischen Oktober und März annähernd konstant bei ca. 24° C, da Bewölkung und Niederschläge einen stärkeren Temperaturanstieg verhindern.

Wie es für eine Station innerhalb der Wendekreise typisch ist, sind die Tagesschwankungen der Temperatur in Opuwo höher als die Jahresschwankungen: Die größten Differenzen zwischen dem gemittelten Tagesminimum und dem gemittelten Tagesmaximum treten mit 22.8°C am Ende der Trockenzeit auf (September) auf. Aber auch am Ende der Regenzeit erreicht die mittlere Tagesampli-

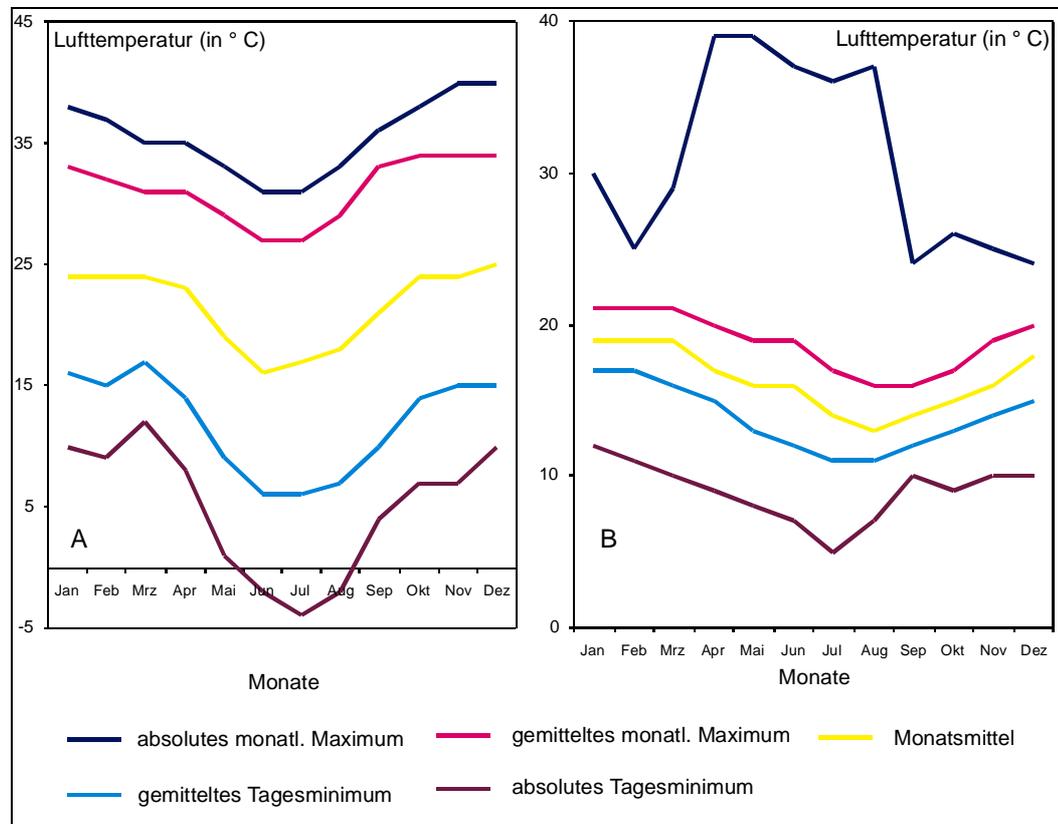


Abb. 21: Jahresgang der Temperatur in Opuwo (A) und Möwe Bay (B) (nach SANDER & BECKER 2000)

tude noch 13.4°C . Die höchsten jemals in Opuwo gemessenen Temperaturen von ca. 40°C wurden in November und Dezember registriert. Bemerkenswert sind die gelegentlich auftretenden Fröste mit Temperaturen bis -4°C in den Monaten Juni bis August.

2. Die Entfernung von der Küste

Die in Tab. 3 dargestellten Temperaturdaten der Stationen Möwe Bay und Opuwo verdeutlichen den Einfluß des Benguelastroms auf die klimatischen Verhältnisse in Küstennähe:

Als Folge dieser kühlen Meeresströmung sind die Monatsmittel der Temperatur an der Station Möwe Bay niedriger als im Binnenland, obgleich Möwe Bay über 1200 m tiefer liegt als Opuwo.

Sowohl Jahres- als auch Tagesamplituden sind in Möwe Bay geringer als in Opuwo. Die Schwankung der Monatsmittel im Jahreslauf beträgt lediglich 5.8°C (Opuwo 8.2°C). Die Tagesamplitude unterscheidet sich mit 4°C im Februar und 6.7°C im Juni kaum von der Jahresamplitude. Legt man das TROLL'sche Kriterium zur Abgrenzung der Tropen zugrunde (TROLL 1943), so ist die Küstenwüste im Gegensatz zum Landesinneren bereits zu den Subtropen zu rechnen. Eine bedeutsame Konsequenz der geringeren Temperaturamplituden an der Küste ist das völlige Fehlen von Frösten. Wie für eine Küstenstation üblich, kommt es in Möwe Bay zu einer Verzögerung des Auftretens der Ma-

xima und Minima gegenüber dem Strahlungsgang: Der Februar ist der wärmste, der August ist der kälteste Monat.

Der SE-Passat kann als Fallwind („Bergwind“) die Escarpment-Zone herabströmen. Wie beim Föhn kommt es zu einer adiabatischen Erwärmung und dadurch zur Verringerung der relativen Luft-

Tab. 3: Mitteltemperaturen des wärmsten und des kältesten Monats sowie die Werte der Jahresamplitude und der mittleren Tagesamplitude von Möwe Bay und Opuwo

(Daten: Weather Bureau Windhoek)

Station	wärmster Monat	kältester Monat	Jahresamplitude	mittlere Tagesamplitude
Möwe Bay	19.2° C (Februar)	13.4° C August	5.8° C	5.0° C
Opuwo	24.5° C (Dezember)	16.3° C Juni	8.2° C	18.9° C

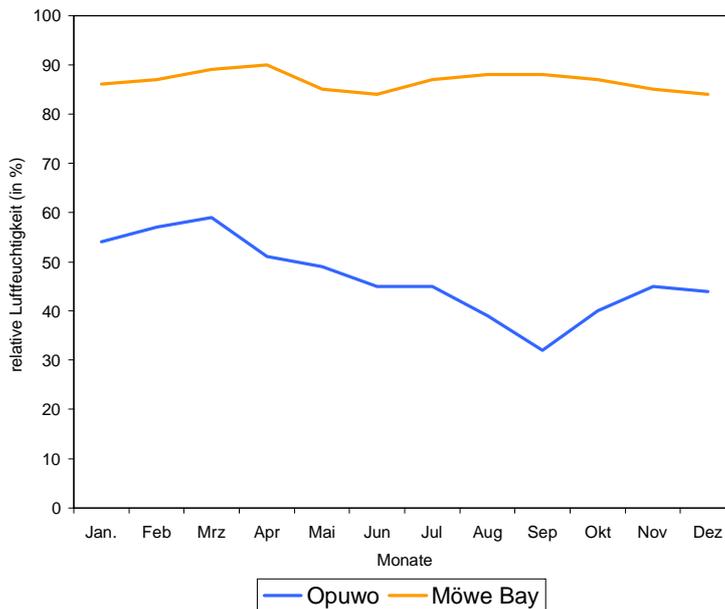
feuchte. Solche Winde treten v.a. im Winter auf, wenn der Passat sehr regelmäßig ausgebildet ist und die Küste des Kaplandes von Tiefdruckgebieten bestrichen wird. Die absoluten Maxima in den Wintermonaten von bis zu 39.3° C (Möwe Bay) sind wahrscheinlich durch derartige Fallwinde verursacht worden.

3. Die Höhenlage

Das Kaokoland weist eine charakteristische West-Ost-Abfolge des Reliefs auf: an die Küstenabdachung schließen sich Bergländer (bis ca. 2000 m NN) mit intramontanen Becken an, weiter östlich folgt die ostwärts abfallende Kalahari-Hochfläche (ca. 1300 m NN). Durch die starke vertikale Gliederung ist eine Abfolge von thermische Höhenstufen zu erwarten. Dies wird jedoch von LESER (1982:89) bestritten, wobei dieser die hygrischen Verhältnisse mit einbezieht: „Ein höhenbedingter Wandel des Niederschlages (und des Klimas überhaupt) kann in Namibia nicht festgestellt werden“. Untersuchungen über Höhenstufen scheinen bislang jedoch noch nicht durchgeführt worden zu sein: Klimameßdaten, die zur Klärung dieser Fragestellung beitragen könnten, existieren nicht. Unterschiede in der Vegetationsbedeckung von Hoch- und Beckenlagen sind schwierig im Hinblick auf eine klimatische Differenzierung zu interpretieren, da die Hochgebiete häufig Härtlingszüge sind und damit edaphische Besonderheiten aufweisen, welche die Pflanzendecke beeinflussen können. Zudem ist durch die schlechtere Zugänglichkeit ein anderes Beweidungsmuster zu erwarten, so daß Unterschiede der Vegetationsdecke auch auf Differenzen des Beweidungsdrucks beruhen können (SANDER & BECKER 2001). Die von MAPAURE (1994) und TIMBERLAKE (1995) gemachten Angaben über die Verbreitungsgrenze von *Colophospermum mopane* im südliche Afrika, legen aber die vegetationsökologische Wirkung von klimatischen Vertikalgradienten nahe.

5.3.6 Relative Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit wurde an den Stationen Opuwo und Möwe Bay erfaßt (Abb. 8, S. 40).



Opuwo weist einen deutlichen Jahresgang mit einem Maximum zum Ende der Regenzeit (März) und einem Minimum am Ende der Trockenzeit (September) auf. Die Monatsmittel liegen mit Werten zwischen ca. 30 und 60 % unter denen der Nebelküste bei Möwe Bay, wo alle Monatsmittel der relativen Luftfeuchtigkeit über 80 % liegen. Hier stehen Minima im Frühsommer und im Winter höhere Werte im Frühjahr und Spätsommer gegenüber. Die Jahresamplitude von Möwe Bay ist nur schwach ausgebildet.

Abb. 22: Jahresgang der relativen Luftfeuchtigkeit in Opuwo und Möwe Bay

(nach SANDER & BECKER 2000)

5.4 Geologie und Bodengeographie

Im Hinblick auf die Geologie und Bodengeographie des Untersuchungsgebietes liegen bislang lediglich kleinmaßstäbliche Angaben vor (MINISTRY OF MINES AND ENERGY 1980, LESER 1982, VAN DER MERWE 1983). Die östlichen Abschnitte des nördlichen und mittleren Transekts werden von Quarziten, Konglomeraten und Schiefen der Otavi-Fazies geprägt (Abb. 23, S. 64). Nach Westen schließen sich präkambrische Granite und Gneise an, die zum großen Teil auch den Verlauf des südlichen Transekts prägen. Geologisch heterogen ist der Bereich der Escarpment-Zone. Dort stehen Sandsteine, Basalte und Gneise der Karoo-Fazies und der Swakop-Fazies in der Damara-Sequenz an. Auch geologisch-morphologische Aspekte des im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Raumes umfassende Arbeiten haben ABEL (1954), MAACK (1958, 1963), DINGLE et al. (1983), RUST (1989), BESLER et al. (1994) und BRUNOTTE & SPÖNEMANN (1997) vorgelegt.

Die zur Bodengeographie des Kaokolandes vorliegenden Informationen beschränken sich bislang auf kleinmaßstäbliche Darstellungen (VAN DER MERWE 1983, HEINE 1995). Für das nördliche und das mittlere Transekt werden danach saure Böden auf Granit, basischen Böden oder auch Tonböden angegeben (vgl. Abb. 24, S. 65). Das südliche Transekt verläuft mit seinem östlichen Abschnitt in einem Bereich mit Böden auf Kalkstein, Quarzit und Dolomit. Die Kartendarstellungen werden den tatsächlichen pedologischen Bedingungen nicht gerecht und spiegeln die für die Transektverläufe dokumentierten z.T. sehr heterogenen Bodenbedingungen nur unzureichend wider. Mit dem Ziel, die pedologische Situation entlang des Transektes Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park charakte-

5 Abgrenzung und naturräumliche Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes

risieren zu können, wurden auf Ebenenstandorten entlang des mittleren Transekts 19 Bodenprofile erstellt. Die Darstellung dieser Profile erfolgt im Anhang dieser Arbeit.

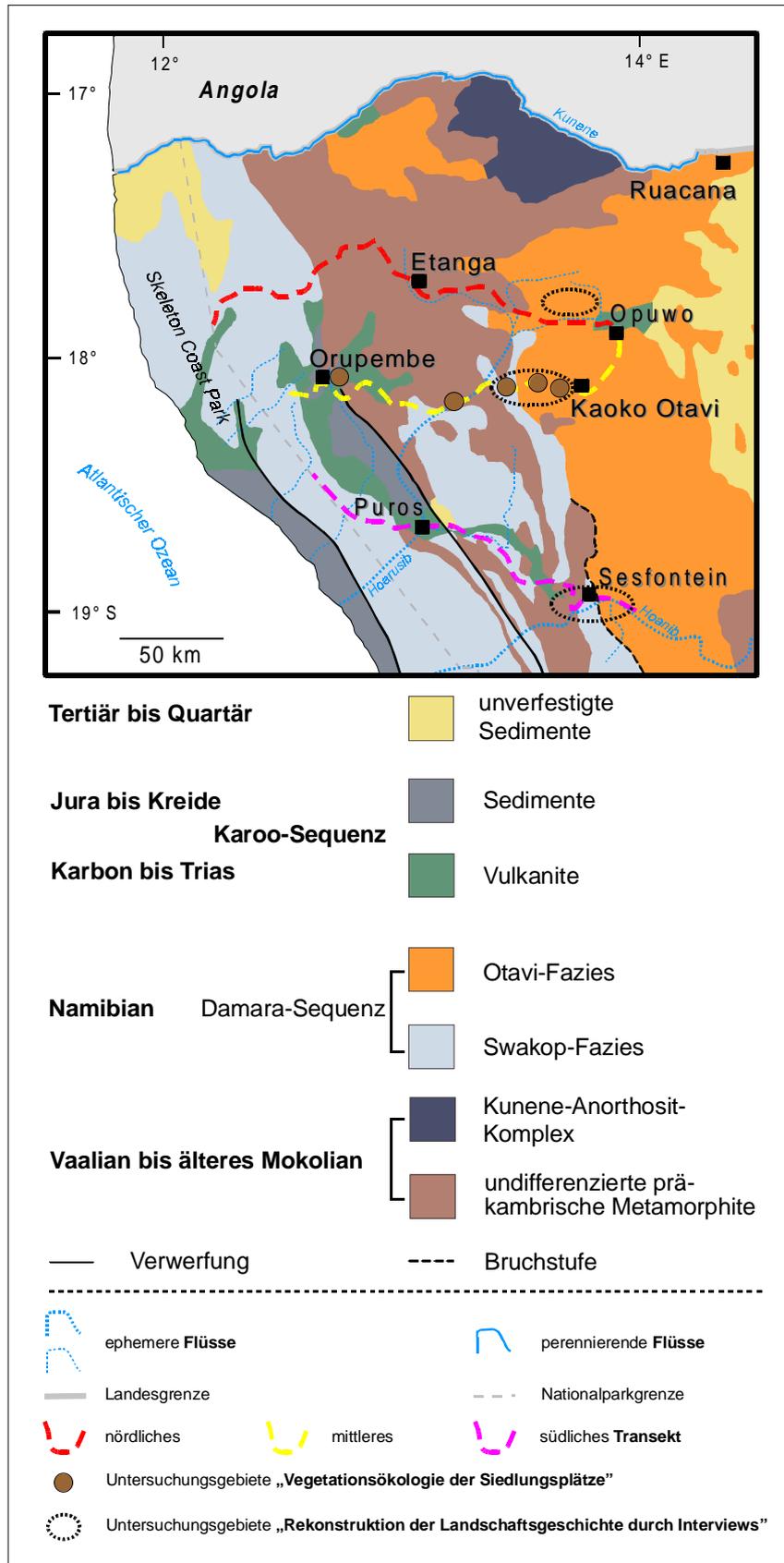


Abb. 23: Geologische Gliederung des zentralen und westlichen Kaokolandes (nach MINISTRY OF MINES AND ENERGY 1980)

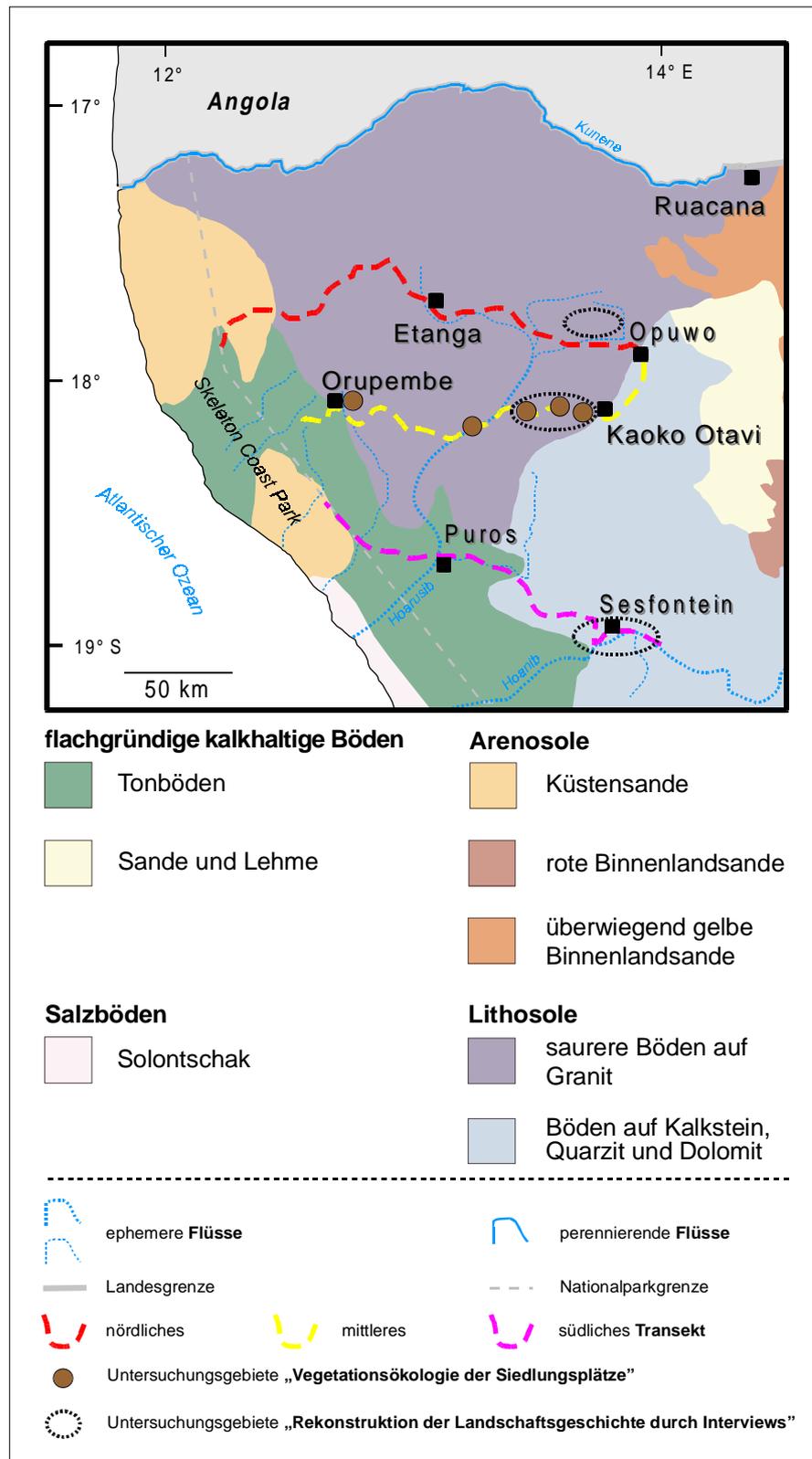


Abb. 24: Bodengeographie des zentralen und westlichen Kaokolandes (nach VAN DER MERWE 1983)

5.5 Agro-Ökologische Zuordnung

Mit dem Ziel, eine landesweit einsetzbare Planungsgrundlage zu schaffen, werden in Namibia Agro-Ökologische Zonen abgegrenzt und beschrieben (STROHBACH et al. 1996, DE PAUW & COETZEE 1999). Folgende Faktorengruppen werden zur Charakterisierung der einzelnen Zonen herangezogen:

- Landschaftstyp
- Dauer der Vegetationsperiode (im Hinblick auf landwirtschaftliche Nutzpflanzen)
- Chemische und physikalische Bodeneigenschaften

Das Kaokoland bildet dabei eine eigene, in sechs Gruppen unterteilte Klasse innerhalb des Systems Agro-Ökologischer Zonen in Namibia (Abb. 25, S. 67). Die Abgrenzung der einzelnen Gruppen erfolgt im wesentlichen nach Reliefmerkmalen. Mit einer Fläche von 26 217 km² stellt die Einheit „Bergland“ (KAO4) die bedeutendste Gruppe im Kaokoland dar (COETZEE 1999) und prägt auch die zur Bearbeitung der drei Schwerpunktthemen ausgewählten Untersuchungsgebiete. Lediglich die westlichen Transektabschnitte verlaufen durch die Agro-Ökologische Zone der Namib-Wüste (NAM7). Tab. 4 faßt die wichtigsten Merkmale der Agro-Ökologischen Zone KAO4 zusammen.

Tab. 4: Merkmale der Agro-Ökologischen Zone KAO4
(nach COETZEE 1999)

Landschaftstyp	Bergland
Höhenlage	900 m – 2000 m NN
Hangneigungen	30 – 60 %
Relatives Relief	> 300 m, sehr stark reliefiert
Entwässerungssystem	schwach entwickelt
Geologie	metamorphe Gesteine, Dolomit, Kalkstein, Schiefer
Vegetationsperiode	8 bis 63 Tage
Bodentypen (FAO-Klassifikation)	80 % Lithic Leptosole (sehr flachgründig durch anstehendes Gestein oder verfestigtes Material) 10 % Luvic Arenosols (sandige Böden mit tonangereichertem Unterboden, geringer Nährstoffgehalt) 10 % Chromic Cambiosols (schwach entwickelte Böden mit brauner oder roter Farbe, lehmiger Oberboden)
Landwirtschaftliches Potential	Gemischte Viehwirtschaft mit Schafen

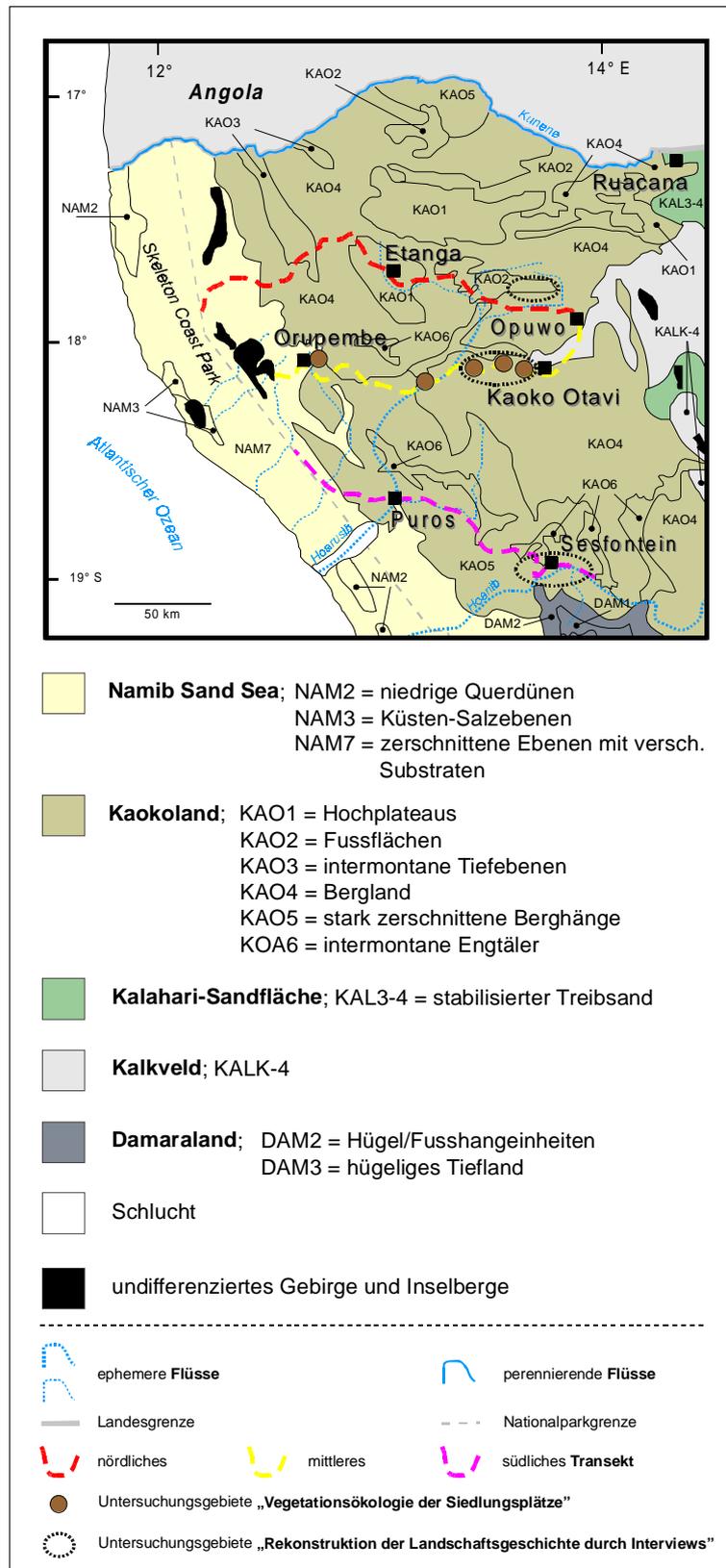


Abb. 25: Agro-Ökologische Gliederung des zentralen und westlichen Kaokolandes

(nach COETZEE 1999)

5.6 Phytogeographie und Diversität

Auch das südliche Afrika umfassende, phytochorologische Arbeiten wurden von MONOD (1957), TROUPIN (1966, zit. in WERGER 1978:236), WERGER (1978) sowie WHITE (1965, 1971, 1976, 1983, 1993) und zuletzt von JÜRGENS (1991, 1997, 1998) vorgelegt. Die Arbeiten kommen z.T. zu recht unterschiedlichen Einordnungen des westlichen und zentralen Kaokolandes. So ordnet WERGER (1978) das gesamte Arbeitsgebiet der Karoo-Namib-Region zu, die er von Westen nach Osten in die Namib-Domäne und die Namaqualand-Domäne untergliedert. WHITE (1993) weist bei seiner phytochorologischen Gliederung für den afrikanischen Kontinent ‚Regionale Phytochoria‘ aus. Er ordnet das Arbeitsgebiet von Westen nach Osten dem regionalen Endemismuszentrum der Karoo-Namib und der Kalahari-Hochland-Übergangszonen zwischen dem sambesischen regionalen Endemismuszentrum und dem regionalen Endemismuszentrum der Karoo-Namib zu (vgl. COWLING & HILTON-TAYLOR 1997). Für JÜRGENS (1997) ist eine Zuordnung der Karoo-Namib-Region zum paläotropischen Florenreich, wie sie WERGER (1978) vorgenommen hat, nicht haltbar (JÜRGENS 1997:501). Er gliedert das südliche Afrika in die Florenreiche der Erweiterten Kapflora und der Paläotropischen Flora. Für das zentrale und das westliche Kaokoland lassen sich danach von Westen nach Osten folgende phytochorologischen Einheiten unterscheiden (Abb. 26, vgl. GIBBS RUSSEL 1987, IRISH 1994):

1. Als Teil der Erweiterten Kap-Flora erstreckt sich die Sukkulente-Karoo Region als schmaler Streifen entlang der Atlantikküste bis ca. 18° 15‘ südl. Br..
2. Der gesamte nördlich und östlich gelegene Raum zählt zum Paläotropischen Florenreich. Für das Arbeitsgebiet erfolgt von Westen nach Osten eine Untergliederung in die Nama-Karoo Region und die Sudano-Sambesische Region. Beide Regionen sind unterlegt von den regionalen Endemitenzentren a. der Zentralen und Nördlichen Namib und b. vom Kaokoland-Damaraland Endemiten-Zentrum (Westgrenze fällt mit dem Verlauf der Großen Randstufe zusammen, vgl. Abb. 9 (S. 43), vgl. IRISH 1994:565). Beide Endemitenzentren zeigen im Bereich der Escarpment-Zone eine Überlappung.

Abgrenzbar durch die Verbreitungsgebiete einzelner Taxa lassen sich diese phytochorologischen Einheiten auch durch die jeweils vorherrschenden Wuchsformen charakterisieren. So sind für die Sudano-Sambesische Region verschiedenste Ausprägungen von Savannen typisch (SCHOLES 1997:258). Savannen umfassen dabei Vegetationstypen mit einer Co-Dominanz von Phanerophyten und Gräsern. Dabei bilden die Phanerophyten ein diskontinuierliches Kronendach, während die Gräser einen eher geschlossenen Bestand bilden (SCHOLES 1997:258ff). Kennzeichnend für alle Savannenlandschaften ist eine vier- bis achtmonatige, heiße Regenzeit und eine das restliche Jahr umfassende warme Trockenzeit (SCHOLES 1997:258). Da von dieser einfachen Definition ausgehend zahlreiche Savannentypen existieren, ist der Savannenbegriff sowohl in physiognomischer Hinsicht als auch im Hinblick auf die Faktoren, die zur Herausbildung von Savannenlandschaften führen, umfassend diskutiert worden (z.B. WALTER 1939a, COLE 1982, 1986; WERGER 1983, JOHNSON & TOTHILL 1985, KNOOP & WALKER 1985, SCHULZ 1988, BELSKY 1990, SKARPE 1990, 1992; MEURER et al. 1992, TEAGUE & SMIT 1992, PUYRAVAUD et al. 1994, WITKOWSKI & O‘CONNOR 1996).

Grundsätzlich besiedeln aus kleinblättrigen Phanerophyten aufgebaute Savannen eher nährstoffreiche, trockene Standorte, während aus großblättrigen Phanerophyten aufgebaute Savannen nährstoffärmere und feuchtere Standorte prägen (SCHOLES 1997:259f). Eine Ausnahme davon bilden die *Colophospermum mopane*-Savannen, die trotz ihres großblättrigen Hauptbestandsbildners *Colophospermum mopane* auf trockenen, fruchtbaren Standorten zu finden sind (SCHOLES 1997:260). Als

5 Abgrenzung und naturräumliche Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes

Teil der Sudano-Sambesische Region zeigen die Savannen des südlichen Afrika deutliche floristische Bezüge zu den Savannen Zentral- und Ost-Afrikas und schwächere Bezüge zu westafrikanischen Savannen (SCHOLES 1997:258).

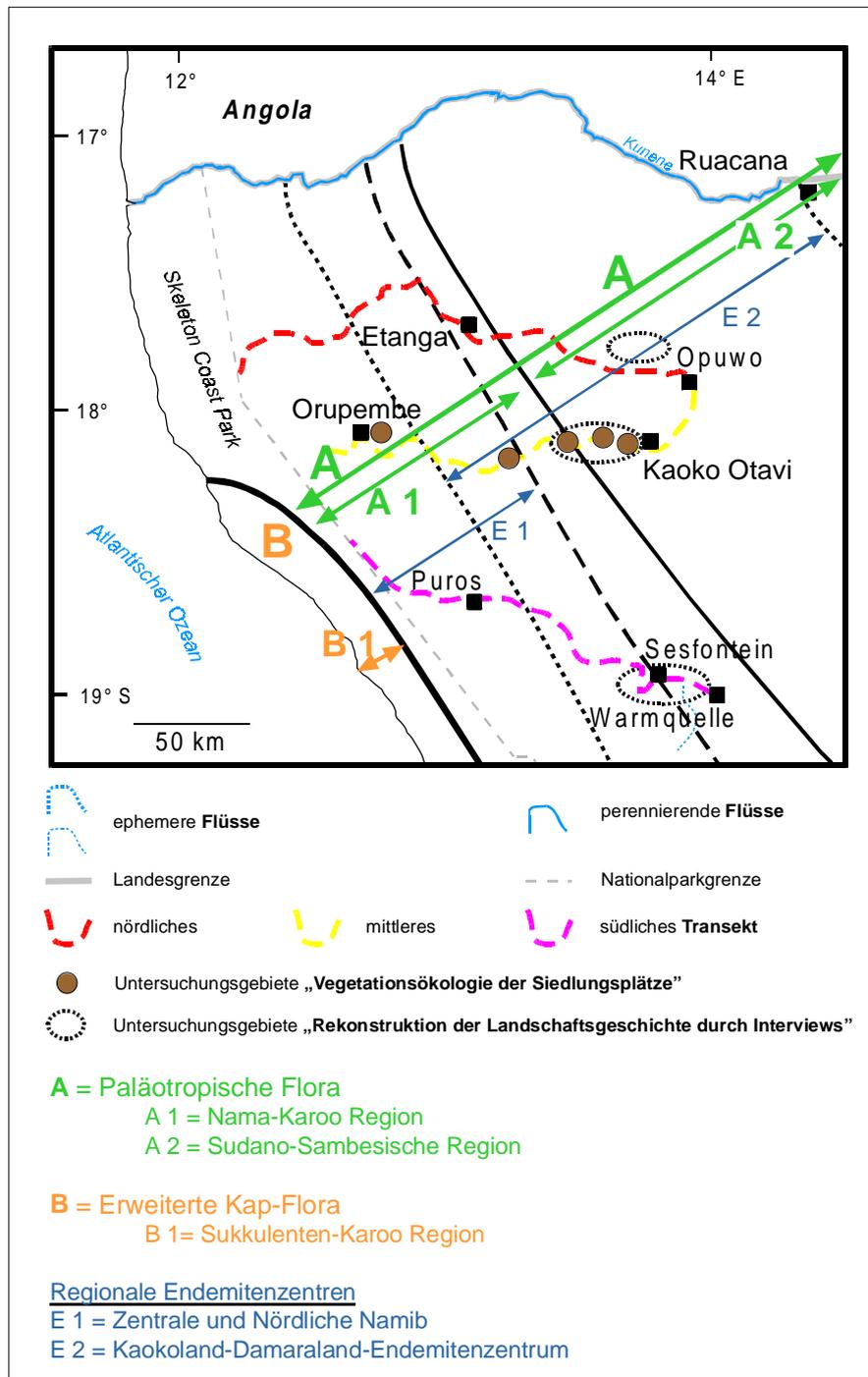


Abb. 26: Phytogeographische Gliederung des westlichen und zentralen Kaokolandes

(nach JÜRGENS 1997)

Bedingt durch die nach Westen geringer werdenden Niederschläge treten die Phanerophyten im Westen des Arbeitsgebietes in ihrer Bedeutung allmählich zurück, wobei in Anpassung an die schlechtere Wasserversorgung eine kontinuierliche Abnahme der Wuchshöhe der einzelnen Arten zu beobachten ist (SCHOLES 1997:259).

Bei Niederschlägen zwischen 60 und 400 mm prägt die Nama-Karoo Region den westlichen Teil des südafrikanischen Subkontinents (vgl. JÜRGENS 1997:502). Als typisches physiognomisches Merkmal für die Vegetation des namibischen Teils der Nama-Karoo Region sieht IRISH (1994:551) eine Co-Dominanz von Chamaephyten und Hemikryptophyten. PALMER & HOFFMANN (1997:167) charakterisieren die Vegetation der Nama-Karoo als offenes, niedrigwüchsiges Strauchland, weisen aber auf die zahlreichen physiognomisch unterschiedlichen Vegetationstypen der Nama-Karoo Region hin. Atlantiknah verschiebt sich das Niederschlagsmaximum immer weiter in den Herbst, so daß schließlich der Übergang zur durch Winterregen gekennzeichneten Sukkulenten-Karoo erfolgt (vgl. RUTHERFORD 1997).

Wie Abb. 26 zeigt, orientieren sich die Grenzen der phytochorologischen Einheiten im Kaokoland überwiegend an den Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente (vgl. Kap. 5.3.4). So sind die für die Schwerpunktthemen ausgewählten Transekte bzw. Siedlungsbereiche geeignet die Abfolge phytochorologischer Einheiten zu dokumentieren. Das gleiche gilt für die Biome des Arbeitsgebietes, wie sie bei RUTHERFORD (1997) dargestellt sind. Danach liegt die westliche Grenze des Savannen-Bioms in der Escarpment-Zone (vgl. Abb. 9, S. 43). Nach Westen folgt ein schmaler Streifen des Nama-Karoo-Bioms, auf den nach Westen das den größten Teil der Vornamib und die gesamte Nördliche Namib umfassende Wüsten-Biom folgt.

Wie bereits erwähnt, ist das Kaokoland Teil des südhemisphärischen Pendantes zur Sahelzone Nordafrikas. Dies läßt sich durch wirtschaftliche, klimatische, zoologische und phytogeographische Merkmale belegen (SCHIFFERS et al. 1976:216, SINCLAIR & FRYXELL 1985:991f, MONOD 1986:204, CROSS 1990:16, KEMPF 1994:163, WICKENS 1997:649, vgl. Abb. 27, S. 71). Die floristische Verbindung zum Sahel Nordafrikas wird vor allem durch die Gattungen *Acacia* (*Acacia nilotica*, *A. tortilis*, *A. senegal*, *A. mellifera*), *Salvadora*, *Balanites*, *Maerua*, *Adansonia*, *Commiphora*, *Grewia*, *Combretum* und *Stipagrostis* hergestellt (vgl. SCHIFFERS et al. 1976:21, WHITE 1983:204, IBPGR 1984, MONOD 1986). Weitere Beispiele finden sich bei MONOD (1986) und JÜRGENS (1997).

Als Teil des südafrikanischen Subkontinents, der auf der Subkontinent-Ebene nach GIBBS RUSSEL (1985, 1987) weltweit die höchste Artenzahl aufweist, bildet das Kaokoland ein Diversitäts- und Endemitenzentrum (HILTON-TAYLOR 1994, MAGGS et al. 1994, 1998, COWLING & HILTON-TAYLOR 1997:57). Bei einer Gesamtzahl von ca. 1000 Arten weist das Kaokoland 23 endemische Pflanzenarten auf (HILTON-TAYLOR 1994:202, vgl. SIMMONS et al. 1998). Daneben gehören zur Flora des Kaokolandes 136 namibische Endemitenarten und 75 Arten, die neben dem Kaokoland auch in Süd-Angola vorkommen. Die Escarpment-Zone und die Vornamib des Kaokolandes stellt in Namibia neben dem Sperrgebiet der Südlichen Namib das wichtigste Endemitenzentrum in Namibia dar. Während die Nördliche Namib als Skeleton Coast Park bereits naturschutzrechtlichen Bestimmungen unterliegt, wird die Einrichtung eines Schutzgebietes auch für die Vornamib und die Escarpment-Zone des Kaokolandes gefordert (OWEN-SMITH 1996, BARNARD et al. 1998a, 1998b; SIMMONS et al. 1998).

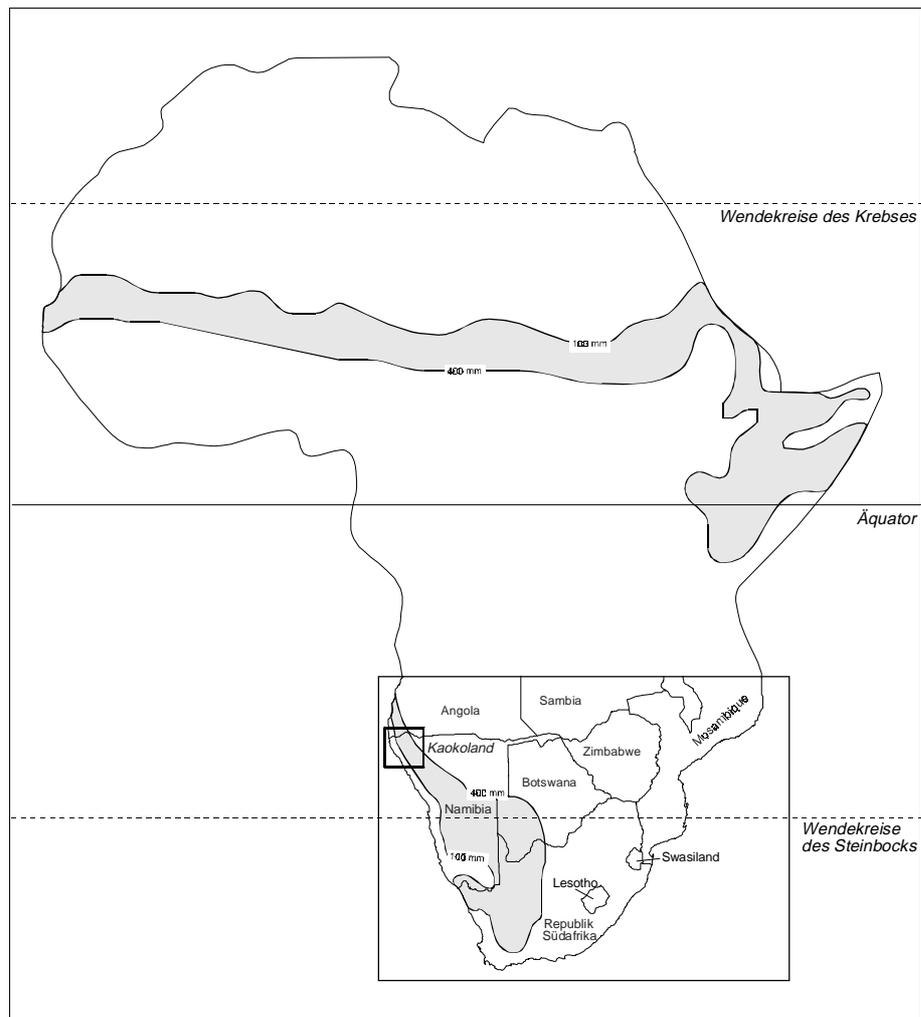


Abb. 27: Die „Ökoklimatische Zone“ des afrikanischen Sahel
(nach MONOD 1986)

5.7 Vegetation

Wie bereits erwähnt, hat VILJOEN (1980) eine umfassende Beschreibung der Vegetation des Kaokolandes vorgelegt. Er ordnet die Vegetation des Kaokolandes 14 Haupteinheiten zu, die anhand dominierender Arten in zahlreiche Untereinheiten untergliedert werden (Abb. 28, S. 72). Die von VILJOEN beschriebenen Einheiten folgen großräumig den Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente. Der Osten des Gebietes wird danach von *Colophospermum mopane*-dominierten Savanneneinheiten geprägt. Mit dem Eintritt in die Escarpment-Zone treten verstärkt stammsukkulente Arten in den Vordergrund (*Euphorbia guerichiana*, *Commiphora multijuga* und *C. virgata*). Westlich der Großen Randstufe prägen zunächst *Stipagrostis hirtigluma*-Grasländer das Bild der Vornamib, bevor mit dem Eintritt in die Nördliche Namib Kurzstrauch-Gemeinschaften dominieren.

Die Arbeit von VILJOEN wird im folgenden eine wichtige Grundlage sein, die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, insbesondere im Rahmen des Schwerpunktthemas „Vegetationsökologische Transektanalyse“ zu diskutieren.

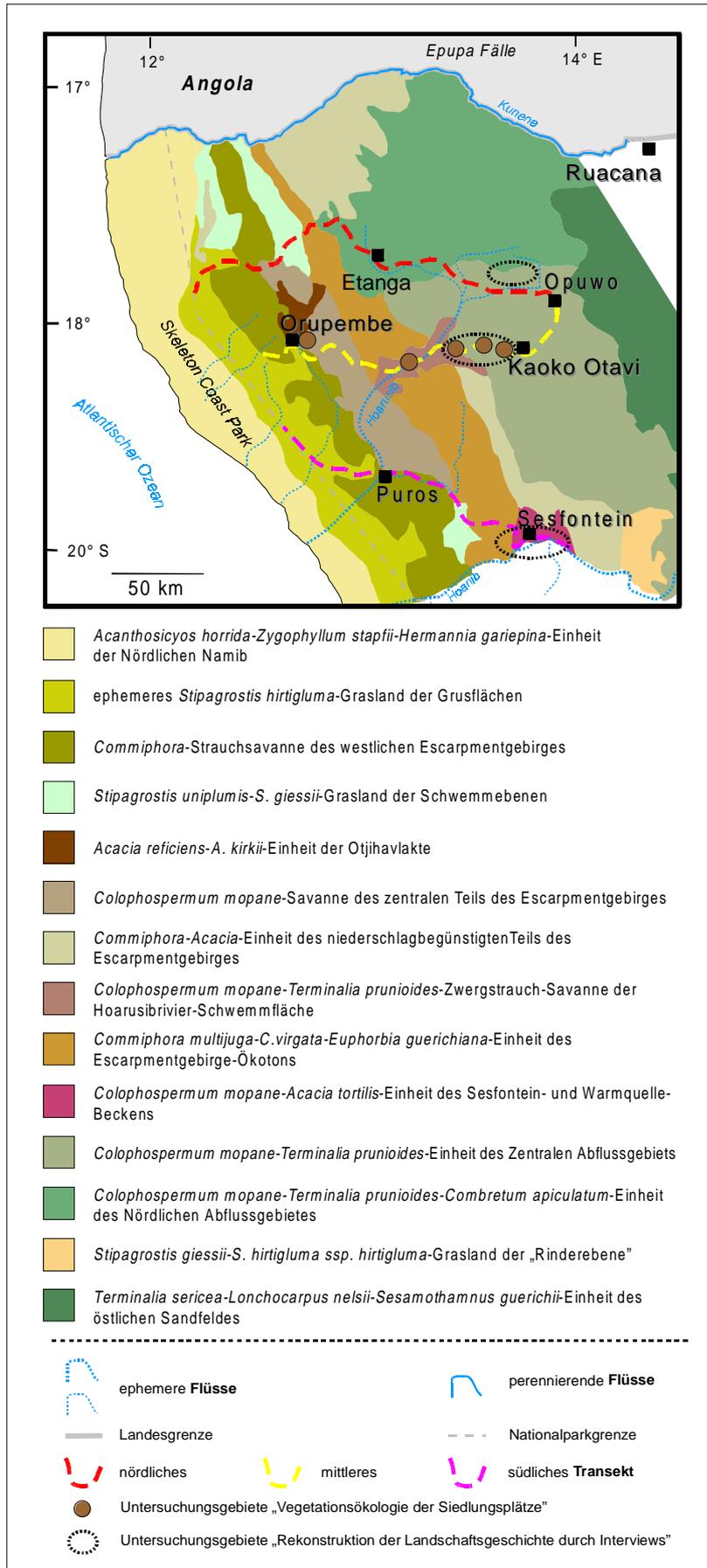


Abb. 28: Vegetationskarte des zentralen und westlichen Kaokolandes (nach VILJOEN 1980)

6 Ergebnisse

6.1 Taxonomische Übersicht über die erfaßten Arten und Zuordnung zu Lebensformgruppen

Durch die im Rahmen der Themen „Vegetationsökologische Transektanalyse“ und „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ erfaßten Vegetationsaufnahmen sind insgesamt 458 Arten dokumentiert worden. Hierzu zählen auch die Belege, für die aufgrund der unzureichenden Merkmalsausstattung keine Art- oder Gattungsbestimmungen vorgenommen werden konnte, die aber in Form von Herbarbelegen in die Auswertung miteinfließen. So repräsentiert das Aufnahmematerial ca. ein Drittel der gesamten Kaokoland-Flora. Als Grundlage der Ergebnisdiskussion der Schwerpunktthemen „Vegetationsökologische Transektanalyse“ und „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ gibt Tab. 6 (S. 74)

Tab. 5: Verteilung der Arten auf morphologisch-phänologisch definierte Lebensformgruppen

Lebensformgruppe	Anzahl der Arten (%-Anteil der Lebensformgruppe)
Krautige Arten	173 (37.8)
Phanerophyten	79 (17.2)
Gräser (annuell; perennierend)	63 (13.8)
Chamaephyten	60 (13.1)
Stammsukkulente Arten	39 (8.5)
Blattsukkulente Arten	18 (3.9)
Geophyten	18 (3.9)
Chamaephyten / Phanerophyten	4 (0.9)
Krautige Arten / Chamaephyten	3 (0.7)
Epiphyten	2 (0.4)

einen Überblick über die taxonomische Zuordnung der dokumentierten Taxa. Die Zuordnung der Arten zu den Lebensformgruppen zeigt Tab. 5. Die artenreichste Gruppe bilden die krautigen Arten mit 37.8 %, denen deutlich abgesetzt die Phanerophyten mit 79 (17.2 %) Arten als zweitstärkste Gruppe folgen. Während 63 Arten (13.8 %) auf die Gruppe der Gräser entfallen, umfaßt die Gruppe der Chamaephyten 60 Arten (13.1 %). Die sukkulenten Arten machen zusammen 12.4 % aller Arten aus, wo-

bei der Anteil der stammsukkulenten Arten den der blattsukkulenten Arten deutlich überwiegt. Insbesondere im Bereich der Siedlungsplätze wurden geophytische Arten, die insgesamt mit 3.9 % vertreten sind, dokumentiert. Vergleichsweise gering ist die Anzahl der erfaßten Epiphyten. An dieser Stelle, sei nochmals darauf hingewiesen, daß Arten je nach Ausprägung von Standortfaktoren unterschiedliche Lebensformen aufweisen können. Als Beispiele seien hier *Pupalia lappacea* und *Aptosimum lineare* mit teilweise annueller, teilweise aber auch chamaephytischer Lebensform genannt.

In Kap. 5.3.4.4 ist dargestellt worden, daß die 90er Jahre im Kaokoland durch Regenzeiten mit zumeist unterdurchschnittlichen Niederschlägen gekennzeichnet waren. Eine Folge sind schlechte Etablierungsbedingungen für Pflanzenarten. Insbesondere bei den krautigen Arten und den Gräsern wäre bei durchschnittlichen oder überdurchschnittlichen Regenjahren mit einer Erhöhung der durch die Vegetationsaufnahmen dokumentierten Artenzahlen zu rechnen.

Tab. 6: Taxonomische Zuordnung der durch die Vegetationsaufnahmen dokumentierten Arten

Familie	Anzahl der Gattungen (Arten)	Gattungen (identifizierte Arten [nicht identifizierte Belege der Gattung])
<i>Fabaceae</i>	19 Gattungen (33 Arten) (dazu <i>Fabaceae</i> -Beleg mit unbekannter Gattung: 1)	<i>Acacia</i> (10), <i>Adenolobus</i> (2), <i>Albizia</i> (2), <i>Colophospermum</i> (1), <i>Crotalaria</i> (1 [2]), <i>Dichrostachys</i> (1), <i>Elephantorrhiza</i> (1), <i>Indigostrum</i> (2 [10]), <i>Indigofera</i> (3 [9]), <i>Mundulea</i> (1), <i>Neorautanenia</i> (1), <i>Parkinsonia</i> (1), <i>Peltophorum</i> (1), <i>Pterocarpus</i> (1), <i>Ptychlobium</i> (1), <i>Rhynchosia</i> (1 [1]), <i>Senna</i> (1), <i>Sesbania</i> (1), <i>Tephrosia</i> (1 [3])
<i>Poaceae</i>	20 Gattungen (38 Arten) (dazu <i>Poaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 15)	<i>Anthephora</i> (1), <i>Aristida</i> (2), <i>Brachiaria</i> (1), <i>Cenchrus</i> (1), <i>Dactyloctenium</i> (1), <i>Enneapogon</i> (2), <i>Enteplocamia</i> (1), <i>Eragrostis</i> (10), <i>Fingerhutia</i> (1), <i>Melinis</i> (1), <i>Microchloa</i> (1), <i>Monelytrum</i> (1), <i>Panicum</i> (2), <i>Pogonarthria</i> (2), <i>Schmidia</i> (2), <i>Setaria</i> (1), <i>Sporobolus</i> (1), <i>Stipagrostis</i> (4 [7]), <i>Tragus</i> (2), <i>Urochloa</i> (1)
<i>Acanthaceae</i>	9 Gattungen (19 Arten) (dazu <i>Acanthaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 2)	<i>Barleria</i> (2), <i>Blepharis</i> (2 [2]), <i>Hypoestes</i> (1), <i>Justicia</i> (2), <i>Megalochlamys</i> (1), <i>Monechma</i> (3), <i>Peristrophe</i> (1), <i>Petalidium</i> (6 [4]), <i>Ruellia</i> (1)
<i>Euphorbiaceae</i>	7 Gattungen (17 Arten)	<i>Acalypha</i> (2), <i>Bridelia</i> (1), <i>Croton</i> (2), <i>Dalechampia</i> (1), <i>Euphorbia</i> (8 [1]), <i>Phyllanthus</i> (2), <i>Spirostachys</i> (1)
<i>Burseraceae</i>	1 Gattungen (15 Arten)	<i>Commiphora</i> (15 [1])
<i>Asteraceae</i>	12 Gattungen (13 Arten) (dazu <i>Asteraceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 11)	<i>Acanthospermum</i> (1), <i>Antiphonia</i> (1), <i>Baccharoides</i> (1), <i>Bidens</i> (1), <i>Dicoma</i> (1), <i>Geigeria</i> (3), <i>Helichysum</i> (0 [3]), <i>Hirpicium</i> (1), <i>Kleinia</i> (1), <i>Osteospermum</i> (1 [3]), <i>Pechuel-Loeschea</i> (1), <i>Tarconanthus</i> (1)
<i>Capparaceae</i>	4 Gattungen (12 Arten)	<i>Boscia</i> (3), <i>Cadaba</i> (1), <i>Cleome</i> (6 [1]), <i>Maerua</i> (2)
<i>Amaranthaceae</i>	10 Gattungen (11 Arten) (dazu <i>Amaranthaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 2)	<i>Achyranthus</i> (1), <i>Aerva</i> (1), <i>Amaranthus</i> (2), <i>Alternanthera</i> (1), <i>Calicorema</i> (1), <i>Leucosphaera</i> (1), <i>Marcelllopsis</i> (1), <i>Nelsia</i> (1), <i>Pupalia</i> (1), <i>Sericorema</i> (1)
<i>Lamiaceae</i>	6 Gattungen (8 Arten) (dazu <i>Lamiaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 2)	<i>Acrotome</i> (1), <i>Clerodendrum</i> (1), <i>Leonotis</i> (1), <i>Leucas</i> (2), <i>Ocimum</i> (2), <i>Tinnea</i> (1)
<i>Malvaceae</i>	4 Gattungen (6 Arten) (dazu <i>Malvaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 3)	<i>Abutilon</i> (1 [1]), <i>Gossypium</i> (2), <i>Hibiscus</i> (2 [1]), <i>Pavonia</i> (1 [2])
<i>Sterculiaceae</i>	4 Gattungen (6 Arten)	<i>Hermannia</i> (3 [6]), <i>Melhania</i> (1), <i>Sterculia</i> (1), <i>Waltheria</i> (1)
<i>Tiliaceae</i>	1 Gattung (6 Arten)	<i>Grewia</i> (6 [1])
<i>Cucurbitaceae</i>	5 Gattungen (6 Arten) (dazu <i>Cucurbitaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 2)	<i>Citrullus</i> (1), <i>Corallocarpus</i> (1), <i>Cucumis</i> (2), <i>Dactyliandra</i> (1), <i>Momordica</i> (1)
<i>Convolvulaceae</i>	4 Gattung (5 Arten)	<i>Evolvulus</i> (1), <i>Ipomoea</i> (2 [1]), <i>Merremia</i> (1), <i>Seddera</i> (1)
<i>Zygophyllaceae</i>	2 Gattungen (5 Arten)	<i>Tribulus</i> (2 [1]), <i>Zygophyllum</i> (3)
<i>Molluginaceae</i>	2 Gattungen (6 Arten)	<i>Corbichonia</i> (1), <i>Limeum</i> (5)
<i>Rubiaceae</i>	5 Gattungen (5 Arten) (dazu <i>Rubiaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 1)	<i>Amphisma</i> (1), <i>Oldenlandia</i> (1), <i>Pavetta</i> (1), <i>Vangueria</i> (1), <i>Kohautia</i> (1)
<i>Boraginaceae</i>	2 Gattungen (7 Arten)	<i>Ehretia</i> (1), <i>Heliotropium</i> (6 [8])
<i>Portulacaceae</i>	3 Gattungen (4 Arten) (dazu <i>Portulacaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 1)	<i>Ceraria</i> (1), <i>Portulaca</i> (2), <i>Talinum</i> (1 [2])
<i>Scrophulariaceae</i>	4 Gattungen (5 Arten) (dazu <i>Scrophulariaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 3)	<i>Aptosimum</i> (2 [1]), <i>Hiernia</i> (1), <i>Lindernia</i> (1), <i>Peliosomum</i> (1 [1])
<i>Solanaceae</i>	2 Gattungen (4 Arten) (dazu <i>Solanaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 2)	<i>Lycium</i> (2), <i>Solanum</i> (2 [3])
<i>Nyctaginaceae</i>	3 Gattungen (6 Arten)	<i>Boerhavia</i> (3), <i>Commicarpus</i> (2), <i>Phaeoptilum</i> (1)
<i>Asclepiadaceae</i>	3 Gattungen (2 Arten) (dazu <i>Asclepiadaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 1)	<i>Fockea</i> (1), <i>Hoodia</i> (1), <i>Stapelia</i> (0 [3])
<i>Pedaliaceae</i>	3 Gattungen (3 Arten)	<i>Pterodiscus</i> (1), <i>Sesamothamnus</i> (1), <i>Sesamum</i> (1 [2])
<i>Geraniaceae</i>	2 Gattungen (3 Arten) (dazu <i>Geraniaceae</i> -Belege mit unbekannter Gattung: 1)	<i>Monsonia</i> (2), <i>Sarcocaulon</i> (1)
<i>Apocynaceae</i>	3 Gattungen (3 Arten)	<i>Adenium</i> (1), <i>Pachypodium</i> (1), <i>Strophanthus</i> (1)
<i>Combretaceae</i>	2 Gattungen (3 Arten)	<i>Combretum</i> (2), <i>Terminalia</i> (1)
<i>Rhamnaceae</i>	3 Gattungen (3 Arten)	<i>Berchemia</i> (1), <i>Helinus</i> (1), <i>Ziziphus</i> (1)
<i>Aizoaceae</i>	4 Gattungen (5 Arten)	<i>Aizoon</i> (1), <i>Aizoanthemum</i> (2), <i>Sesuvium</i> (1), <i>Trianthema</i> (1)
<i>Bignoniaceae</i>	2 Gattungen (2 Arten)	<i>Catophractes</i> (1), <i>Rhigozum</i> (1)
<i>Loranthaceae</i>	2 Gattungen (2 Arten)	<i>Oncocalyx</i> (1), <i>Tapinanthus</i> (1)
<i>Rutaceae</i>	2 Gattungen (2 Arten)	<i>Thamnosma</i> (1), <i>Zanthoxylum</i> (1)
<i>Vitaceae</i>	2 Gattungen (2 Arten)	<i>Cissus</i> (1), <i>Cyphostemma</i> (1)
Familien, vertreten mit einer Gattung und einer Art		
<i>Amaryllidaceae</i> (<i>Nerine</i>), <i>Arecaceae</i> (<i>Hyphaena</i>), <i>Asparagaceae</i> (<i>Protasparagus</i>), <i>Asphodelaceae</i> (<i>Aloe</i>), <i>Balanitaceae</i> (<i>Balanites</i>), <i>Bombaceae</i> (<i>Adansonia</i>), <i>Brassicaceae</i> (<i>Erucastrum</i>), <i>Caryophyllaceae</i> (<i>Spergularia</i>), <i>Celastraceae</i> (<i>Gymnosponia</i>), <i>Chenopodiaceae</i> (<i>Salsola</i>), <i>Commelinaceae</i> (<i>Commelina</i>), <i>Crassulaceae</i> (<i>Kalanchoe</i>), <i>Cyperaceae</i> (2 Belege mit unbekannter Gattung), <i>Ebenaceae</i> (<i>Euclea</i>), <i>Eriosepimaceae</i> (<i>Eriosepimum</i>), <i>Gisekiaceae</i> (<i>Gisekia</i>), <i>Menispermaceae</i> (<i>Tinospora</i>), <i>Montiniaceae</i> (<i>Montinia</i>), <i>Moringaceae</i> (<i>Moringa</i>), <i>Myrothamnaceae</i> (<i>Myrothamnus</i>), <i>Olacaceae</i> (<i>Ximenia</i>), <i>Ophioglossaceae</i> (<i>Ophioglossum</i>), <i>Passifloraceae</i> (<i>Adenia</i>), <i>Periplocaceae</i> (<i>Curroria</i>), <i>Polygalaceae</i> (<i>Polygala</i>), <i>Polygonaceae</i> (1 Beleg mit unbekannter Gattung), <i>Ptaeroxylaceae</i> (<i>Ptaeroxylon</i>), <i>Pteridaceae</i> (<i>Actiniopteris</i> , 1 Beleg mit unbekannter Gattung), <i>Salvadoraceae</i> (<i>Salvadora</i>), <i>Sansevieriaceae</i> (<i>Sansevieria</i>), <i>Simaroubaceae</i> (<i>Kirkia</i>), <i>Urticaceae</i> (<i>Forsskaolea</i>), <i>Velloziaceae</i> (<i>Xerophyta</i>), <i>Verbenaceae</i> (<i>Chascanum</i>), <i>Welwitschiaceae</i> (<i>Welwitschia</i>)		

6.2 Vegetationsökologische Transektanalyse

6.2.1 Einleitung

Entlang der drei Transekte Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park sind insgesamt 387 Vegetationsaufnahmen erfaßt worden. Bevor eine Diskussion der floristischen, physiognomischen und syntaxonomischen Strukturen entlang der Transekte erfolgt, sollen die durch die Aufnahmeflächen dokumentierten abiotischen Standortfaktoren genauer dargestellt werden.

6.2.2 Erfaßte Standorttypen

Wenn auch die mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente im Untersuchungsgebiet die Hauptdeterminanten für die großräumige Ausprägung unterschiedlicher Vegetationstypen mit variierenden floristischen und physiognomischen Merkmalen sind, so kommt der naturräumlichen Ausstattung des Gebietes eine entscheidende Bedeutung im Hinblick auf die Variabilität der Standortbedingungen zu. So können kleinräumig variable Standortbedingungen wie z.B. chemischer und physikalischer Bodeneigenschaften oder Reliefheterogenität zu einer deutlichen Erhöhung der Artenzahl und Artendiversität eines Raumes führen (WHITTAKER 1972, BOND 1989, PALMER & DIXON 1990, MONTAÑA 1990). Die biotische Diversität eines Raumes ist dabei als eine Funktion seiner ‚Geodiversität‘ bzw. ‚Landschafts-Diversität‘ aufzufassen (COWLING 1990, COWLING et al. 1997, LAWTON 1997, BEIERKUHNLEIN 1998, LESER & NAGEL 1998). Mit dem Ziel, ein möglichst hohes Maß der durch die Geodiversität des Raumes bedingten Vielfältigkeit von Vegetationsmustern dokumentieren zu können, wurden an allen Hauptstandorttypen eines Transektabschnittes Vegetationsaufnahmen erfaßt. Durch die zumeist siedlungsferne Positionierung der Vegetationsaufnahmen wurde versucht, den Faktor der anthropogenen Nutzung in seiner Bedeutung für die Überprägung der Vegetation möglichst gering zu halten. Trotzdem ist für jede der erfaßten Vegetationsaufnahmen von einer anthropogenen Überprägung der Vegetation mit unterschiedlichen Intensitäten auszugehen. Je nach Art und Intensität der Störung kann sich daraus eine Erhöhung oder Senkung der floristischen Diversität und eine Homogenisierung oder Heterogenisierung von Vegetationsmustern ergeben (vgl. dazu AUERBACH & SHMIDA 1987, KOLASA & ROLLO 1991, COLLINS 1995, VAN DER MERWE & KELLNER 1999).

Die entlang der drei Transekte bearbeiteten Vegetationsaufnahmen stellen gewissermaßen eine Stichprobe aus der Grundgesamtheit aller unterschiedlichen Standortbedingungen im Untersuchungsgebiet dar. Diese Stichprobe ist anhand ihrer abiotischen Merkmale charakterisierbar. Wie bereits in Kap. 5.2 dargestellt wurde, durchqueren die drei Transekte mit unterschiedlichen Abschnittanteilen die Naturräume ‚Randschwellen-Bergland‘, ‚Escarpment-Zone‘ und ‚Vornamib‘ (vgl. auch Abb. 9, S. 43). Als wesentliches Merkmal für die Naturraumabgrenzung war in Kap. 5.2 das Relief herangezogen worden. Die verschiedenen Naturräume werden durch die Dominanz bestimmter Relieftypen geprägt. So stellt sich der zum Untersuchungsgebiet zählende Teil der Vornamib weitestgehend als ein wenig reliefierter Raum dar, während im Gegensatz dazu die Escarpment-Zone ein besonders bewegtes Relief aufweist. Die entlang der Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen lassen sich im Hinblick auf ihre Position im Relief insgesamt fünf Standorttypen zuordnen (Tab. 7).

Am häufigsten sind bei allen Transekten Ebenenstandorte, Fußhangstandorte und Mittelhangstandorte erfaßt worden. Kuppenlagen und Talstandorte/Rivier haben insgesamt eine geringe Bedeutung als Standorte für die Vegetationsaufnahmen. Die Talstandorte stehen lediglich im Falle des südlichen Transekts, das zu einem großen Teil durch das Tal des Gomatum und das Becken des Hoanib verläuft, stärker im Vordergrund. Auch wenn versucht wurde, eine gleiche Anzahl von Vegetationsaufnahmen an den einzelnen Standorttypen zu erheben, ergeben sich aus den naturräumlichen Gegebenheiten des Gebietes unterschiedliche Zahlen für die einzelnen Standorttypen sowohl im Vergleich der drei Transekte, als auch für jedes Transekt im Vergleich der Anzahl der in den einzelnen Naturräumen erfaßten Aufnahmeflächen (vgl. Tab. 7 und Tab. 9, S. 80).

Tab. 7: Anzahl der Vegetationsaufnahmen entlang der drei Transekte an verschiedenen Standorttypen

Standorttyp	Anzahl der Vegetationsaufnahmen		
	nördliches Transekt	mittleres Transekt	südliches Transekt
Ebene	58 Aufnahmen	40 Aufnahmen	24 Aufnahmen
Fußhang	35 Aufnahmen	61 Aufnahmen	18 Aufnahmen
Mittelhang	37 Aufnahmen	60 Aufnahmen	23 Aufnahmen
Kuppe	2 Aufnahmen	2 Aufnahmen	-
Tal/Rivier	-	3 Aufnahmen	24 Aufnahmen
Summe	132 Aufnahmen	166 Aufnahmen	89 Aufnahmen

Die verschiedenen Standorttypen lassen sich durch zahlreiche Merkmale charakterisieren. Die Unterscheidung von z.B. Ebenen, Fußhangstandorten und Mittelhangstandorten impliziert, daß die Aufnahmeflächen durch unterschiedliche Hangneigungen geprägt sind. Wie Tab. 8 zeigt, nimmt der Feinmaterialanteil der Standorte mit zunehmender Hangneigung bei allen Transekten stark ab. Gleichzeitig steigt der Anteil der Steinfraktion und der Blockfraktion deutlich an. Auch der Anteil des anstehenden Gestein am Oberflächenmaterial ist positiv mit einer zunehmenden Hangneigung korreliert.

Tab. 8: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen mit Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials

(SPEARMAN'scher Rangkorrelationskoeffizient; Signifikanz mit *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$; kursiv dargestellte Werte erfüllen diese Signifikanzkriterien nicht)

Korngrößengruppen	Nördliches Transekt	Mittleres Transekt	Südliches Transekt
	Hangneigung	Hangneigung	Hangneigung
Feinmaterial ($\varnothing < 0.2$ cm)	-0.5714***	-0.4772***	-0.6084***
Material $\varnothing 0.2$ cm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittel- kies)	-0.2369**	-0.5520***	<i>0.0049</i>
Material $\varnothing 2$ cm bis 6 cm (Grobgrus bzw. Grobkies)	0.3133***	-0.1523*	0.3164**
Steine ($\varnothing 6$ cm bis 20 cm)	0.6458***	0.5058***	0.6647***
Blöcke ($\varnothing 20$ cm bis 60 cm)	0.5602***	0.7328***	0.6958***
Material $\varnothing > 60$ (anstehendes Gestein)	0.5432***	0.5802***	0.6988***
Kruste	-0.2694**	-0.4076**	<i>0.0465</i>

Wenn auch die dargestellten Korngrößenverteilungen nur die Bedingungen an der Oberfläche widerspiegeln, lassen sie doch den Schluß zu, daß sich die Standorttypen auch in vertikaler Richtung im Hinblick auf bodenphysikalische Eigenschaften deutlich unterscheiden. So sind eine starke Hangneigung aufweisende Standorte häufig durch flachgründige Substrat- bzw. Schuttdecken gekennzeichnet (vgl. Bodenprofil 15, Anhang). Hier ist das Feinmaterial häufig in den durch das gröbere Material gebildeten Spalten und Mulden akkumuliert und bildet damit im Vergleich zum feinmaterialfreien Teil der Aufnahme­fläche kleinräumig einen anderen Standorttyp, als ihn der Hauptteil der Aufnahme­fläche darstellt. Dies führt zu dem Schluß, daß bodenchemische Faktoren wie der Gehalt an wasserlöslichen Salzen sowie die Ionen-Konzentration in der Bodenlösung an feinmaterialarmen Standorten in ihrer Bedeutung für die unterschiedlichen Ausprägungen von Vegetationsmustern deutlich hinter die bodenphysikalischen Faktoren zurücktreten (vgl. Kap. 4.3). Dies betrifft im Arbeitsgebiet insbesondere stärker geneigte Fußhang- und Mittelhanglagen.

Die vegetationsdifferenzierende Bedeutung unterschiedlicher Anteile der Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche ist vor allem im Hinblick auf die Wasserversorgung der Pflanzen hervorzuheben. So dringt Wasser auf einer Fläche mit hohem Anteil grobem Material nicht gleichmäßig in das Substrat ein, sondern sammelt sich, gelenkt durch die Hangneigung bzw. das Mikrorelief des Standortes, in Spalten und Klüften. Führen diese Spalten und Klüfte tiefer in das Substrat, so ist das Wasser gegen Verdunstung weitgehend geschützt und kann von an derartige Standorte angepaßten Arten genutzt werden. Den entsprechenden Individuen kann so ein Mehrfaches der flächenbezogenen Wassermenge zur Verfügung stehen (vgl. WALTER 1939a:814f, ALIZAI & HULBERT 1970, NOY-MEIR 1973:34ff, SHMIDA & BURGESS 1988, BORNKAMM & KEHL 1990, WALTER & BRECKLE 1991a:127f, KEHL & BORNKAMM 1993, WARD et al. 1993, PATTEN & ELLIS 1995, SCHREIBER et al. 1995, DANIN 1999a, 1999b). Edaphisch feuchte Standorte, wie sie im Arbeitsgebiet z.B. die Riviere und grobmaterialreichen Hanglagen darstellen, können dabei von Arten besiedelt werden, die in ihrem zonalen Verbreitungsgebiet andere Biotope nutzen. Ein solcher Biotopwechsel einer Art innerhalb ihres Areals erfolgt aufgrund zeitlicher oder räumlicher Veränderungen der klimatischen Standortfaktoren. Eine zentrale Rolle spielen dabei der Wasserfaktor und der Temperaturfaktor (FREY & LOESCH 1998:24). Aus ihren Untersuchungen über den klimabedingten Biotopwechsel namibischer Pflanzenarten entwickelten WALTER & WALTER (1953) das „Gesetz der relativen Standortskonstanz“ (vgl. WALTER 1990:47f „Gesetz vom Biotopwechsel und der relativen Standortkonstanz“). Die zur Formulierung dieses Gesetzes führenden ökologischen Grundzusammenhänge stehen im Mittelpunkt der in den Kap. 6.2.4 bis Kap. 6.2.5.5 gemachten Aussagen über die im Arbeitsgebiet zu erkennenden Standortbindungen der verschiedenen Arten, Lebensformgruppen und Pflanzengemeinschaften.

Faßt man die in Tab. 8 dargestellten Korngrößengruppen aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit zu den Gruppen ‚Feinmaterial‘ (Korngröße < 2 mm), ‚mittelgrobes Material‘ (Korngröße 2 mm bis 6 cm, Grus bzw. Kies) und ‚grob­es Material‘ (Korngröße > 6 cm, Krusten, anstehendes Material) zusammen, so wird anhand von Abb. 29 deutlich, daß sich die Transektverläufe hinsichtlich der Bedeutung der Gruppen unterscheiden. Auch entlang eines Transekts zeigen sich verschiedene Abschnitte, die durch wechselnde Dominanz zwischen den einzelnen Gruppen gekennzeichnet sind.

Im Falle des nördlichen Transekts (Abb. 29A) zeigt sich, daß insbesondere die in der Vornamib erfaßten Vegetationsaufnahmen durch die Korngrößengruppe ‚mittelgrobes Material‘ dominiert werden. Diese Standorte sind gleichzeitig feinmaterialarm. Mit dem Eintritt in die Escarpment-Zone nimmt nun nach Osten die Bedeutung des ‚grob­en Materials‘ und des Feinmaterials deutlich zu. Die

Grenze zwischen der Escarpment-Zone und dem Randschwellen-Bergland schlägt sich nicht in einer drastischen Änderung der Anteile der unterschiedlichen Korngrößengruppen nieder. Wie auch beim mittleren Transekt zeigt sich aber, daß selbst topographisch eng benachbarte Standorte extrem unterschiedliche Bedingungen hinsichtlich der Anteile der verschiedenen Korngrößengruppen aufweisen können.

Beim mittleren Transekt ist ein deutlicher Anstieg des Feinmaterialanteils am Oberflächenmaterial der Aufnahmeflächen mit dem Übergang von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland zu erkennen (Abb. 29B). Dies ist vor allem auf die durch tiefgründige, feinmaterialreiche Sedimente geprägten Beckenlagen zurückzuführen, die vom östlichen Abschnitt des Transekts gequert werden. Gleichartige Beckenlagen liegen in der Escarpment-Zone und in der Vornamib nicht vor. Im Falle der Vornamib kommt es zudem durch Winderosion zu einer sekundären Anreicherung von mittelgrobem bis grobem Material an der Oberfläche. Auffällig ist die antagonistische Ausprägung der Anteile des ‚mittelgroben Materials‘ und des ‚groben Materials‘ im Verlauf des mittleren Transekts.

Die Aufnahmeflächen des südlichen Transekts werden bis zum Eintritt des Transekts in das Randschwellen-Bergland durch ‚mittelgrobes Material‘ geprägt (Abb. 29C). Während auch hier die Vornamib-Standorte grundsätzlich feinmaterialarm sind, tritt diese Korngrößenfraktion im Bereich der Escarpment-Zone stärker in den Vordergrund. Hier verläuft das Transekt in dem von alluvialen Sedimenten geprägten Tal des Gomatum. Vor allem die im Randschwellen-Bergland erfaßten Ebenenstandorte zeigen ebenfalls einen hohen Feinmaterialanteil. Diese Standorte werden durch die vom Hoanib bzw. seinen Vorflutern herbeigeführten Sedimente gekennzeichnet.

Tab. 9 (S. 80) charakterisiert die in Kap. 5.2 abgegrenzten Naturräume anhand der durch die Vegetationsaufnahmen erfaßten Standorttypen. Die die Hangneigung der Aufnahmeflächen betreffenden Angaben machen deutlich, daß sich die einzelnen Standorttypen hinsichtlich dieses Merkmals deutlich unterscheiden. So liegt die Hangneigung der Ebenenstandorte zwischen 0 bis 5 %. Die Fußhangstandorte können eine Hangneigung bis 26 % aufweisen. Bei den Mittelhangstandorten wurden Aufnahmeflächen mit einer Hangneigung von bis zu 64 % dokumentiert. Daneben wird deutlich, daß die unterschiedlichen Reliefbedingungen zweier Naturräume dazu führen können, daß prägende Standorte des einen Raumes wie z.B. Mittelhanglagen mit 30 bis 50 % Hangneigung, in einem anderen Naturraum nicht in gleichem Maße oder gar nicht vertreten sind. Die aufgrund ihrer Reliefsituation zu einem Standorttyp zusammengefaßten Standorte der Aufnahmeflächen lassen sich aufgrund weiterer abiotischer aber auch biotischer Einflußfaktoren weiter unterscheiden. Unterschiedliche Expositionen von Aufnahmeflächen können kleinräumige Unterschiede in Vegetationsmustern bedingen. So ist an einem zur Hauptwindrichtung exponierten Hang mit einer stärkeren Evapotranspiration zu rechnen, als an einem leeseitigen Standort. Im Hinblick auf Energiebilanzen spielen Expositionsunterschiede im äquatornahen Raum eine wesentlich geringere Rolle als z.B. in den mittleren Breiten. Doch gerade in der Etablierungsphase von Individuen können selbst geringe Unterschiede in der Temperatur des Standortes eine große Bedeutung erlangen (CHOINSKI & TUOHY 1991, KUTIEL & LAVER 1999). So war es das Ziel neben der Erfassung aller für einen Transektabschnitt charakteristischen Standorttypen auch die durch verschiedene Expositionen geprägten Standorte zu dokumentieren. Abb. 30 (S. 81) zeigt die Anzahl der mit verschiedenen Expositionen erfaßten Vegetationsaufnahmen.

Es wird deutlich, daß die im Rahmen dieser Arbeit erfaßten Standorttypen als potentielle Wuchsorte für Pflanzen unterschiedliche Habitattypen darstellen. Im Folgenden soll dargestellt werden, von

welchen Standortbedingungen sich die Ausprägungen der vegetationsökologischen Kenngrößen Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness der Vegetationsaufnahmen ableiten lassen.

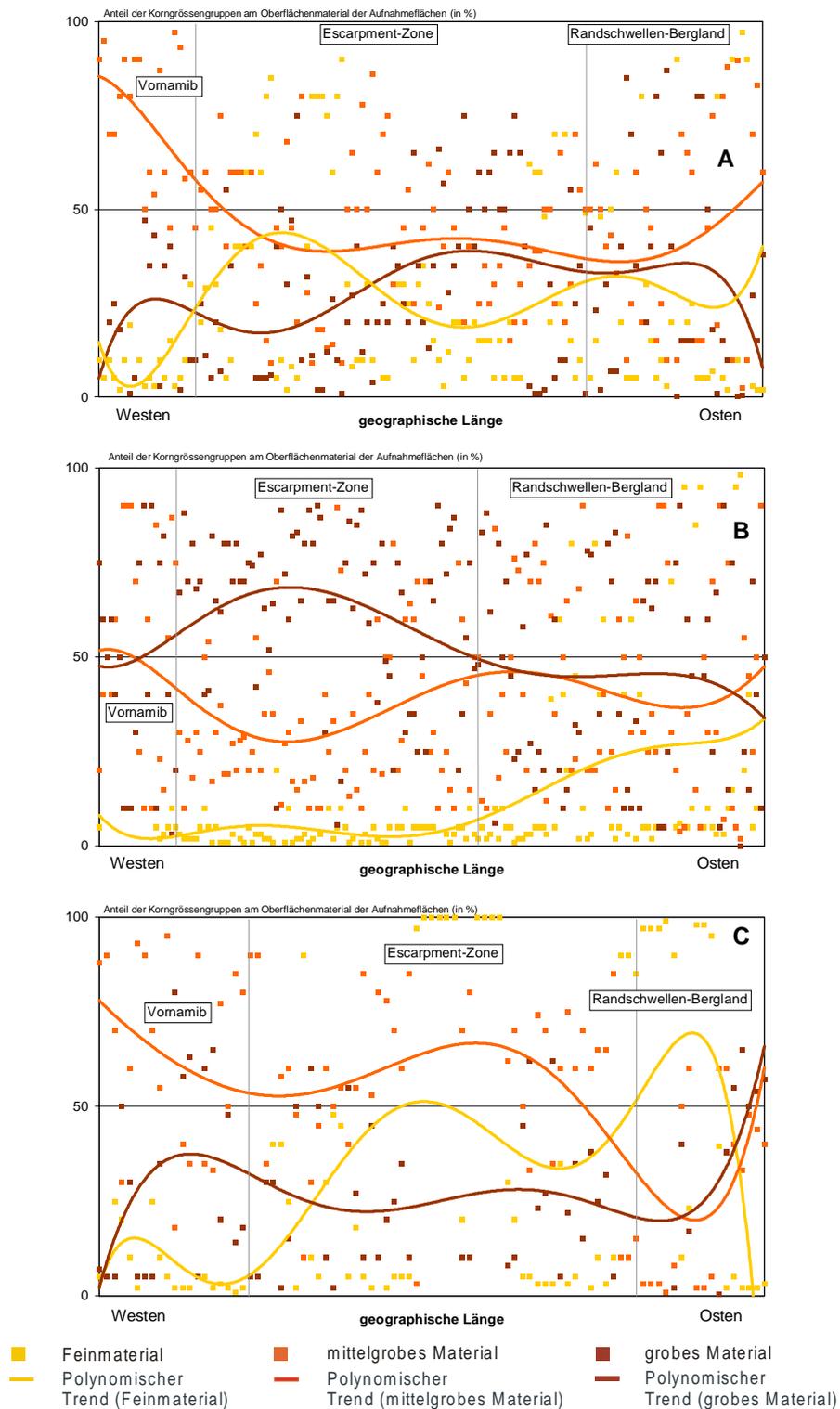


Abb. 29: Anteil verschiedener Korngrössengruppen am Oberflächenmaterial der an den drei Transekten A) Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, B) Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und C) Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfassten Aufnahmeflächen

(Feinmaterial: \varnothing bis 2mm; mittelgrobes Material: \varnothing 2 mm bis 6 cm, Kies bzw. Grus; grobes Material: \varnothing > 6 cm (inkl. anstehendes Gestein, Krusten))

Tab. 9: Verteilung der im Verlauf der drei Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen auf die Naturräume und Hauptstandorttypen mit Angaben über die Hangneigung der Aufnahmeflächen

Naturraum	Vornamib	Escarpment-Zone	Randschwellen-Bergland
Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (nördliches Transekt)			
Ebenenstandorte			
Vegetationsaufnahmen	12	30	15
<u>Hangneigung</u>			
Min.	0	0	0
Max.	5	5	2
Ø	1.3	1.5	0.3
Stdabw.	1.6	1.5	0.7
Fußhangstandorte			
Anzahl	5	19	12
<u>Hangneigung (%)</u>			
Min.	3	1	2
Max.	20	18	19
Ø	10.5	5.9	10.3
Stdabw.	7.6	4.01	6.1
Mittelhangstandorte			
Anzahl	5	22	10
<u>Hangneigung (%)</u>			
Min.	9	3	7
Max.	21	32	40
Ø	18	10.9	29.3
Stdabw.	5.1	8.9	11
Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park (mittleres Transekt)			
Ebenenstandorte			
Anzahl	2	11	27
<u>Hangneigung</u>			
Min.	1	0	0
Max.	1	4	4
Ø	1	1.3	0.9
Stdabw.	0	1.3	1.1
Fußhangstandorte			
Anzahl	7	32	22
<u>Hangneigung (%)</u>			
Min.	2	2	3
Max.	26	26	22
Ø	14.3	11.5	9.9
Stdabw.	10.4	5.3	5.9
Mittelhangstandorte			
Anzahl	9	27	24
<u>Hangneigung (%)</u>			
Min.	12	9	11
Max.	55	64	63
Ø	23.6	31.3	31.6
Stdabw.	15.8	13.6	12.4
Transekt Warmbad-Puros-Skeleton Coast Park (südliches Transekt)			
Ebenenstandorte			
Anzahl	5	10	9
<u>Hangneigung</u>			
Min.	1	1	0
Max.	4	3	5
Ø	2.2	2.2	0.6
Stdabw.	1.3	0.6	1.7
Fußhangstandorte			
Anzahl	5	11	2
<u>Hangneigung (%)</u>			
Min.	2	2	7
Max.	12	12	7
Ø	6	6.5	7
Stdabw.	3.8	3.9	0
Mittelhangstandorte			
Anzahl	10	7	6
<u>Hangneigung (%)</u>			
Min.	10	16	15
Max.	35	45	40
Ø	21.7	23.6	28.2
Stdabw.	7.5	10.6	9.9
Talstandorte/Rivier			
Anzahl	0	21	3
<u>Hangneigung (%)</u>			
Min.		1	1
Max.		26	2
Ø		5.5	1.3
Stdabw.		6.1	0.6

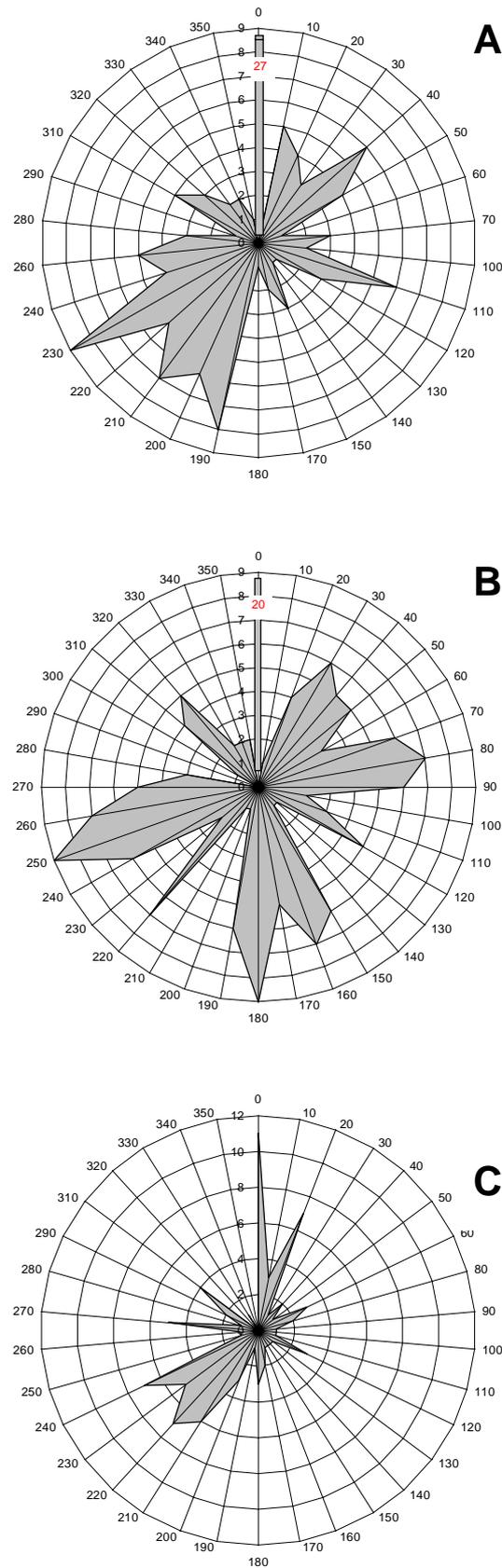


Abb. 30: Anzahl der Vegetationsaufnahmen mit unterschiedlicher Exposition für A) das Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, B) das Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und C) das Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park

6.2.3 Steuernde Faktoren für die Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness der Vegetationsaufnahmen

Abb. 31 und Abb. 32 (S. 92 u. S. 93) zeigen die Artzahl, Gesamtdeckung und Evenness der im Verlauf der drei Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen. Deutlich ist sichtbar, daß sich sowohl die drei Transekte als auch die von den drei Transekten durchquerten Naturräume hinsichtlich dieser Kenngrößen unterscheiden.

Im Hinblick auf die Gesamtdeckung und die Artenzahl der Vegetationsaufnahmen lassen sich beim Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (nördliches Transekt) drei Abschnitte abgrenzen, die im wesentlichen den in Kap. 5.2 beschriebenen Naturräumen Vornamib, Escarpment-Zone und Randschwellen-Bergland zuzuordnen sind. Während die Aufnahmen des westlichen, die Vornamib querenden Transektabschnitts relativ geringe Gesamtdeckungen und Artenzahlen aufweisen, ist für den mittleren, in der Escarpment-Zone liegenden Abschnitt des Transekts ein deutlicher Anstieg dieser Parameter zu erkennen. Für die im Bereich des östlichen Transektabschnitts (Randschwellen-Bergland) erfaßten Aufnahmen sind Artenzahlen und Gesamtdeckungen erkennbar, die nur geringfügig über denen der im Bereich der Vornamib erfaßten Vegetationsaufnahmen liegen. Dies ist insofern überraschend, als daß mit dem ost-west-gerichteten Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente für den östlichen Untersuchungsraum mit einer Jahresniederschlagsmenge von 300 bis 400 mm höhere Artenzahlen und Gesamtdeckungen der Vegetationsaufnahmen zu erwarten wären, als bei den im Bereich der Vornamib erfaßten Aufnahmen, wo die jährliche Niederschlagsmenge im Durchschnitt auf 50 bis 100 mm absinkt. Die Ausprägungen der Parameter Gesamtdeckung und Artenzahl werden bei genauerer Betrachtung der naturräumlichen Gegebenheiten entlang des nördlichen Transekts verständlich. Der westliche Transektabschnitt durchquert die Vornamib, wobei die mittlere Gesamtdeckung der in diesem Bereich erfaßten Vegetationsaufnahmen bei 2.5 % und die mittlere Artenzahl bei 6.2 liegt. Zur Gruppe dieser Vegetationsaufnahmen gehören sowohl Aufnahmen von Ebenenstandorten als auch etwas artenreichere Aufnahmen von Fußhangstandorten und Mittelhangstandorten (Abb. 33A, S. 94). Da sich diese Standorte besonders im Hinblick auf bodenphysikalische Merkmale z.T. deutlich unterscheiden und damit eine starke Habitatvielfalt vorliegt, ist davon auszugehen, daß die klimatischen Gegebenheiten westlich der Hartmannberge zu einer Senkung der Artendiversität im Vergleich zu den östlich anschließenden Transektbereichen führen. So stellen die Hartmannberge nach den östlicher gelegenen Höhenzügen der Randstufe und der Otjihipa-Berge die letzte Barriere für die in der Hauptsache von Nordosten heranziehenden Niederschläge vor der Vornamib dar (vgl. Abb. 9, S. 43). Charakteristische Arten dieser Aufnahmengruppe sind *Calicorema capitata*, *Stipagrostis hirtigluma* und auf Mittelhanglagen *Commiphora wildii* (vgl. Kap. 6.2.5.2.1.2). Auch im Bereich der White Hills, die einen südlichen Ausläufer der Hartmannberge darstellen, ist bei 12° 25' östl. L. trotz der größeren Standortvielfalt kaum ein Anstieg der Artenzahlen festzustellen. Die Gesamtdeckung der hier erfaßten Vegetationsaufnahmen liegt jedoch deutlich höher als bei den Aufnahmen der Vornamib. Bevor das Escarpment erreicht wird, durchquert das Transekt das von tiefgründigen, sandigen Sedimenten geprägte Marienflußtal. Dieser Transektabschnitt zeichnet sich durch geringe Artenzahlen bei relativ hohen Gesamtdeckungen der Vegetationsaufnahmen aus. Gleichzeitig liegen die Evenness-Werte hier durchweg relativ niedrig (Abb. 32A, S. 93). Das Marienflußtal wird in seinem durch das Transekt dokumentierten Teil von einem artenarmen homogenen Grasland geprägt, dessen Hauptart *Stipagrostis uniplumis* ist. Der Eintritt in den östlichen Teil der nördlichen Escarpment-Zone wird bei 12° 40' östl. L. am Van Zyls's Paß vollzogen. Bei vergleichsweise geringen Gesamtdeckungen der Vegetationsaufnahmen liegen die Artenzahlen des nach Osten anschließenden

den Transektabschnitts relativ hoch. So weist die bei $12^{\circ} 50'$ östl. L. erfaßte Vegetationsaufnahme 36 Arten pro 0.1 ha auf – dies ist im Hinblick auf die Artenvielfalt der Spitzenwert für das gesamte nördliche Transekt. Die Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen dieses Abschnitts verteilt sich relativ gleichmäßig auf die vertretenen Arten. Dies drückt sich in vergleichsweise hohen Evenness-Werten aus (Abb. 32A). Die bis zum Übergang von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland bei $13^{\circ} 15'$ östl. L. erfaßten Vegetationsaufnahmen zeigen im Schnitt die höchsten Artenzahlen und Gesamtdeckungen des gesamten Transekts. Diese Vegetationsaufnahmen dokumentieren die hohe Standort-Variabilität dieses Bereichs sowie seine Eigenschaften als Niederschlagsgunstgebiet des nördlichen Transekts. Östlich des Randstufenbereichs erreicht das Transekt bei Otjitanda eine nur relativ schwach reliefierte Hochebene, die sich auf einer Breite von bis zu 50 Kilometern zwischen dem Komplex der Zebraberger und den Steilrandbergen über den Kunene bis nach Angola erstreckt (vgl. Abb. 9, S. 43). Die regenbringenden Luftmassen können in diesem 900 bis 1600 m ü. NN liegenden Korridor ungehindert von Nordosten nach Südwesten ziehen, ohne höhere Gebirgszüge überqueren zu müssen. Die Trendkurven der Parameter Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness weisen diesen Transektabschnitt als sich deutlich von den westlich bzw. östlich liegenden Abschnitten unterscheidend aus und erreichen hier die höchsten Werte. Östlich von $13^{\circ} 15'$ östl. L. verläuft das Transekt bis Opuwo durch das Randschwellen-Bergland. Es quert die den Steilrandbergen südlich vorgelagerten Beckenlandschaften und liegt im Regenschatten dieses bis knapp 2000 m aufsteigenden Höhenzuges. Die in diesem Abschnitt erfaßten Vegetationsaufnahmen zeigen ähnliche Ausprägungen der Merkmale Gesamtdeckung und Artenzahl, wie die im oben besprochenen westlichsten Transektabschnitt bzw. im Bereich des niederschlagsärmeren zentralen Abschnitts des mittleren Transekts (vgl. Abb. 31B). Die Evenness-Werte der in diesem Bereich erfaßten Vegetationsaufnahmen weisen eine ähnliche Streuung auf wie die westlich des Van Zyl's Paß erfaßten Vegetationsaufnahmen (Abb. 32A).

Tab. 10 zeigt, daß für den Transektverlauf insgesamt eine positive Korrelation zwischen der Artenzahl der Vegetationsaufnahmen und dem Anteil von Material mit einem Korngrößendurchmesser von mehr als 6 cm am Oberflächenmaterial beschrieben werden kann. Im Gegensatz dazu sind Standorte mit einem hohen Anteil an Material mit einer Korngröße zwischen 0.2 cm bis 2 cm relativ artenarme Standorte. Daneben sind hohe Artenzahlen eher mit starken Hangneigungen verbunden. Weniger deutlich ausgeprägt korreliert auch die Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen positiv mit hohen Anteilen an Material mit einem Korngrößendurchmesser von mehr als 6 cm am Oberflächenmaterial. Ein Zusammenhang zwischen der Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen und der Hangneigung ist nicht festzustellen. Für die Evenness-Werte der Vegetationsaufnahmen ist ein positiver Zusammenhang mit dem Anteil von Material mit einer Korngröße zwischen 2 cm und 60 cm sowie der Hangneigung zu erkennen. Ein Zusammenhang zwischen der geographischen Länge als Multifaktor für die großräumig ost-west verlaufenden Klimagradienten und den drei Kenngrößen Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness liegt nicht vor. Dies ist als Hinweis darauf zu werten, daß die Gradienten der Klimaelemente im Verlauf des nördlichen Transekts nicht der großräumigen ost-west- bzw. nordost-südwest-Ausrichtung folgen, sondern besonders im östlichen Transektabschnitt eine Anpassung an die Reliefbedingungen zeigen. Dies ist in erster Linie eine Auswirkung des bis auf knapp 2000 m aufsteigenden Höhenzuges der Steilrandberge, der mit seiner Barrierefunktion das Regionalklima beeinflußt und zu abnormal niedrigen Niederschlagsmengen in seinem Regenschattengebiet führt.

Tab. 10: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahme­flächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korn­größen­fraktionen des Oberflächenmaterials mit der Artenzahl und der Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen für das Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park

(SPEARMAN'scher Rangkorrelationskoeffizient; Signifikanz mit *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$; kursiv dargestellte Werte erfüllen diese Signifikanzkriterien nicht)

Korn­größen­gruppen	Artenzahl	Gesamtdeckung (%)	Evenness
Feinmaterial ($\varnothing < 0.2$ cm)	-0.1292	0.0893	-0.1711*
Material $\varnothing 0.2$ cm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittel- kies)	-0.3499***	-0.2036*	-0.1675
Material $\varnothing 2$ cm bis 6 cm (Grobgrus bzw. Grobkies)	0.0633	-0.2337**	0.2028*
Steine ($\varnothing 6$ cm bis 20 cm)	0.4603***	0.1774*	0.2373**
Blöcke ($\varnothing 20$ cm bis 60 cm)	0.5584***	0.3242***	0.2281**
Material $\varnothing > 60$ (anstehendes Gestein)	0.5489***	0.3381***	0.1702
Kruste	-0.1155	-0.2264**	0.0839
Hangneigung	0.3848***	0.0732	0.2414**
Geographische Länge	0.1094	0.1944*	-0.1081

Auch für das Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park (mittleres Transekt) lassen sich hinsichtlich der Ausprägung der Parameter Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness drei Abschnitte abgrenzen, die überwiegend mit den unterschiedlichen Naturräumen zusammenfallen (Abb. 31B, Abb. 32B). Dabei sind insgesamt von Westen nach Osten ansteigende Artenzahlen und Gesamtdeckungen der Vegetationsaufnahmen erkennbar. Die Evenness-Werte sinken bei gleichzeitiger Verringerung ihrer Streuung von Westen nach Osten ab. Während die im Bereich der Vornamib erfaßten Aufnahmen relativ niedrige Artenzahlen und Gesamtdeckungen aufweisen, ist mit dem Eintritt in die Escarpment-Zone ein deutlicher Anstieg der drei Parameter zu erkennen. Im Vergleich zur überwiegend nur schwach reliefierten Vornamib weist dieser Raum eine wesentlich höhere Standortvielfalt auf. Im mittleren Teil des Transekts, etwa vom Austritt aus dem Schiefergebirge bei Okomutati bis Onganga, liegen die Artenzahlen und die Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen wieder etwas niedriger. Hier verläuft das Transekt durch das mehrere Kilometer weite, überwiegend durch Lockersedimente gekennzeichnete Tal des Hoarusib bzw. seiner tributären Riviere. Mit dem Eintritt in das Randschwellen-Bergland ist bis zum östlichen Transektende ein deutlicher Anstieg der Artenzahlen und Gesamtdeckungen der Vegetationsaufnahmen zu verzeichnen. Während die Artenzahlen häufig zwischen 20 und 40 liegen, sind für die Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen Werte zwischen 30 und 60 % prägend. Dabei ist die Streuung der Werte beider Parameter bei den hier erfaßten Vegetationsaufnahmen wesentlich höher als bei den in der Vornamib und der Escarpment-Zone erfaßten Vegetationsaufnahmen. Als Grund hierfür sind die im Osten wesentlich höheren Niederschlagsmengen zu deuten, die an den verschiedenen Standorttypen zur Herausbildung deutlich unterschiedlicher Vegetationstypen führen. Gleichzeitig sind diese Vegetationstypen häufig durch die Dominanz weniger Arten geprägt. Dies führt trotz vergleichsweise hoher Artenzahl und hoher Gesamtdeckung zu relativ niedrigen Evenness-Werten (Abb. 32B). Für den Transektverlauf zeigt sich eine

positive Korrelation der Artenzahl, der Gesamtdeckung und Evenness der Aufnahme­flächen mit der geographischen Länge des jeweiligen Standortes (Tab. 11). Dies läßt darauf schließen, daß die groß­räumig wirkenden Gradienten der Klimaelemente als wesentliche Faktoren die Ausprägung dieser Kenngrößen steuern und nicht wie beim nördlichen Transekt deutliche, reliefbedingte Abweichungen von den großräumig nordost-südwest-verlaufenden Gradienten auftreten. Daneben weisen Standorte mit einem hohen Anteil an Grus bzw. Kies relativ geringe Artenzahlen auf. Schwach ausgeprägt besteht auch ein negativer Zusammenhang zwischen dem Feingrus- bis Mittelgrus bzw. Feinkies- bis Mittelkiesanteil und der Evenness der Vegetationsaufnahme. Dagegen weisen Standorte mit einem hohen Anteil der Steinfraktion am Oberflächenmaterial häufig hohe Evenness-Werte auf. Dies ist im Zusammenhang mit der ebenfalls häufig geringen Gesamtdeckung dieser Standorte zu sehen, wohingegen die Artenzahl durch den Anteil der Steinfraktion am Oberflächenmaterial nicht beeinflusst wird. Hohe Gesamtdeckungen der Vegetationsaufnahmen sind deutlich mit einer östlichen Lage der Aufnahme­fläche (Niederschlagsgradient) korreliert und eher an feinmaterialreichen Standorten zu verzeichnen. Insgesamt zeigen weniger der hier betrachteten Standortfaktoren eine enge Korrelation mit den Ausprägungen der drei vegetationsökologischen Kenngrößen als beim nördlichen Transekt. Dies kann mit der die Wirkung der anderen Standortfaktoren überlagernden Bedeutung der mit den Niederschlägen verbundenen Klimagradi­enten begründet werden.

Tab. 11: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahme­flächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit der Artenzahl, der Gesamtdeckung und der Evenness der Vegetationsaufnahmen für das Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park

(SPEARMAN'scher Rangkorrelationskoeffizient; Signifikanz mit *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$; kursiv dargestellte Werte erfüllen diese Signifikanzkriterien nicht)

Standortfaktoren	Artenzahl	Gesamtdeckung (%)	Evenness
Feinmaterial ($\varnothing < 0.2$ cm)	0.1077	0.2377**	-0.1352
Material \varnothing 0.2 cm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies)	-0.2117**	0.0938	-0.2162*
Material \varnothing 2 cm bis 6 cm (Grobgrus bzw. Grobkies)	-0.3258***	0.1185	-0.1009
Steine (\varnothing 6 cm bis 20 cm)	0.0024	-0.2400**	0.3025***
Blöcke (\varnothing 20 cm bis 60 cm)	0.1858*	-0.1106	0.1386
Material $\varnothing > 60$ (anstehendes Gestein)	0.0858	-0.0928	0.1010
Kruste	0.0535	0.1930*	0.0595
Hangneigung	0.1889*	-0.0700	0.2173**
Geographische Länge	0.4770***	0.6494***	-0.3412***

Die Vegetationsaufnahmen des Transektiv Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park (südliches Transekt) weisen insgesamt sehr geringe Artenzahlen auf, wobei sich von Westen nach Osten ein mit dem mittleren Transekt vergleichbarer Trend ergibt (Abb. 31C). Der von Westen nach Osten zu erkennende Anstieg der Artenzahlen der Vegetationsaufnahmen spiegelt die großräumig wirkenden Gradienten der Klimaelemente wider. Dabei weist die im Vergleich mit dem nördlichen und dem mittleren Transekt geringere Amplitude der Trendlinie für die Artenzahlen bzw. die Gesamtdeckung auf einen schwächer ausgeprägten Gradienten der Klimaelemente hin. So kommt der Heterogenität

des Landschaftsraumes für den Verlauf des südlichen Transekts eine besondere Bedeutung zu. Die im Bereich des westlichen, durch die Vornamib verlaufenden Transektabschnitts erfaßten Vegetationsaufnahmen sind durch eine vergleichsweise hohe Artenzahl bei insgesamt geringer Gesamtdeckung geprägt.



Foto 2: Der Gomatium während der Regenzeit 1999 bei Tomakas

Der Artenreichtum ist hier dadurch zu erklären, daß durch die Vegetationsaufnahmen neben der als homogene Schuttfläche ausgeprägten Vornamib auch die überwiegend aus metamorphen Gesteinen aufgebauten Randhöhen der Nördlichen Namib mit erfaßt wurden. Mit dem Eintritt in das Tal des Gomatium östlich von Puros, sinkt die Artenzahl gegenüber dem westlichen Transektabschnitt etwas ab. Gleichzeitig steigt die Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen mit dem Eintritt des Transekts in die Escarpment-Zone deutlich an. Wie Abb.

35B (S. 96) zeigt, ist dies auf die dem Standorttyp ‚Tal/Rivier‘ zugeordneten Vegetationsaufnahmen zurückzuführen. Dieser Standorttyp tritt im Transektverlauf erst mit der Querung des Hoarusib bei Puros in Erscheinung, wo das Transekt dem Tal des Gomatium auf einer Länge von 60 km folgt. Das im Schnitt ca. 2,5 km weite Tal ist durch sandige und kiesige alluviale Sedimente gekennzeichnet (Foto 2). In bodenchemischer und bodenphysikalischer Hinsicht unterscheiden sich diese Standorte nur geringfügig und werden häufig von *Colophospermum mopane*, *Salvadora persica* sowie *Stipagrostis uniplumis* und *Stipagrostis hirtigluma* dominiert. Für diese Bestände sind niedrige Evenness-Werte kennzeichnend (Abb. 32C). Mit einer Höhendifferenz von bis zu 550 m wird das Gomatiumtal von einem steil aufsteigenden Schiefergebirge eingefafßt, dessen Hänge häufig Neigungen von mehr als 50 % aufweisen und daher nur an günstigen Stellen vegetationsökologisch bearbeitbar sind. Die Standortvielfalt wird für das Transekt erfaßbar dort erhöht, wo Schuttfächer von den Bergflanken in das Gomatiumtal hineinziehen.

Die höchsten Artenzahlen des gesamten Transekts werden im Bereich des Randschwellen-Berglandes erzielt (Abb. 31C). Auch die Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen erreicht hier zunächst recht hohe Werte. Der Endabschnitt des Transekts wird durch sehr niedrige Gesamtdeckungen der Vegetationsaufnahmen geprägt. Hier haben sich auf dem Schwemmland des Hoanib artenarme Bestände mit geringen Gesamtdeckungen herausgebildet.

Tab. 12 macht deutlich, daß hohe Artenzahlen beim südlichen Transekt vor allem an Standorten mit einer starken Hangneigung und einem hohen Materialanteil mit einem Korngrößendurchmesser von mehr als 6 cm zu finden sind. Feinmaterialreiche Standorte und Standorte mit einem hohen Anteil an feingrusigem oder feinkiesigen Material weisen dagegen häufig geringe Artenzahlen auf. Ein positiver Zusammenhang besteht auch zwischen der Artenzahl und der geographischen Länge (Niederschlagsgradient) der Aufnahmefläche. Deutlich ausgeprägt zeigt sich dieser Zusammenhang auch für die Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen. Daneben weisen besonders feinmaterialreiche Standorte eine hohe Gesamtdeckung auf. Standorte mit einem hohen Grus- bzw. Kiesanteil sind dagegen häufig durch geringe Gesamtdeckungen gekennzeichnet. Während Standorte mit einem hohen Fein-

materialanteil häufig niedrige Evenness-Werte aufweisen, sind Standorte mit einem hohen Anteil des Bodenskeletts häufig durch hohe Evenness-Werte geprägt.

Tab. 12: Zusammenhang zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit der Artenzahl, der Gesamtdeckung und der Evenness der Vegetationsaufnahmen für das Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park

(SPEARMAN'scher Rangkorrelationskoeffizient; Signifikanz mit *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$; kursiv dargestellte Werte erfüllen diese Signifikanzkriterien nicht)

Standortfaktoren	Artenzahl	Gesamtdeckung (%)	Evenness
Feinmaterial ($\varnothing < 0.2$ cm)	-0.3361**	0.3716***	-0.2507*
Material $\varnothing 0.2$ cm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittel- kies)	-0.3224**	-0.6845***	0.3042**
Material $\varnothing 2$ cm bis 6 cm (Grobgrus bzw. Grobkies)	<i>0.1045</i>	-0.5034***	0.3098**
Steine ($\varnothing 6$ cm bis 20 cm)	0.5328***	<i>-0.1403</i>	0.2412*
Blöcke ($\varnothing 20$ cm bis 60 cm)	0.6597***	<i>-0.0340</i>	0.2566*
Material $\varnothing > 60$ (anstehendes Gestein)	0.6157***	<i>-0.0132</i>	<i>0.1743</i>
Kruste	<i>-0.0671</i>	<i>0.1289</i>	<i>0.0545</i>
Hangneigung	0.5796***	<i>-0.0007</i>	<i>0.1308</i>
Geographische Länge	0.3914***	0.6494***	<i>0.1286</i>

Tab. 13 faßt die wesentlichen Ergebnisse im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen der Ausprägung der drei vegetationsökologischen Kenngrößen Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness und den Anteilen der unterschiedlichen Korngrößengruppen sowie der Hangneigung und der geographischen Länge der Aufnahmefläche für die drei Transekte zusammen.

Tab. 13: Zusammenfassende Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit der Artenzahl, der Gesamtdeckung und der Evenness der Vegetationsaufnahmen für die drei Transekte

(+ = positiver Zusammenhang, - = negativer Zusammenhang, N, M, S = nördliches, mittleres und südliches Transekt)

Standortfaktoren	Artenzahl	Gesamtdeckung (%)	Evenness
Feinmaterial ($\varnothing < 0.2$ cm)	1- (S)	2+ (M, S)	2- (N, S)
Material $\varnothing 0.2$ cm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies)	3-	2- (N, S)	1+ (S), 1- (M)
Material $\varnothing 2$ cm bis 6 cm (Grobgrus bzw. Grobkies)	1- (M)	2- (N, S)	2+ (N, S)
Steine ($\varnothing 6$ cm bis 20 cm)	2+ (N, S)	1+ (N), 1- (M)	3+
Blöcke ($\varnothing 20$ cm bis 60 cm)	3+	1+ (N)	2+ (N, S)
Material $\varnothing > 60$ (anstehendes Gestein)	2+ (N, S)	1+ (N)	.
Kruste	.	1- (N)	.
Hangneigung	3+	.	2+ (N, M)
Geographische Länge	2+ (M, S)	2+ (M, S)	1- (M)

Für die drei Transekte zeigen sich regelhaft folgende Zusammenhänge:

- Die Artenzahl der Aufnahmefläche zeigt bei allen Transekten einen negativen Zusammenhang mit einem hohen Anteil der Korngrößenfraktion 2 mm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies) am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche.
- Die Artenzahl der Aufnahmefläche zeigt bei allen Transekten einen positiven Zusammenhang mit einem hohen Anteil der Korngrößenfraktion 20 cm bis 60 cm (Blöcke) am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche.
- Ein positiver Zusammenhang zwischen dem Anteil der Steinfraktion bzw. dem Anteil des anstehenden Gesteins am Oberflächenmaterial und der Artenzahl besteht beim nördlichen und südlichen Transekt.
- Die Artenzahl der Aufnahmefläche zeigt bei allen Transekten einen positiven Zusammenhang mit starker Hangneigung der Aufnahmefläche.
- Die geographische Länge (Niederschlagsgradient) der Aufnahmefläche zeigt beim mittleren und beim südlichen Transekt einen positiven Zusammenhang mit der Artenzahl der Aufnahmefläche (durch die niederschlagsmodifizierende Wirkung der Steilrandberge ergibt sich für das nördliche Transekt keine Korrelation der Artenzahl mit dem Faktor ‚geographische Länge‘; doch auch hier kann von einer deutlichen Abhängigkeit der Artenzahl von der Niederschlagsmenge ausgegangen werden).
- Die Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen des mittleren und des südlichen Transekts wird durch einen hohen Feinmaterialanteil positiv beeinflusst.
- Ein positiver Zusammenhang zwischen der geographischen Länge (Niederschlagsgradient) und der Gesamtdeckung der Aufnahmefläche ist beim mittleren und beim südlichen Transekt erkennbar (zum nördlichen Transekt s.o.).
- Beim nördlichen und beim südlichen Transekt sind hohe Anteile der Korngrößengruppe 0.2 cm bis 6 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies) negativ mit der Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen korreliert.
- Die Evenness der Vegetationsaufnahmen zeigt bei den drei Transekten einen positiven Zusammenhang mit dem Anteil der Steinfraktion am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche.

- Für das nördliche und das mittlere Transekt ergibt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Hangneigung des Standortes und den Evenness-Werten der Aufnahmeflächen.
- Ein hoher Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahmeflächen ist bei nördlichen und beim südlichen Transekt negativ mit den Evenness-Werten korreliert.
- Grobgrus- bzw. grobkiesreiche Standorte und Standorte mit einem hohen Anteil von Blöcken am Oberflächenmaterial zeigen beim nördlichen und beim südlichen Transekt einen positiven Zusammenhang mit der Evenness der Aufnahmefläche

Die in Tab. 7 (S. 76) ausgliederten Standorttypen subsumieren eine Vielzahl von Standorteigenschaften. So sind Ebenenstandorte im Untersuchungsgebiet häufig feinmaterialreiche, tiefgründige Standorte (Becken von Omungunda, Giribesvlakte, Marienfluß). Fußhanglagen sind häufig durch mittelgrobes Material und stärkere Hangneigungen gekennzeichnet. Mittelhanglagen weisen häufig einen hohen Anteil groben Materials auf. Hier werden auch die stärksten Hangneigungen erreicht (vgl. Tab. 9). Im Folgenden wird dargestellt, wie die Kenngrößen Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness der Vegetationsaufnahmen entlang der Transekte an den Hauptstandorttypen ‚Ebene‘, ‚Fußhang‘ und ‚Mittelhang‘ ausgeprägt sind. Beim südlichen Transekt kommt noch der Standorttyp ‚Tal/Rivier‘ hinzu.

Abb. 33A und Abb. 34A zeigen, daß die Aufnahmeflächen der Mittelhangstandorte im Verlauf des nördlichen und des mittleren Transekts im Durchschnitt in allen Landschaftsräumen die höchsten Artenzahlen aufweisen. Die niedrigsten Artenzahlen weisen bei beiden Transekten die Ebenenstandorte auf. Die Veränderung der Kenngröße ‚Artenzahl‘ entlang des nördlichen und des mittleren Transekts erfolgt an den drei Hauptstandorttypen gleichgerichtet. Dies drückt sich in annähernd parallel verlaufenden Trendlinien aus. Auch beim südlichen Transekt weisen die auf den Mittelhangstandorten erfaßten Vegetationsaufnahmen im Mittel die höchsten Artenzahlen auf. Die Ebenenstandorte besitzen auch entlang dieses Transekts die geringsten Artenzahlen. Als vierter Hauptstandorttyp sind die Aufnahmen des Standorttyps ‚Tal/Rivier‘ mit dargestellt worden. Diese weisen im Bereich des Gomatums z.T. recht hohe Artenzahlen auf, während die im Bereich des Hoanib (Randschwellen-Bergland) erfaßten Aufnahmen nur wenige Arten besitzen.

Im Hinblick auf die Gesamtdeckung haben die Fußhangstandorte und die Mittelhangstandorte ihr Optimum beim Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park im Bereich der Escarpment-Zone (Abb. 33B). Die Ebenenstandorte zeigen insbesondere im zur Escarpment-Zone zählenden Marienflußtal hohe Gesamtdeckungen. Die im zentralen Bereich der Escarpment-Zone erfaßten Vegetationsaufnahmen weisen im Mittel geringere Gesamtdeckungen auf als die Fußhang- und Mittelhangstandorte. Auch wenn hier abschnittsweise keine Ebenenstandorte dokumentiert werden konnten, läßt die Trendlinie dieses Standorttyps vermuten, daß die Ebenenstandorte im Hinblick auf die Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen nicht hier ihr Optimum haben, sondern im westlichen Teil der Escarpment-Zone bzw. im Übergangsbereich zwischen der Escarpment-Zone und dem Randschwellen-Bergland.

Beim Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park ist von Westen nach Osten eine deutliche Zunahme der Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen aller drei Hauptstandorttypen zu erkennen, wobei im Mittel ähnliche Werte erzielt werden (Abb. 34B). Ein sekundäres Optimum zeigen die Aufnahmen der Fußhangstandorte im westlichen Endabschnitt des zur Escarpment-Zone zählenden Abschnitts des mittleren Transekts.

Die Vegetationsaufnahmen der Mittelhang- und Fußhangstandorte des Transeks Warmquelle-Pu-ros-Skeleton Coast Park zeichnen sich durch eine schwache, weitgehend kontinuierliche Zunahme der Gesamtartmächtigkeit von Westen nach Osten aus, wobei die absoluten Werte jedoch relativ niedrig liegen (Abb. 35B). Die Gesamtdeckung der Aufnahmen der Ebenenstandorte erreicht das Optimum im Übergangsbereich von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland. Sehr variabel ist die Gesamtdeckung der im Bereich der Tal- bzw. Beckenlagen erfaßten Vegetationsaufnahmen. An dieser Stelle sei nochmals auf die klimatische Sonderstellung des südlichen Transekts hingewiesen, die der naturräumlichen Ausstattung des vom Transekt durchquerten Gebietes eine besondere Bedeutung für die Ausprägung der Kenngrößen zukommen läßt (vgl. Tab. 12). Wie in Kap. gezeigt wurde, liegt im Kaokoland ein nordost-südwest-gerichteter Gradient der mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente vor. So liegt die Summe der Jahresniederschläge an der Station Sesfontein bei nur geringfügig westlicherer Lage um ca. 2/3 niedriger als an der Station Opuwo (vgl. Tab. 2, S. 53). Das südliche Transekt erhält insbesondere in seinem mittleren und östlichen Abschnitten wesentlich geringere Niederschlagsmengen als die entsprechenden Abschnitte des nördlichen und mittleren Transekts (vgl. Abb. 16, S. 52). Wie in Kapitel Kap. 5.3 ausgeführt wurde, ist nur relativ selten mit einem Ausschlagen der SITC bis auf eine südliche Breite von 18° 30' zu rechnen. Dazu liegt das Gebiet im Regenschatten der bis auf 1900 m über NN aufsteigenden, nord-östlich gelegenen Gebirgszüge der Joubertberge (vgl. Abb. 9, S. 43). So sind zumindest für den westlich der Giribesvlakte gelegenen 60 km langen Abschnitt, mit dem das Transekt in das Gomatumtal eintritt, gleichbleibende Niederschlagsbedingungen anzunehmen. Mehr als durch die autochthonen Niederschläge wird die Wasserversorgung der in diesem Tal liegenden Standorte durch das Abflußverhalten des Gomatum beeinflußt.

Das nördliche und das mittlere Transekt weisen von Westen nach Osten insgesamt eine Abnahme der Evenness-Werte auf (Abb. 32A, B). Dabei zeigen die Vegetationsaufnahmen der Fußhangstandorte und der Mittelhangstandorte bei den jeweiligen Transekten im Trend ähnliche Ausprägungen. Beim nördlichen Transekt werden auf den Fußhangstandorten hohe Evenness-Werte vor allem in der Vornamib erzielt. Die innerhalb der Escarpment-Zone an Fußhangstandorten erfaßten Vegetationsaufnahmen sind durch gering streuende Evenness-Werte gekennzeichnet, wobei innerhalb der Escarpment-Zone entlang des Transekts keine bedeutenden Veränderungen dieser Kenngröße zu verzeichnen sind. Auch im Bereich des Randschwellen-Berglandes werden auf Fußhangstandorten noch hohe Evenness-Werte erreicht. Da aber auch gleichzeitig Standorte mit geringer Evenness dokumentiert wurden, sinken die Evenness-Werte im Trend im östlichen Endabschnitt des Transekts recht deutlich ab. Die Evenness-Werte der Mittelhangstandorte sind im Trend ähnlich ausgeprägt, wobei die höchsten Werte im Übergangsbereich von der Vornamib zur Escarpment-Zone erreicht werden. Recht hohe Werte sind auf Mittelhangstandorten auch bei den Vegetationsaufnahmen des östlichen Transektabschnitts dokumentiert worden. Dies führt hier im Trend zu einem leichten Anstieg der Evenness-Werte.

Die Ausprägungen der Evenness-Werte der im Verlauf des mittleren Transekts auf Mittelhang- und Fußhangstandorten erfaßten Vegetationsaufnahmen sind im Transektverlauf ähnlich wie beim nördlichen Transekt (Abb. 34C). Die höchsten Evenness-Werte werden bei diesen Standorttypen im Bereich des Übergangs von der Vornamib zur Escarpment-Zone bzw. im westlichen Teil der Escarpment-Zone erzielt. Ein sekundärer Optimum zeigt sich beim mittleren Transekt im östlichen Teil des Randschwellen-Berglandes. Die Vegetationsaufnahmen der Ebenenstandorte haben beim

nördlichen und mittleren Transekt im Mittel ihre höchsten Evenness-Werte im Übergangsbereich von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland.

Beim südlichen Transekt ist im linearen Trend ein Ansteigen der Evenness-Werte der Vegetationsaufnahmen zu erkennen (Abb. 32C). Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß im Bereich des Randschwellen-Berglandes bei allen Hauptstandorttypen in der Regel Evenness-Werte von mehr als 50 zu verzeichnen sind (Abb. 35C). Die Aufnahmen der Ebenenstandorte und der Mittelhangstandorte zeigen im Hinblick auf die Evenness im Transektverlauf einen stark gegenläufigen Trend. Während die Aufnahmen der Mittelhangstandorte ihre maximalen Evenness-Werte in der Vornamib und im Übergangsbereich von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland haben, liegen die Evenness-Werte der an Ebenenstandorten erfaßten Aufnahmen in diesen Transektabschnitten wesentlich niedriger.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Veränderungen der Kenngrößen Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness entlang der Transekte aus einem Zusammenwirken der großräumig bzw. regional wirkenden Gradienten der mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente mit den unterschiedlichen Ausstattungen der Naturräume resultieren. Da die Abfolge der Naturräume gleichgerichtet ist mit dem Klimagradienten (vgl. Abb. 9, S. 43; Abb. 16, S. 52), lassen sich die Ausprägungen der Kenngrößen Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness nur großräumig, über das gesamte Transekt betrachtet, mit dem Klimagradienten begründen. Die große Streuung der Kenngrößen von Vegetationsaufnahmen eines Standorttyps bei identischer geographischer Lage weist auf das kleinräumige, vegetationsdifferenzierende Muster von Nichtklima-Standortfaktoren hin.

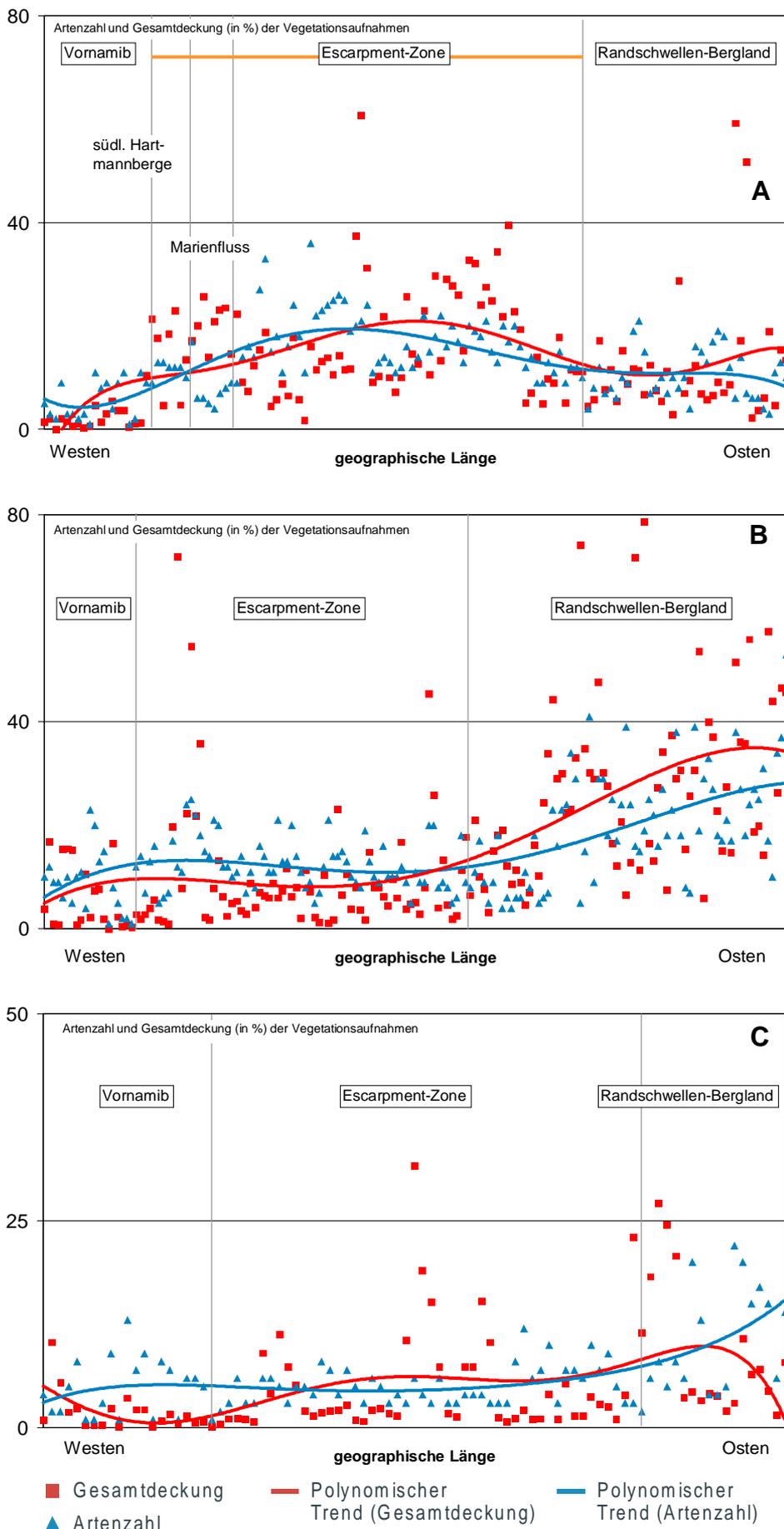


Abb. 31: Gesamtdeckung und Artenzahl der entlang der drei Transekte A) Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, B) Opuwo- Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und C) Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

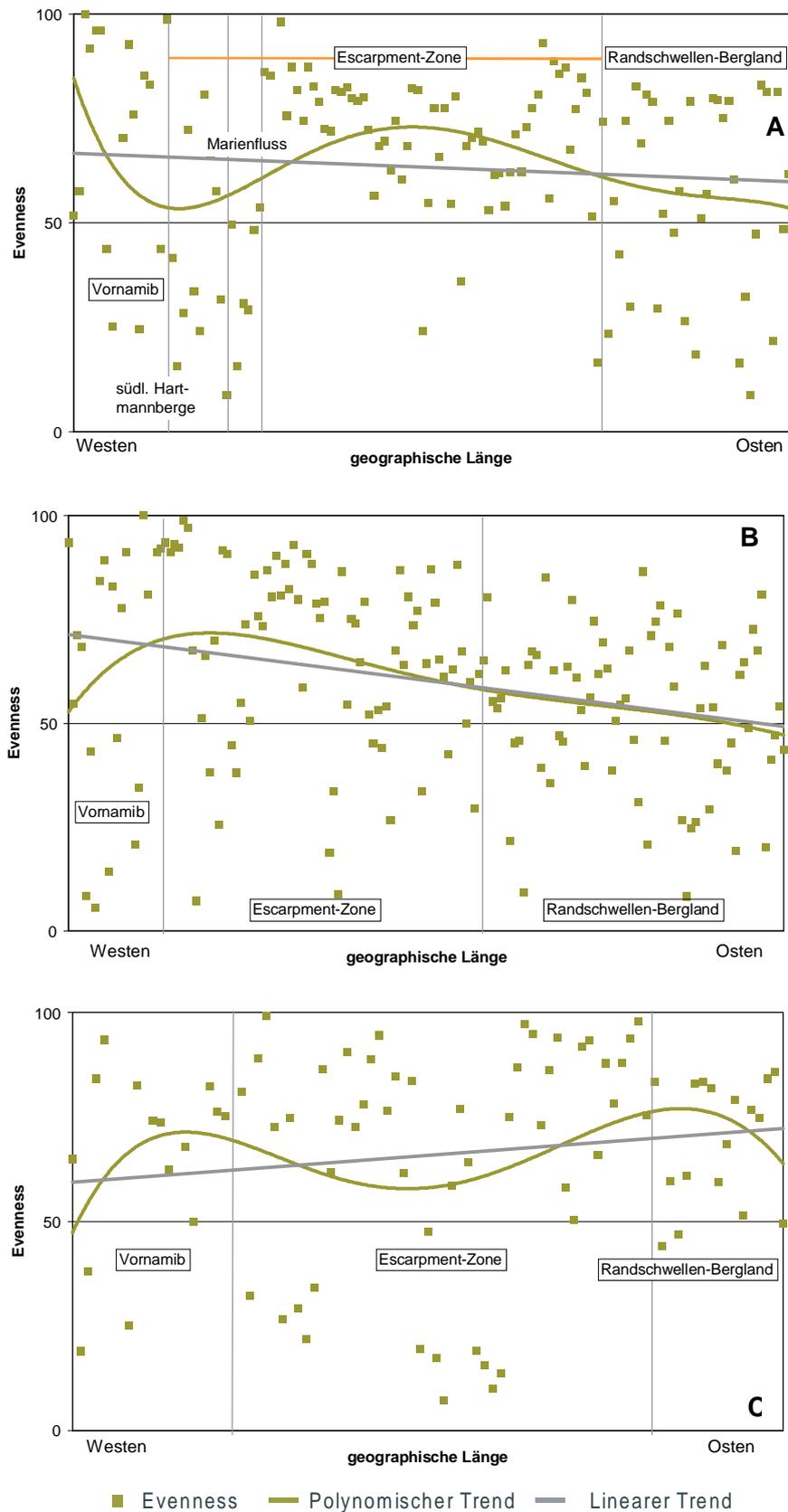


Abb. 32: Evenness der entlang der drei Transekte A) Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, B) Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und C) Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

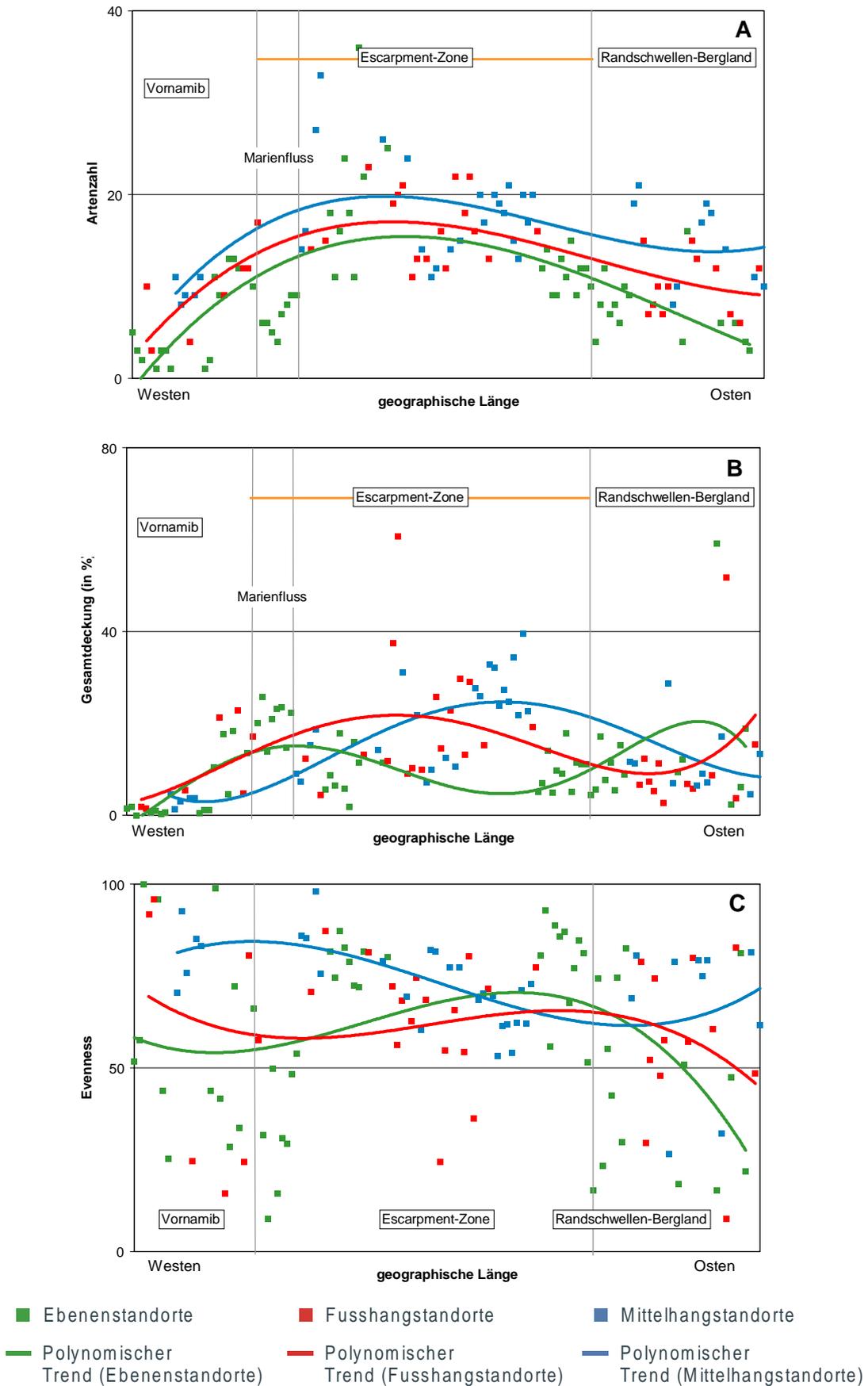


Abb. 33: A) Artenzahl, B) Gesamtdeckung und C) Evenness der entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen getrennt nach den Hauptstandortstypen

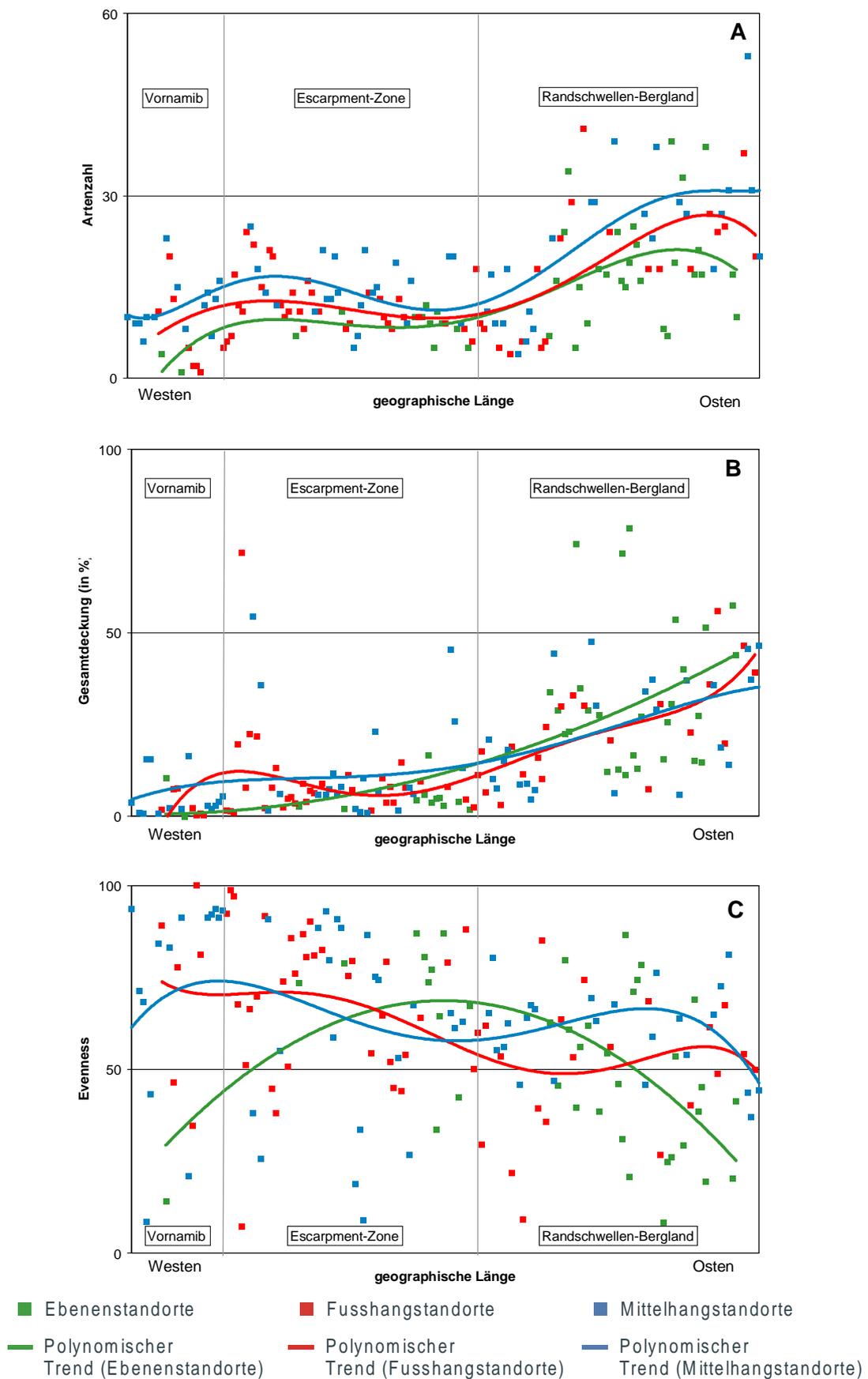


Abb. 34: A) Artenzahl, B) Gesamtdeckung und C) Evenness der entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen getrennt nach den Hauptstandorttypen

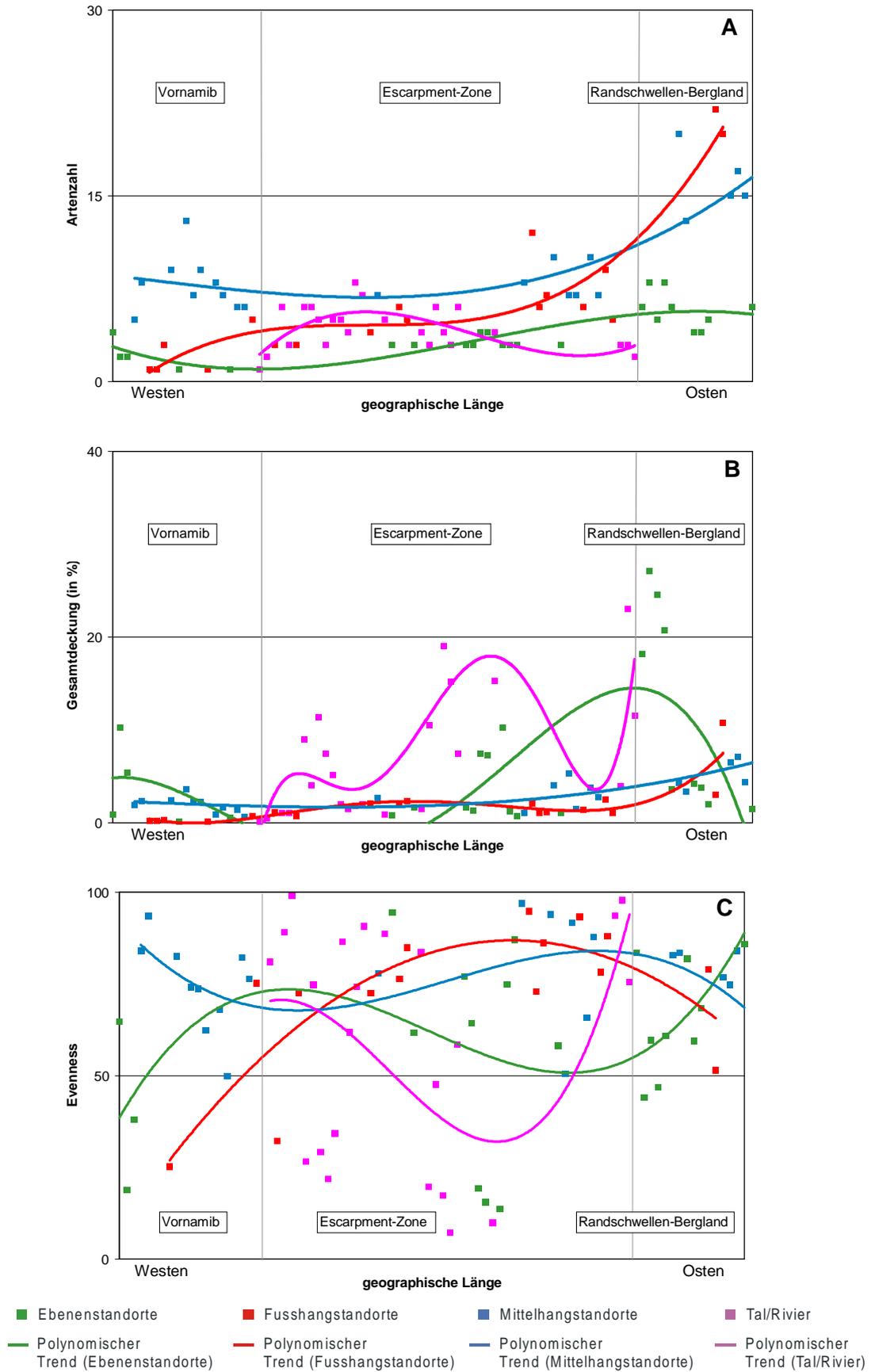


Abb. 35: A) Artenzahl, B) Gesamtdeckung und C) Evenness der entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen getrennt nach den Hauptstandorttypen

6.2.4 Standortbindungen der Lebensformgruppen

Das vorhergehende Kapitel hat gezeigt, daß unterlegt von großräumig wirkenden klimatischen Gradienten, die standörtliche Vielfalt entlang der Transekte zu unterschiedlichen Mustern in der Ausprägung der vegetationsökologischen Kenngrößen Artenzahl, Deckungsgrad und Evenness führt. Als Anpassung an die unterschiedlichen ökologischen Bedingungen ist entlang eines stark ausgeprägten Klimagradienten mit dem Auftreten unterschiedlicher Lebensformen zu rechnen (OKSANEN & RANTA 1992, DÍAZ et al. 1999). Dieses Kapitel stellt dar, welche Lebensformgruppen die Transektabschnitte der drei Transekte prägen und welche standörtlichen Bindungen für die einzelnen Lebensformgruppen beschrieben werden können. Die Ausführungen beschränken sich dabei auf die im Hinblick auf ihre Artenzahlen bedeutensten Lebensformgruppen (vgl. Tab. 5, S. 73):

- krautige Arten
- Gräser
- Chamaephyten
- blattsukkulente Arten
- stammsukkulente Arten
- Phanerophyten

Abb. 36A zeigt, daß durch die Gruppe der **krautigen Arten** die höchsten Artenzahlen im Verlauf des nördlichen Transekts im westlichen Teil der Escarpment-Zone bzw. im Übergangsbereich zur Vornamib erzielt werden. Schwach ausgeprägt werden im Bereich der Escarpment-Zone auch die höchsten Deckungsgrade dieser Lebensformgruppe erreicht.

Dagegen weisen die **Gräser** besonders hohe Deckungsgrade im Marienflußtal und im westlich angrenzenden Gebiet der südlichen Ausläufer der Hartmannberge auf (Abb. 36B). Hauptarten dieser Bestände sind *Stipagrostis uniplumis* und *Stipagrostis hirtigluma*. Im Gegensatz dazu, sind die in der Escarpment-Zone und im Randschwellen-Bergland erfaßten Aufnahmen durch sehr geringe Deckungsgrade dieser Lebensformgruppe gekennzeichnet. Die erreichten Werte liegen häufig unter 10 %. Im Hinblick auf die Artenzahlen zeigen sich im Transektverlauf keine wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Naturräumen. Lediglich die in der Vornamib erfaßten Aufnahmen weisen im Vergleich zum übrigen Transekt relativ geringe Artenzahlen auf.

Auch bei der Artenzahl und dem Deckungsgrad der **Chamaephyten** zeigt sich im Transektverlauf ein eher ausgeglichenes Bild (Abb. 36C). Im Trend ist ein schwach nach Osten abnehmender Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe zu erkennen.

Blattsukkulente Arten konnten entlang des nördlichen Transekts nur stellenweise dokumentiert werden (Abb. 37A). Dabei handelt es sich um Arten der Gattungen *Limeum*, *Portulaca* und *Zygochillum*, die im Untersuchungsgebiet vor allem an gestörten Standorten verbreitet sind (vgl. Kap. 6.3).

Die **stammsukkulenten Arten** haben ihr Optimum im westlichen Teil der Escarpment-Zone, der nach Westen gegen das Marienflußtal durch einen Teil der Großen Randstufe abgegrenzt ist (Abb. 37B). Auf den reliefarmen, durch tiefgründige Sande gekennzeichneten Standorten des Marienflußtals sind stammsukkulente Arten nicht vertreten. Erst im Übergangsbereich zur Vornamib und in der Vornamib tritt diese Lebensformgruppe mit ihrer Hauptgattung *Commiphora* wieder stärker in Erscheinung.

Wie die stammsukkulenten Arten haben auch die **Phanerophyten** ihr Optimum hinsichtlich der Artenzahl und des Deckungsgrades in der Escarpment-Zone (Abb. 37C). Während die Stammsuk-

kulenten ihr Optimum jedoch im westlichen Bereich der Escarpment-Zone haben, sind die durch einen besonders hohen Deckungsgrad der Phanerophyten gekennzeichneten Vegetationsaufnahmen im östlichen Teil der Escarpment-Zone zu finden.

Tab. I (Anlagenband) stellt den Zusammenhang zwischen der Artenzahl und dem Deckungsgrad der verschiedenen Lebensformgruppen mit dem Anteil der verschiedenen Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial sowie der geographischen Länge (Niederschlagsgradient) und der Hangneigung der jeweiligen Aufnahmen des nördlichen Transekts dar.

Es zeigt sich, daß die Anzahl **krautiger Arten** nur geringfügig von den dargestellten Umweltparametern gesteuert wird. Eine positive Korrelation ist jedoch mit einem hohen Anteil der Steinfraktion am Oberflächenmaterial der Aufnahmeflächen sichtbar. Schon aus Abb. 36A war hervorgegangen, daß sowohl die Artenzahl als auch der Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe ihr Optimum im westlichen Transektabschnitt haben. Dies wird durch die entsprechenden Korrelationskoeffizienten untermauert. Der Deckungsgrad der krautigen Arten steigt nach Tab. I (Anlagenband) mit zunehmendem Anteil der Blöcke und des anstehenden Gesteins in den Aufnahmeflächen. Zudem ist eine positive Korrelation mit der Hangneigung zu erkennen. Aufnahmeflächen mit einem hohen Anteil an Material der Korngrößengruppe 2 mm bis 2 cm zeigen dagegen eher geringe Deckungsgrade der krautigen Arten.

Die Anzahl der **Grasarten** steigt beim nördlichen Transekt deutlich mit einem zunehmenden Anteil des groben Materials am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche. Wie bei den krautigen Arten sind Standorte mit einem hohen Materialanteil der Korngrößengruppe 2 mm bis 2 cm häufig arm an Grasarten. Hohe Deckungsgrade dieser Lebensformgruppe werden ebenfalls vor allem auf grobem Material erzielt. Krustenstandorte weisen dagegen überwiegend geringe Deckungsgrade der Gräser auf. Über das gesamte Transekt betrachtet, ergibt sich für die Artenzahl und den Deckungsgrad der Lebensformgruppe ‚Gräser‘ keine Korrelation mit der geographischen Länge der Aufnahmefläche und damit kein Zusammenhang mit den nordost-südwest-gerichteten Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente (vgl. Abb. 36B).

Chamaephytische Arten sind entlang des nördlichen Transekts vor allem auf Standorten mit einem hohen Anteil an Grobkies- bzw. Grobgrus sowie Blöcken und anstehendem Gestein zu finden. An diesen Standorten erreicht diese Lebensformgruppe auch einen hohen Deckungsgrad. Feinmaterialreiche Standorte weisen dagegen selten chamaephytische Arten auf. Sind an derartigen Standorten Chamaephyten vertreten, so erreichen sie regelmäßig nur einen geringen Deckungsgrad. Die Artenzahl und der Deckungsgrad der Chamaephyten ist entlang des nördlichen Transekts unabhängig von der Hangneigung und der geographischen Länge der Aufnahmefläche.

Die Gruppe der **blattsukkulenten Arten** ist entlang des nördlichen Transekts überwiegend als indifferent gegenüber den hier betrachteten Umweltfaktoren einzustufen. Lediglich für Krustenstandorte ist eine positive Korrelation mit der Artenzahl und dem Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe erkennbar.

Im Gegensatz dazu hängt die Artenzahl und der Deckungsgrad der **stammsukkulenten Arten** sehr stark mit den hier dargestellten Umweltfaktoren zusammen. Es zeigt sich, daß hohe Deckungsgrade und Artenzahlen vor allem auf Standorten mit einem hohen Anteil groben Materials erreicht werden. Feinmaterialreiche Standorte und Aufnahmeflächen mit einem hohen Anteil der Korngrößengruppe 2 mm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies) weisen dagegen über-

wiegend geringe Artenzahlen und geringe Deckungsgrade dieser Lebensformgruppe auf. Während Artenzahl und Deckungsgrad auch positiv mit der Hangneigung der Aufnahmeflächen korreliert sind, ergibt sich für das nördliche Transekt kein Zusammenhang dieser Parameter mit der geographischen Länge der Aufnahmefläche (Niederschlagsgradient).

Für die **Phanerophyten** sind aus Tab. I (Anlagenband) ähnliche Standortbindungen ablesbar wie für die Gruppe der stammsukkulenten Arten. Auch sie haben im Hinblick auf ihre Artenzahl und den Deckungsgrad ihr Optimum auf Standorten mit einem hohen Anteil an grobem Material. Standorte mit einem hohen Anteil an Material der Korngrößengruppe 2 mm bis 2 cm weisen dagegen häufig nur wenige phanerophytische Arten auf, die dann auch nur geringe Deckungswerte erreichen. Eine weitere Parallele zu den stammsukkulenten Arten ist die positive Korrelation der Artenzahl der Phanerophyten mit höheren Hangneigungen der Aufnahmeflächen. Abb. 37C deutete schon an, daß die Artenzahl und der Deckungsgrad der phanerophytischen Arten im östlichen Teil des Transekts höher liegt als in den westlichen Transektabschnitten. Dies wird durch die in Tab. I (Anlagenband) dargestellten Koeffizienten untermauert, die einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Artenzahl und dem Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe und der geographischen Länge der Aufnahmeflächen nachweisen.

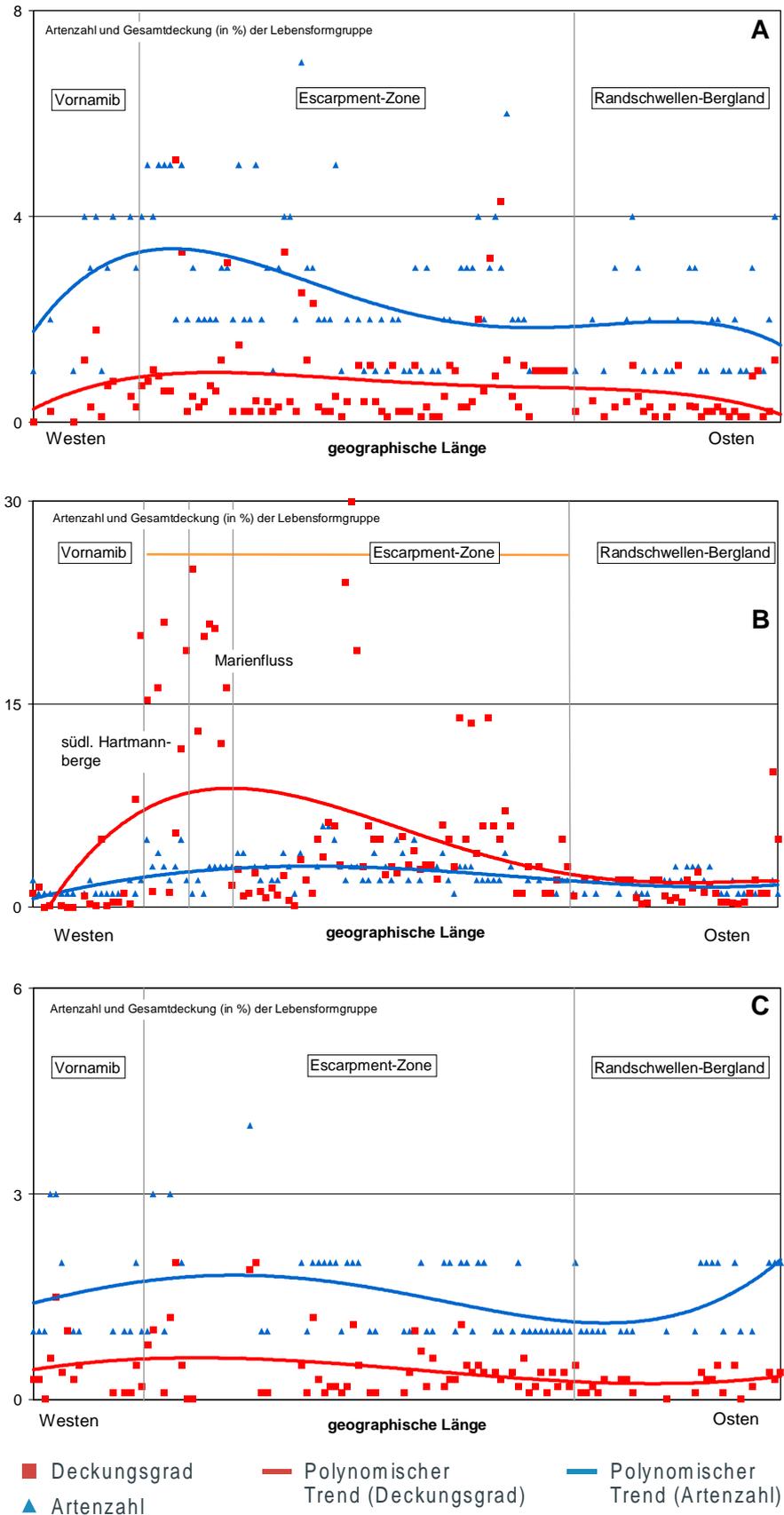


Abb. 36: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) annuelle Arten, B) Grasarten und C) Chamaephyten in den entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

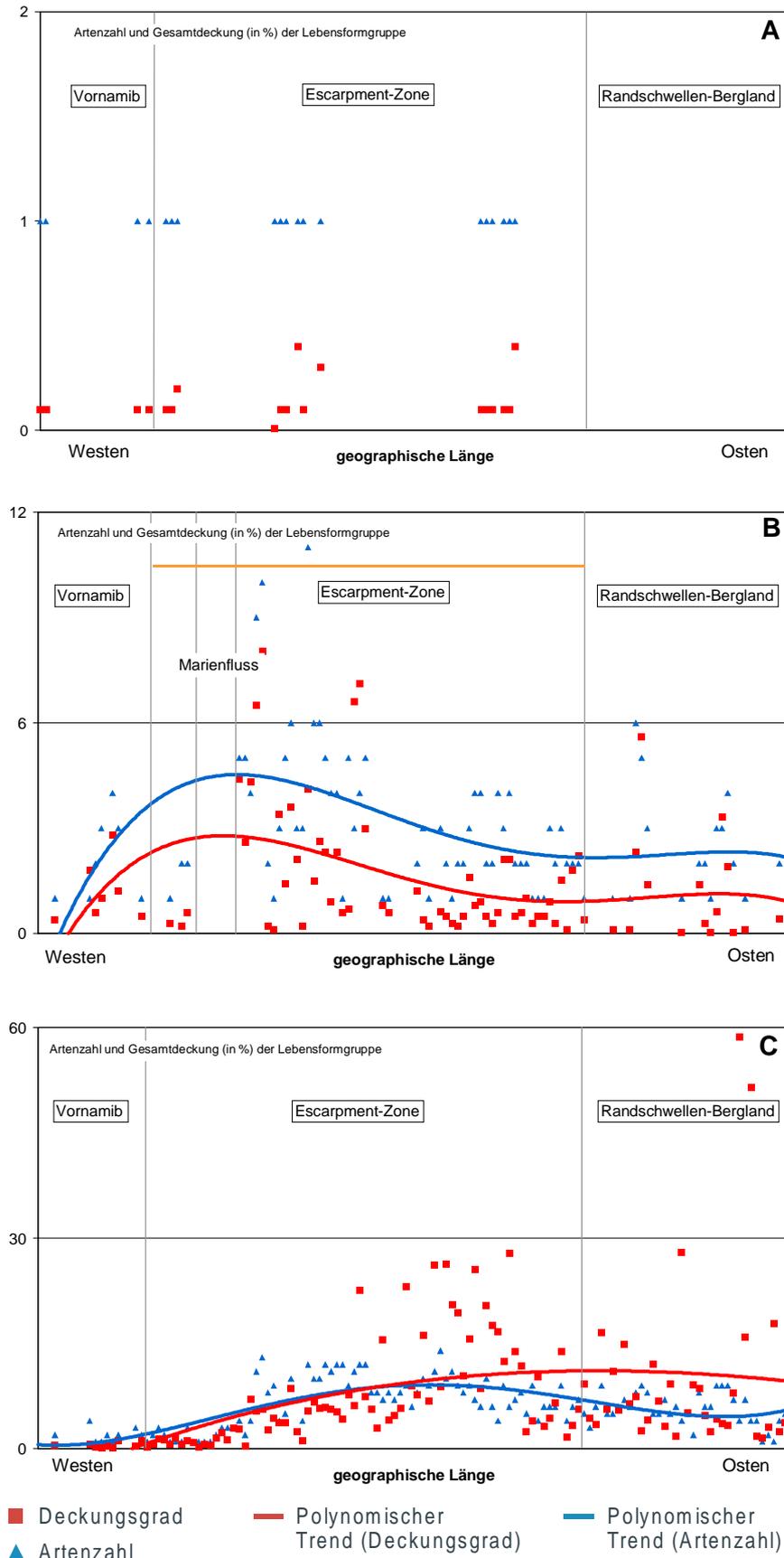


Abb. 37: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) blattsukkulente Arten, B) stammsukkulente Arten und C) Phanerophyten in den entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

Die Situation hinsichtlich der Verteilung der Artenzahlen und Deckungsgrade der verschiedenen Lebensformgruppen entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park ist den Abb. 38 und Abb. 39 (S. 104, S. 105) zu entnehmen.

Aus Abb. 38A geht hervor, daß die Artenzahlen und Deckungsgrade der **krautigen Arten** entlang des Transekts von Westen nach Osten zunehmen. Hier markiert der Übergang von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland den Wechsel von eher artenarmen Aufnahmen mit häufig geringen Deckungsgraden dieser Lebensformgruppe zu Aufnahmen mit höherer Artenzahl und höherem Deckungsgrad. Im Übergangsbereich von der Vornamib zur Escarpment-Zone ist ein schwach ausgeprägtes sekundäres Optimum insbesondere bei der Artenzahl der krautigen Arten zu erkennen.

Bei den **Gräsern** ist schwach eine Zunahme der durch die Vegetationsaufnahmen erfaßten Artenzahl von Westen nach Osten zu erkennen (Abb. 38B). Deutlich steigen die von dieser Lebensformgruppe erreichten Deckungsgrade mit dem Übergang von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland an. Hier werden z.T. Deckungsgrade von 40 % bis 80 % erreicht.

Im Hinblick auf den Deckungsgrad haben die **Chamaephyten** ihr Optimum im Bereich der Escarpment-Zone (Abb. 38C). Die Artenzahlen dieser Lebensformgruppe erreichen im Bereich der Escarpment-Zone und des Randschwellen-Berglandes ungefähr gleiche Werte, wobei die im Übergangsbereich dieser beiden Naturräume erfaßten Vegetationsaufnahmen etwas geringere Artenzahlen aufweisen. Die höchsten Deckungsgrade werden im östlichen Teil der Escarpment-Zone erreicht.

Die Lebensformgruppe der **blattsukkulenten Arten** ist in den Vegetationsaufnahmen mit maximal 3 Arten vertreten, wobei im Hinblick auf eine Ost-West-Verteilung kein Trend zu erkennen ist. Die höchsten Deckungsgrade dieser Lebensformgruppe werden im westlichen Teil der Escarpment-Zone erreicht – die absoluten Werte bleiben aber insgesamt sehr niedrig (Abb. 39A).

Die **Stammsukkulenten** besitzen im Hinblick auf die Artenzahlen und den Deckungsgrad ein schwach ausgeprägtes Optimum im westlichen Teil der Escarpment-Zone (Abb. 39B). Doch auch im zum Randschwellen-Bergland zählenden Abschnitt des Transekts können noch recht hohe Artenzahlen erreicht werden.

Neben den krautigen Arten ist ein deutlicher Ost-West-Trend der Artenzahlen und Deckungsgrade vor allem bei den **Phanerophyten** ausgeprägt (Abb. 39C). Wie bei den krautigen Arten steigen beide Parameter mit dem Übergang von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland stark an. Die Deckungsgrade der phanerophytischen Arten können dabei Werte zwischen 30 % und 60 % erreichen.

Tab. II (Anlagenband) stellt den Zusammenhang zwischen der Artenzahl und dem Deckungsgrad der verschiedenen Lebensformgruppen mit dem Anteil der verschiedenen Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial sowie der geographischen Länge und der Hangneigung der jeweiligen Aufnahmen des mittleren Transekts dar.

Der zuvor schon erwähnte Anstieg der Artenzahlen und Deckungsgrade der krautigen Arten von Westen nach Osten drückt sich durch eine deutliche Korrelation beider Parameter mit der geographischen Länge der Aufnahmeflächen aus. Im übrigen verhält sich die Lebensformgruppe gegenüber den anderen hier dargestellten Umweltfaktoren indifferent, abgesehen von Standorten mit einem hohen Anteil an Grobgrus bzw. Grobkies, die eher wenige Arten dieser Lebensformgruppe aufweisen. Hier sind auch die von den krautigen Arten erreichten Deckungsgrade überwiegend niedrig.

Bei den **Gräsern** werden die Artenzahlen und Deckungsgrade ebenfalls nur im geringen Umfang durch die in Tab. II (Anlagenband) dargestellten Faktoren determiniert. Die hohe Korrelation beider Parameter mit der geographischen Länge der Aufnahme­fläche weist auf eine den Einfluß der anderen Parameter überdeckende Wirkung der großräumig angelegten Niederschlagsgradienten hin. Lediglich im Bereich von Krusten ist mit einem hohen Deckungsgrad der Gräser zu rechnen.

Dagegen zeigen die Artenzahlen und Deckungsgrade der Lebensformgruppe der **chamaephytischen Arten** zahlreiche positive und negative Korrelationen mit den vorliegenden Umweltfaktoren. Kennzeichnenderweise liegt kein Zusammenhang der geographischen Länge der Aufnahme­flächen mit der Ausprägung dieser vegetationsökologischen Parameter vor (vgl. Abb. 38C). Hohe Artenzahlen der Chamaephyten sind mit Standorten korreliert, die einen hohen Anteil an Blöcken aufweisen. Zudem besteht ein positiver Zusammenhang zum Faktor ‚Hangneigung‘. Standorte mit einem hohen Anteil der Korngrößengruppe 2 mm bis 2 cm sowie an Grobkies bzw. Grobgrus, weisen dagegen eher wenige chamaephytische Arten auf. Hier ist auch der Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe gering. Geringe Deckungsgrade erreichen die chamaephytischen Arten auch auf feinmaterialreichen Standorten, wohingegen mit einem hohen Steinanteil eher hohe Deckungsgrade dieser Lebensformgruppe verbunden sind.

Ähnlich wie beim nördlichen Transekt und wie später beim südlichen Transekt ebenfalls gezeigt wird, verhalten sich **blattsukkulente Arten** im Hinblick auf ihre Artenzahl und der Deckungsgrad eher indifferent in Bezug auf die dargestellten Umweltfaktoren. Die unterschiedlich hohen Artenzahlen und Deckungsgrade dieser Lebensformgruppe entlang des mittleren Transekts können durch die hier einbezogenen Umweltparameter nicht erklärt werden.

Analog zum nördlichen Transekt läßt sich das Auftreten und der Deckungsgrad der **stammsukkulenten Arten** sehr genau determinieren. Es zeigt sich bei beiden Merkmalen eine positive Korrelation mit grobem Material und starker Hangneigung. Negativ korreliert sind Artenzahl und Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe mit einem hohen Feinmaterial- sowie Grobgrus- bzw. Grobkiesanteil des Standortes. Auch Standorte mit einem hohen Krustenanteil am Oberflächenmaterial weisen bei nur geringem Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe wenige stammsukkulente Arten auf. Relativ schwach ausgeprägt haben die stammsukkulenten Arten im Hinblick auf die Artenzahl und den Deckungsgrad ihr Optimum im westlichen Teil des Transekts.

Anders als beim nördlichen Transekt verhält sich die Ausprägung des Merkmals Artenzahl bei den **Phanerophyten** überwiegend indifferent gegenüber den in die Analyse einbezogenen Umweltfaktoren. Wie bei den Gräsern überlagern die Gradienten der Klimaelemente die standortdifferenzierende Wirkung der anderen Umweltparameter. Einen hohen Deckungsgrad erzielen die Phanerophyten jedoch eher auf feinmaterialarmen Standorten und Standorten mit relativ geringen Steinanteil am Oberflächenmaterial.

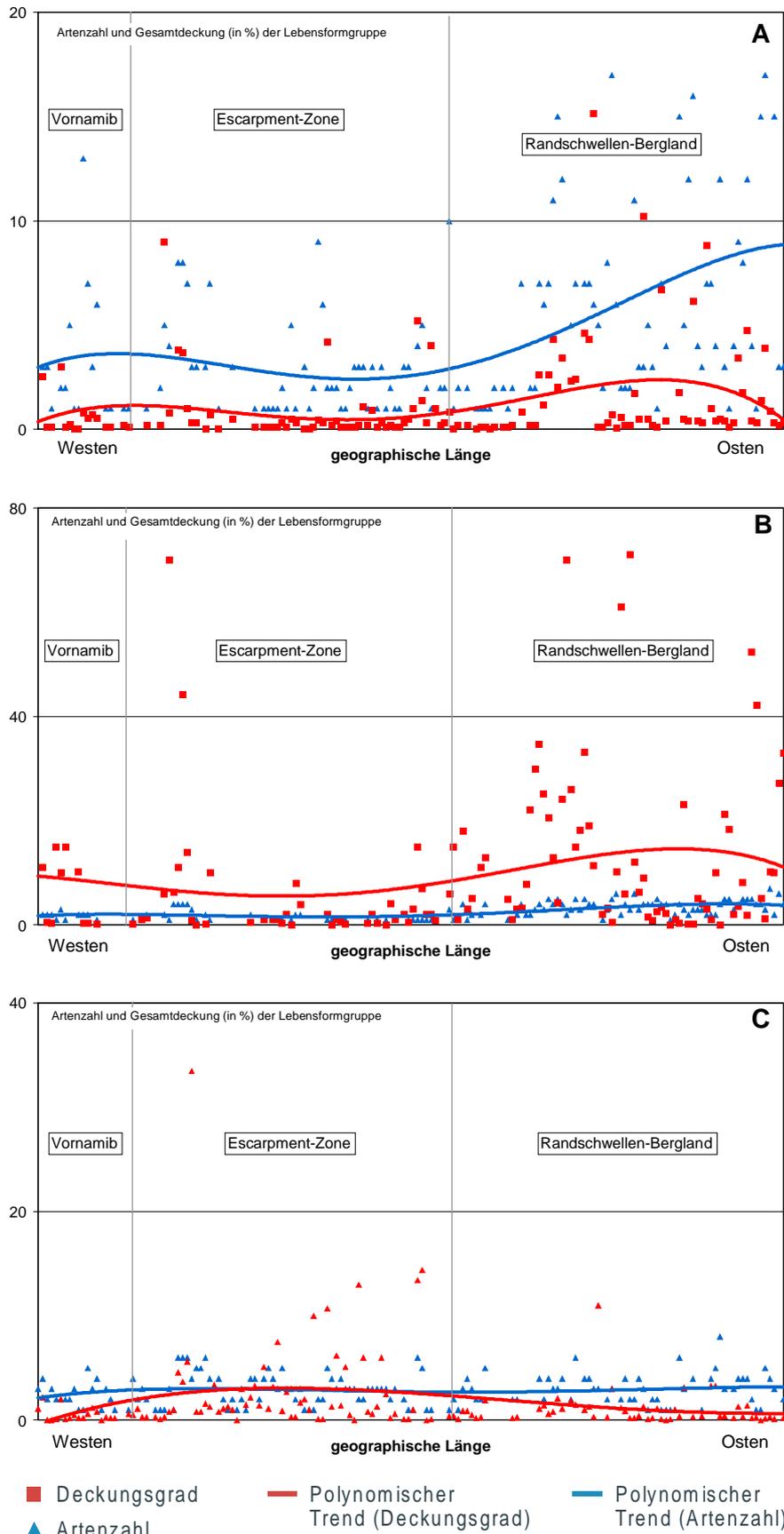


Abb. 38: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) *annuelle Arten*, B) *Grasarten* und C) *Chamaephyten* in den entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

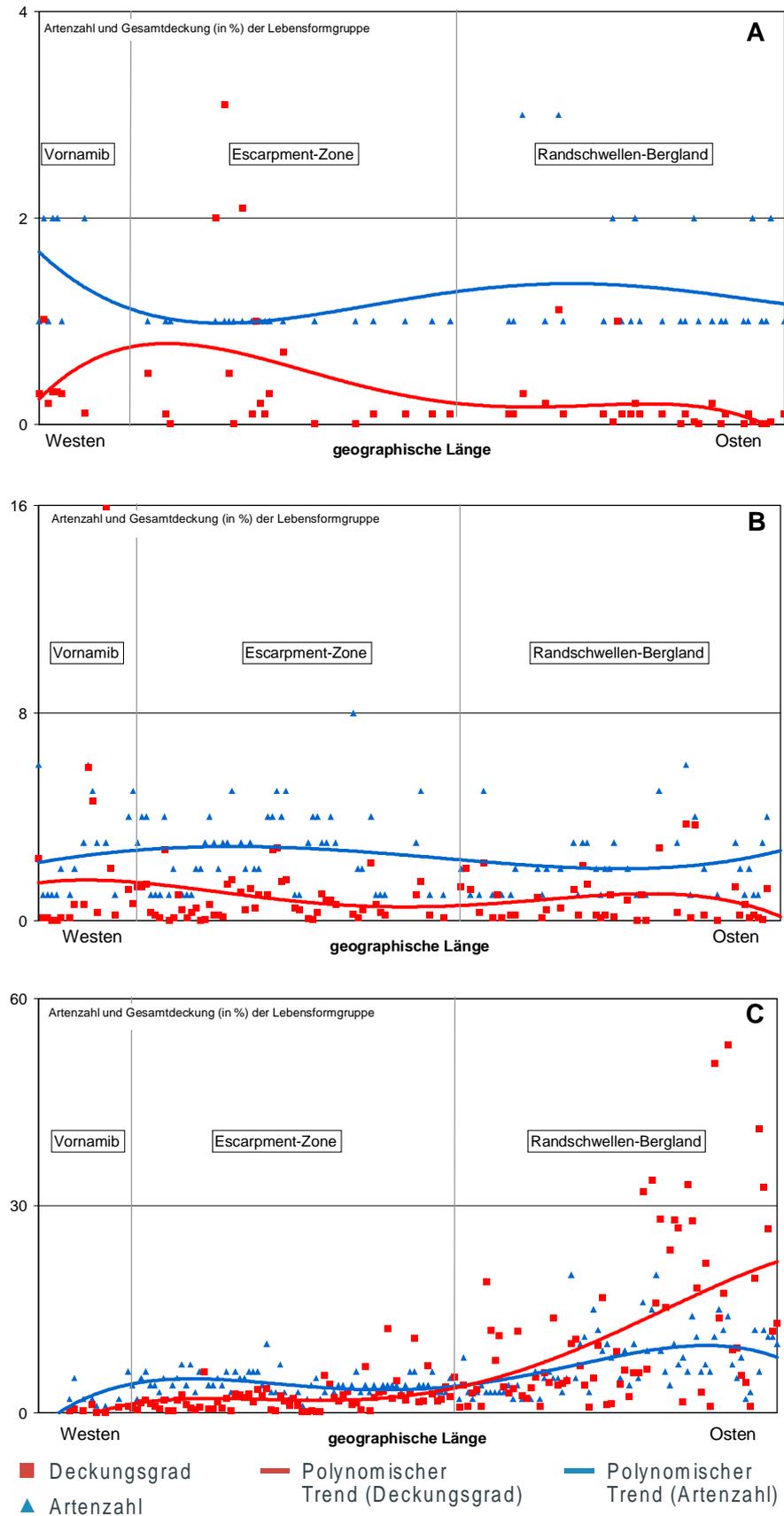


Abb. 39: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) blattsukkulente Arten, B) stammsukkulente Arten und C) Phanerophyten in den entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

Wie beim mittleren Transekt zeigen die **krautigen Arten** beim südlichen Transekt eine Zunahme des Deckungsgrades von Westen nach Osten (Abb. 40A, S. 108). Bei der Artenzahl deutet sich ein schwach positiver, west-ost-gerichteter Trend an.

Die **Gräser** lassen in Bezug auf die Artenzahl keinen ost-west-gerichteten Trend erkennen (Abb. 40B). Die höchsten Deckungsgrade dieser Lebensformgruppe werden im Bereich der Escarpment-Zone erreicht.

Chamaephyten sind in den Aufnahmen des südlichen Transekts nur mit wenigen Arten vertreten (Abb. 40C). Dabei liegen die Deckungsgrade dieser Lebensformgruppe im Übergangsbereich von der Vornamib zur Escarpment-Zone etwas höher als in den anderen Transektabschnitten.

Blattsukkulente Arten sind nur in wenigen Aufnahmen des südlichen Transekts vertreten (Abb. 41A, S. 109). Mit *Zygophyllum simplex* als Hauptart tritt diese Lebensformgruppe in der Vornamib und im Randschwellen-Bergland in Erscheinung. Die höchsten Deckungsgrade erreichen die blattsukkulente Arten auf Standorten, die durch alluviale Sedimente des Hoanib geprägt werden.

In Bezug auf die Artenzahlen hat die Gruppe der **stammsukkulente Arten** ihr Optimum im Bereich des Übergangs von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland, wobei ein sekundäres Optimum bei den in der Vornamib erfaßten Vegetationsaufnahmen sichtbar ist (Abb. 40B). Im Bereich der Escarpment-Zone konnten stammsukkulente Arten nur selten dokumentiert werden. Dies ist aber zum Teil darauf zurückzuführen, daß die das Tal des Gomatum erfassenden, steil aufsteigenden Berghänge – und damit typische Habitate stammsukkulenter Arten – nur selten in die Untersuchung miteinbezogen werden konnten.

Bei den **Phanerophyten** ist mit dem Eintritt in das Randschwellen-Bergland ein Anstieg der Artenzahlen festzustellen. Da die im Bereich der Escarpment-Zone erfaßten Vegetationsaufnahmen etwas höhere Artenzahlen dieser Lebensformgruppe aufweisen als die in der Vornamib dokumentierten Aufnahmen, ergibt sich für das südliche Transekt insgesamt ein Anstieg der Zahl phanerophytischer Arten von Westen nach Osten (Abb. 41C). Die höchsten Deckungsgrade erreicht diese Lebensformgruppe im Bereich des Randschwellenbergländes. Hier sind vor allem die artenarmen *Acacia tortilis*-Bestände östlich im Becken von Sesfontein zu nennen.

Tab. III (Anlagenband) stellt den Zusammenhang zwischen der Artenzahl und dem Deckungsgrad der verschiedenen Lebensformgruppen mit dem Anteil der verschiedenen Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial sowie der geographischen Länge und der Hangneigung der jeweiligen Aufnahmen des südlichen Transekts dar.

Es zeigt sich, daß **krautige Arten** vorwiegend nicht an Standorten mit einem hohen Anteil mittelgroben Materials (Grus bzw. Kies) vertreten sind. Wie bereits angedeutet, nimmt die Artenzahl dieser Lebensformgruppe von Westen nach Osten zu. Diese Aussage läßt sich durch den Koeffizienten belegen. Hohe Deckungsgrade erzielen die krautigen Arten vor allem auf feinmaterialreichen Standorten während Standorte mit einem hohen Anteil an mittelgrobem Material – analog zur negativen Korrelation mit der Artenzahl – nur geringe Deckungsgrade dieser Lebensformgruppe aufweisen. Über das gesamte Transekt betrachtet, ergibt sich eine positive Korrelation des Deckungsgrades der krautigen Arten mit der geographischen Länge der Aufnahmefläche und damit mit der von Westen nach Osten ansteigenden Niederschlagsmenge und der in gleicher Richtung abnehmenden Niederschlagsvariabilität.

Für das südliche Transekt läßt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl der **Grasarten** und dem Anteil an grobem Material am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche beschreiben. Daneben steigt die Artenzahl mit zunehmender Hang­neigung der Standorte. In Bezug auf den Deckungsgrad dieser Lebensform­gruppe zeigt sich ein negativer Zusammenhang mit Standorten, die einen hohen Anteil an mittelgrobem Material aufweisen. Die geographische Länge (Niederschlagsgradient) spielt dagegen keine Rolle für die in den Vegetationsaufnahmen erfaßte Anzahl und Gesamtdeckung der Gräser.

Hohe Artenzahlen der **Chamaephyten** sind weitgehend auf Standorte mit einem hohen Anteil an grobem Material beschränkt. Auf feinmaterialreichen Standorten ist diese Lebensform­gruppe entweder nicht vertreten oder es finden sich nur wenige Arten. Eine Bindung zeigt sich jedoch an Standorten mit einer relativ starken Hang­neigung. Hohe Deckungsgrade chamaephytischer Arten werden vor allem auf stein- und blockreichen Standorten erzielt. Analog zur Artenzahl weisen feinmaterialreiche Standorte nur geringe Deckungsgrade chamaephytischer Arten auf. Ein Zusammenhang zwischen der geographischen Länge der Aufnahme­fläche (Niederschlagsgradient) und der Artenzahl bzw. dem Deckungsgrad chamaephytischer Arten kann für das südliche Transekt nicht beschrieben werden.

Wie beim nördlichen und beim mittleren Transekt verhalten sich die **blattsukkulenten Arten** weitgehend indifferent gegenüber den in die Analyse einbezogenen Umweltfaktoren. Aus dem verstärkten Auftreten dieser Lebensform­gruppe im westlichen Transektabschnitt ergibt sich jedoch statistisch ein negativer Zusammenhang der Artenzahlen und Deckungsgrade blattsukkulenter Arten mit der geographischen Länge der Aufnahme­fläche (Niederschlagsgradient).

Stammsukkulente Arten zeigen eine deutliche Bindung an Standorte mit einem hohen Anteil an grobem Material bzw. an Standorte mit einem hohen Anteil an Grobgrus bzw. Grobkies. Dies gilt ebenfalls für den Deckungsgrad dieser Lebensform­gruppe. Feinmaterialreiche Standorte weisen überwiegend keine stammsukkulenten Arten auf. Ein Zusammenhang zwischen der Artenzahl bzw. dem Deckungsgrad dieser Lebensform­gruppe mit der geographischen Länge der Aufnahme­fläche (Niederschlagsgradient) kann beim südlichen Transekt nicht festgestellt werden.

Die Artenzahl der Gruppe der **Phanerophyten** steigt im Verlauf des südlichen Transekts von Westen nach Osten – also mit einer Zunahme der Niederschlagsmenge und einem Absinken der Variabilität der Niederschläge – an (vgl. Abb. 41C). Im Übrigen verhält sich diese Lebensform­gruppe im Hinblick auf ihre Artenzahl gegenüber den anderen Umweltfaktoren indifferent. Ein positiver Zusammenhang besteht hinsichtlich des gesamten Transektverlaufs auch für den Deckungsgrad phanerophytischer Arten mit der geographischen Länge der Aufnahme­flächen (Niederschlagsgradient) sowie mit Standorten mit einem relativ hohen Feinmaterialanteil. Dagegen weisen Standorte mit einem hohen Anteil an Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies eher geringe Deckungsgrade phanerophytischer Arten auf.

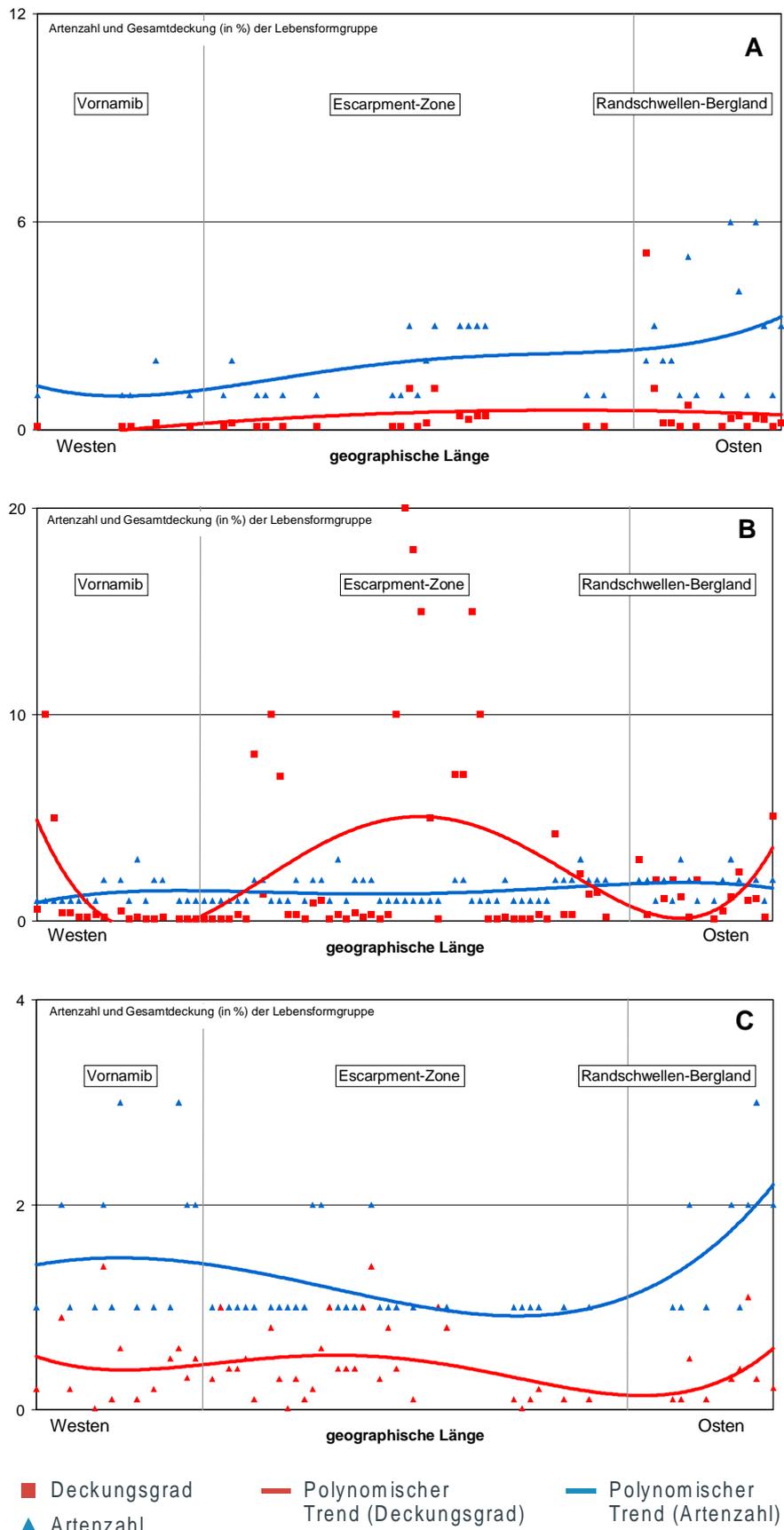


Abb. 40: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) annuelle Arten, B) Grasarten und C) Chamaephyten in den entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

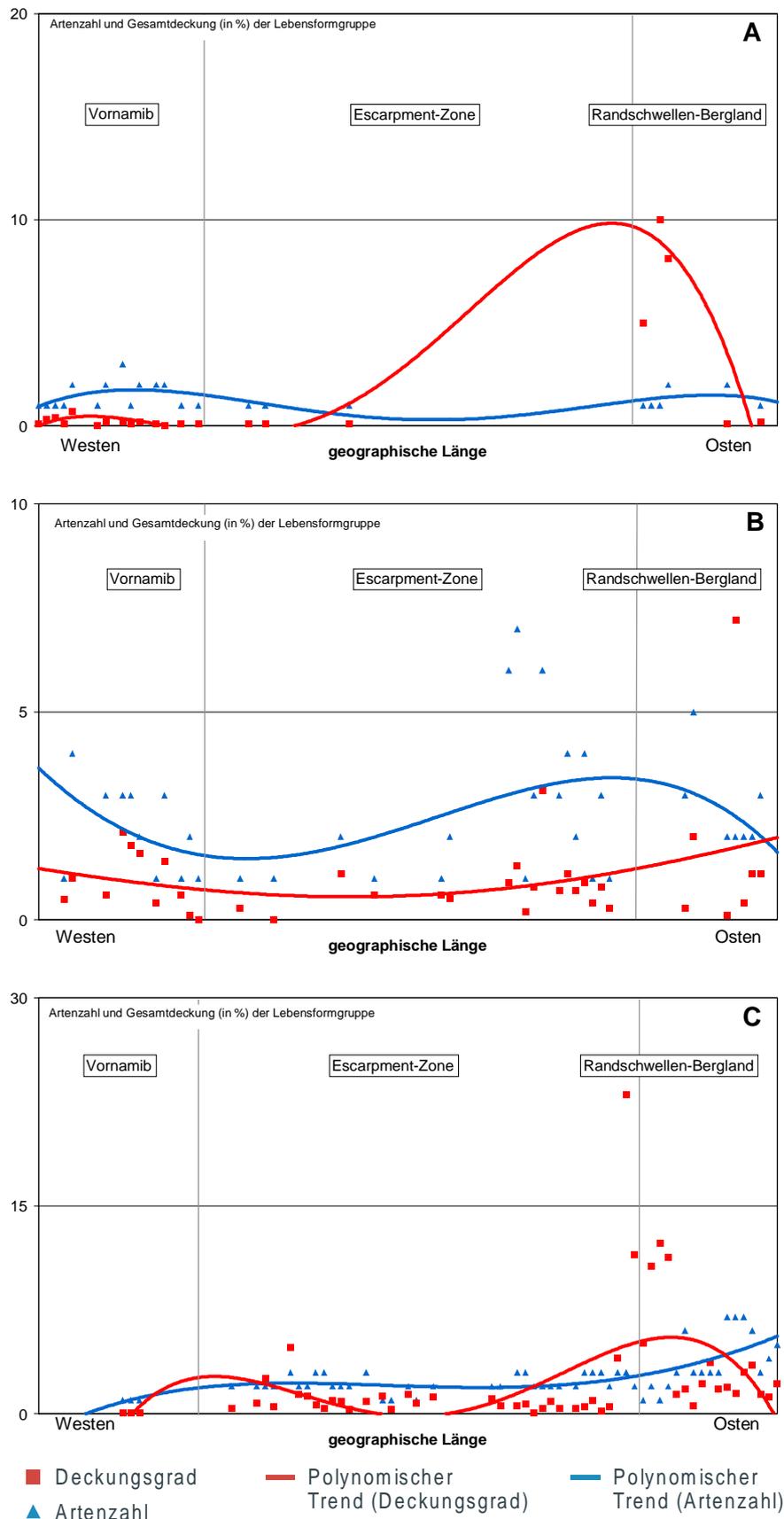


Abb. 41: Artenzahl und Deckungsgrad der Lebensformgruppen A) blattsukkulente Arten, B) stammsukkulente Arten und C) Phanerophyten in den entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

Tab. IV (Anlagenband) faßt die wesentlichen Ergebnisse im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen der Ausprägung der Artenzahl und der Deckungsgrad der Lebensformgruppen und den Anteilen der unterschiedlichen Korngrößengruppen sowie der Hangneigung und der geographischen Länge der Aufnahmefläche für die drei Transekte zusammen.

Es zeigen sich regelhaft folgende Zusammenhänge:

- Die Anzahl der durch die Vegetationsaufnahmen erfaßten chamaephytischen Arten zeigt bei den drei Transekten einen positiven Zusammenhang mit einem hohen Anteil an Blöcken am Oberflächenmaterial. Daneben ist eine hohe Artenzahl dieser Lebensformgruppe beim nördlichen und beim südlichen Transekt mit einem hohen Anteil von anstehendem Gestein am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche verbunden. Beim mittleren und südlichen Transekt zeigt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Hangneigung und der Artenzahl der Chamaephyten. Dagegen sind beim nördlichen und beim südlichen Transekt feinmaterialreiche Standorte arm an chamaephytischen Arten. Bei allen drei Transekten ergeben sich auf solchen Standorten geringe Deckungsgrade für diese Lebensformgruppe. Hohe Deckungsgrade kennzeichnen bei den drei Transekten Standorte mit einem hohen Blockanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche. Beim mittleren und beim südlichen Transekt ergibt sich ein positiver Zusammenhang auch für steinreiche Standorte. Ein Einfluß der Klimagradienten auf die Artenzahl und der Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe kann nicht festgestellt werden.
- Bei allen drei Transekten zeigt sich sowohl hinsichtlich der Artenzahl als auch des Deckungsgrades der stammsukkulenten Arten ein deutlicher, positiver Zusammenhang mit Standorten, die einen hohen Anteil an grobem Material am Oberflächenmaterial aufweisen. Eine positive Korrelation ist diesbezüglich auch für Standorte mit einer starken Hangneigung zu erkennen (vgl. COWLISHAW & DAVIES 1997). Feinmaterialreiche Standorte des mittleren und des südlichen Transekts weisen geringe Artenzahlen der Stammsukkulenten auf. Das gleiche gilt für Standorte mit einem hohen Anteil an Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies entlang des nördlichen und des südlichen Transekts. Dieser Standorttyp weist beim nördlichen und beim mittleren auch geringe Deckungsgrade der stammsukkulenten Arten auf. Die geographische Länge des Standortes (Niederschlagsgradient) spielt für die Artenzahl und den Deckungsgrad stammsukkulenter Arten nur eine untergeordnete Rolle.
- Sowohl die Artenzahl als auch der Deckungsgrad der phanerophytischen Arten zeigt einen positiven Zusammenhang mit der geographischen Länge des Standortes (Niederschlagsgradient). Da die anderen Standortfaktoren insgesamt eine geringe Bedeutung für die Ausprägung der Merkmale Artenzahl und Deckungsgrad für diese Lebensformgruppe besitzen, kann geschlossen werden, daß die Gradienten der Klimaelemente Hauptfaktoren für die Höhe der Artenzahl und des Deckungsgrades sind.
- Bei den Lebensformgruppen der krautigen Arten, der Gräser und der blattsukkulenten Arten zeigt sich bei keinem der hier dargestellten Umweltfaktoren ein sich bei allen drei Transekten bestätigender Zusammenhang. Insbesondere die geographische Länge der Aufnahmefläche als der die Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente widerspiegelnde Parameter, tritt in seiner Bedeutung als Determinante besonders bei den Gräsern und den blattsukkulenten Arten in den Hintergrund. Lediglich die Höhe der Artenzahl und des Deckungsgrades der krautigen Arten wird stark von der geographischen Länge des Standortes und damit von Gradienten der Klimaelemente determiniert. Im übrigen haben die unterschiedlichen Korngrößengruppen bei den blattsukkulenten Arten und den Gräsern einen stärker determinierenden Einfluß auf die Artenzahlen und den Deckungsgrad als die Hangneigung des Standortes. So wird die Anzahl der Grasarten beim nördlichen und beim südlichen Transekt positiv durch einen hohen Anteil an grobem Material beeinflusst.
- Die blattsukkulenten Arten zeigen die geringste Bindung an die in die Analyse einbezogenen Umweltfaktoren.

6.2.5 Muster der Vegetation

6.2.5.1 Einleitung

Die vorhergehenden Kapitel haben gezeigt, daß sich sowohl die Transekte untereinander als auch die Abschnitte der einzelnen Transekte z.T. deutlich hinsichtlich der Artenzahlen, der Gesamtdeckungen, der Evenness und der räumlichen Verteilung der einzelnen Lebensformgruppen unterscheiden. Es konnte nachgewiesen werden, daß neben der geographischen Länge der Aufnahme­fläche, als die die Klimagradi­enten subsummierende Größe, die Ausprägung dieser Merkmale durch standörtliche Unterschiede wie z.B. unterschiedliche Reliefsituationen und unterschiedliche Anteile der verschiedenen Korngrößengruppen gesteuert wird. Im Folgenden wird beschrieben, welche Vegetationsmuster sich entlang der drei Transekte unterscheiden lassen und welche standörtlichen Bedingungen diese Muster determinieren.

Für Namibia ist eine sich am syntaxonomischen System BRAUN-BLANQUETS (1964) orientierende Gliederung der Vegetation noch nicht erfolgt. Daher verzichtet die nachfolgende Beschreibung unterschiedlicher Vegetationsmuster auf die mit diesem System verbundenen Bezeichnungen der verschiedenen Vegetationstypen. Die Einteilung folgt vielmehr folgendem Schema:

Die Bezeichnung ‚Vegetationstyp‘ grenzt zwei, sich im Hinblick auf physiognomische Merkmale deutlich unterscheidende Einheiten ab. Im Untersuchungsgebiet sind dies das phanerophytenarme *ephemere Grasland* sowie die von Phanerophyten geprägte *Savanne*. Bei der Savanne lassen sich nach dem Kennartenprinzip den Vegetationstypen untergeordnete Savannentypen (z.B. *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*, *Acacia spp.-Savanne*) unterscheiden. Ebenfalls nach dem Kennartenprinzip können die Savannentypen in unterschiedliche Gemeinschaften differenziert sein. Auf die Problematik der scharfen Abgrenzung von Vegetationseinheiten entlang von Gradienten ist bereits in Kap. 4.1.3 (S. 26) eingegangen worden.

Insbesondere die von den Transekten gequerten Beckenlandschaften stellen Schwerpunkträume der Siedlungstätigkeit und Weidewirtschaft dar. So stößt der Versuch unterschiedliche Vegetationsmuster allein durch das Wirken abiotischer Standortfaktoren zu erklären dort rasch an Grenzen. Die auf die anthropogene Nutzung des Raumes zurückführbare Überprägung der Vegetation ist zumindest außerhalb der Siedlungsschwerpunkte kaum nachvollziehbar. Zu heterogen sind dort die die Vegetation seit Jahrhunderten überprägenden Nutzungsmuster. Die nun folgende Darstellung der unterschiedlichen, abgrenzbaren Pflanzengemeinschaften sowie die Diskussion der sie determinierenden Standortfaktoren sind vor diesem Hintergrund zu sehen. Eine Darstellung der vegetationsökologischen Bedingungen in stark anthropogen überprägten Räumen erfolgt in Kap. 6.3 (S. 255).

6.2.5.2 Vegetationsmuster des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park

6.2.5.2.1 Abgrenzung und Beschreibung der entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park auftretenden Pflanzengemeinschaften

6.2.5.2.1.1 Überblick

Die im Verlauf des nördlichen Transekts erfaßten Vegetationsaufnahmen lassen sich in zwei Hauptgruppen unterteilen. Dies sind zum einen die *Colophospermum mopane*-Savannen, denen 115 aller Vegetationsaufnahmen zugeordnet werden können und die Gruppe der von 17 Vegetationsaufnahmen gebildeten Einheit des *ephemereren Graslandes* (Abb. 42). Kennzeichnend für die *Colophospermum mopane*-Savannen ist die hohe Stetigkeit der phanerophytischen Arten *Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides* und *Catophractes alexandri*. In den Aufnahmen des *ephemereren Graslandes* sind diese Arten dagegen nicht vertreten (Tab. 14, S. 113; Tab. V, Anlagenband).

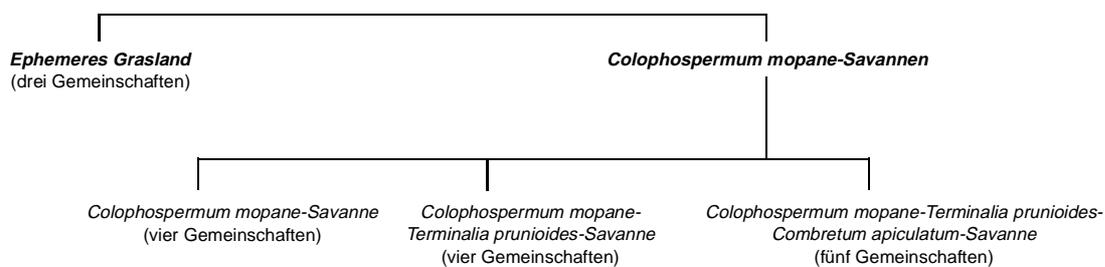


Abb. 42: Überblick über die im Verlauf des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park abgegrenzten Vegetationseinheiten

Die charakteristischen Grasarten der *Colophospermum mopane*-Savannen sind *Aristida effusa* und *Anthephora schinzii*. Das annuelle Gras *Aristida effusa* ist im Kaokoland nach MALAN & OWEN-SMITH (1974:166f) als Zeiger des extensiven Beweidungseinflusses aufzufassen (vgl. MÜLLER 1985:66).

Innerhalb der *Colophospermum mopane*-Savannen grenzt das hochstete Hinzutreten von *Combretum apiculatum* die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne ab (vgl. Tab. 16, S. 116).

Dieser Savanntentyp dominiert in Gebieten mit höheren Niederschlagsmengen und geringerer Niederschlagsvariabilität.

Tab. 14: Stetigkeit differenzierender Arten des ephemeren Graslandes und der *Colophospermum mopane*-Savannen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Art	Stetigkeit im ephemeren Grasland (in %)	Stetigkeit in den <i>Colophospermum mopane</i> -Savannen (in %)
<i>Colophospermum mopane</i>	0	98.3
<i>Terminalia prunioides</i>	0	73.0
<i>Catophractes alexandri</i>	0	70.4
<i>Combretum apiculatum</i>	0	44.3
<i>Heliotropium hereroense</i>	0	44.3
<i>Aristida effusa</i>	0	42.6
<i>Antheaphora schinzii</i>	0	41.7
<i>Boscia microphylla</i>	0	41.7
<i>Commiphora pyracanthoides</i>	0	37.4
<i>Rhigozum brevispinosum</i>	0	33.9
<i>Geigeria acaulis</i>	5.9	31.3
<i>Tribulus zeyheri</i>	5.9	28.7
<i>Grewia flavescens</i>	0	26.1
<i>Stipagrostis hirtigluma</i>	70.6	25.2
<i>Calicorema capitata</i>	52.9	0.0
<i>Monsonia umbellata</i>	47.1	18.3
<i>Commiphora wildii</i>	35.3	0.9
<i>Cleome suffruticosa</i>	29.4	7.0
<i>Euphorbia glanduligera</i>	29.4	5.2
<i>Commiphora giessii</i>	23.5	0.0
<i>Maerua parvifolia</i>	23.5	2.6
<i>Commiphora saxicola</i>	17.6	0.0
<i>Monechma genistifolium</i>	17.6	0.0
<i>Adenolobus pechuellii</i>	17.6	0.0
<i>Zygophyllum simplex</i>	11.8	0.9
<i>Phaeoptilum spinosum</i>	11.8	0.0

Mit durchschnittlich 18 Arten pro 0.1 ha sind die der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Combretum apiculatum*-Savanne zugeordneten Aufnahmen deutlich artenreicher als die Aufnahmen der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne, die im Durchschnitt nur 12 Arten pro 0.1 ha aufweist. Die *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne und die *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Combretum apiculatum*-Savanne bilden die Hauptsavanntentypen des Kaokolandes (vgl. VILJOEN 1980). Die räumliche Verbreitung dieser beiden Savanntentypen ist klar auf den östlich der Randstufe liegenden Raum begrenzt (vgl. Karte I, Anlagenband). Neben einem Höhenunterschied von 500 m bei einer Horizontalabstreckung von wenigen

hundert Metern, liegen westlich der Randstufe im Hinblick auf die Habitattypen deutlich andere Verhältnisse vor als im östlichen Teil dieses Transekts (vgl. Foto 3).

Während der Ostteil des Transekts überwiegend Mittelgebirgs- und Hochplateauarakter besitzt, verläuft das Transekt westlich der Randstufe zunächst durch das ein tiefgründiges Sandsediment aufweisende Marienflußtal. Weiter westlich schließt sich die Ebene der Vornamib an, die häufig durch



Foto 3: Blick vom Van Zyl's Paß nach Westen in das Marienflußtal

flachgründige Substrate über Kalkkrusten geprägt ist. Nur an besonderen Gunststandorten, wie z.B. im Bereich der White Hills, einem Ausläufer der Hartmannberge, finden sich noch von Phanerophyten geprägte Standorte mit Savannencharakter (vgl. Foto 4). Die dort erfaßten Vegetationsaufnahmen lassen sich der *Colophospermum mopane*-Savanne zuordnen, die in zwei Ausprägungen auch im östlichen Endabschnitt des Transekts vertreten ist. Bei diesem Savanntentyp handelt es sich um Gemeinschaften mit *Colophospermum mopane*

als dominanter Art, denen aber andere typische Arten der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne und der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*

ides-Combretum apiculatum-Savanne fehlen. Kennzeichnend ist weiterhin die geringe durchschnittliche Artenzahl, die z.B. bei der Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne* 5.4 und bei der Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri-Savanne* 4.3 Arten pro 0.1 ha beträgt.



Foto 4: *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* bei den White Hills

Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (vgl. Karte I, Anlagenband). Zur dieser Gruppe zählen vor allem durch *Stipagrostis hirtigluma* geprägte Vegetationsaufnahmen (vgl. Tab. 14 und Tab. V, Anlagenband). Die Beimischung weiterer, meist perennierender Arten wie *Calicorema capitata* und *Commiphora wildii*, erlaubt die Abgrenzung von drei Gemeinschaften. Ein auffälliger Unterschied zwischen beiden Einheiten ist die jeweilige durchschnittliche Artenzahl. Während sie im *Calicorema capitata-Stipagrostis hirtigluma-Grasland* bei 2.3 liegt, erreicht sie im *Commiphora wildii-Stipagrostis hirtigluma-Grasland* 9.3 Arten pro 0.1 ha. Die Anzahl ausdauerender Arten ist in beiden Gemeinschaften gering.



Foto 5: *Commiphora giessii* – ein Endemit des Kaokolandes

Während *Commiphora saxicola* eine relativ weite Verbreitung in den Randbereichen der Namib hat, ist *Commiphora giessii* ein Endemit des Kaokolandes, der in den westlichen Abschnitten der drei Transekte mit kleinen Populationen vertreten ist (Foto 5, vgl. VAN DER WALT 1973, COATES PALGRAVE 1983, VON BREITENBACH 1995).

Tab. 16 (S. 116) gibt einen Überblick über die gemeinschaftsbezogene Stetigkeit der für die Abgrenzung von Gemeinschaften entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park diagnostischen Arten (vgl. Tab. 17, S. 117). Enge räumliche Übereinstimmungen von im Rahmen dieser Arbeit abgegrenzten Vegetations- bzw. Savanntentypen mit von VILJOEN (1980) beschriebenen Vegetationseinheiten sind in Tab. 15 dargestellt (vgl. auch Karte I, Anlagenband).

Das *ephemere Grasland* prägt den westlichen Endabschnitt des Transekts

Das *ephemere Grasland* prägt den westlichen Endabschnitt des Transekts

Tab. 15: Räumliche Übereinstimmung der von VILJOEN (1980) vorgenommenen Vegetationsgliederung im Bereich des nördlichen Transekts mit der vorliegenden Gliederung

Vegetationseinheiten nach VILJOEN (1980)	Vegetations- bzw. Savanntentyp (vorliegende Arbeit)
<ul style="list-style-type: none"> • ephemeres <i>Stipagrostis hirtigluma</i>-Grasland der Grusflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>ephemeres Grasland</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum</i>-Einheit des Nördlichen Abflußgebietes 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides</i>-Einheit des Zentralen Abflußgebietes 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne</i>

Wie Abb. 43 (S. 116) zeigt, liegen die auf die einzelnen Lebensformgruppen entfallenden durchschnittlichen Artenzahlen mit Ausnahme der blattsukkulenten Arten in der *Colophospermum mopane-Savanne* höher als im *ephemerem Grasland*. Insbesondere die Gruppe der phanerophytischen Arten ist in der *Colophospermum mopane-Savanne* im Durchschnitt deutlich stärker vertreten als im *ephemerem Grasland*, wo in einigen Vegetationsaufnahmen keine Phanerophyten dokumentiert werden konnten. Insgesamt ergibt sich für die im Verlauf des nördlichen Transekts erfaßten Savannenausschnitte eine deutlich höhere Artendiversität als für das *ephemere Grasland*. Auffällig ist jedoch, daß im Hinblick auf die Lebensformdiversität keine Unterschiede feststellbar sind, d.h. daß alle dokumentierten Lebensformen in beiden Vegetationstypen vertreten sind.

Anhand von Abb. 44 (S. 116) wird deutlich, daß der durchschnittliche Deckungsgrad der Phanerophyten in den im Verlauf des nördlichen Transekts erfaßten Savanntentypen deutlich über dem im *ephemerem Grasland* erreichten Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe liegt. Der im Vergleich zu den *Colophospermum mopane-Savannen* geringe Deckungsgrad der Gräser im *ephemerem Grasland* kann auf die geringen Niederschlagsmengen zu Beginn des Jahres 1998 (Bearbeitungszeitraum) zurückgeführt werden. Abb. 44 läßt erkennen, daß im *ephemerem Grasland* neben Gräsern die stammsukkulenten Arten die dominante Lebensformgruppe darstellen. In den *Colophospermum mopane-Savannen* sind im Hinblick auf die Deckungsgrade deutlich die Phanerophyten und die Gräser die dominierenden Lebensformgruppen.

Im folgenden werden die entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park abgrenzten Vegetationseinheiten mit den jeweils zugeordneten Gemeinschaften näher beschrieben. Im Mittelpunkt stehen dabei die für die Abgrenzung der Gemeinschaften wesentlichen Artenkombinationen, die Lebensformspektren der Gemeinschaften sowie die Diskussion der an den Aufnahmestandorten erfaßten Umweltfaktoren. Die räumliche Lage der den einzelnen Einheiten zugeordneten Vegetationsaufnahmen ist aus Karte I (Anlagenband) ersichtlich. Tab. V (Anlagenband) erlaubt einen Überblick über die abgegrenzten Einheiten und Gemeinschaften und umfaßt daneben für jede Vegetationsaufnahme Angaben über strukturelle Parameter sowie über die für die einzelnen Aufnahmeflächen dokumentierten abiotischen Standortfaktoren.

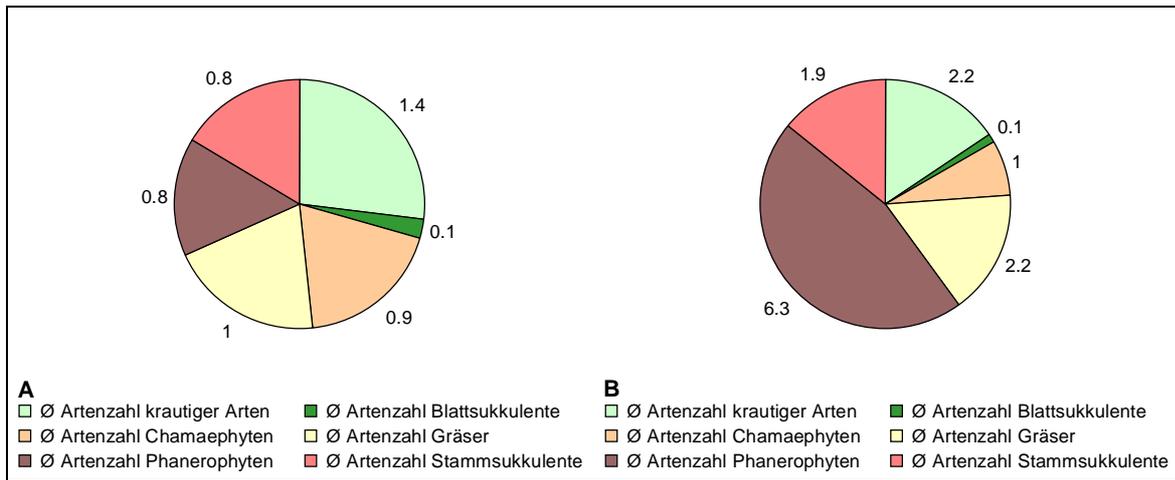


Abb. 43: Durchschnittliche Artenzahl der im ephemeren Grasland (A) und den Colophospermum mopane-Savannen (B) vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

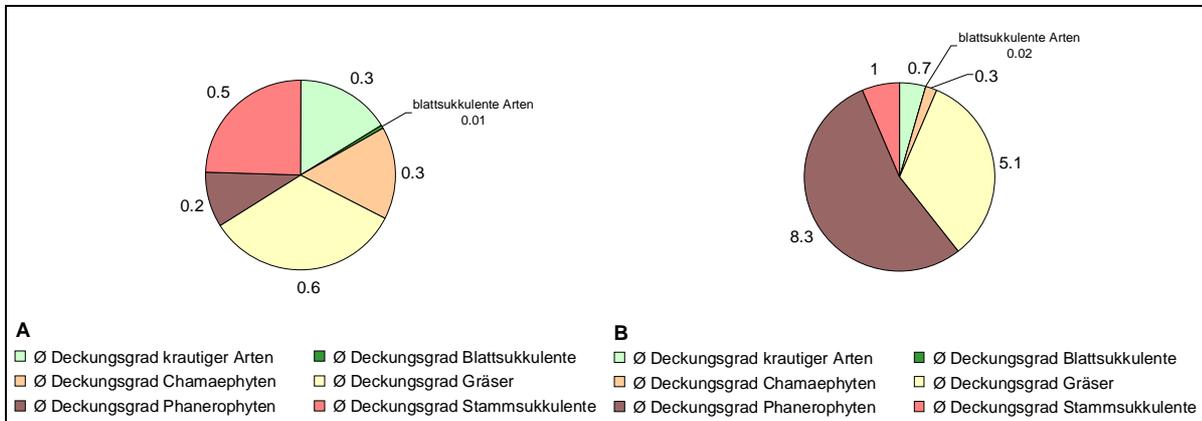


Abb. 44: Durchschnittlicher Deckungsgrad der im ephemeren Grasland (A) und den Colophospermum mopane-Savannen (B) vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Tab. 16: Gemeinschaftsbezogene Stetigkeit diagnostisch wichtiger Arten des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park

Vegetationstyp		Ephemeres Grasland			Colophospermum mopane-Savanne				Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne				Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne				
dagnostische Arten	Gemeinschaften	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Stipagrostis uniplumis</i>		.		100	100	.	.	36	100	.	.	.	15	25	50	25	18
<i>Commiphora wildii</i>		.	100		1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stipagrostis hirtigluma</i>		75	100		.	.	.	93	.	.	100	55	.	.	.	.	.
<i>Calicorema capitata</i>		100	17		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Colophospermum mopane</i>		.	.	.	100	100	100	100	100	100	100	100	92	100	100	100	91
<i>Terminalia prunioides</i>		60	.	.	78	91	80	100	85	100	100	75	100
<i>Combretum apiculatum</i>		11	27	20	9	77	100	100	100	91
<i>Tribulus zeyheri</i>		.		33	.	40	100	71	.	9	10	9	15	25	.	.	82
<i>Geigeria acaulis</i>		.	17	.	.	.	33	36	.	36	.	36	31	92	.	.	18
<i>Curroria decidua</i>		.	50	33	.	.	.	.	33	.	10	73	15	.	.	.	.
<i>Indigofera 115301</i>		7	44	.	.	.	.	.	75	25	.
<i>Enneapogon desvauxii</i>		80	.	.	.	.	.	73	.	.	.	.	.
<i>Barleria senensis</i>		75	.	18

Tab. 17: Vegetationseinheiten im Bereich des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park

	Name der Einheit	Geogr. Verbreitung (östl. L.)	Anzahl der Vegetationsaufnahmen	Ø Artenzahl	Symbol in Abb. I (Anlagenband)
I. Ephemeres Grasland					
1	<i>Stipagrostis hirtigluma</i> - <i>Calicorema capitata</i> -Grasland	12° 10'-12° 15'	8	2.8	
2	<i>Commiphora wildii</i> - <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Grasland	12° 15'-12° 20'	6	9.3	
3	<i>Stipagrostis uniplumis</i> -Grasland	12° 20'	3	2.3	
II. Colophospermum mopane-Savannen					
IIa. Colophospermum mopane-Savanne					
4	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Stipagrostis uniplumis</i> -Savanne	12° 35'	4	5.3	
5	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Enneapogon desvauxii</i> -Savanne	13° 21'-13° 45'	5	5.4	
6	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Tribulus zeyheri</i> -Savanne	13° 45'	3	4.3	
7	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Savanne	12° 25'-13° 21'	14	10.8	
IIb. Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne					
8	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Stipagrostis uniplumis</i> -Savanne	12° 44'-13° 05'	9	15.3	
9	artenarme <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> -Savanne	12° 41'-13° 21'	11	9.3	
10	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Savanne	13° 23'	10	11.5	
11	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Curroia decudua</i> -Savanne	13° 31'-13° 45'	11	14.4	
IIc. Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne					
12	artenarme <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> -Savanne	13° 05'-13° 16'	13	13.4	
13	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> - <i>Geigeria acaulis</i> -Savanne	13° 01'-13° 05'	12	14.9	
14	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> - <i>Barleria senensis</i> - <i>Indigofera</i> 115301-Savanne	12° 55'	8	23	
15	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> - <i>Euphorbia damarana</i> -Savanne	12° 50'	4	26.3	
16	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> - <i>Tribulus zeyheri</i> -Savanne	12° 44'-13° 11'	11	20.4	

6.2.5.2.1.2 *Ephemeres Grasland*

In der Gruppe des *ephemereren Graslandes* sind Vegetationsaufnahmen zusammengefaßt, die durch geringe Artenzahlen und das weitgehende Fehlen von Arten der reicheren Savannentypen charakterisiert sind (vgl. Tab. 14, S. 113). Dies betrifft insbesondere phanerophytische Arten wie z.B. *Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides* und *Catophractes alexandri*. Entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park konnte das *ephemere Grasland* zwischen 12° 10' östl. L. und 12° 20' östl. L. dokumentiert werden (vgl. Tab. 17, S. 117). Hier prägt das *ephemere Grasland* bei einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 50 bis 100 mm die Ebene der Vornamib und dominiert in artenreicheren Ausprägungen die Hanglagen (vgl. Karte I, Anlagenband). Das von dieser Einheit gekennzeichnete Gebiet wird von VILJOEN (1980) dem „*ephemereren Stipagrostis hirtigluma-Grasland* der Grusflächen“ zugeordnet (vgl. Abb. 28, S. 72; Karte I, Anlagenband). Abb. 43A (S. 116) zeigt, daß die krautigen Arten mit einem Durchschnittswert von 1.4 Arten pro 0.1 ha die am stärksten vertretene Artengruppe stellen. Von den von VILJOEN (1980) als typische krautige Arten seines „*ephemereren Stipagrostis hirtigluma-Graslandes* der Grusflächen“ genannten Arten, konnten *Cleome suffruticosa* und *Geigeria alata* im Rahmen dieser Arbeit dokumentiert werden. Zweitstärkste Lebensformgruppe sind die Gräser mit der in 70.6 % aller Aufnahmen vertretenen Hauptart *Stipagrostis hirtigluma*. Diese *Poaceae* ist auch nach VILJOEN die bedeutendste Grasart des *ephemereren Graslandes* (VILJOEN 1980:37f). Als zweitwichtigste Grasart erreicht *Stipagrostis uniplumis* nur noch eine Stetigkeit von 11.8 % (vgl. Tab. V, Anlagenband). Auch diese Art wird von VILJOEN als weitere bedeutende Art des *ephemereren Graslandes* genannt (VILJOEN 1980:41). Die Lebensformgruppe der Chamaephyten wird vor allem von *Calicorema capitata* (Stetigkeit 52.6 %) vertreten. Hinzu kommen vereinzelt *Petalidium variabile* und *Monechma genistifolium*. Die Phanerophyten und die Stammsukkulente sind mit durchschnittlich 0.8 Arten pro 0.1 ha gleichstark im *ephemereren Grasland* vertreten. Während als Hauptarten der Phanerophyten *Maerua parvifolia* und *Curroria decidua* zu nennen sind, werden die stammsukkulente Arten durch *Commiphora wildii*, *C. saxicola* und *C. giessii* vertreten. Die Gruppe der Blattsukkulente hat nur eine sehr untergeordnete Bedeutung.

Das hier dem *ephemereren Grasland* zugeordnete Gebiet ist nach IRISH (1994) und JÜRGENS (1997) dem Nama-Karoo-Biom bzw. der Nama-Karoo Region zuzuordnen (vgl. Abb. 26, S. 69).

Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata-Grasland (Tab. 17, Nr. 1)

Mit ihrer Verbreitung zwischen 12° 10' östl. L. und 12° 15' östl. L. prägt das *Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata-Grasland* den westlichen, durch die Ebene der Vornamib verlaufenden Endabschnitt des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (vgl. Karte I, Anlagenband; Foto 6). Bedingt durch die erosive Wirkung des Windes sind die Standorte dieser Einheit feinmaterialarm und zeigen beim Oberflächenmaterial ein deutliches Optimum bei der Grusfraktion. Gröberes Material ist bei diesen Ebenenstandorten nicht zu verzeichnen. Die Gemeinschaft konnte jedoch auch auf einem Fußhangstandort dokumentiert werden. Bei einer Hangneigung von 20 % tritt hier die gröbere Materialfraktion stärker in den Vordergrund. Stellenweise sind in diese Bereich der Vornamib freigelegte Kalkkrusten sichtbar. So weisen zwei der acht Aufnahmestandorte dieser Gruppe mit einem geringen bzw. mittleren Anteil am Oberflächenmaterial oberflächennahe Krusten auf. Bei zwischen 6.6 und 7.4 liegenden pH-Werten können Kalk, Quarz und Granit Ausgangsmaterial der Bodenbildung sein. Ein von der Art des anstehenden Gesteins abhängiger Unterschied im Kalkgehalt des oberflächennahen Feinmaterials ist jedoch nicht erkennbar. Die vorherrschenden Bodenarten sind ‚lehmiger Sand‘ und

‚sandiger Lehm‘. Innerhalb dieser Aufnahmegruppe sind die chemischen Bedingungen des Feinmaterials sehr variabel. Dies läßt sich z.B. am zwischen null und 99.78 mg/l liegenden Sulfatgehalt zeigen. Ähnliche Schwankungsbreiten sind auch bei den Konzentrationen der anderen in Tab. V (Anlagenband) dargestellten Anionen und Kationen sichtbar.

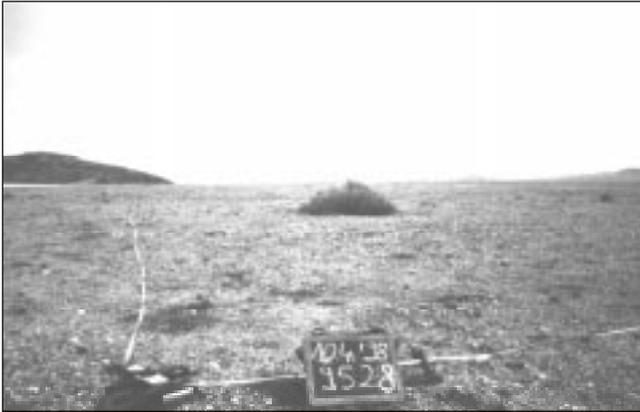


Foto 6: *Stipagrostis hirtigluma*-*Calicorema capitata*-Grasland

Bei einer mittleren Artenzahl von 2.8 Arten pro 0.1 ha und sehr geringen Gesamtdeckungen, sind *Stipagrostis hirtigluma* und *Calicorema capitata* die charakteristischen Arten dieser Einheit. Nur wenige Arten ergänzen diese Basiskombi-

nation, so daß im Hinblick auf die Lebensformen Gräser und Chamaephyten dominieren (Abb. 45).

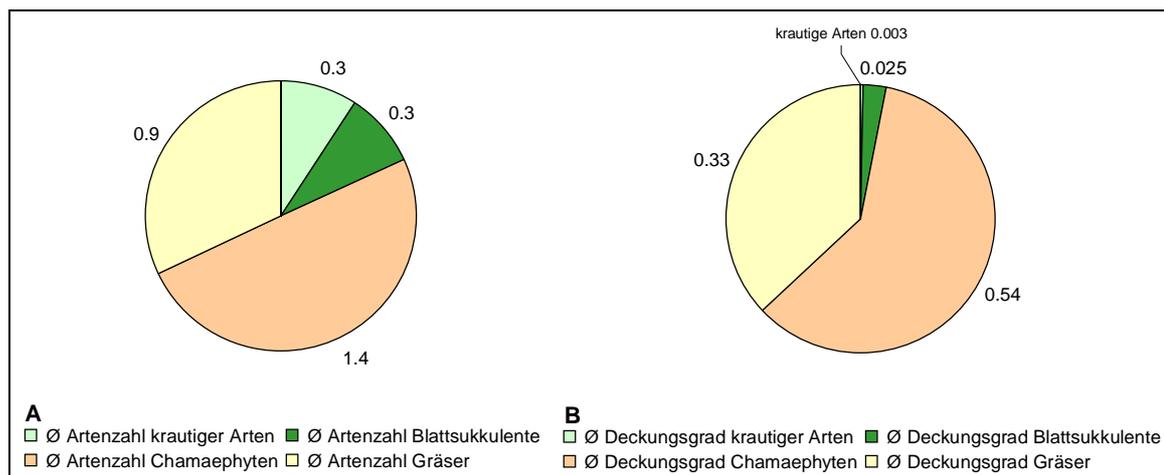


Abb. 45: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im *Stipagrostis hirtigluma*-*Calicorema capitata*-Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Commiphora wildii-*Stipagrostis hirtigluma*-Grasland (Tab. 17, Nr. 2)

Während das *Stipagrostis hirtigluma*-*Calicorema capitata*-Grasland kennzeichnend ist für die Vornamib-Ebene des westlichen Endabschnitts des nördlichen Transekts, werden Standorte mit stärkerer Hangneigung vom *Commiphora wildii*-*Stipagrostis hirtigluma*-Grasland dominiert (Foto 7). Mit durchschnittlich 9.3 Arten pro 0.1 ha weist diese vor allem auf Mittelhangstandorten verbreitete Einheit wesentlich höhere Artenzahlen auf, als die Grasland-Gemeinschaften der Vornamib-Ebene (vgl. Abb. 33A, S. 94). Dies ist in erster Linie auf die physikalischen Substratbedingungen zurückzuführen, die die Hanglagen zu edaphisch feuchten Standorten machen (vgl. Kap. 6.2.2). Im Gegensatz zu den Ebenenstandorten dieses Transektabschnitts weisen die Hanglagen einen deutlich höheren Anteil der Grus- und Steinfraction auf (vgl. Tab. V, Anlagenband). Die Hauptbodenart der Standorte ist ‚lehmi-

ger Sand'. Bei zwischen 6.4 und 7.1 liegenden pH-Werten liegt an allen Standorten ein Carbonatanteil von 2-4 Gewichtsprozent vor. Wie beim *Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata-Grasland* zeigen die übrigen bodenchemischen Parameter zwischen den einzelnen Aufnahmeflächen eine hohe Variabilität (vgl. Tab. V, Anlagenband).

Das Spektrum der Lebensformen ist sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht wesentlich ausgeglichener als beim *Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata-Grasland* (Abb. 46). Besonders auffällig ist der hohe Anteil krautiger Arten, die z.B. von *Monsonia umbellata* und *Cleome suffruticosa* repräsentiert werden. Den durchschnittlich höchsten Deckungsgrad erzielen jedoch die stammsukkulente Arten, bei denen neben *Commiphora wildii* auch *C. saxicola* und *C. giessii* zu erwähnen sind (s.o.). Die Gruppe der Phanerophyten wird durch *Maerua parvifolia* und *Adenolobus pechuelii* vertreten. Aus den vergleichsweise hohen Artenzahlen und insgesamt recht gleichmäßigen Artmächtigkeiten ergeben sich für diese Gemeinschaft hohe, zwischen 70.4 und 92.6 liegende Evenness-Werte (vgl. Tab. V, Anlagenband).



Foto 7: *Commiphora wildii-Stipagrostis hirtigluma-Grasland*

wesentlich ausgeglichener als beim *Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata-Grasland* (Abb. 46). Besonders auffällig ist der hohe Anteil krautiger Arten, die z.B. von *Monsonia umbellata* und *Cleome suffruticosa* repräsentiert werden. Den durchschnittlich höchsten Deckungsgrad erzielen jedoch die stammsukkulente Arten, bei denen neben *Commiphora wildii* auch *C. saxicola* und *C. giessii* zu erwähnen sind (s.o.). Die Gruppe der Phanerophyten wird durch *Maerua parvifolia* und *Adenolobus pechuelii* vertreten. Aus den vergleichsweise hohen Artenzahlen und insgesamt recht gleichmäßigen Artmächtigkeiten ergeben sich für diese Gemeinschaft hohe, zwischen 70.4 und 92.6 liegende Evenness-Werte (vgl. Tab. V, Anlagenband).

wesentlich ausgeglichener als beim *Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata-Grasland* (Abb. 46). Besonders auffällig ist der hohe Anteil krautiger Arten, die z.B. von *Monsonia umbellata* und *Cleome suffruticosa* repräsentiert werden. Den durchschnittlich höchsten Deckungsgrad erzielen jedoch die stammsukkulente Arten, bei denen neben *Commiphora wildii* auch *C. saxicola* und *C. giessii* zu erwähnen sind (s.o.). Die Gruppe der Phanerophyten wird durch *Maerua parvifolia* und *Adenolobus pechuelii* vertreten. Aus den vergleichsweise hohen Artenzahlen und insgesamt recht gleichmäßigen Artmächtigkeiten ergeben sich für diese Gemeinschaft hohe, zwischen 70.4 und 92.6 liegende Evenness-Werte (vgl. Tab. V, Anlagenband).

Bezüge des hier beschriebenen *Commiphora wildii-Stipagrostis hirtigluma-Graslandes* sind zu der von VILJOEN (1980) abgegrenzten artenarmen Variante der ‚*Commiphora spp.-Strauchsavanne* des westlichen Escarpmentgebirges‘ zu erkennen (vgl. Abb. 28, S. 72; Karte I, Anlagenband). Diese artenarme Ausprägung der ‚*Commiphora spp.-Strauchsavanne*‘ dringt nach VILJOEN (1980:38f) auf Gebirgsausläufern der Randstufe in westlich vorgelagerte Gebiete vor und wird durch *Commiphora wildii*, *C. saxicola* und *C. oblanceolata* geprägt. Als weitere verbindende Elemente sind *Commiphora giessii* und *Phaeoptilum spinosum* zu nennen. Trotz der starken Bezüge zu der von VILJOEN (1980) beschriebenen ‚*Commiphora spp.-Strauchsavanne* des westlichen Escarpmentgebirges‘ soll hier die Bezeichnung ‚Grasland‘ verwendet werden. Dies ist zum einen durch den im Vergleich zu echten Sa-

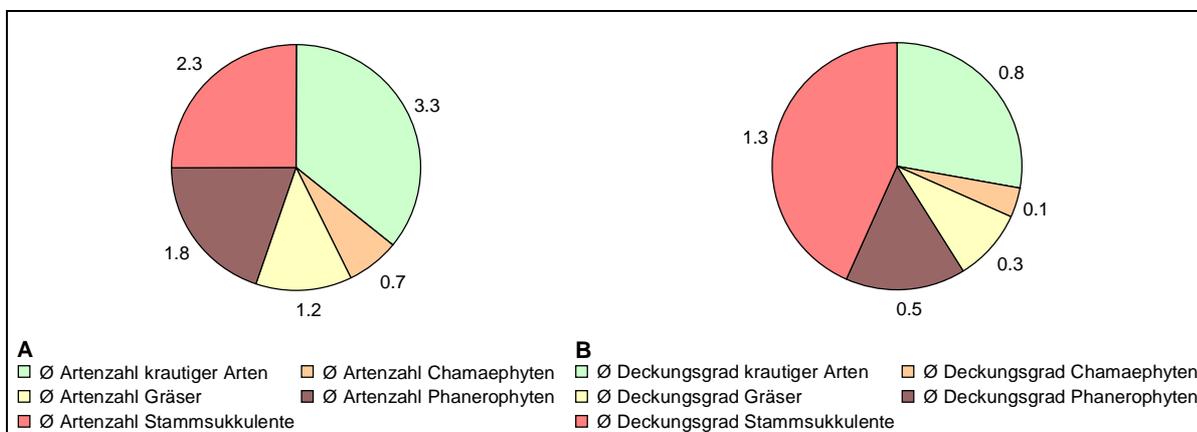


Abb. 46: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im *Commiphora wildii-Stipagrostis hirtigluma-Grasland* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

vannen geringen Deckungsgrad der Phanerophyten und zum anderen durch den stark ephemeren Charakter der Grasschicht zu begründen.

Stipagrostis uniplumis-Grasland (Tab. 17, Nr. 3)

Mit einem im Vergleich zum *Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata*-Grasland etwas nach Osten verschobenen Schwerpunkt ist die Vornamib-Ebene entlang des nördlichen Transekts bei 12° 20' östl. L. vom *Stipagrostis uniplumis*-Grasland geprägt. In diesem Bereich dringt die das Hartmannstal und das Marienflußtal dominierende Grasart weiter nach Süden und Westen vor. Die Korngrößenzusammensetzung des Oberflächenmaterials entspricht weitgehend der des *Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata*-Graslandes und ist damit wesentlich ärmer an Feinmaterial als die Standorte der *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis*-Savanne, die das südliche und mittlere Marienflußtal prägt. Allerdings weisen beide Standorte Quarz als Ausgangsmaterial der Bodenbildung auf, während im Bereich des *Stipagrostis hirtigluma-Calicorema*-Graslandes neben Quarz auch Kalkkrusten die Bodenbildung beeinflussen. Insgesamt liegen die pH-Werte sowie die Calcium- und Carbonatgehalte des Feinbodens im Bereich des *Stipagrostis uniplumis*-Graslandes etwas niedriger als im *Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata*-Grasland (vgl. Tab. V, Anlagenband).

Das Lebensformspektrum dieser Gemeinschaft wird wegen der Artenarmut qualitativ sowie quantitativ deutlich von *Stipagrostis uniplumis* beherrscht (Abb. 47). Als Vertreter der Phanerophyten sind lediglich *Curroria decidua* und *Maerua parvifolia* vereinzelt in der durchschnittlich nur 2.3 Arten pro 0.1 ha aufweisenden Gemeinschaft vertreten.

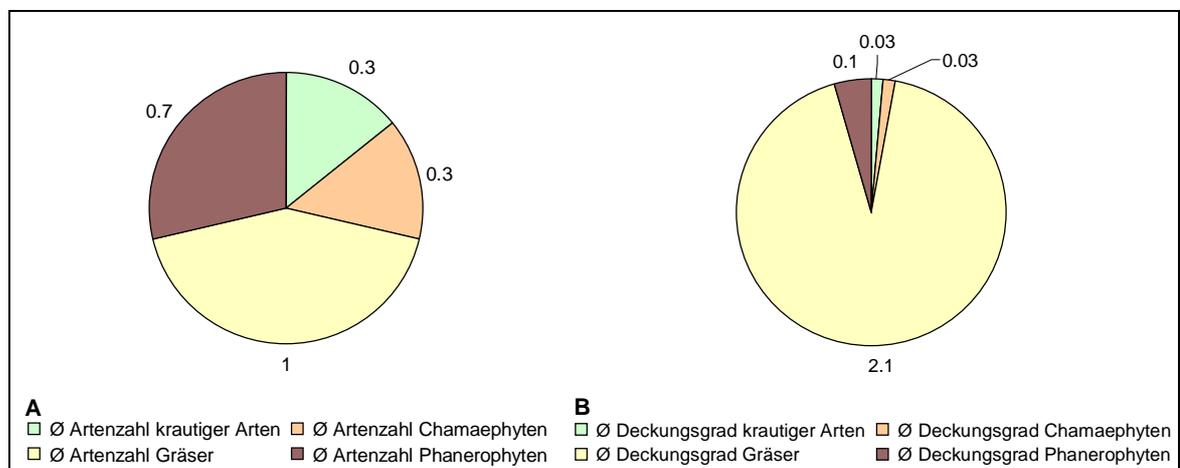


Abb. 47: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im *Stipagrostis uniplumis*-Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

6.2.5.2.1.3 *Colophospermum mopane*-Savannen

Östlich von 12° 20' östl. L. wird das *ephemere* Grasland von den verschiedenen Ausprägungen der *Colophospermum mopane*-Savannen abgelöst (vgl. Karte I, Anlagenband). Dieser Formationswechsel ist vor dem Hintergrund der nach Osten bzw. Nordosten zunehmenden Jahresniederschlagsmenge und der geringer werdenden interannuellen Variabilität der Niederschlagsmenge zu sehen. Während für IRISH (1994:565) die Grenze der Nama-Karoo Region im Bereich des nördlichen Transekts mit der Randstufe zusammenfällt, sieht JÜRGENS (1997) die Grenze zwischen der Nama-

Karoo Region und der Sudano-Sambesischen Region deutlich weiter nach Osten verlagert (vgl. Abb. 26, S. 69). Den hier vorliegenden Daten zufolge, ergibt sich im Bereich des nördlichen Transekts mit dem Auftreten der *Colophospermum mopane-Savannen* ab 12° 25' östl. L. ein Wechsel von der Nama-Karoo Region zur Sudano-Sambesischen Region mit dem Übergang von der Vornamib zur Escarpment-Zone. Dies steht im Einklang mit IRISH (1994: 562f), der die westliche Grenze des Savannenbioms im Bereich des nördlichen Transekts im Gebiet um 12° 30' östl. L. (Red Drum) sieht.

Während der artenarme Savannentyp der *Colophospermum mopane-Savanne* mit zwei Gemeinschaften westlich der Randstufe in einem Bereich mit 50 bis 100 mm durchschnittlichem Jahresniederschlag vertreten ist, sind die reicheren Savannentypen entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park auf Standorte östlich der Randstufe beschränkt. Hier steigen die durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen bis in den östlichen Teil des Transekts auf über 300 mm an (vgl. Abb. 16, S. 52; Karte I, Anlagenband).

Damit ist zunächst ein deutlicher Anstieg der Artenzahlen von durchschnittlich fünf Arten im ephemeren Grasland auf durchschnittlich 18 Arten pro 0.1 ha in den *Colophospermum mopane-Savannen* verbunden. Auch die innerhalb der *Colophospermum mopane-Savanne* ausgliederten Savannentypen unterscheiden sich deutlich im Hinblick auf ihren Artenreichtum. So stellt die Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Savanne* mit durchschnittlich 8 Arten pro 0.1 ha die artenärmste Ausprägung der *Colophospermum mopane-Savannen* im Bereich des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park dar.

Über die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* mit durchschnittlich 13 Arten pro 0.1 ha steigt die Artenzahl in der reichsten Ausprägung der *Colophospermum mopane-Savannen*, der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*, auf 18 Arten pro 0.1 ha an.

Schon in Kap. 6.2.3 ist dargestellt worden, daß die artenreichsten Aufnahmeflächen im Bereich des nördlichen Transekts nicht im potentiell niederschlagsreichsten Raum des östlichen Transektabschnitts zu verzeichnen sind, sondern im zentralen Teil der Escarpment-Zone (vgl. Abb. 31, S. 92). Dieser zentrale Teil der Escarpment-Zone wird von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* geprägt (vgl. Karte I, Anlagenband).

Tab. 18 (S. 123) zeigt die die drei Ausprägungen der *Colophospermum mopane-Savannen* differenzierenden Arten (vgl. auch Tab. V, Anlagenband). Dabei fällt auf, daß die Abgrenzung der *Colophospermum mopane-Savanne* nicht aufgrund eigener Kennarten geschieht, sondern durch das Fehlen der die reicheren Savannentypen charakterisierenden Arten wie *Terminalia prunioides*, *Combretum apiculatum* sowie zahlreicher *Commiphora*-Arten. Als deutlich verbindendes Element zwischen der *Colophospermum mopane-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* ist *Stipagrostis hirtigluma* zu nennen, die als dominierende Art des ephemeren Graslandes ihr Optimum eindeutig in den niederschlagsärmeren, vom nördlichen Transekt durchquerten Gebieten hat (vgl. Abb. 66, S. 151). In der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* ist diese Art hingegen nicht mehr vertreten. Hier sind als prägende Grasarten *Antheophora schinzii* und *Aristida effusa* zu nennen. Beide Gräser sind typische Erstbesiedler gestörter Stellen (MÜLLER 1985).

Wie Abb. 48 verdeutlicht, ist *Colophospermum mopane* die dominante Art der *Colophospermum mopane*-Savannen. Mit deutlich geringeren durchschnittlichen Artmächtigkeiten folgen *Stipagrostis uniplumis*, *Terminalia prunioides*, *Aristida effusa* und *Stipagrostis hirtigluma*. Dabei liegt die Stetigkeiten dieser Arten jedoch zumeist deutlich unter der von *Colophospermum mopane*. Die hier aufgeführten Grasarten können jedoch nach guten Niederschlägen rasch aspektbildende Bestände aufbauen.

Tab. 18: Stetigkeit differenzierender Arten der *Colophospermum mopane*-Savanne, der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne und der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Combretum apiculatum*-Savanne (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Art	Stetigkeit in der <i>Colophospermum mopane</i> -Savanne (in %)	Stetigkeit in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> -Savanne (in %)	Stetigkeit in der <i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> -Savanne (in %)
<i>Terminalia prunioides</i>	19	83	94
<i>Catophractes alexandri</i>	15	78	95
<i>Rhigozum brevispinosum</i>	4	17	65
<i>Combretum apiculatum</i>	4	15	92
<i>Anthephora schinzii</i>	8	32	69
<i>Aristida effusa</i>	4	34	71
<i>Commiphora pyracanthoides</i>	4	22	69
<i>Commiphora glaucescens</i>	0	17	33
<i>Commiphora mollis</i>	0	7	44
<i>Commiphora tenuipetiolata</i>	0	20	0
<i>Commiphora africana</i>	0	27	33
<i>Stipagrostis hirtigluma</i>	42	44	0

pagrostis uniplumis, *Terminalia prunioides*, *Aristida effusa* und *Stipagrostis hirtigluma*. Dabei liegt die Stetigkeiten dieser Arten jedoch zumeist deutlich unter der von *Colophospermum mopane*. Die hier aufgeführten Grasarten können jedoch nach guten Niederschlägen rasch aspektbildende Bestände aufbauen.

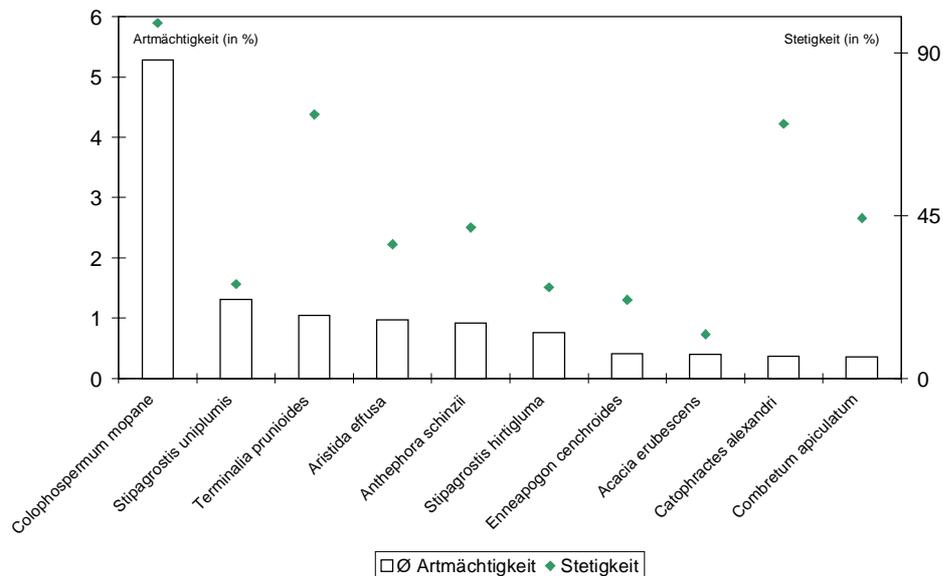


Abb. 48: Übersicht über die im Hinblick auf die durchschnittliche Artmächtigkeit wichtigsten Arten der *Colophospermum mopane*-Savannen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Die Abb. 49 bis Abb. 51 zeigen, daß sich die *Colophospermum mopane*-Savanne im Hinblick auf die durchschnittlichen Artenzahlen und Gesamtdeckungen der einzelnen Lebensformgruppen deutlich von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne abhebt. So besitzen die krautigen Arten bei der *Colophospermum mopane*-Savanne im Vergleich zu den anderen Lebensformgruppen qualitativ eine höhere Bedeutung als bei den beiden anderen Savanntypen. Stammsukkulente Arten sind durchschnittlich nur durch jede dritte Vegetationsaufnahme erfaßt worden. Bei den beiden reicheren Savanntypen dagegen, ist die Bedeutung dieser Lebensformgruppe deutlich höher. Auf der Grundlage der bislang diskutierten Ergebnisse ergibt sich, daß die Stammsukkulente Arten ihr qualitatives und quantitatives Optimum in den niederschlagsreicheren Abschnitten des nördlichen Transekts haben und in den niederschlagsarmen Abschnitten westlich der Escarpment-Zone lediglich auf grobmaterialreichen Hanglagen nach Westen vordringen (vgl. Kap. 6.2.4 u. VILJOEN 1980:38f). Bei allen drei Ausprägungen der im Verlauf des nördlichen Transekts abgegrenzten *Colophospermum mopane*-Savannengemeinschaften sind die Phanerophyten und die Gräser im Hinblick auf die Deckungsgrade die dominierenden Lebensformen. Dabei haben die Phanerophyten eine größere Bedeutung als die Gräser. Blattsukkulente Arten und chamaephytische Arten haben in den drei Ausprägungen der *Colophospermum mopane*-Savanne nur eine geringe Bedeutung.

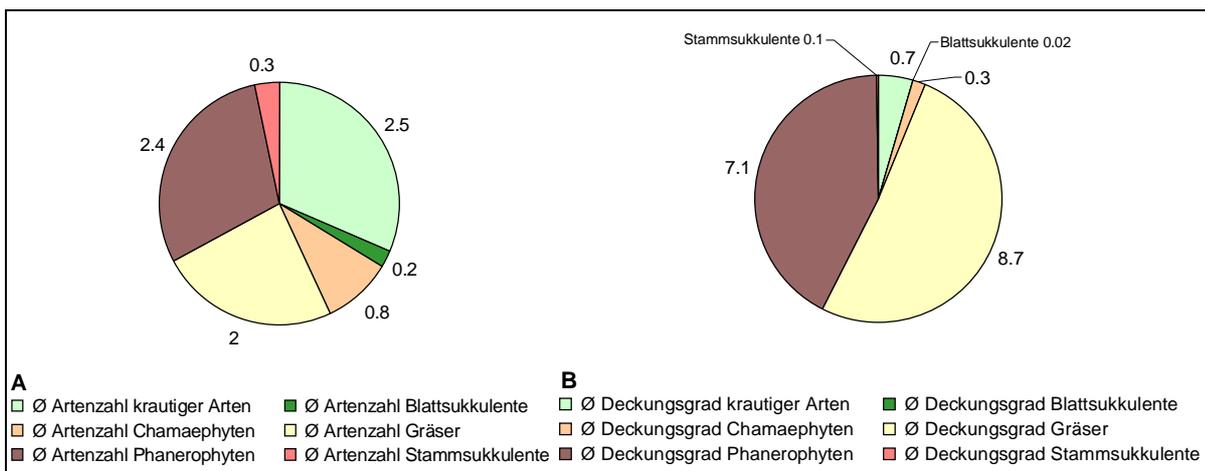


Abb. 49: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

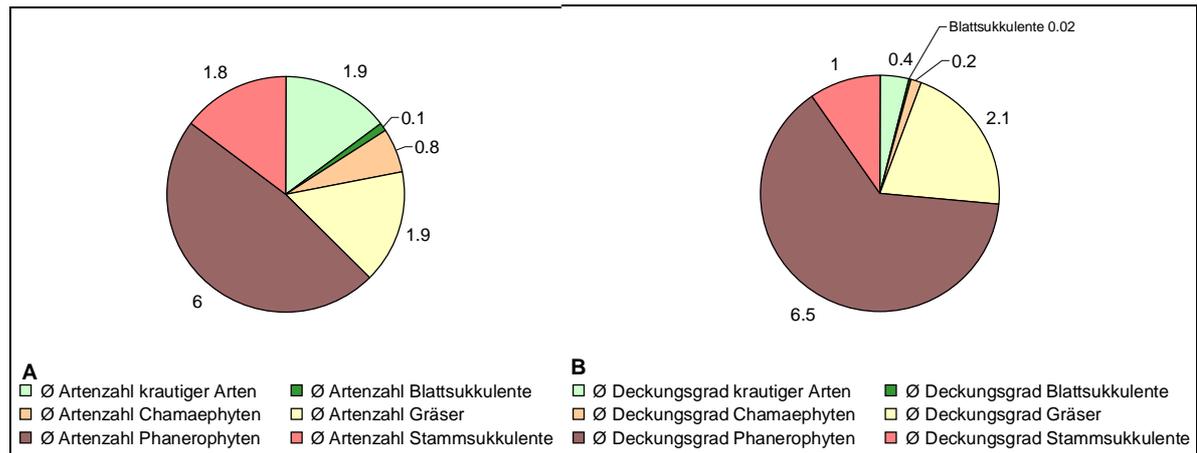


Abb. 50: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

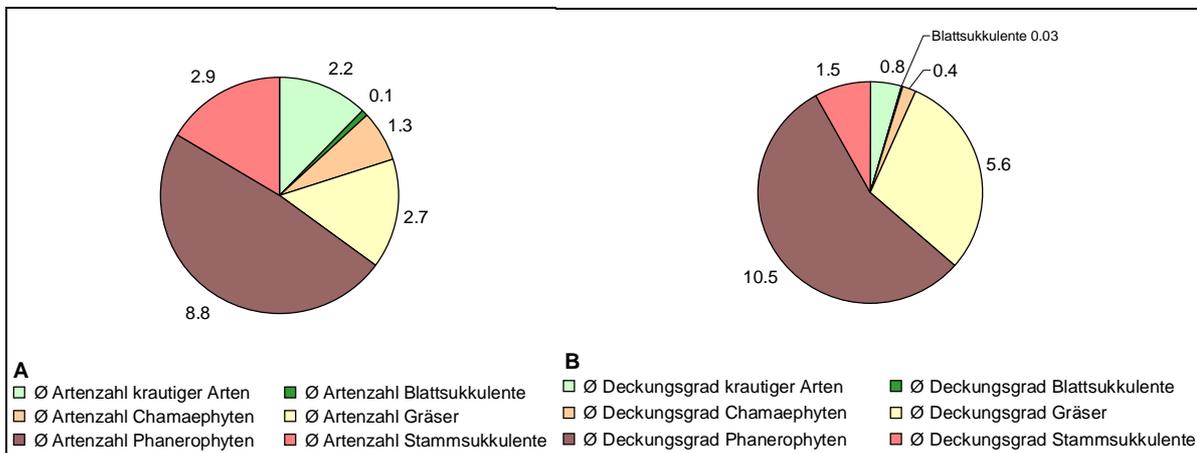


Abb. 51: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

6.2.5.2.1.3.1 *Colophospermum mopane*-Savanne

Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne (Tab. 17, Nr. 4)

Das der Randstufe nach Westen vorgelagerte Marienflußtal wird vom Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park in seinem niederschlagsreichen, südlichen Teil gequert. Hier prägt die *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis*-Savanne die Ebenenstandorte (Foto 8). Mit den zum Kunene hin abnehmenden Niederschlagsmengen geht dieser artenarme Savannentyp in ein *ephemeres Stipagrostis uniplumis-Grasland* über (BECKER & GETZIN 2000, BECKER & JÜRGENS 2000). Neben den namensgebenden Arten sind in allen, diese Gemeinschaft beschreibenden Vegetationsaufnahmen die annuellen krautigen Arten *Monsonia umbellata* und *Kohautia angolensis* vertreten. Diese Abgrenzung steht im Gegensatz zu der von VILJOEN (1980) vorgenommenen Charakterisierung des Marienflußtals. Danach wird das gesamte Marienflußtal von einem ‚*Stipagrostis uniplumis-Stipagrostis giessii*-Grasland‘ geprägt (vgl. Abb. 28, S. 72; Karte I, Anlagenband). Nach VILJOEN ist *Stipagrostis giessii* im Kaokoland auf Standorte mit einer guten Wasserversorgung beschränkt (vgl. GIBBS RUSSEL

et al. 1991). Innerhalb des Komplexes des Hartmannstals und des Marienflußtals stellt der südliche Teil des Marienflußtals ein lokales, niederschlagsbegünstigtes, von zahlreichen Gerinnen durchzogenes Gebiet dar. So hat hier auch der Otjingjandi als Haupttrivier des Marienflußtals seinen Ursprung. Nur in diesem Bereich ist *Stipagrostis giessii* stellenweise die aspektbildende Art. Nach Norden verringert sich die Abundanz von *Stipagrostis giessii* jedoch rasch. Nördlich von 17° 40' südl. Br. ist

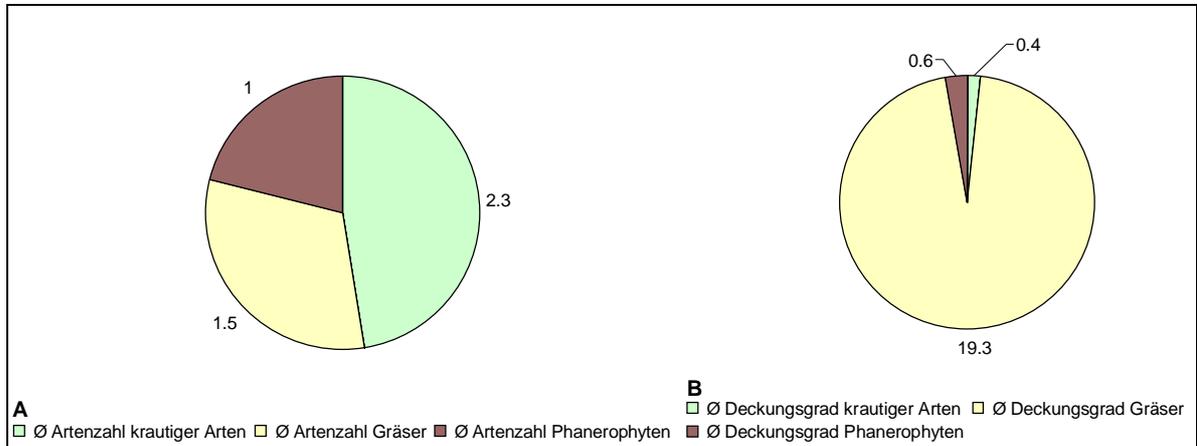


Abb. 52: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transect Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

diese Art nur noch sehr vereinzelt entlang der Tiefenlinien vertreten, bevor sie wenige Kilometer weiter nördlich nicht mehr in Erscheinung tritt. Insofern scheint eine großräumige, das gesamte Marienflußtal umfassende Zuordnung zu einem *Stipagrostis uniplumis-Stipagrostis giessii*-Grasland nicht gerechtfertigt.

Am Aufbau der *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis*-Savanne sind lediglich krautige Arten, Gräser und Chamaephyten beteiligt (Abb. 52). In Abhängigkeit von der Variabilität der regenzeitlichen Niederschläge stellen die Gräser im Hinblick auf der Deckungsgrade die dominante Lebensformgruppe dar.

Im Verlauf aller Transekte konnten Standorte ohne Ton- und Schluffanteil, wie es für das im Ma-

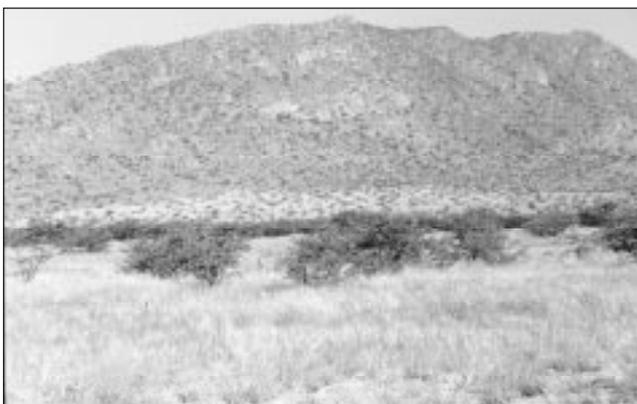


Foto 8: *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis*-Savanne im Marienflußtal (Blick nach Osten auf die Randstufe)

rienflußtal vorliegende, tiefgründige Lockersediment charakteristisch ist, nur vereinzelt dokumentiert werden. Die Korngrößendurchmesser des den Graben des Marienflußtals prägenden tiefgründigen Lockersediments erreichen maximal 2 cm, wobei häufig ein Maximum der Sandfraktion vorliegt. Gröberes Material konnte nicht dokumentiert werden. Derartige Standorte müssen als edaphisch trockene Standorte aufgefaßt werden (THOMAS & SHAW 1993). Das carbonatfreie, quarzitisches Feinmaterial weist relativ niedrige, zwischen 5.9 und 6.1 liegende pH-Werte auf. Im Hinblick auf die

Ionengehalte sind keine Besonderheiten dieses Standorttyps zu erkennen. Auch die Nitratkonzentra-

tion des Feinmaterials liegt mit 0.58 bis 22.2 mg/l in einem auch bei den reicheren Savanntentypen festgestellten Wertebereich.

Welche besondere Bedeutung Substratunterschiede für die Ausprägungen der Vegetation haben, wird deutlich, wenn man den Aspekt der *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne* des Marienflusstals mit dem des weiter westlich in den Hartmannbergen vorliegenden Savanntentyps vergleicht (vgl. Abb. 9, S. 43).

Hier dringt die das Kaokoland prägende *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* in den intramontanen Becken der Hartmannberge weiter nach Westen vor als dies beim südlichen und mittleren Transekt der Fall ist (Foto 9, Karten I, II und III, Anlagenband). Wenn auch die Hartmannberge als letzter bedeutender Höhenzug vor der Ebene der Vornamib und der Nördlichen Namib ein Niederschlagsgunstgebiet darstellen, so ist das Auftreten dieses Savanntentyps in der Hauptsache auf die hier vorliegenden Substratbedingungen zurückzuführen. Im Gegensatz zum Marienflusstal wird der Komplex der Hartmannberge durch flachgründige und skelettreiche Substrate gekennzeichnet (Foto 10). Damit ist auch klar, daß die weite Teile des mittleren und südlichen Ma-



Foto 9: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* in einem intramontanen Becken der Hartmannberge

(Blick nach Südosten)



Foto 10: Aspekt der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* in den Hartmannbergen

rienflusstals prägende grasreiche *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne* nicht die zonale Vegetation des Gebietes darstellt, sondern in ihrer Ausprägung trotz des Ebenenstandortes im wesentlichen durch die besonderen Substratbedingungen (tiefgründige Sande) determiniert wird (vgl. WERGER 1978:261). Diese Substratbedingungen begünstigen bei den hier herrschenden Niederschlagsbedingungen die Herausbildung homogener Grasländer mit einem höchstens geringen Anteil phanerophytischer Arten. So führt IRISH (1994:555f) aus, daß auf tiefgründigen Sandstandorten innerhalb des Nama-Karoo Bioms, zu dem auch das Marienflusstal zählt (vgl. Abb. 26, S. 69), bei Jahresniederschlägen unter 170 bis 180 mm regelmäßig eine Dominanz perennierender Grasarten zu beobachten ist. Dieser Vegetationstyp ersetzt an derartigen Standorten die durch eine Co-Dominanz hemikryptophytischer Grasarten und chamaephytischer Arten geprägte Nama-Karoo-Vegetation. Neben

dem Marienflußtal als einem derartigen Sonderstandort nennt IRISH auch die vom südlichen Transekt durchquerte Giribisvlakte (vgl. Abb. 9, S. 43).

Das Becken der Giribisvlakte wird ebenfalls von einem ephemeren *Stipagrostis uniplumis*-Grasland geprägt. Als besondere Vegetationsmuster sind sowohl in der Giribesvlakte als auch im Marienflußtal auf den weiträumig vorliegenden tiefgründigen, sandigen Substraten die sog. ‚Feenkreise‘ verbreitet (Foto 11).



Foto 11: Feenkreis im nördlichen Marienflußtal (ephemeres *Stipagrostis uniplumis*-Grasland)

Feenkreise stellen annähernd kreisrunde, vegetationsfreie Flächen mit einem häufig mehrere Meter betragenden Durchmesser dar (vgl. JACOBSEN & MOSS 1987, JÜRGENS et al. 1997). Von der umgebenden Matrixvegetation sind sie nach THERON (1979) und VILJOEN (1980:50f) durch höherwüchsige Horste der perennierenden Grasart *Stipagrostis giessii* abgegrenzt. Bei ihren Untersuchungen zu der Verbreitung, den Merkmalen und den Entstehungsursachen der Feenkreise im Kaokoland kommen BECKER & GETZIN

(2000) jedoch zu dem Schluß, daß *Stipagrostis giessii* nur in Ausnahmefällen den markanten, einen Feenkreis begrenzenden Ring aus höherwüchsigen Grashorsten aufbaut. Sowohl im Marienflußtal, dem Hartmannstal, der Giribisvlakte und einem räumlich eng begrenzten Feenkreisvorkommen im Tal des Gomatum bildet *Stipagrostis uniplumis* die Matrixvegetation der Feenkreise (Foto 12). BECKER & GETZIN legen dar, daß *Stipagrostis uniplumis* auch regelmäßig den einen Feenkreis umgebenden Ring höherwüchsiger Horste aufbaut. Den Grund für die bessere Vitalität dieser Individuen im Vergleich zu den die Matrixvegetation aufbauenden Individuen dieser Art, sehen BECKER & GETZIN in einer besseren Wasser- und Nährstoffversorgung der den Feenkreis begrenzenden Horste (vgl. WIGHT & NICHOLS 1966).



Foto 12: Feenkreise im Marienflußtal (ephemeres *Stipagrostis uniplumis*-Grasland)

Die Ursachen des Phänomens der Feenkreise im südlichen Afrika werden seit ca. 30 Jahren wissenschaftlich diskutiert. Zwei Haupttheorien versuchen die Feenkreisentstehung zu erklären: THERON (1979), VILJOEN (1980) und EICKER et al. (1982) gehen von einer allelopathischen Wirkung der *Euphorbiaceae Euphorbia damarana* aus, die an ehemaligen Wuchsorten eine Rekolonisation des Standortes durch Gräser und krautige Arten verhindern soll.

MOLL (1994) vermutet dagegen die periodische Kolonisation der entsprechenden Standorte durch Termiten als die Ursache der Feenkreisentstehung. BECKER & GETZIN (2000) konnten nachweisen, daß das Ernteverhalten der auf Gras als Nahrungsgrundlage spezialisierten Termitenart *Hodotermes mossambicus* (Hagen) die Ursache der Feenkreisentstehung im Kaokoland ist. Damit sind die Feenkreise des Kaokolandes als konvergente Form zu den im Westen der USA verbreiteten kreisförmigen, vegetationslosen Flächen aufzufassen, die auf die Erntetätigkeit der Ameisenart *Pogonomyrmex occidentalis* (Cresson) zurückzuführen sind (vgl. COSBY 1960, SHARP & BARR 1960, WIGHT & NICHOLS 1966).

Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne und *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri-Savanne* (Tab. 17, Nr. 5 bzw. Nr. 6)

Der Savannentyp der *Colophospermum mopane-Savanne* läßt sich im Hinblick auf die hier vereinten Gemeinschaften in zwei Gruppen untergliedern. Auf der einen Seite stehen mit der gerade besprochenen *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* (s.u.) zwei Savannengemeinschaften, die im Verlauf des nördlichen Transekts nur westlich der Randstufe vertreten sind. Auf der anderen Seite finden sich auch östlich der Escarpment-Zone im Regenschatten der Steilrandberge Ausprägungen dieses artenarmen Savannentyps. Auf die die Niederschlagsmenge modifizierende Wirkung der Steilrandberge ist bereits eingegangen worden (vgl. Kap. 6.2.3). Dabei hatte sich gezeigt, daß die im Regenschatten der Steilrandberge erfaßten Vegetationsaufnahmen relativ geringe Artenzahlen und Gesamtdeckungen aufweisen (vgl. Abb. 31, S. 92). Diese artenarmen Aufnahmen sind z.T. in der *Colophospermum mopane-*



Foto 13: *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne*

Enneapogon desvauxii-Savanne (Foto 13) aber auch in der *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri-Savanne* zusammengefaßt worden. Die mit durchschnittlich 5.4 Arten pro 0.1 ha etwas artenreichere *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne* vermittelt mit dem teilweisen Auftreten von *Terminalia prunioides* bereits zur *Colophospermum mopane-Tribulus prunioides-Savanne*. Neben der Regenschattelage unterliegen diese Standorte auch einer starken anthropogenen Beeinflußung durch den dicht besiedelten Siedlungsbereich zwischen Otjiwero und Orontjitombo. Starker

Beweidungsdruck und Holznutzung haben hier über weite Bereiche zu einer Degradation der Vegetation und des Bodens geführt. So haben *Enneapogon desvauxii* und *Tribulus zeyheri* ihren Verbreitungsschwerpunkt in weidewirtschaftlich stark genutzten bzw. übernutzten Gebieten bzw. an anthro-

pogen gestörten Stellen (vgl. Kap. 6.3.6, VAN OUDTSHOORN 1992) und können somit als ‚invader‘-Arten gelten (vgl. Kap. 3.3, Kap. 6.3.6). Es liegt die Vermutung nahe, daß sowohl die *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne* als auch die *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri-Savanne* degradierte Formen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* darstellen. Ausprägungen dieses reicheren Savanntyps sind in räumlicher Nähe zu den artenarmen Typen der *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri-Savanne* zu finden (vgl. Karte I, Anlagenband).

VILJOEN (1980) ordnet das gesamte Gebiet, in dem die *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri-Savanne* und die *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne* vertreten sind, der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Einheit‘ zu (vgl. Karte I, Anlagenband). Diese Einheit umfaßt nach VILJOEN den größten Teil des mittleren und südlichen Raumes des zentralen Kaokolandes und wird von diesem Autor in sechs Pflanzengemeinschaften differenziert (vgl. Abb. 28, S. 72). Die stärksten Bezüge ergeben sich für die in der vorliegenden Arbeit ausgegliederte *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne* und die *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri-Savanne* zu der von VILJOEN (1980:139f) ausgegliederten ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* der Ebenen‘. Allerdings ist diese Gemeinschaft i.d.R. artenreicher als die beiden hier diskutierten Gemeinschaften. Als verbindende Elemente sind außer *Colophospermum mopane* noch *Tribulus zeyheri* und *Eragrostis echinocloidea* zu nennen. Zu bedenken ist dabei auch, daß aufgrund der geringen Niederschläge während des Bearbeitungszeitraumes (März 1998) zahlreiche ephemere Arten nicht dokumentiert werden konnten. Von der von VILJOEN (1980: 60f) beschriebenen ‚*Colophospermum mopane-Savanne* des zentralen Teils des Escarpmentgebirges‘ unterscheiden sich die beiden hier beschriebenen Gemeinschaften deutlich durch das Fehlen stammsukkulenter Arten wie *Sesamothamnus guerichii* und *Commiphora virgata* und chamaephytischer Arten der Gattung *Petalidium*.

Die Gemeinschaften der *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne* sind vorwiegend auf Ebenenstandorten vertreten, wobei die *Colophospermum mopane-Enneapogon-Savanne* auch auf einem Fußhang mit einer Inklination von 18 % dokumentiert wurde. Die Standorte der Gemeinschaften sind überwiegend geprägt von einem hohen Anteil an Feinmaterial, das einen deutlichen Ton- und Schluffanteil aufweist (Bodenart ‚sandiger Lehm‘). Als Ausgangsmaterial der Bodenbildung wurden Kalk, quarzitisches Lokersedimente und Sandstein dokumentiert (vgl. Tab. V, Anlagenband). Bei pH-Werten zwischen 6.9 und 7.9 liegt der Carbonatgehalt bei zwei bis zehn Gewichtsprozenten. Bei den bodenchemischen Parametern fallen die vergleichsweise hohen Phosphatkonzentrationen auf. Diese können vorsichtig auf die starke anthropogene Nutzung des Gebietes zurückgeführt werden. Die Nitratwerte sind jedoch gegenüber den in den anderen Gemeinschaften ermittelten Werten nicht erhöht.

Wie Abb. 53 und Abb. 54 illustrieren, werden die in der *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri-Savanne* erfaßten Vegetationsaufnahmen im Hinblick auf die Deckungsgrade deutlich von phanerophytischen Arten dominiert. Dies ist auf die z.T. sehr hohen Deckungswerte von *Colophospermum mopane* zurückzuführen. Die Artendiversität ist im Vergleich zur *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne* bei beiden Gemeinschaften deutlich erhöht (vgl. Abb. 53A).

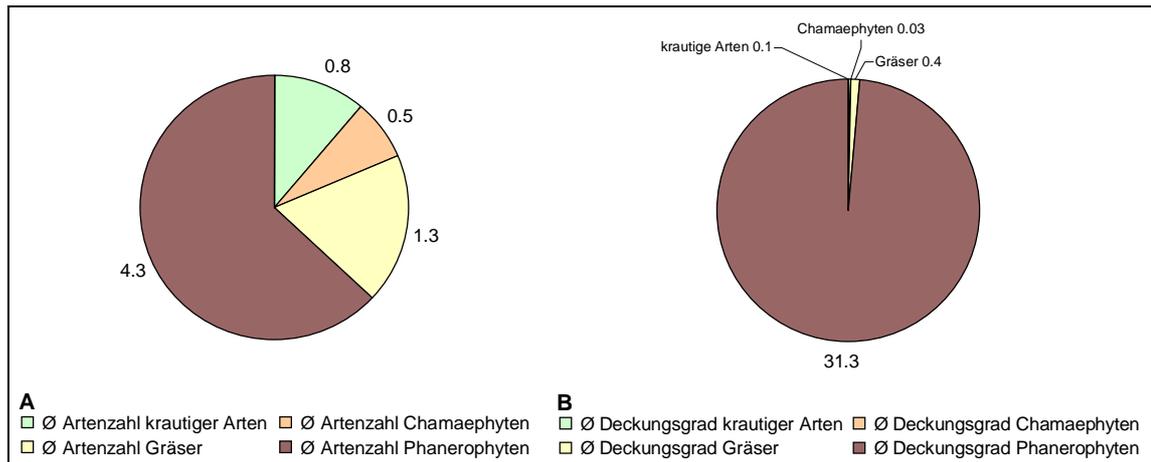


Abb. 53: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

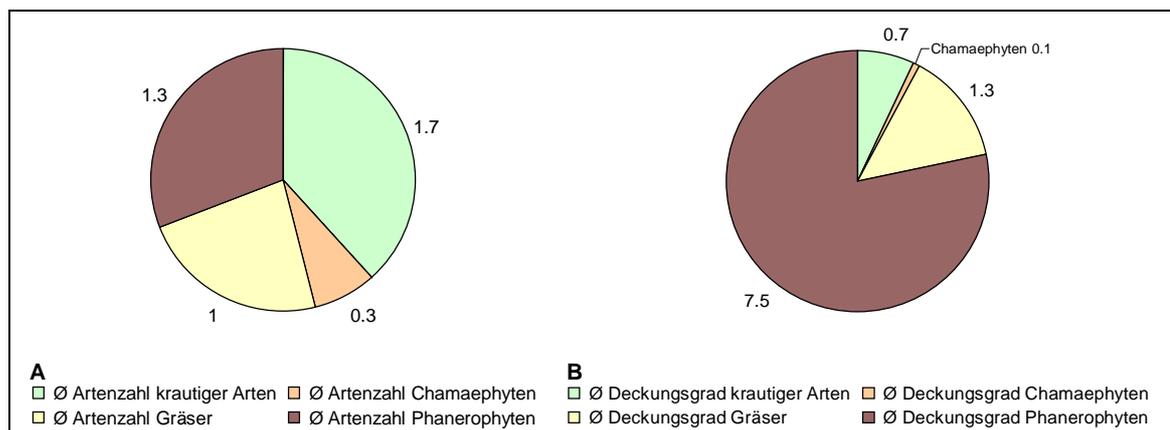


Abb. 54: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne (Tab. 17, Nr. 7)

Mit einem von 12° 25' östl. L. bis 13° 21' östl. L. reichenden Verbreitungsgebiet besitzt die *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma*-Savanne von allen im Verlauf des nördlichen Transekts abgegrenzten Gemeinschaften die größte Ost-West-Distanz einzelner Verbreitungspunkte (vgl. Karte I, Anlagenband). Wenn auch die Darstellung der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge nach VAN DER MERWE (1983) für das Verbreitungsgebiet der *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma*-Savanne Jahresniederschläge von 50 bis 100 mm einerseits sowie 200 bis 300 mm andererseits ausweist (vgl. Karte I, Anlagenband), so ist doch zu vermuten, daß diese Gemeinschaft östlich von Etanga erst dort wieder auftritt, wo die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge durch den Regenschatten der Steilrandberge deutlich unter 300 mm liegt.

Während *Stipagrostis hirtigluma* in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne noch vereinzelt vertreten ist, konnte diese Art in der *Colophospermum mopane-Terminalia*

prunioides-Combretum apiculatum-Savanne nicht dokumentiert werden. Dies legt den Schluß nahe, daß *Stipagrostis hirtigluma* im Verlauf des nördlichen Transekts ihr Optimum nicht in den Gebieten mit höheren Niederschlägen hat, sondern dort durch andere Grasarten wie *Eragrostis echinocloidea*, *Antheophora schinzii*, *Aristida effusa* und *Enneapogon cenchroides* verdrängt wird.

Die westlichste Verbreitung der *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* konnte bei 12° 25' östl. L. dokumentiert werden. Nach Westen schließt bald das *Stipagrostis uniplumis-Grasland* an, in dem Phanerophyten nur noch eine untergeordnete Bedeutung haben (vgl. Abb. 47, S. 121). Das derartig weit nach Westen vorgeschobene Auftreten der *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* kann auf die hier vorliegenden, für den Raum speziellen Substratbedingungen zurückgeführt werden. Im Bereich der White Hills, einem südlichen Ausläufer der Hartmannberge, herrschen flachgründige Substrate vor, die ebenso wie die Standorte dieses Savannentyps bei 13° 21' östl. L. wechselnde Anteile der Korngrößengruppen bis zu einem Durchmesser von 6 cm aufweisen (vgl. Foto 4, S. 114). Nur selten erreicht die Steinfraktion hohe Anteile am Oberflächenmaterial. Damit heben sich diese Standorte im Hinblick auf das Korngrößenspektrum des Oberflächenmaterials deutlich von den nach Osten anschließenden Standorten der *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne* und den westlich gelegenen Standorten des *ephemereren Graslandes* ab (vgl. Tab. I, Anlagenband). Ihr Auftreten ist hier aber insofern nicht erstaunlich, als daß die südlichen und mittleren Teile der Hartmannberge zumindest in den intramontanen Becken von einer *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* geprägt sind (vgl. S. 127). In dem östlich der Randstufe dokumentierten Ausschnitt dieses Savannentyps ist *Stipagrostis hirtigluma* in 44 % aller Aufnahmen ebenfalls vertreten (vgl. Tab. V, Anlagenband).

Die von der *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* geprägten Abschnitte des Transekts ordnet VILJOEN (1980) der ‚*Colophospermum mopane-Savanne* des zentralen Teils des Escarpmentgebirges‘ bzw. der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Einheit*‘ zu (vgl. Karte I, Anlagenband). Damit reicht auch für VILJOEN das Savannen-Biom bis ca. 12° 30' östl. L. Bezüge zu VILJOENS ‚*Colophospermum mopane-Savanne* des zentralen Teils des Escarpmentgebirges‘ bestehen für die bei 12° 25' östl. L. und 12° 30' östl. L. dokumentierten Ausschnitte der *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* durch das Auftreten von *Petalidium luteo-album*, *P. variabile*, *Cleome suffruticosa*, *Tribulus zeyheri*, *Schmidtia kalahariensis* und *Enneapogon cenchroides* (vgl. VILJOEN 1980:60f). Den beiden bei 13° 21' östl. L. erfaßten Aufnahmen fehlt jedoch der überwiegende Teil der verbindenden Elemente. Neben *Colophospermum mopane* ist hier lediglich *Schmidtia kalahariensis* als verbindendes Element zur ‚*Colophospermum mopane-Savanne* des zentralen Teils des Escarpmentgebirges‘ vertreten (vgl. Tab. V, Anlagenband). Zu erwähnen ist, daß VILJOEN (1980) trotz der räumlichen Nähe seines ‚ephemereren *Stipagrostis hirtigluma-Graslandes* der Grusflächen‘ zur ‚*Colophospermum mopane-Savanne* des zentralen Teils des Escarpmentgebirges‘ *Stipagrostis hirtigluma* nicht als Bestandteil dieses Savannentyps nennt (vgl. Abb. 28, S. 72).

Die *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* ist sowohl auf Ebenenstandorten als auch auf Fußhangstandorten vertreten. Ausgangsmaterial der Bodenbildung sind vorwiegend Quarze – an drei Standorten bildete jedoch Kalkgestein das Anstehende. Die pH-Werte liegen bei Carbonatgehalten von null bis 25 Gewichtsprozent zwischen 5.8 und 7.6. Die übrigen bodenchemischen Parameter weisen innerhalb dieser Gemeinschaft eine hohe Variabilität auf.

Wie aus Abb. 55 erkenntlich wird, haben krautige Arten in der *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* qualitativ den höchsten Anteil am Lebensformspektrum. So sind *Gisekia africana*, *Monsonia umbellata* und *Tribulus zeyheri* mit relativ hohen Stetigkeiten in den Aufnahmen vertreten. Vor allem durch z.T. sehr hohe Artmächtigkeiten von *Stipagrostis hirtigluma* dominieren die Grasarten das quantitative Lebensformspektrum der *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne*.

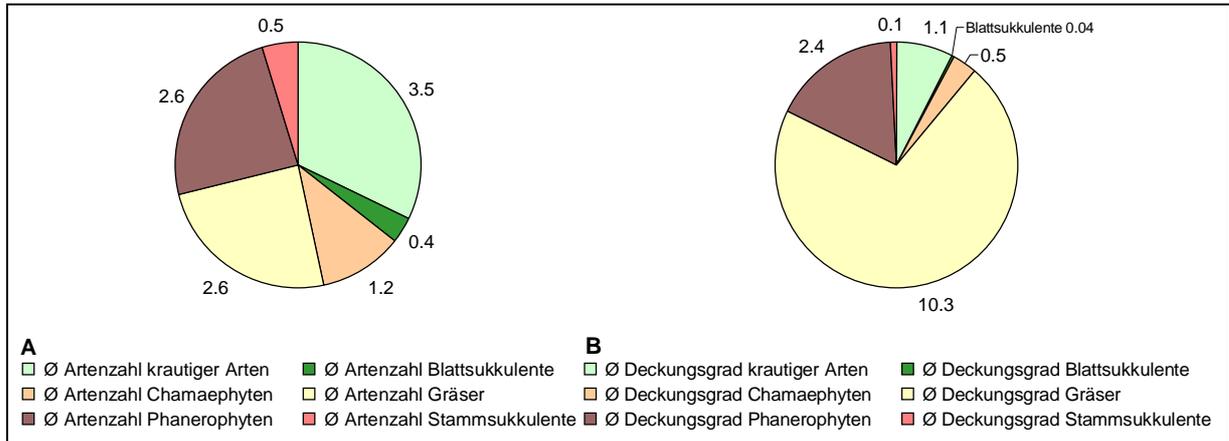


Abb. 55: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

6.2.5.2.1.3.2 *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* ist mit ihren drei Gemeinschaften, der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne*, der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne* der prägende Savannentyp des östlichen Transektabschnitts (vgl. Karte I, Anlagenband). Einige Aufnahmen dokumentieren diesen Savannentyp auch westlich von Otjitanda bis zum westlichen Fuße der Randstufe im Marienflußtal. Hier, in diesem westlichen Verbreitungsgebiet dieses Savannentyps, dominiert jedoch die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne*. Damit umschließt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* einen zwischen 12° 51' östl. L. und 13° 16' östl. L. liegenden Transektabschnitt, der von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* dominiert wird (vgl. Karte I, Anlagenband). Für den östlichen Transektabschnitt ist dabei zu vermuten, daß die reliefbedingte Modifikation der Niederschlagsbedingungen eine Verbreitung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* im östlichen Transektabschnitt verhindert. Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* ist also eher der kennzeichnende Savannentyp der Gebiete mit geringeren Niederschlägen, während die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* Gebiete mit höheren Niederschlägen kennzeichnet. Nach der Darstellung bei VAN DER MERWE (1983) liegen die durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen im Verbreitungsgebiet der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* zwischen 100 mm und 400 mm (vgl. Karte I, Anlagenband). Das Verbreitungsgebiet der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* wird von

VILJOEN (1980) übereinstimmend im östlichen Teil der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Einheit‘ zugeordnet. Das östlich von Otjitanda gelegene Verbreitungsgebiet der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* hingegen, sieht VILJOEN als Teil der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Einheit‘ (vgl. Abb. 28, S. 169; Karte I, Anlagenband). Hier konnten im Rahmen dieser Arbeit im z.T. kleinräumigen Wechsel mit der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* auch Ausschnitte der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum-Savanne* dokumentiert werden (vgl. Karte I, Anlagenband). So kann die Auffassung VILJOENS (1980:133) unterstützt werden, nach der westlich von Otjitanda die ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Einheit‘ in an trockenere Bedingungen angepaßte Savannentypen übergeht.

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne (Tab. 17, Nr. 8)

Westlich von Otjitanda geht die den Mittelabschnitt des nördlichen Transekts prägende *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* in einem Gebiet mit 100 bis 200 mm durchschnittlichem Jahresniederschlag in die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne* über (Foto 14, vgl. Karte I, Anlagenband). Dieser Savannentyp ist deutlich artenärmer als die beiden in diesem Bereich vertretenen Gemeinschaften der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* (Tab. 17, S. 117). Dabei



Foto 14: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne*

erstreckt sich die Verbreitung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne* sowohl auf Ebenenstandorte, Fußhangstandorte als auch auf Mittelhangstandorte. Neben der Hangneigung unterscheiden sich diese Standorttypen vor allem durch Unterschiede im Korngrößenspektrum des Oberflächenmaterials. Während die Ebenenstandorte ein deutliches Maximum beim Feinmaterial haben und die Bodenart als ‚lehmiger Sand‘ eingestuft wurde, werden die Mittelhangstandorte von Material mit einer Korn-

größe zwischen 2 cm und 20 cm gekennzeichnet. Alle Standorttypen werden durch quarzitisches Ausgangsmaterial geprägt, wobei im Falle der Ebenenstandorte Lockersedimente vorherrschen. Bei pH-Werten zwischen 6.1 und 7.8 liegt der Carbonatanteil bei null bis sieben Gewichtsprozent (vgl. Tab. V, Anlagenband). Die Standorte zeichnen sich durch eher geringe Nitrat-Konzentrationen aus. Bei den anderen bodenchemischen Parametern sind keine Auffälligkeiten zu erkennen. Auch wenn diese Gemeinschaft an deutlich unterschiedlichen Standorttypen vertreten ist, sind wesentliche Unterschiede in der quantitativen und qualitativen Zusammensetzung der Vegetation nicht zu erkennen, bzw. nicht durch Standorttyp-gebundene Faktoren erklärbar.

Im Vergleich zur *Colophospermum mopane-Savanne* haben die stammsukkulente Arten in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* eine stärkere Bedeutung (vgl. Abb. 49 und Abb. 50 (S. 124)). Dies gilt auch für die *Colophospermum mopane-Terminalia*

prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne, bei der im Schnitt mehr als drei stammsukkulente Arten pro Aufnahme dokumentiert werden konnten (Abb. 56A). Mit hoher Stetigkeit sind *Euphorbia guerichiana* und *Commiphora glaucescens* in den Aufnahmen vertreten.

Das Verbreitungsgebiet der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne* liegt nach VILJOENS Vegetationsgliederung im Übergangsbereich von der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Einheit‘ zur ‚*Commiphora multijuga-Commiphora virgata-Euphorbia guerichiana*-Einheit des Escarpmentgebirge-Ökoton‘ (vgl. Abb. 28, S. 72; Karte I, Anlagenband). Ausprägungen beider Einheiten sind durch eine Reihe gemeinsamer Arten charakterisiert. Dazu zählen auch die in der hier ausgegliederten Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne* vertretenen Arten *Euphorbia guerichiana*, *Commiphora multijuga* und *Commiphora glaucescens*. Andererseits fehlen den Aufnahmen Arten der gut ausgeprägten Typen beider von VILJOEN ausgegliederten Einheiten und kennzeichnen damit gut den Übergang zwischen den beiden flächenmäßig bedeutenden, von VILJOEN beschriebenen Einheiten. So weist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne* die stärksten Bezüge zur ‚*Euphorbia guerichiana-Commiphora glaucescens-Savanne*‘ VILJOENS (1980:133f) auf. Als eine seiner ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-combretum apiculatum*-Einheit‘ zugehörigen Gemeinschaft tritt die ‚*Euphorbia guerichiana-Commiphora glaucescens-Savanne*‘ im westlich von Otjitanda gelegenen Raum auf und vermittelt zur ‚*Commiphora multijuga-Commiphora virgata-Euphorbia guerichiana*-Einheit des Escarpmentgebirge-Ökoton‘. Neben den bereits erwähnten Arten sind *Aristida effusa*, *Stipagrostis uniplumis* und *Schmidtia kalahariensis* als verbindende Arten zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne* zu nennen.

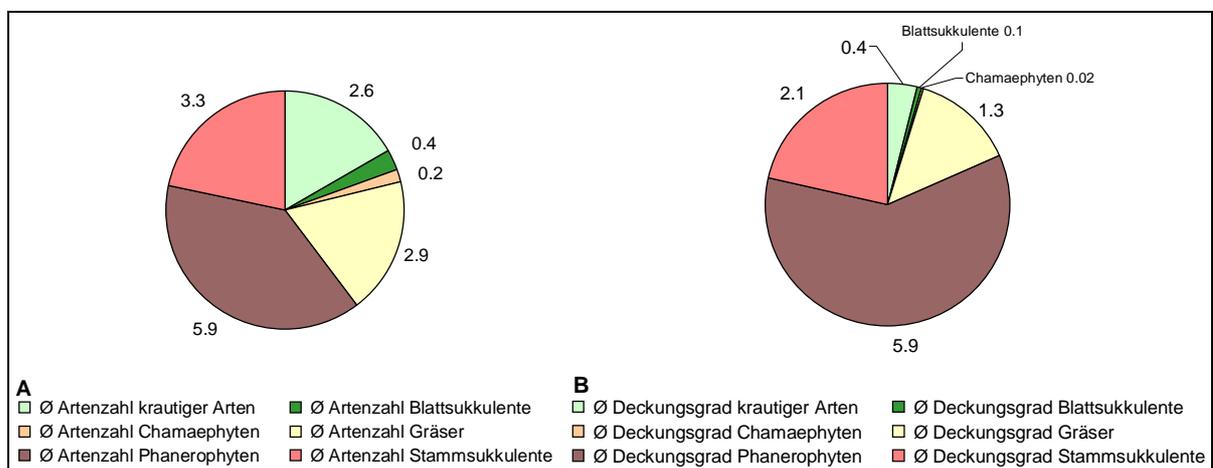


Abb. 56: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Artenarme *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* (Tab. 17, Nr. 9)

Ähnlich wie die *Colophospermum mopane-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* umschließt die artenarme *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* mit ihrem Verbreitungsgebiet den von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* geprägten Abschnitt des nördlichen Transekts (vgl. Karte I, Anlagenband). Im Vergleich liegt

bei dieser Ausprägung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* die durchschnittliche Artenzahl z.T. deutlich niedriger als bei den anderen Gemeinschaften der übergeordneten *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* (vgl. Tab. 17, S. 117).

Die artenarme *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* ist im Bereich des nördlichen Transekts ausschließlich auf Ebenenstandorten verbreitet. Verbreitungsschwerpunkt der Gemeinschaft sind Standorte westlich der südlich der Steilrandberge gelegenen Hoarusib-Schwemmebene. Wenige Kilometer weiter westlich geht die artenarme *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* in die artenarme *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* über (vgl. Karte I, Anlagenband). Diese Befunde bestätigen die von VILJOEN



Abb. 57: Artenarme *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

(1980) vorgenommene räumliche Abgrenzung, nach der in diesem Raum der Übergang von der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Einheit‘ zur ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Einheit‘ erfolgt (vgl. Abb. 28, S. 72; Karte I, Anlagenband). Auch für VILJOEN (1980) ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* die typische Vegetation der niederschlagsreichsten Gebiete im Kookoland. Diese Verteilung unterstreicht er-

neut die die großräumigen Niederschlagsbedingungen modifizierende Wirkung der Steilrandberge. Deutliche Bezüge der hier ausgegliederten artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* sind zu der von VILJOEN (1980:139f) ausgegliederten ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* der Ebenen‘ zu erkennen. Verbindende Elemente sind neben *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* *Boscia foetida*, *Catophractes alexandri* sowie *Geigeria acaulis*. Die im Zuge dieser Arbeit vorgenommenen Bodenanalysen stützen jedoch nicht die Auffassung von VILJOEN (1989:139), wonach die ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* der Ebenen‘ überwiegend auf feinmaterialarmen, carbonatreichen Standorten verbreitet ist (vgl. Tab. V, Anlagenband).

Die Standorte der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* sind gekennzeichnet durch ihren vergleichsweise hohen Feinmaterial- und Sandanteil am Oberflächenmaterial. Die vorherrschende Bodenart des Feinmaterials ist ‚lehmiger Sand‘. Bei pH-Werten von 6.2 bis 7.8 weisen die Böden einen Carbonatgehalt von 0 bis 7 Gewichtsprozent auf. Bei 4 der 11 diese Gemeinschaft repräsentierenden Aufnahmeflächen bildet Kalkgestein das Ausgangsmaterial der Bodenbildung. Bei den anderen Aufnahmeflächen sind dies Quarz, quarzitisches Lockersedimente oder Sandstein. Ein Einfluß des anstehenden Gesteins auf den Chemismus des Feinmaterials ist nicht erkennbar. Die durch Kalkgestein geprägten Standorte sind jedoch flachgründiger, als die anderen Standorte dieser Gemeinschaft. Hier ist innerhalb der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* eine etwas artenreichere Ausprägung mit *Leucas pechuelii*, *Schmidtia kalahariensis*, *Boscia foetida* und *Croton gratissimus* zu erkennen.

Insgesamt dominieren die phanerophytischen Arten das Lebensformspektrum (Abb. 58A). In quantitativer Hinsicht wird die *artenarmen Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* von Phanerophyten und Gräsern geprägt.

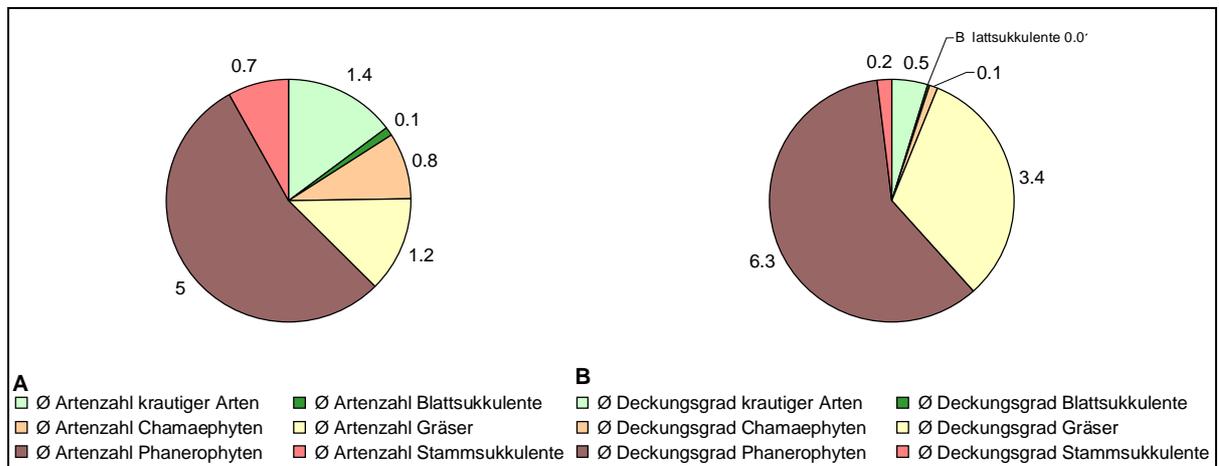


Abb. 58: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne (Tab. 17, Nr. 10)

Dieser Savantentyp kennzeichnet den bei 13° 23' östl. L. liegenden Abschnitt des nördlichen Transekts und gehört wie die zuvor besprochene *artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* innerhalb der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savannen* zu den artenärmeren Gemeinschaften (vgl. Tab. 17, S. 117; Karte I, Anlagenband). Nach der Darstellung bei VAN DER MERWE (1983) liegt die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge im

Verbreitungsgebiet der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* bei 200 bis 300 mm.



Foto 15: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne*

Stipagrostis hirtigluma, die ansonsten in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* nur noch vereinzelt in Erscheinung tritt, erreicht hier eine Stetigkeit von 100 %. Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* ist vor allem an Fuß- und Mittelhanglagen mit einer Hangneigung bis 40 % verbreitet (vgl. Foto 15 und Tab. V, Anlagenband). Geprägt

sind diese Standorte durch einen hohen Anteil der Grus-/Kiesfraktion sowie der Steinfraction. Allerdings wurde auch eine diesem Savantentyp zugeordnete Vegetationsaufnahme erfaßt, die als Ebenenstandort einen Feinmaterialanteil von 80 % aufweist. Das an den Standorten dieser Gemeinschaft gewonnene Feinmaterial kann ganz überwiegend der Bodenart ‚lehmiger Sand‘ zugeordnet werden. Das Ausgangsmaterial weist einen saueren Chemismus auf – entsprechend liegen die pH-Werte überwie-

gend zwischen 6.2 und 6.6. Der Carbonatgehalt wurde durchgängig mit zwei bis vier Gewichtsprozent bestimmt. Die übrigen bodenchemischen Parameter zeigen zwischen den einzelnen Standorten eine hohe Variabilität.

Das Lebensformspektrum wird deutlich von phanerophytischen Arten geprägt. Daneben sind stammsukkulente Arten, Gräser und krautige Arten mit etwa gleichen Anteilen in dieser Gemeinschaft vertreten. Noch deutlicher als bei der *artenarmen Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* wird das Lebensformspektrum im Hinblick auf die Gesamtdeckung der einzelnen Lebensformgruppen von den Phanerophyten beherrscht. Dabei ist *Colophospermum mopane* die dominante Art.

Schwache Bezüge der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* sind zu der von VILJOEN (1980:139f) ausgegliederten ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* der Ebenen‘ durch *Catophractes alexandri*, *Rhigozum brevispinosum* und *Ximania americana* zu erkennen. Allerdings konnte das für seine Gemeinschaft kennzeichnende annuelle Gras *Pogonarthria fleckii* im Rahmen der vorliegenden Arbeit innerhalb der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* nicht dokumentiert werden. Im Gegenzug nennt VILJOEN (1980:145) unter den für die ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* der Ebenen‘ typischen Arten *Stipagrostis hirtigluma* nicht.

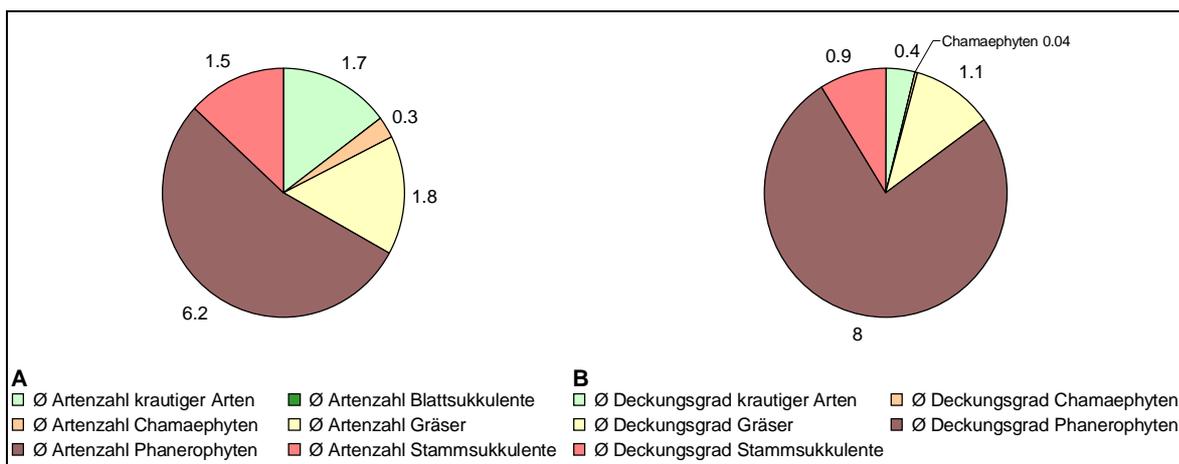


Abb. 59: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne (Tab. 17, Nr. 11)

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne* prägt neben zwei Gemeinschaften der *Colophospermum mopane-Savanne* den östlichen Endabschnitt des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (vgl. Karte I, Anlagenband). Sie bildet zusammen mit der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne* die artenreiche Ausprägung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*. Im Vergleich der beiden Standorte bei 13° 31' östl. L. und 13° 45' östl. L. lassen sich zwei Ausprägungen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne* unterscheiden. Die bei 13° 31' östl. L. erfassten Ausschnitte dieses Savantentyps sind etwas artenreicher als die bei 13° 45' östl.

L. dokumentierten Bestände. So treten in diesen Aufnahmen *Phyllanthus pentandrus*, *Commiphora tenuipetiolata* und *Boscia foetida* hinzu. Bei der artenärmeren Ausprägung haben *Enneapogon desvauxii* und *Grewia flavescens* innerhalb dieser Gemeinschaft ihr Optimum.

Bei den von dieser Gemeinschaft besiedelten Standorten handelt es sich in erster Linie um Fußhang- und Mittelhanglagen mit einer Hangneigung von bis zu 40 % (vgl. Tab. V, Anlagenband). Erfaßt wurden vor allem Standorte mit einer westlichen bzw. südwestlichen Exposition. Das Oberflächenmaterial ist häufig feinmaterialarm und durch Korngrößen der Grus-/Kies- bzw. Steinfraktion geprägt. Als Hauptausgangsmaterial der Bodenbildung dieser Standorte ist Kalkgestein zu nennen. Die Gemeinschaft ist jedoch auch auf Standorten verbreitet, die als Ausgangsmaterial Schiefer, Lockersedimente oder Sandstein aufweisen. Bei zwischen 6.9 bis 7.5 liegenden pH-Werten weisen die Standorte einen vergleichsweise hohen Gehalt an Carbonaten auf. Allerdings wurde die Gemeinschaft auch an Standorten dokumentiert, deren



Foto 16: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne*

Feinmaterial carbonatarm ist (vgl. Tab. V, Anlagenband). Die weiteren bodenchemischen Parameter zeigen keine auffälligen Ausprägungen.

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne* wird zum überwiegenden Teil von Phanerophyten aufgebaut. Ungefähr gleiche Anteile entfallen auf die Gruppe der Stammsukkulenten, der Chamaephyten, der Gräser und der krautigen Arten (Abb. 60A). Die Gräser haben im Hinblick auf die Deckungsgrade nach den Phanerophyten die größte Bedeutung (Abb. 60B).

Wenn auch die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne* innerhalb der von VILJOEN (1980) großräumig ausgegliederten ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Einheit‘ verbreitet ist, so lassen sich doch keine deutlichen Bezüge zu den von VILJOEN innerhalb dieser Einheit beschriebenen Vegetationstypen feststellen (vgl. VILJOEN 1980:115f). Auffälliges Merkmal der in dieser Arbeit zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne* zusammengefaßten Vegetationsaufnahmen ist das Auftreten von *Curroria decidua*. Diese Art hat ihren Verbreitungsschwerpunkt im Arbeitsgebiet in den niederschlagsärmeren, westlichen Bereichen. So ist das Auftreten von *Curroria decidua* im östlichen Abschnitt des nördlichen Transekts ein weiteres Indiz für die die großräumige Niederschlagsverteilung modifizierende Wirkung der nördlich dieses Transektsabschnitts gelegenen Steilrandberge. Nach VAN DER MERWE (1983) liegt die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge im Verbreitungsgebiet der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne* bei ca. 300 mm (vgl. Karte I, Anlagenband).

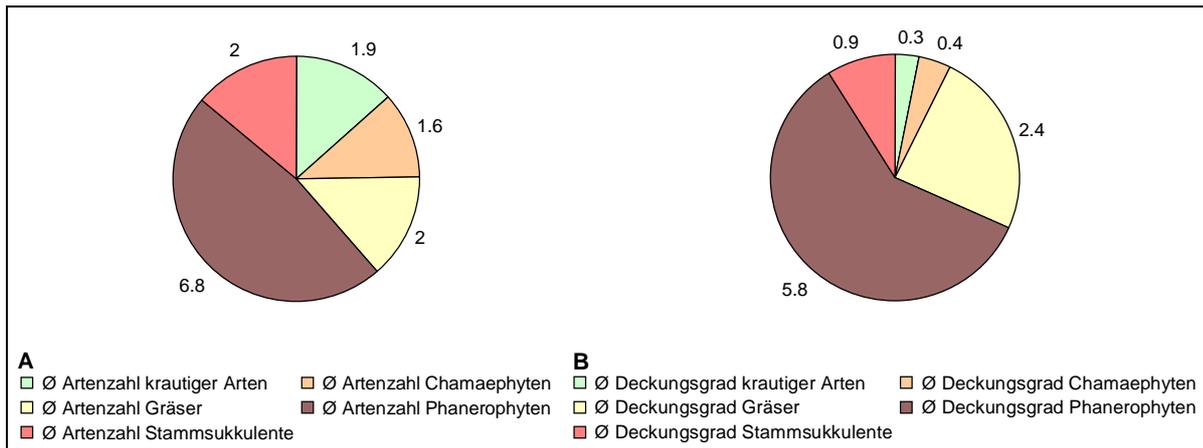


Abb. 60: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

6.2.5.2.1.3.3 *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* prägt den mittleren Abschnitt des Transekts Oupwo-Etanga-Skeleton Coast Park. Die von VILJOEN (1980:113f) beschriebene ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Einheit‘ kennzeichnet den gesamten Raum des zentralen Kaokolandes zwischen Etanga, den Epupa-Fällen und 14° östl. L. (vgl. Abb. 28, S. 72). Für VILJOEN ist die ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Einheit‘ der kennzeichnende Vegetationstyp der niederschlagsreichsten Gebiete im Kaokoland (VILJOEN 1980:114). Nach VAN DER MERWE (1983) allerdings, liegen die durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen im Verbreitungsgebiet der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* lediglich bei 100 mm bis 300 mm (vgl. Karte I, Anlagenband).

Das im Zuge dieser Arbeit dokumentierte Verbreitungsgebiet der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* bestätigt exakt die von VILJOEN dargestellte Ost- bzw. Westgrenze der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Einheit‘ im Bereich des nördlichen Transekts (vgl. Karte I, Anlagenband).

Wie bei der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* lassen sich auch bei der durch das hochstete Auftreten von *Combretum apiculatum* abgrenzbaren *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* artenärmere und artenreichere Ausprägungen unterscheiden (vgl. Tab. 17). Diese Gemeinschaften werden im folgenden vorgestellt.

Artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne (Tab. 17, Nr. 12)

Mit durchschnittlich nur 13.4 Arten pro 0.1 ha ist die *artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* die artenärmste Ausprägung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*. Verbreitet ist sie

zwischen 13° 05' östl. L. und 13° 16' östl. L. und stellt bei durchschnittlichen Jahresniederschlägen zwischen 100 und 200 mm den Übergang zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* des östlichen Transektabschnitts dar (vgl. Karte I, Anlagenband).

Hauptstandorte der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* sind die Ebenen (Foto 17). Tab. V (Anlagenband) macht jedoch deutlich, daß diese Gemeinschaft auch Fußhang- und Mittelhangstandorte besiedelt. Diese drei Standorttypen unterscheiden sich erheblich bezüglich der Anteile der verschiedenen Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial der Aufnahmeflächen. Deutlich lassen sich die feinmaterialreichen Ebenenstandorte von den durch gröberes Material gekennzeichneten Fußhang- und Mittelhangstandorten abgrenzen. Als



Foto 17: Artenarme *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*

Bodenarten liegen ‚lehmiger Sand‘ bzw. ‚sandiger Lehm‘ vor. Mit Werten zwischen 6.3 und 7.7 zeigen die pH-Werte des an den Standorten gewonnenen Feinmaterials eine vergleichsweise hohe Variabilität. Eng gebunden an die Ausprägung der pH-Werte ist der Carbonatgehalt des Feinmaterials. So weisen Standorte hoher pH-Werte einen relativ hohen Carbonatgehalt auf, während an Standorten mit niedrigen pH-Werten kein Carbonat nachgewiesen werden konnte oder nur geringe Mengen im Feinmaterial enthalten sind. Von diesen Faktoren bedingte unterschiedliche Ausprägungen

der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* sind jedoch nicht erkennbar (Tab. V, Anlagenband).

Als wichtigste Gräser dieser Gemeinschaft treten *Antheaphora schinzii* und *Aristida effusa* in den Vordergrund und weisen auf die anthropogene Störung der Standorte hin. Stärkste Lebensformgruppe der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* sind die Phanerophyten. Auf die Chamaephyten, die Stammsukkulente, die Gräser und die krautigen Arten entfallen ungefähr gleiche Anteile am Lebensformspektrum. Blattsukkulente Arten haben nur eine untergeordnete Bedeutung. Im Hinblick auf die Gesamtdeckungen der Lebensformgruppen wird die artenarme *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* deutlich von Phanerophyten beherrscht. Die Gräser haben quantitativ eine deutlich größere Bedeutung als die weiteren drei Lebensformgruppen.

Deutliche Bezüge der hier beschriebenen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* sind zu der von VILJOEN (1980:115f) abgegrenzten ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* der Ebenen und Täler‘ bzw. zu deren Variante der ‚*Colophospermum mopane-Baumsavanne*‘ zu erkennen. Neben den Hauptarten der Gemeinschaft *Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides* und *Combretum apiculatum* wird diese Variante von *Commiphora pyracanthoides* geprägt, einer Art, die in der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* höchstet auftritt. Als weitere verbindende Arten sind unter den Sträuchern *Catophractes alexandri*, *Grewia bicolor* und *Croton gratissimus* zu nennen. Daneben nennt VILJOEN (1989:123) *Aristida effusa* und *Antheaphora schinzii* als wich-

tige Arten seiner ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne der Ebenen und Täler‘ (s.o.).

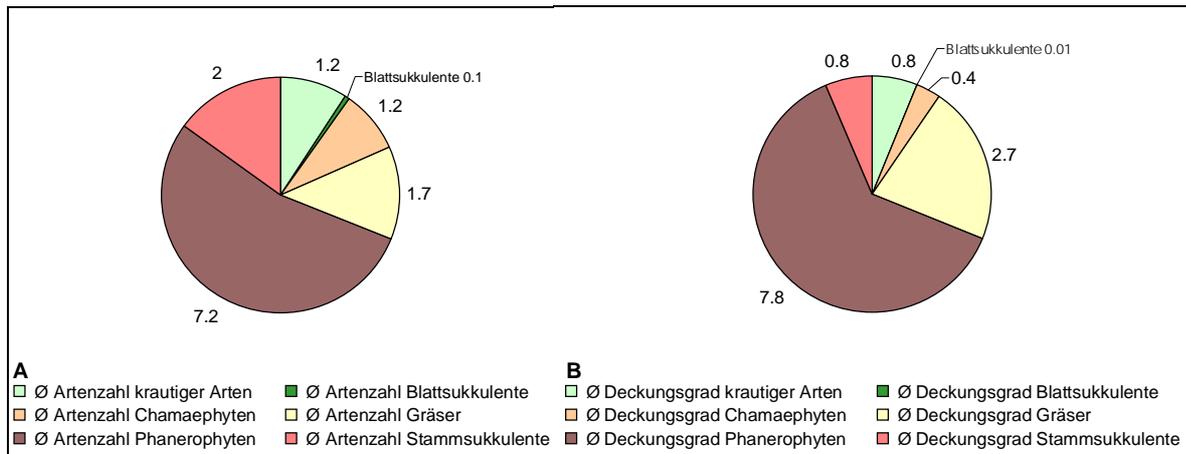


Abb. 61: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis-Savanne (Tab. 17, Nr. 13)

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis*-Savanne prägt den Raum um Etanga zwischen 13° 01' östl. L. und 13° 05' östl. L. Wie die zuvor besprochene Gemeinschaft zählt dieser Savanntyp innerhalb der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne zu den artenarmen Ausprägungen und ist gegen die anderen Gemeinschaften vor allem durch das Fehlen der diese Gemeinschaften kennzeichnenden Arten



Foto 18: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis*-Savanne

abzugrenzen. Mit einer Gesamtstetigkeit von 28 % ist die annuelle Art *Geigeria acaulis* nur eine undeutliche Kennart der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis*-Savanne.

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis*-Savanne konnte ausschließlich auf Fußhang- und Mittelhangstandorten dokumentiert werden. Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung ist überwiegend Gneis.

Daneben sind auch Lockersedimente und Quarz vertreten. Trotz der Hanglage der Standorte weisen die Aufnahmeflächen überwiegend einen relativ hohen Feinmaterialanteil auf. Geprägt werden sie jedoch durch Material der Korngröße bis 20 cm. Als Bodenarten wurden ‚sandiger Lehm‘ und ‚lehmgiger Sand‘ dokumentiert. Die pH-Werte des Feinmaterials zeigen mit zwischen 6.1 und 7.6 liegenden Werten eine recht starke Schwankungsbreite. Das gleiche trifft auf den Carbonatgehalt zu, der zwischen null und zehn Gewichtsprozent liegt.

Die Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis-Savanne* wird deutlich von phanerophytischen Arten dominiert (Abb. 62A). Zweitstärkste Gruppe sind die Grasarten, die auch in quantitativer Hinsicht eine höhere Bedeutung haben als die ebenfalls in dieser Gemeinschaft vertretenen krautigen Arten, Stammsukkulente und Chamaephyten (Abb. 62B). Bei den Gräsern erreichen besonders *Aristida effusa* und *Anthephora schinzii* z.T. vergleichsweise hohe Artmächtigkeiten. Trotz der Hanglage und der für stammsukkulente Arten günstigen Anteile des gröberen Oberflächenmaterials (vgl. Kap. 6.2.4) weisen die in dieser Gemeinschaft zusammengefaßten Aufnahmen eine relativ geringe durchschnittliche Anzahl stammsukkulenter Arten auf. Die höchste Vielfalt stammsukkulenter Arten, die in dieser Gemeinschaft durch die Gattung *Commiphora* vertreten sind, wurden bei 13° 05' östl. L. dokumentiert. Auffällige Standortunterschiede zu den anderen Aufnahmeflächen als Erklärung für diesen Schwerpunkt stammsukkulenter Arten sind jedoch nicht zu erkennen.

Aufgrund der Standortbindung dieser Gemeinschaft wären Bezüge zur von VILJOEN (1980:127f) beschriebenen ‚*Commiphora multijuga-C. glaucescens-C. mollis-Savanne* der Berge und Kuppen‘ zu erwarten. In der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis-Savanne* spielen die stammsukkulente Arten jedoch im Gegensatz zu dieser von VILJOEN beschriebenen Savannenausprägung eine deutlich untergeordnete Rolle.

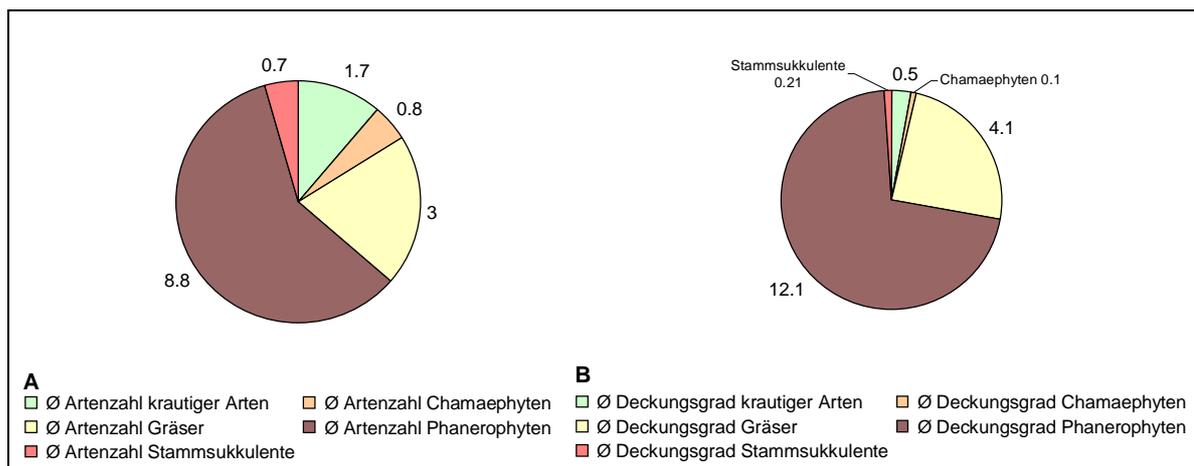


Abb. 62: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne (Tab. 17, Nr. 14)

Nordwestlich von Etanga geht die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis-Savanne* bei einer durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge von ca. 200 mm (VAN DER MERWE 1983) in die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne* über (Foto 19, Karte I, Anlagenband). Die acht dieser Gemeinschaft zugeordneten Vegetationsaufnahmen weisen durchschnittlich 23 Arten pro 0.1 ha auf. Damit gehört diese Gemeinschaft zu den artenreicheren Ausprägungen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*. Verbreitet ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne* vor

allem auf Fußhang- und Mittelhangstandorten (Tab. V, Anlagenband). Diese Standorte mit Hangneigungen bis 7 % sind vergleichsweise fein-



Foto 19: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne*

gungen bis 7 % sind vergleichsweise feinmaterialreich und weisen nur einen relativ geringen Anteil der Korngrößengruppe über 6 cm auf. Ausgangsmaterial der Bodenbildung sind Gneis und Quarz. Mit Werten zwischen 6 und 7.6 weist der pH-Wert des Feinmaterials eine relativ große Schwankungsbreite auf. Der Carbonatgehalt des Feinmaterials liegt überwiegend zwischen 2 und 4 Gewichtsprozent. An einem Standort konnte jedoch kein Carbonat festgestellt werden.

Abb. 63A macht deutlich, daß die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne* neben den dominanten Phanerophyten vor allem von stammsukkulenten Arten und Gräsern aufgebaut wird. Innerhalb der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne* der einzige Savannentyp, bei dem zum Aufnahmezeitpunkt (17.3.98) die Gräser einen höheren Deckungsanteil aufwiesen als die phanerophytischen Arten. Bedingt wird dies durch die z.T. sehr hohen Artmächtigkeiten von *Aristida effusa* und *Enneapogon cenchroides*. Auch die stammsukkulenten Arten sind vergleichsweise stark vertreten. Dies ist vor allem auf Vertreter der Gattung *Commiphora* zurückzuführen (*C. glaucescens*, *C. mollis*, *C. africana*). So stellen die stammsukkulenten Arten im Hinblick auf den Deckungsgrad die drittstärkste Lebensformgruppe dar.

Deutliche Bezüge der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne* sind zu der von VILJOEN (1980:127) beschriebenen ‚*Commiphora multijuga-C. glaucescens-C. mollis-Savanne* der Berge und Kuppen‘ zu erkennen, deren auffälligstes Merkmal die starke Bedeutung stammsukkulenter Arten darstellt. Neben dem Auftreten von *Commiphora mollis* und *C. glaucescens* wird der Bezug der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne* zur ‚*Commiphora multijuga-C. glaucescens-C. mollis-Savanne* der Berge und Kuppen‘ nach VILJOEN vor allem durch *Boscia microphylla*, *Stipagrostis uniplumis* und *Melinis repens ssp. grandiflora* hergestellt.

Deutliche Bezüge der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne* sind zu der von VILJOEN (1980:127) beschriebenen ‚*Commiphora multijuga-C. glaucescens-C. mollis-Savanne* der Berge und Kuppen‘ zu erkennen, deren auffälligstes Merkmal die starke Bedeutung stammsukkulenter Arten darstellt. Neben dem Auftreten von *Commiphora mollis* und *C. glaucescens* wird der Bezug der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne* zur ‚*Commiphora multijuga-C. glaucescens-C. mollis-Savanne* der Berge und Kuppen‘ nach VILJOEN vor allem durch *Boscia microphylla*, *Stipagrostis uniplumis* und *Melinis repens ssp. grandiflora* hergestellt.

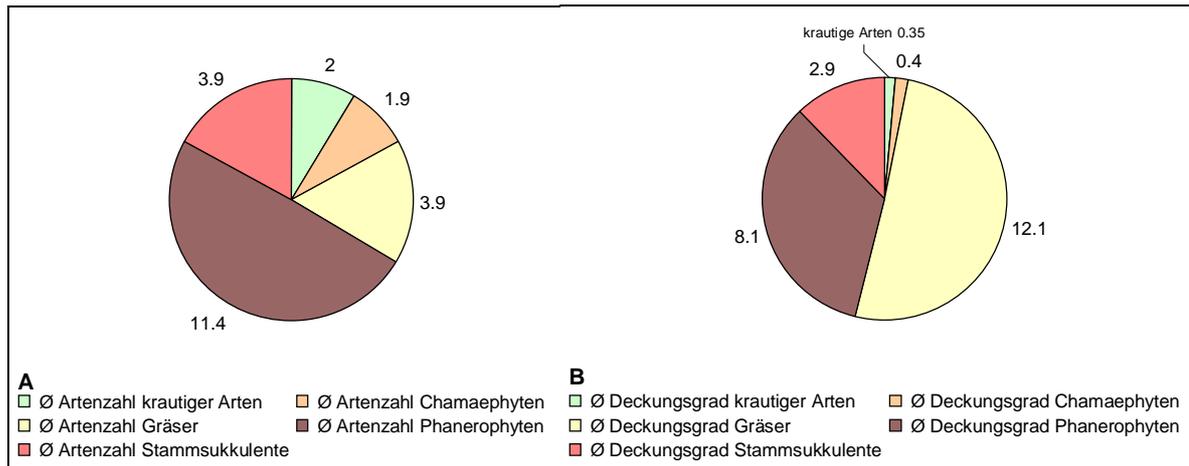


Abb. 63: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana-Savanne (Tab. 17, Nr. 15)

Dieser Savannentyp stellt die artenreichste der im Verlauf des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park dokumentierten Gemeinschaften dar. Räumlich ist das Verbreitungsgebiet der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana-Savanne*



Foto 20: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana-Savanne*

auf Standorte westlich des Siedlungsplatzes Otjitanda mit durchschnittlichen Jahresniederschlägen zwischen 100 und 200 mm beschränkt (vgl. Karte I, Anlagenband). Zur deutlichen Abgrenzung von den anderen Gemeinschaften ist neben *Euphorbia damarana* die stammsukkulente Art *Fockea multiflora* zu nennen, die im Bereich des nördlichen Transekts lediglich in diesem Raum dokumentiert werden konnte.

Verbreitet ist die Gemeinschaft auf schwach geneigten und feinmaterialreichen Fußhang- und Ebenenstandorten (Foto 20). Die Bodenart wurde durchgängig als ‚lehmiger Sand‘ bestimmt. Auf dem quarzitischen z.T. aus Lockersedimenten bestehenden Ausgangsmaterial hat sich ein Boden entwickelt, dessen Feinmaterial einen zwischen 6.3 und 7.8 liegenden pH-Wert aufweist und entweder carbonatfrei oder schwach carbonathaltig ist. Die übrigen bodenchemischen Werte weisen keine Ausprägungen auf, die zur Abgrenzung der Gemeinschaft herangezogen werden könnten.

Im Hinblick auf das Lebensformspektrum haben die stammsukkulente Arten in dieser Gemeinschaft eine besonders große Bedeutung und erreichen mit durchschnittlich 7.3 Arten pro 0.1 ha den höchsten Wert im Vergleich zu den anderen entlang des nördlichen Transekts abgegrenzten Gemeinschaften (Abb. 64A). Neben *Euphorbia damarana* und *Fockea multiflora* treten als Vertreter dieser Lebensformgruppe *Adansonia digitata*, *Kleinia longiflora*, *Ipomoea adenoides* und zahlreiche Vertreter der Gattung *Commiphora* auf. Relativ stark vertreten waren zum Aufnahmezeitpunkt (16.3.98) auch die krautigen Arten, während Gräser nur eine geringe Bedeutung hatten. Damit zeigt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana-Savanne* deutliche Bezüge zu der von VILJOEN (1980) beschriebenen ‚*Commiphora multijuga-Commiphora glaucescens-Commiphora mollis-Savanne der Berge und Kuppen*‘. In quantitativer Hinsicht haben die Phanerophyten in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana-Savanne* im Vergleich zu den anderen Gemeinschaften der *Colophospermum mopane-Savannen* den höchsten Deckungsgrad.

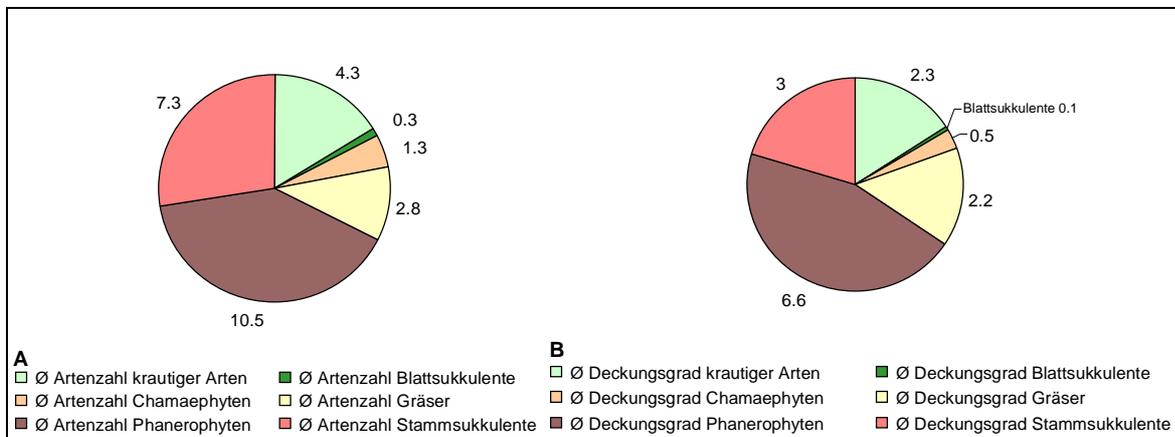


Abb. 64: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Tribulus zeyheri-Savanne (Tab. 17, Nr. 16)

Mit durchschnittlich 20.4 Arten pro 0.1 ha weist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Tribulus zeyheri-Savanne* den dritthöchsten Artenzahl-Wert der im Verlauf des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Savannengemeinschaften auf (Foto 21). Anders als die anderen, die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* bildenden Gemeinschaften, besitzt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Tribulus zeyheri-Savanne* ein in ost-west-Richtung weit gestrecktes Verbreitungsgebiet. Der Schwerpunkt dieser Gemeinschaft liegt jedoch östlich von Etanga bei 13° 11' östl. L. (vgl. Karte I, Anlagenband). Nach VAN DER MERWE (1983) betragen die durchschnittlichen jährlichen Niederschläge hier 200 bis 300 mm während sie westlich von Etanga, wo ebenfalls Ausschnitte der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Tribulus zeyheri-Savanne* dokumentiert werden konnten, zwischen 100 – 200 mm liegen.

Verbreitet ist diese Gemeinschaft überwiegend auf Mittelhanglagen verschiedener Expositionen, deren Inklination bis 31 % beträgt (Tab. V, Anlagenband). Die feinmaterialarmen Standorte werden



Foto 21: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Tribulus zeyheri-Savanne*

deutlich von Material der Stein- und Blockfraktion geprägt. Als Bodenarten liegen ‚lehmiger Sand‘ und ‚sandiger Lehm‘ vor. Die pH-Werte liegen zwischen 6.2 und 7.6 und weisen damit eine recht hohe Schwankungsbreite auf. Neben carbonatfreien bzw. carbonatarmen Standorten wurden auch Standorte mit schwach carbonathaltigem Feinmaterial erfaßt.

Neben den Phanerophyten sind in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Tribulus zeyheri-Savanne* die stammsukkulente

Arten stark vertreten (Abb. 65A), auch wenn nicht mehr eine derartig hohe Artenzahl erreicht wird wie in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana-Savanne*. Auch die krautigen Arten weisen in diesem Savannentyp eine starke Diversität auf und erreichen hier im Vergleich mit den anderen Gemeinschaften der *Colophospermum mopane-Savanne* den zweithöchsten Wert im Hinblick auf die durchschnittliche Artenzahl pro 0.1 ha. Während die Artendiversität der Gräser in dieser Gemeinschaft eher als gering einzustufen ist, tragen die wenigen Arten dieser Gruppe erheblich zur Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen bei. Die Chamaephyten, Stammsukkulente, Blattsukkulente und krautigen Arten haben dagegen quantitativ nur eine geringe Bedeutung (Abb. 65B).

Insbesondere das Auftreten von *Commiphora multijuga*, *C. mollis*, *C. glaucescens*, *Kirkia acuminata* und *Antheophora schinzii* als dem wichtigsten Gras der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Tribulus zeyheri-Savanne*, stellt deutliche Bezüge zu der von VILJOEN (1980) beschriebenen ‚*Commiphora multijuga-Commiphora glaucescens-Commiphora mollis-Savanne* der Berge und Kuppen‘ her.

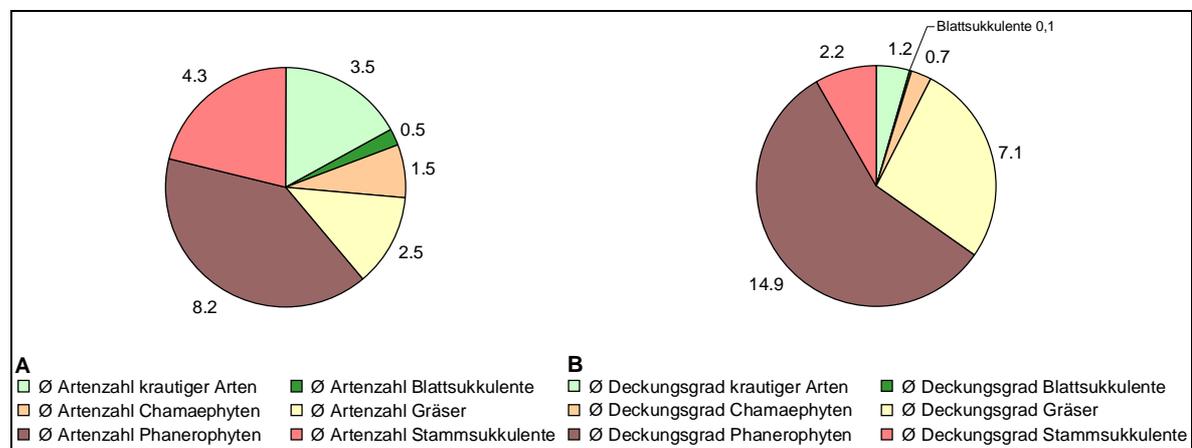


Abb. 65: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Tribulus zeyheri-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

6.2.5.2.1.4 Zusammenfassung

Auf der Grundlage von 132 Vegetationsaufnahmen können für das Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park zwei Hauptvegetationstypen abgegrenzt werden: Das drei Gemeinschaften umfassende *ephemere Grasland* stellt einen relativ artenarmen Vegetationstyp dar. Dieser Vegetationstyp prägt den westlichen, durch die Ebene der Pronamib verlaufenden Abschnitt des nördlichen Transekts. Artenreichere Ausschnitte der Vegetation finden sich hier ausschließlich auf den durch feinmaterialarme Substrate gekennzeichneten Hanglagen.

Als zweiter Hauptvegetationstyp wurden die *Colophospermum mopane-Savannen* abgegrenzt, die mit verschiedenen Ausprägungen den östlich von 12° 25' östl. L. gelegenen Transektabschnitt prägen. Die *Colophospermum mopane-Savannen* umfassen einen artenarmen Savannentyp (*Colophospermum mopane-Savanne*, vier Gemeinschaften), einen artenreicheren Savannentyp (*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*, vier Gemeinschaften) und die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* als artreichsten Savannentyp (fünf Gemeinschaften). Als determinierender Faktor für die Ausprägung der unterschiedlichen Vegetationstypen bzw. Gemeinschaften können die mit Niederschlägen verbundenen klimatischen Gegebenheiten des Raumes angenommen werden. Wie bei der Ausprägung der Parameter ‚Artenzahl‘, ‚Gesamtdeckung‘ und ‚Evenness‘ der Vegetationsaufnahmen ist eine den großräumig wirkenden, ost-west-gerichteten Gradienten modifizierende Wirkung des nördlich des Transekts gelegenen Gebirgszuges der Steilrandberge auch bei der Ausprägung der Vegetationstypen zu erkennen. So prägt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* den zentralen, niederschlagsreichen Abschnitt des nördlichen Transekts.

Daneben erscheint die Reliefsituation und die damit verbundenen physikalischen Substratgegebenheiten als wesentliche Determinante für die Entwicklung unterschiedlicher Vegetationstypen (vgl. Kap. 6.2.2, Tab. 8). Noch weniger als die Art des anstehenden Gesteins, das in Gebieten überwiegender physikalischer Verwitterung die physikalischen Eigenschaften des Standortes prägt, sind die chemischen Eigenschaften des Feinmaterials als Determinanten für die Ausprägung unterschiedlicher Vegetationstypen zu interpretieren. Dies trifft sowohl auf die ohnehin überwiegend extrem feinmaterialarmen Hangstandorte, als auch auf die feinmaterialreicheren Ebenenstandorte zu. Die Spannweite der Ausprägung bodenchemischer Parameter des Feinmaterials wie Leitfähigkeit und Ionengehalt, ist häufig innerhalb einer Gemeinschaft höher als sich Minimal- und Maximalwerte zwischen den verschiedenen Gemeinschaften unterscheiden.

6.2.5.2.2 Standortbindungen syntaxonomisch relevanter Arten (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Bevor die Bindung der für den Verlauf des nördlichen Transekts abgrenzbaren Gemeinschaften an Standortfaktoren diskutiert werden, soll zunächst der Frage nachgegangen werden, welche Standortbindungen für die die Gemeinschaften differenzierenden Arten erkennbar sind.

Die Abgrenzung der in Tab. 17 (S. 117) dargestellten Vegetationstypen (*ephemeres Grasland*, *Colophospermum mopane-Savannen*) bzw. deren Untereinheiten (*Colophospermum mopane-Savanne*, *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*, *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*) und Gemeinschaften erfolgte auf der Grundlage der die einzelnen Einheiten charakterisierenden Arten

(vgl. Kap. 6.2.5.1). Diese Kennarten sind nicht gleichmäßig verteilt entlang des Transekts verbreitet – ihr Auftreten und Nichtauftreten wird vielmehr durch unterschiedliche Ausprägungen von Standortfaktoren gesteuert. Tab. VI (Anlagenband) stellt anhand des SPEARMAN'schen Korrelationskoeffizienten den Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit dieser Kennarten und den im Rahmen der Untersuchung erfaßten Standortfaktoren dar. Auf eine Darstellung der Korrelationen mit dem Nitrit- und Ammoniumgehalt des Feinmaterials wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Aufgrund der in Tab. V (Anlagenband) dargestellten Werte, kann eine Vegetationsmuster erklärende Wirkung dieser Parameter ausgeschlossen werden. Unter dem Begriff ‚Standort‘ wird im folgenden nicht der punkthafte Wuchsort der Individuen einer Art verstanden, sondern eine durch die Aufnahme­fläche repräsentierte Raumeinheit.

Die Angaben über die bodenchemischen Parameter beziehen sich auf das auf der Aufnahme­fläche gewonnene Feinmaterial. Die Angaben zum Salzgehalt und zum Ionengehalt der Standorte beziehen sich auf die wasserlöslichen Gehalte im Feinmaterial. Bei Arten der ausdauernden Lebensformgruppen Chamaephyten, Phanerophyten und Stammsukkulente ohne positiven Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit und dem Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche, sind die statistisch abgesicherten Standortbindungen im Hinblick auf die chemischen Eigenschaften des Feinmaterials in den jeweiligen Übersichtstabellen in Klammern gesetzt.

Die Angaben zu den Anteilen der einzelnen Korngrößengruppen beziehen sich jeweils auf das Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche.

Als die großräumig nordost-südwest-gerichteten Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimatelemente einbeziehende Größe wurde die geographische Länge der Aufnahme­fläche in die Analyse einbezogen. Auf der Grundlage der bisherigen Ergebnisse, muß jedoch davon ausgegangen werden, daß reliefbedingt entlang des nördlichen Transekts das Niederschlagsmaximum im zentralen Abschnitt des Transekts auftritt und nicht wie durch die großräumigen Niederschlagsbedingungen begründet im östlichen Transektabschnitt.

Im folgenden werden die sich für die syntaxonomisch relevanten Arten ergebenden Standortbindungen im Bereich des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park dargestellt.

Die Hauptart des *ephemer* *Graslandes*, *Stipagrostis hirtigluma*, ist vor allem an Standorten mit einem relativ geringen Feinmaterialanteil verbreitet (Tab. VI, Anlagenband). Geprägt werden

Tab. 19: Standortbindungen von *Stipagrostis hirtigluma* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- vorwiegend vertreten im niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitt
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit hohem Steinanteil
- Standorte mit geringem Salzgehalt
- Standorte mit hohem Calciumgehalt
- Standorte mit hohem Sulfatgehalt
- Standorte mit hohem Chloridgehalt

diese Standorte dagegen häufig von Material der Steinfraction. Als annuelles Gras ist *Stipagrostis hirtigluma ssp. pearsonii* eine gute Indikatorart für bodenchemische Bedingungen. Die von ihr besiedelten Standorte weisen überwiegend eine geringe Leitfähigkeit, aber hohe Calcium-, Chlorid- und Sulfatgehalte auf. Die schwach negative Korrelation mit dem Standortfaktor ‚geographische Länge‘ belegt, daß *Stipagrostis hirtigluma* vor allem im westlichen, niederschlagsarmen Abschnitt des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park vertreten

ist. Dies wird auch durch die in Tab. 14 (S. 113) dargestellte geringe Stetigkeit von *Stipagrostis hirtigluma* in den den östlichen Transektabschnitt prägenden *Colophospermum mopane*-Savannen bestätigt. Tab. 19 faßt die Standortbindungen von *Stipagrostis hirtigluma* zusammen.

Vergesellschaftet mit *Stipagrostis hirtigluma* tritt *Calicorema capitata* entlang des nördlichen Transekts u.a. im *Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata*-Grasland in Erscheinung. Dabei zeigt

Tab. 20: Standortbindungen von *Calicorema capitata* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- vorwiegend vertreten im niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitt
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit hohem Grus- bzw. Kiesanteil
- Standorte mit geringem Steinanteil
- Standorte mit geringem Anteil an Blöcken
- (gegenüber den erfaßten bodenchemischen Parametern indifferent)

Calicorema capitata eine positive Bindung an Standorte mit einem geringen Feinmaterialanteil und einem hohen Anteil an Fein- bis Mittelgrus bzw. Fein- bis Mittelkies (Tab. VI, Anlagenband). Standorte mit einem hohen Anteil der Steinfraktion und einem hohen Anteil an Blöcken werden von *Calicorema capitata* dagegen gemieden. Entlang des nördlichen Transekts konnte *Calicorema capitata* lediglich in der oben genannten Gemeinschaft und im *Commiphora wildii-Stipagrostis hirtigluma*-Grasland dokumentiert werden. Beide Gemeinschaften sind in ihrer Verbreitung auf den niederschlagsarmen, westlichen Teil des Transekts beschränkt. Im Hinblick auf die erfaßten bodenchemischen Parameter erweist sich *Calicorema capitata* als indifferent. Tab. 20 faßt die Standortbindungen von *Calicorema capitata* zusammen.

Stipagrostis uniplumis ist die Kennart des artenarmen *Stipagrostis uniplumis*-Graslandes. Deutlicher als *Stipagrostis hirtigluma* hat diese Art ihren Verbreitungsschwerpunkt im Bereich des westlichen, niederschlagsarmen Transektabschnitts (Abb. 66). Während *Stipagrostis uniplumis* gegenüber den anderen bodenphysikalischen Parametern als indifferent einzustufen ist, zeigt Tab. VI (Anlagenband), daß Standorte mit einem hohen Steinanteil von dieser Art weitgehend gemieden werden. Das Feinmaterial der von *Stipagrostis uniplumis* besiedelten Standorte läßt sich durch überwiegend niedrige pH-Werte, niedrige Leitfähigkeiten und niedrige Calciumgehalte charakterisieren. Tab. 21 faßt die Standortbindungen von *Stipagrostis uniplumis* zusammen.

Stipagrostis uniplumis ist die Kennart des artenarmen *Stipagrostis uniplumis*-Graslandes. Deutlicher als *Stipagrostis hirtigluma* hat diese Art ihren Verbreitungsschwerpunkt im Bereich des westlichen, niederschlagsarmen Transektabschnitts (Abb. 66). Während *Stipagrostis uniplumis* gegenüber den anderen bodenphysikalischen Parametern als indifferent einzustufen ist, zeigt Tab. VI (Anlagenband), daß Standorte mit einem hohen Steinanteil von dieser Art weitgehend gemieden werden. Das Feinmaterial der von *Stipagrostis uniplumis* besiedelten Standorte läßt sich durch überwiegend niedrige pH-Werte, niedrige Leitfähigkeiten und niedrige Calciumgehalte charakterisieren. Tab. 21 faßt die Standortbindungen von *Stipagrostis uniplumis* zusammen.

Tab. 21: Standortbindungen von *Stipagrostis uniplumis* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- vorwiegend vertreten im niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitt
- Standorte mit geringem Steinanteil
- Standorte mit niedrigem pH-Wert
- Standorte mit geringem Salzgehalt
- Standorte mit geringem Calciumgehalt
- Standorte mit hohem Natriumgehalt

Während *Stipagrostis uniplumis* gegenüber den anderen bodenphysikalischen Parametern als indifferent einzustufen ist, zeigt Tab. VI (Anlagenband), daß Standorte mit einem hohen Steinanteil von dieser Art weitgehend gemieden werden. Das Feinmaterial der von *Stipagrostis uniplumis* besiedelten Standorte läßt sich durch überwiegend niedrige pH-Werte, niedrige Leitfähigkeiten und niedrige Calciumgehalte charakterisieren. Tab. 21 faßt die Standortbindungen von *Stipagrostis uniplumis* zusammen.

Wie Abb. 66 (S. 151) zeigt, haben die Hauptarten des ephemeren Graslandes, *Stipagrostis hirtigluma* und *Stipagrostis uniplumis*, entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park ihr Hauptverbreitungsgebiet im Bereich der südlichen Hartmannberge bzw. im Marienflußtal. Während *Stipagrostis hirtigluma* mit geringer Artmächtigkeit bis zum westlichen Ende des Transekts dokumentiert werden konnte, ist *Stipagrostis uniplumis* stärker im westlich an das Marienflußtal anschließenden, zur Escarpment-Zone zählenden Transektabschnitt vertreten. *Stipagrostis hirtigluma* tritt nochmals im vergleichsweise niederschlagsarmen Raum südlich der Steilrandberge in Erscheinung.

Wie Abb. 66 (S. 151) zeigt, haben die Hauptarten des ephemeren Graslandes, *Stipagrostis hirtigluma* und *Stipagrostis uniplumis*, entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park ihr Hauptverbreitungsgebiet im Bereich der südlichen Hartmannberge bzw. im Marienflußtal. Während *Stipagrostis hirtigluma* mit geringer Artmächtigkeit bis zum westlichen Ende des Transekts dokumentiert werden konnte, ist *Stipagrostis uniplumis* stärker im westlich an das Marienflußtal anschließenden, zur Escarpment-Zone zählenden Transektabschnitt vertreten. *Stipagrostis hirtigluma* tritt nochmals im vergleichsweise niederschlagsarmen Raum südlich der Steilrandberge in Erscheinung.

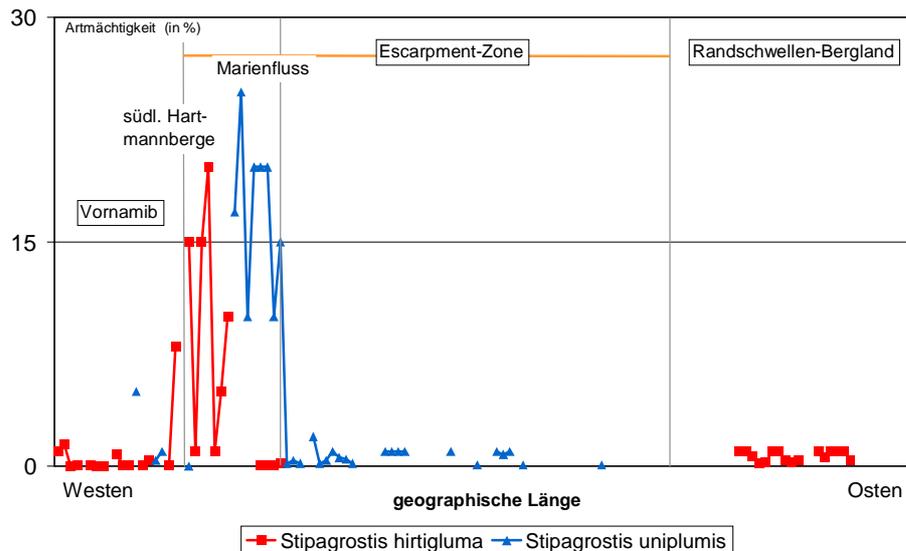


Abb. 66: Artmächtigkeit von *Stipagrostis hirtigluma* und *Stipagrostis uniplumis* entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (Regenzeit 1998)

Das Auftreten von *Commiphora wildii* ist im Bereich des nördlichen Transekts weitgehend auf das *Commiphora wildii*-*Stipagrostis hirtigluma*-Grasland beschränkt (vgl. Tab. V, Anlagenband). Die von dieser Art besiedelten Standorte lassen sich als feinmaterialarme Standorte mit einem hohen Anteil der

Tab. 22: Standortbindungen von *Commiphora wildii* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitt
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit hohem Anteil der Steinfraktion
- Standorte mit mittlerer bis starker Hangneigung
- (überwiegend gegenüber den erfaßten bodenchemischen Parametern indifferent)
- (Standorte mit geringem Salzgehalt)

Steinfraktion charakterisieren (Tab. VI, Anlagenband). *Commiphora wildii* ist im Hinblick auf die Ausprägungen der bodenchemischen Parameter des Feinmaterials als indifferent einzustufen. Zu erwähnen ist jedoch, daß sich das Feinmaterial der von *Commiphora wildii* besiedelten Aufnahmeflächen überwiegend durch geringe Leitfähigkeiten auszeichnet. Eine schwache positive Korrelation der Art ist mit der Inklination der jeweiligen Aufnahmefläche

festzustellen. Schon auf Seite 120 ist ausgeführt worden, daß das *Commiphora wildii*-*Stipagrostis hirtigluma*-Grasland auf Fuß- und Mittelhanglagen dokumentiert werden konnte. Diese Standorte zeichnen sich durch zwischen 6 und 21 % liegenden Hangneigungen aus (vgl. Tab. V, Anlagenband). Die starke negative Korrelation der Artmächtigkeit von *Commiphora wildii* mit der geographischen Länge der Aufnahmefläche weist daraufhin, daß die Ausprägung der großräumig ost-west-gerichteten, mit Niederschlägen verbundenen Gradienten, ausschlaggebend für die Verbreitung von *Commiphora wildii* entlang des nördlichen Transekts ist. Tab. 22 faßt die Standortbindungen von *Commiphora wildii* zusammen.

Das Auftreten von *Colophospermum mopane* grenzt entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park deutlich das *ephemere Grasland* von den *Colophospermum mopane-Savannen* ab (vgl. Tab. 14, S. 113). Tab. VI (Anlagenband) macht deutlich, daß *Colophospermum mopane*

Tab. 23: Standortbindungen von *Colophospermum mopane* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- Standorte vorwiegend im niederschlagsreicheren, östlichen Transektabschnitt
- Standorte mit geringem Grus- bzw. Kiesanteil
- Standorte mit hohem Blockanteil
- Standorte mit einem hohen Anteil an anstehendem Gestein
- (Standorte mit hohem Salzgehalt)
- (überwiegend gegenüber den erfaßten bodenchemischen Parametern indifferent)

sein Optimum auf Standorten mit einem geringen Grus- bzw. Kiesanteil hat. Dagegen korreliert die Artmächtigkeit dieser Art positiv mit einem hohen Anteil an Blöcken und anstehendem Gestein am Oberflächenmaterial der Aufnahme- fläche. Hinsichtlich der erfaßten bodenchemischen Parameter erweist sich *Colophospermum mopane* als indifferente Art, wobei höhere Artmächtigkeiten an Standorten erreicht werden, deren Feinmaterial eine hohe

Leitfähigkeit aufweist. Der wesentliche, die Verbreitung und Artmächtigkeit von *Colophospermum mopane* steuernde Faktor ist jedoch in den mit den Niederschlägen verbundenen, ost-west-gerichteten Gradienten (repräsentiert durch die geographische Länge der Aufnahme- fläche) zu sehen. Tab. 23 faßt die Standortbindungen von *Colophospermum mopane* zusammen.

Als Kennart der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* hat *Terminalia prunioides* im Bereich des nördlichen Transekts ein ähnliches Verbreitungsgebiet wie *Colophospermum mopane*. So stellen die mit den Gradienten der mit den Niederschlägen verbundenen Klimatelemente auch für diese Art eine wesentliche Determinante ihrer Verbreitung und Artmächtigkeit dar (in Tab. VI, Anlagenband, dargestellt durch die geographische Länge der Aufnahme- fläche).

Tab. 24: Standortbindungen von *Terminalia prunioides* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- Verbreitung ist beschränkt auf den niederschlagsreicheren, östlichen Transektabschnitt
- Standorte mit hohem Steinanteil
- Standorte mit einem hohem Anteil an Blöcken
- Standorte mit einem hohen Anteil anstehenden Gesteins
- Standorte mit mittlerer Hangneigung
- (Standorte mit hohem Salzgehalt)
- (Standorte mit geringem Calcium- und Sulfatgehalt Salzgehalt)
- (Standorte mit hohem Chloridgehalt)

Mehr jedoch als bei *Colophospermum mopane*, zeigt sich diese Art als wesentlich differenter im Hinblick auf die übrigen in Tab. VI (Anlagenband) dargestellten Umweltfaktoren. Wie *Colophospermum mopane* hat *Terminalia prunioides* ihr Optimum an Standorten mit einem geringen Anteil der Korngrößenfraktion 0.2 cm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies). Im Hinblick auf den Grobkies- bzw.- Grobgrusanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme- fläche ist die Art jedoch als in-

different einzustufen. Noch stärker als bei *Colophospermum mopane* liegt für die Artmächtigkeit von *Terminalia prunioides* eine positive Korrelation mit dem Blockanteil und dem Anteil des anstehenden Gesteins am Oberflächenmaterial der Aufnahme- flächen vor. Tab. VI (Anlagenband) zeigt zudem, daß *Terminalia prunioides* ihr Optimum auf Hanglagen hat, während *Colophospermum mopane* gegenüber diesem Parameter als indifferent einzustufen ist. Wie *Colophospermum mopane* erreicht *Terminalia prunioides* höhere Artmächtigkeiten an Standorten mit einem hohen Gehalt wasserlöslicher Salze. Die Standorte von *Terminalia prunioides* zeichnen sich daneben überwiegend durch einen geringen Calcium- und Sulfatgehalt aus. Ein positiver Zusammenhang ist dagegen zwischen der Artmächtigkeit von *Terminalia prunioides* und dem Chlorid- und Kaliumgehalt des Feinmaterials erkennbar. Tab. 24 faßt die Standortbindungen von *Terminalia prunioides* zusammen.

Combretum apiculatum ist die Kennart der artenreicheren Savannengemeinschaften des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park. Zusammengefaßt sind diese in der zwischen 12° 55' östl. L. und 13° 16' östl. L. verbreiteten *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*. Aus dem Verbreitungsgebiet der Art im Mittelabschnitt des nördlichen Transekts ergibt sich für *Combretum apiculatum* eine Indifferenz im Hinblick auf den klimatischen Multifaktor ‚geographische Länge‘ (vgl. Tab. VI, Anlagenband, s.o.). In Anbetracht der im Areal von *Combretum apiculatum* herrschenden Niederschlagsbedingungen, muß die im westlichen Namibia erreichte Verbreitungsgrenze als Trockengrenze dieser Art gedeutet werden (vgl. COATES PALGRAVE 1983:663, VON BREITENBACH 1995:249). Für den Bereich des nördlichen Transekts kann *Combretum apiculatum* im Vergleich zu *Terminalia prunioides* und *Colophospermum mopane* im Hinblick auf die Standortfaktoren ‚Wasserversorgung‘ als stenöke Art aufgefaßt werden. Die bereits in Kapitel 6.2.3 und Kapitel 6.2.5.2.1 gemachten Aussagen über die reliefbedingte Modifikation des Regionalklimas im östlichen Teil des nördlichen Transekts und deren Bedeutung bezüglich der Artenzahlen, Gesamtdeckung und Evenness der Vegetationsaufnahmen, werden durch die Verbreitung von *Combretum apiculatum* entlang dieses Transekts unterstützt. Tab. VI (Anlagenband) belegt die enge Bindung hoher Artmächtigkeiten dieser Art an Standorte mit einem hohen Anteil der Stein- und Blockfraktion sowie des anstehenden Gesteins am Oberflächenmaterial. Wie bereits in Kap. 6.2.2 dargestellt, können derartige Standorte edaphisch feuchte Standorte darstellen.

Damit zeigt sich für *Combretum apiculatum* im Verlauf des nördlichen Transekts im Hinblick auf hohe Artmächtigkeiten eine ähnliche Standortbindung wie für *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides*. Wie bei *Terminalia prunioides* erreicht *Combretum apiculatum* höhere Artmächtigkeiten an geneigten Standorten. Dagegen werden die zumeist flachgründigen Krustenstandorte von

Tab. 25: Standortbindungen von *Combretum apiculatum* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- Verbreitung ist beschränkt auf den niederschlagsreichsten Transektsabschnitt (Mittelabschnitt)
- Standorte mit hohem Steinanteil
- Standorte mit einem hohen Anteil an Blöcken
- Standorte mit einem hohen Anteil anstehenden Gesteins
- Standorte mit mittlerer Hangneigung
- (Standorte mit hohem Salzgehalt)
- (Standorte mit geringem Calciumgehalt)
- (Standorte mit geringem Natriumgehalt)

Combretum apiculatum gemieden. Bei den chemischen Parametern des Feinmaterials zeigt sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem Salzgehalt und der Artmächtigkeit von *Combretum apiculatum*. Dagegen weist diese Art an carbonat- und calciumreichen Standorten nur selten hohe Artmächtigkeiten auf. Ein schwach negativer Zusammenhang liegt zwischen dem Gehalt an Na⁺-Ionen und hohen Artmächtigkeiten von *Combretum apiculatum* vor. Im Hinblick auf die anderen in Tab. VI

(Anlagenband) dargestellten bodenchemischen Faktoren erweist sich die Art als indifferent. Tab. 25 faßt die Standortbindungen von *Combretum apiculatum* zusammen.

Wie Abb. 67 verdeutlicht, dringt *Colophospermum mopane* von den drei für die Gliederung der *Colophospermum mopane-Savannen* wichtigsten Arten im Bereich des nördlichen Transekts am weitesten nach Westen vor. Zwar hat auch *Colophospermum mopane* sein Optimum im mittleren, niederschlagsreichen Transektsabschnitt, doch ist diese Art auch noch in den im östlichen Transektbereich erfaßten Aufnahmen mit relativ hohen Artmächtigkeiten vertreten. Wesentlich deutlicher haben *Terminalia prunioides* und *Combretum apiculatum* ihr Optimum im mittleren Teil des die Escarpment-Zone querenden Transektsabschnitts.

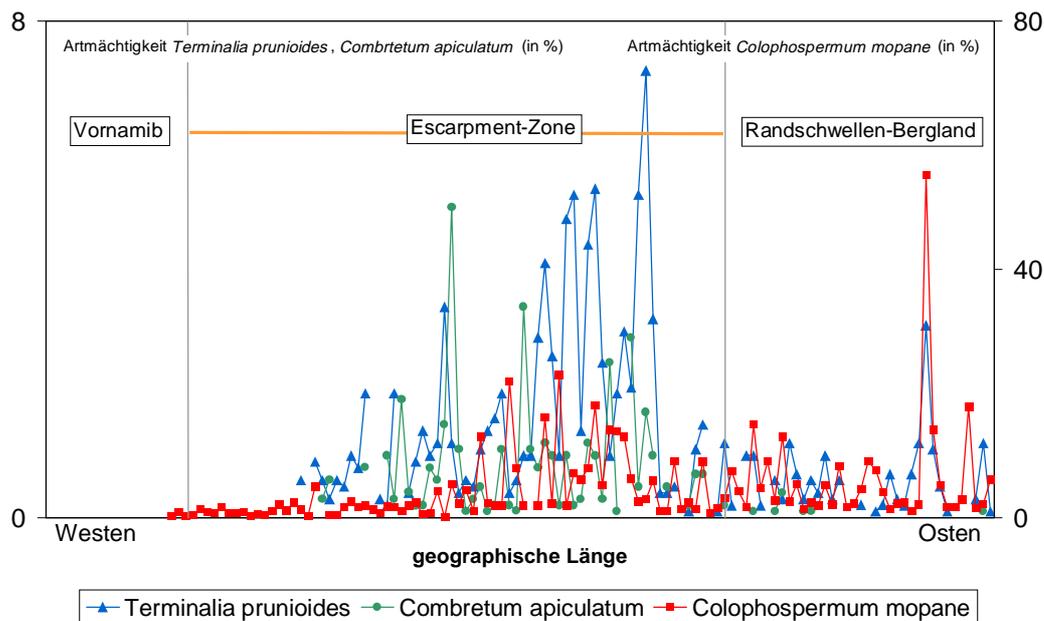


Abb. 67: Artmächtigkeiten von *Terminalia prunioides*, *Combretum apiculatum* und *Colophospermum mopane* in den entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

Enneapogon desvauxii war in Kap. 6.2.5.2.1.3 zur Abgrenzung der *Colophospermum mopane-Enneapogon desvauxii-Savanne* herangezogen worden. Auffällig bei dieser annualen *Poaceae* ist ihre Indifferenz im Hinblick auf die in Tab. VI (Anlagenband) dargestellten bodenphysikalischen Parameter sowie im Hinblick auf den Parameter ‚Hangneigung‘. Dies bestätigt die Beobachtung VILJOENS (1980) wonach *Enneapogon desvauxii* sowohl in auf Hängen verbreiteten Gemeinschaften vertreten ist, durchaus aber auch Ebenenstandorte prägen kann.

In ihrer Verbreitung ist *Enneapogon desvauxii* deutlich auf den östlichen Transektabschnitt be-

Tab. 26: Standortbindungen von *Enneapogon desvauxii* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- Verbreitung ist beschränkt auf den niederschlagsreicheren, östlichen Transektabschnitt
- Standorte mit hohem Carbonatgehalt
- Standorte mit hohem pH-Wert
- Standorte mit hohem Calciumgehalt
- Standorte mit hohem Phosphatgehalt
- Standorte mit geringem Nitratgehalt
- indifferent im Hinblick auf die bodenphysikalischen Eigenschaften des Standortes

beschränkt und erreicht hohe Artmächtigkeiten vor allem an Standorten die einen hohen Carbonatgehalt, einen hohen Calciumgehalt und einen hohen Phosphatgehalt aufweisen. Daneben erreicht *Enneapogon desvauxii* höhere Artmächtigkeiten an Standorten mit einem hohen pH-Wert. Überraschend ist der negative Zusammenhang des Deckungsgrades der als Pionierart und Überweidungszeiger geltenden Art mit dem Nitratgehalt des Feinmaterials (vgl. Kap. 6.3). Tab. 26 faßt die Standortbin-

dungen von *Enneapogon desvauxii* zusammen.

Die annuelle Art *Tribulus zeyheri* gehört mit einer Stetigkeit von 26 % zu den häufig entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Arten (vgl. Tab. V, Anlagenband). Im Hinblick auf die Gliederung der Vegetation ist sie zur Abgrenzung der *Colophospermum mopane-Tribulus zeyheri-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Tribulus zeyheri-Savanne* herangezogen worden. Bezüglich der überwiegenden Zahl der in Tab. VI (Anlagenband) dargestellten Standortfaktoren erweist sich *Tribulus zeyheri* als indifferent. Lediglich

Tab. 28: Standortbindungen von *Tribulus zeyheri* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- Standorte mit geringem Grus- bzw. Kiesanteil
- indifferent im Hinblick auf die bodenchemikalischen Eigenschaften des Standortes

Standorte mit einem hohen Grus- bzw. Kiesanteil werden von *Tribulus zeyheri* weitgehend gemieden. Mit seiner weiten ökologischen Amplitude gehört *Tribulus zeyheri* in Namibia zu den stark invasiven Arten (CRAVEN & MARAIS 1992:63,

vgl. Kap. 6.3.6). Tab. 28 faßt die Standortbindungen von *Tribulus zeyheri* zusammen.

Tab. 27: Standortbindungen von *Curroria decida* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit hohem Steinanteil
- Standorte mit hohem Blockanteil
- Standorte mit starker Hangneigung
- (Standorte mit hohem Carbonatgehalt)
- (Standorte mit hohem Calciumgehalt)

Wie Tab. VI (Anlagenband) verdeutlicht, hat *Curroria decida* ihr Optimum an feinmaterialarmen Standorten, die sich durch einen hohen Steinanteil und einen hohen Anteil der Blöcke am Oberflächenmaterial auszeichnen. Ein deutlicher positiver Zusammenhang ist zwischen der Artmächtigkeit von *Curroria decida* und der Inklination der Aufnahmefläche festzustellen. Ebenenstandorte werden von dieser Art dagegen nicht besiedelt. Von *Curroria decida* besiedelte Standorte weisen in ihrem (nur gering vorhandenen) Feinmaterial einen hohen Carbonatgehalt und einen hohen Gehalt an Calcium-Ionen auf. Tab. 27 faßt die Standortbindungen von *Curroria decida* zusammen.

Wie *Tribulus zeyheri* gehört die annuelle Art *Geigeria acaulis* mit einer Stetigkeit von 28 % zu den häufigen Arten der entlang des nördlichen Transekts erfaßten Vegetationsaufnahmen. Im Hinblick auf die in Tab. VI (Anlagenband) dargestellten Standortfaktoren erweist sich *Geigeria acaulis* mit Ausnahme des Gehaltes an wasserlöslichen Salzen im Feinmaterial als indifferent. Zu diesem Parameter besteht ein positiver Zusammenhang mit der Artmächtigkeit von *Geigeria acaulis*. Die weitgehende Bindungslosigkeit des Auftretens von *Geigeria acaulis* hinsichtlich abiotischer Standortfaktoren, legt die Vermutung nahe, daß verstärkt der Einfluß anthropogener Störungen die Abundanz dieser Art steuern (vgl. Kap. 6.3).

Wie *Tribulus zeyheri* gehört die annuelle Art *Geigeria acaulis* mit einer Stetigkeit von 28 % zu den häufigen Arten der entlang des nördlichen Transekts erfaßten Vegetationsaufnahmen. Im Hinblick auf die in Tab. VI (Anlagenband) dargestellten Standortfaktoren erweist sich *Geigeria acaulis* mit Ausnahme des Gehaltes an wasserlöslichen Salzen im Feinmaterial als indifferent. Zu diesem Parameter besteht ein positiver Zusammenhang mit der Artmächtigkeit von *Geigeria acaulis*. Die weitgehende Bindungslosigkeit des Auftretens von *Geigeria acaulis* hinsichtlich abiotischer Standortfaktoren, legt die Vermutung nahe, daß verstärkt der Einfluß anthropogener Störungen die Abundanz dieser Art steuern (vgl. Kap. 6.3).

Barleria senensis und *Indigofera 115301* grenzen die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Barleria senensis-Indigofera 115301-Savanne* ab. Während es sich bei *Barleria senensis* im Gebiet um einen niedrigwüchsigen Strauch handelt, liegt mit *Indigofera 115301* eine annuelle Art vor. Beide Arten erweisen sich im Hinblick auf die in Tab. VI (Anlagenband) dargestellten Standortfaktoren als weitgehend indifferent. Lediglich bei *Barleria senensis* ist ein positiver Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit und dem Anteil an Grobgrus bzw. Grobkies am Oberflächenmaterial erkennbar.

Euphorbia damarana ist die Kennart der artenreichsten, entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaft. Außer in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana-Savanne* ist diese Art lediglich in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne* dokumentiert worden (vgl. Tab. V, Anlagenband). Beide Gemeinschaften haben ihren Schwerpunkt im westlich von Otjitanda liegenden Gebiet (vgl. Karte I, Anlagenband). Entlang des nördlichen Transekts liegt für *Euphorbia damarana* ein positiver Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit und

Tab. 29: Standortbindungen von *Euphorbia damarana* (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

- Standorte mit hohem Feinmaterialanteil
- Standorte mit geringem Grobgrus- bzw. Grobkiesanteil
- Standorte mit geringem Steinanteil
- indifferent gegenüber bodenchemischen Eigenschaften

entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaft. Außer in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana-Savanne* ist diese Art lediglich in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis uniplumis-Savanne* dokumentiert worden (vgl. Tab. V, Anlagenband). Beide Gemeinschaften haben ihren Schwerpunkt im westlich von Otjitanda liegenden Gebiet (vgl. Karte I, Anlagenband). Entlang des nördlichen Transekts liegt für *Euphorbia damarana* ein positiver Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit und

dem Feinmaterialanteil des Standortes vor. Die von dieser Art besiedelten Standorte weisen einen geringen Anteil an Grobgrus bzw. Grobkies sowie an Steinen auf. Bezüglich der übrigen in Tab. VI (Anlagenband) dargestellten Standortfaktoren ist *Euphorbia damarana* als indifferent einzustufen. Tab. 29 faßt die Standortbindungen von *Euphorbia damarana* zusammen.

6.2.5.2.2.1 Zusammenfassung

Die Standortbindungen der für die der Vegetationsgliederung wesentlichen Arten lassen sich überwiegend mit den bodenphysikalischen Eigenschaften und ihrer unterschiedlichen Bedeutung für die Wasserversorgung des Standortes erklären. Hervorzuheben ist dabei der Steinanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche. Fünf Arten zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen ihrer Artmächtigkeit und einem hohen Anteil dieser Korngrößengruppe (*Stipagrostis hirtigluma*, *Commiphora wildii*, *Terminalia prunioides*, *Combretum apiculatum*, *Curroria decidua*). Dagegen erreichen drei Arten hohe Artmächtigkeiten verstärkt auf Standorten mit einem geringen Steinanteil (*Calicorema capitata*, *Stipagrostis uniplumis*, *Euphorbia damarana*). Hauptfaktor bei den bodenchemischen Faktoren ist der wasserlösliche Salzgehalt des Feinmaterials. Hierbei gelten jedoch wie bei den übrigen bodenchemischen Parametern auch, insbesondere bei Arten, die ihr Optimum an feinmaterialarmen Standorten haben (z.B. *Commiphora wildii*), eingeschränkte Interpretationsmöglichkeiten. Auch wenn für das nördliche Transekt eine reliefbedingte, räumliche Modifizierung des großräumig nordost-südwest-gerichteten Niederschlagsgradienten nachgewiesen werden kann, so hat die geographische Länge des Standortes als der diesen Multifaktor widerspiegelnde Parameter eine große Bedeutung für das Auftreten der Arten bzw. deren Artmächtigkeit. Vier Arten haben ihren Schwerpunkt im niederschlagsarmen westlichen Abschnitt des Transekts (*Stipagrostis hirtigluma*, *Calicorema capitata*, *Stipagrostis uniplumis*, *Commiphora wildii*). Drei Arten haben ihr Optimum im niederschlagsreicheren, östlichen Teilabschnitt des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (*Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides*, *Enneapogon desvauxii*).

6.2.5.2.3 Standortbindung der entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften

Aufgrund der in Kap. 6.2.5.2.2 dargelegten Bindung der für die Vegetationsgliederung wesentlichen Arten an die erfaßten Standortfaktoren wurden für die Analyse des Zusammenhangs zwischen Standortfaktoren und den entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften folgende, an den einzelnen Aufnahme­flächen erfaßte Parameter ausgewählt:

metrisch skalierte Variablen

- **Geographische Länge** der Aufnahme­fläche (als den klimatischen nordost-südwest-gerichteten, großräumigen Komplexgradienten widerspiegelnder Parameter)
- **Hangneigung** (Neigung der Aufnahme­fläche in %)
- Anteil des **Feinmaterials** am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche (Korngrößen < 2 mm, in %)
- Anteil des **mittelgroben Materials** am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche (Grus bzw. Kies [Korngrößen Ø 2 mm bis 6 cm], in %)
- Anteil des **Grobmaterials** am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche (Steine, Blöcke, anstehendes Gestein [Korngrößen Ø > 6 cm], in %)
- Gehalt des Feinmaterials an **wasserlöslichen Salzen** (elektr. Leitfähigkeit, mS/cm)

- Gehalt des Feinmaterials an **wasserlöslichem Calcium** (in mg/l)
- **pH-Wert** des Feinmaterials (entlogarithmisiert)
- **Carbonatgehalt** des Feinmaterials (in Gewichtsprozent)
- **Calciumgehalt** des Feinmaterials (mg/l)

ordinal skalierte Variablen

Lage der Aufnahme­fläche im Relief (**Ebene, Fußhang, Mittelhang, Kamm**)

Das Ergebnis der ‚Direkten Gradientenanalyse‘ ist in Abb. I (Anlagenband) dargestellt. Wegen der starken Korrelation der Parameter ‚pH-Wert‘, ‚Calciumgehalt‘ und ‚Carbonatgehalt‘ wurden diese drei Standortfaktoren in der Darstellung zum Faktor ‚Basizität‘ zusammengefaßt (Tab. 30).

Es zeigt sich, daß der Parameter ‚geographische Länge‘ von den in die Berechnung einbezogenen

Tab. 30: Korrelation der Standortfaktoren ‚Calciumgehalt‘, ‚Carbonatgehalt‘ und ‚pH-Wert‘ beim Feinmaterial der entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Standorte

(PEARSON'scher Korrelationskoeffizient, alle Werte sind signifikant mit $p = 0.000$)

	Carbonatgehalt (Gewichtsprozent)	pH- Wert
Calciumgehalt (mg/l)	0.5462	0.3688
Carbonatgehalt (Gewichtsprozent)	-	0.37

Faktoren den Ordinationsraum am stärksten aufspannt. Damit besitzt er die größte Bedeutung im Hinblick auf die Lagedifferenzierung der die Vegetationsaufnahmen symbolisierenden Punkte in Abb. I (Anlagenband). Dieser, den großräumigen, nordost-südwest-gerichteten Komplexgradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimatelemente repräsentierende Parameter, ist damit Hauptdetermi-

nante für die Vegetationsdifferenzierung entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park. Eng korreliert mit diesem Parameter ist die Basizität des an den Standorten gewonnenen Feinmaterials. Dies bedeutet, daß Standorte, deren Feinmaterial einen hohen pH-Wert, einen hohen Carbonatgehalt sowie einen hohen Gehalt an wasserlöslichem Calcium aufweist, vorwiegend im östlichen Teil des Transekts verbreitet sind (vgl. Tab. V, Anlagenband).

Als weitere wichtige, die Vegetation differenzierende Standortfaktoren sind die Parameter ‚Hangneigung‘, ‚Grobmaterial‘ und ‚Feinmaterial‘ zu erkennen. Die Korrelation der unterschiedlichen Ausprägungen dieser Parameter mit den qualitativ und quantitativ unterschiedlichen Vegetationsaufnahmen, spannt den Ordinationsraum entlang der y-Achse des Ordinationsraumes auf.

Die im westlichen Transektabschnitt erfaßten Aufnahmen der *Colophospermum mopane-Savanne* und des *ephemerem Graslandes* bilden eine fast geschlossene und vom Hauptteil der Aufnahmepunkte deutlich abgesetzte Gruppe. Die in diesem Transektabschnitt erfaßten Vegetationsaufnahmen repräsentieren überwiegend Ebenenstandorte mit Inklinationen bis 5 %. Auch im Hinblick auf die Anteile der verschiedenen Korngrößengruppen sind die erfaßten Standorte relativ homogen (vgl. Tab. V, Anlagenband). Den größten Anteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche besitzt Material der Grusfraktion. Eine Differenzierung der Vegetation ist im westlichen Transektabschnitt vorwiegend mit einem Wechsel dieser Standortfaktoren verknüpft. Am deutlichsten ist dies an vier der sechs dem *Commiphora wildii-Stipagrostis hirtigluma-Grasland* zugeordneten Vegetationsaufnahmen abzulesen. Diese Standorte weisen innerhalb der Gruppe des *ephemerem Graslandes* und der *Colophospermum mopane-Savanne* sowohl die stärksten Hangneigungen als auch den höchsten

Anteil an Grobmaterial am Oberflächenmaterial der Aufnahmeflächen auf. *Commiphora wildii* ist insgesamt die dominante Art dieser Vegetationsaufnahmen und erreicht mit zunehmender Hangneigung und zunehmendem Anteil des Grobmaterials am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche höhere Artmächtigkeiten. Dies führt trotz der im Durchschnitt höheren Artenvielfalt als bei den an weniger stark geneigten Standorten erfaßten Vegetationsaufnahmen dieser Gemeinschaft zu deutlich niedrigeren Evenness-Werten (vgl. Tab. V, Anlagenband). So ist die diese Aufnahmengruppe repräsentierende Symbolgruppe im Ordinationsdiagramm deutlich von den die zwei an weniger stark geneigten Standorten erfaßten Vegetationsaufnahmen repräsentierenden Symbolpunkten abgesetzt plaziert.

Mit dem Eintritt des Transekts in die Escarpment-Zone ist eine deutliche Erhöhung der Standortvielfalt verbunden. Tab. V (Anlagenband) zeigt, daß im Vergleich zum westlich der Randstufe gelegenen Transektabschnitt ein deutlich höherer Anteil an Vegetationsaufnahmen auf Hanglagen erfaßt wurde. Gleichzeitig ändert sich das Verhältnis der Anteile der Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche (Abb. 29A, S. 79). Während im westlichen, überwiegend durch die Ebene der Vornamib verlaufenden Transektabschnitt die Grus- bzw. Kiesfraktion die vorherrschende Korngrößengruppe darstellt, ist mit der östlich der Randstufe vorliegenden reliefbedingten Standortheterogenität ein stärkeres Gleichgewicht hinsichtlich der Anteile der Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial verbunden. Erst hier, wo durch die heterogene naturräumliche Ausstattung deutlich unterschiedliche Standorttypen erfaßt wurden, ist für die verschiedenen Gemeinschaften – neben der geographischen Lage der Aufnahmepunkte – eine deutlichere Bindung an die unterschiedlichen Ausprägungen der erfaßten Standortfaktoren erkennbar. Der Ordinationsraum wird durch die stark unterschiedlich ausgeprägten Parameter deutlich aufgespreizt. Dabei zeigt sich, daß nur für wenige Vegetationsaufnahmen eine enge Bindung an einzelne Standortfaktoren beschrieben werden kann. So sind die artenreichen Ausprägungen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* deutlich an stark geneigte Standorte mit einem hohen Anteil an Grobmaterial gebunden. Ebenfalls eine enge Bindung an einen hohen Grobmaterialanteil zeigen Ausprägungen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Curroria decidua-Savanne*. Auch hier liegt die Artenzahl der entsprechenden Vegetationsaufnahmen überwiegend über der der einen geringeren Anteil an Grobmaterial aufweisenden Standorte. Für den überwiegenden Teil der Vegetationsaufnahmen ergibt sich eine Differenzierung der Vegetation jedoch nicht aus den extremen Ausprägungen einzelner Faktoren, sondern aus z.T. recht geringfügigen Unterschieden in den Ausprägungen verschiedener Standortfaktoren. Die geringe Lagedifferenzierung der die Vegetationsaufnahmen repräsentierenden Symbolpunkte im Bereich der Quadranten II und III resultiert daneben aus der die *Colophospermum mopane-Savannen* zumeist deutlich dominierende Art *Colophospermum mopane* (vgl. Abb. 48, S. 123).

6.2.5.3 Vegetationsmuster des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park

6.2.5.3.1 Abgrenzung und Beschreibung der entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park auftretenden Pflanzengemeinschaften

6.2.5.3.1.1 Überblick

Die 166 entlang des mittleren Transekts erfaßten Vegetationsaufnahmen lassen sich zwei Hauptgruppen zuordnen (vgl. Tab. 33, S. 165; Abb. 68). Der westliche Abschnitt des Transekts wird durch ein *ephemeres Grasland* geprägt, als dessen wichtigstes Gras *Stipagrostis hirtigluma* in den Vordergrund tritt (s.u.). Die Gruppe des *ephemerem Graslandes* wird durch 27 Vegetationsaufnahmen repräsentiert. Der überwiegende Teil des Transekts wird jedoch von einer *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* dominiert, deren beiden artenarmen bzw. artenreichen Untergruppen 129 Vegetationsaufnahmen zugeordnet wurden. Besonders bei der artenreichen Ausprägung lassen sich zahlreiche Gemeinschaften ausgliedern. Im Vergleich zum Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park (nördliches Transekt) hat die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* im Bereich des mittleren Transekts nur eine geringe Bedeutung. Nur zehn Vegetationsaufnahmen wurden diesem Savannentyp zugeordnet. Der im Bereich des nördlichen Transekts vertretene artenarme Savannentyp der *Colophospermum mopane-Savanne* konnte entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park nicht dokumentiert werden.

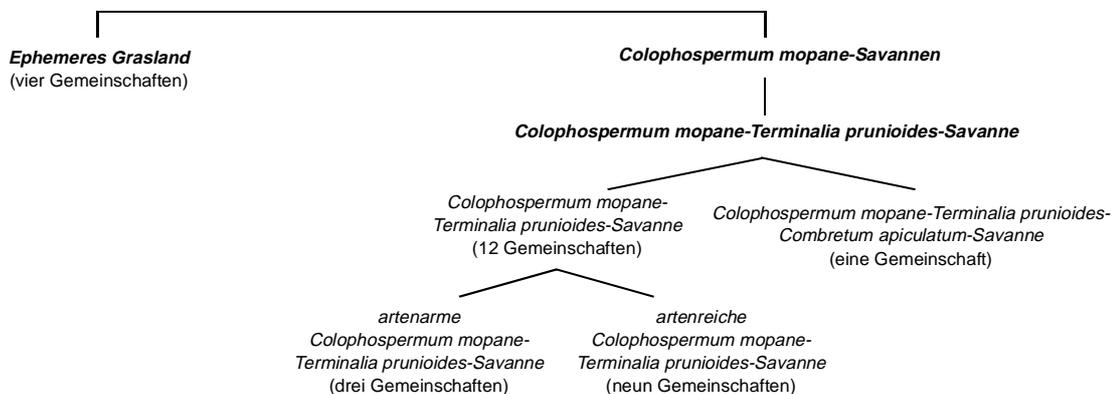


Abb. 68: Überblick über die im Verlauf des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park abgegrenzten Vegetationseinheiten

Tab. 31 (S. 160) listet die für die Abgrenzung des *ephemerem Graslandes* von den *Colophospermum mopane-Savannen* wesentlichen Arten auf. Es zeigt sich, daß wie beim Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park die Phanerophyten *Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides* und *Catophractes alexandri* zur Abgrenzung beider Vegetationstypen herangezogen werden können. Überraschend ist, daß *Stipagrostis hirtigluma* in den zum *ephemerem Grasland* zusammengefaßten Vegetationsaufnahmen lediglich mit einer Stetigkeit von 7.4 % vertreten ist, wogegen diese Art im *ephemerem Grasland* des nördlichen Transekts eine Stetigkeit von 71 % aufweist. Im *ephemerem Grasland* des südlichen Transekts (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

liegt der entsprechende Wert bei 57.1 %. Wie Abb. 66 (S. 151) gezeigt hat, dringt *Stipagrostis hirtigluma* entlang des nördlichen Transekts relativ weit nach Osten vor. Dies ist auch auf das mittlere Transekt übertragbar, wo diese Art in den *Colophospermum mopane*-Savannen eine Stetigkeit von 43.2 % erreicht (vgl. Abb. 91, S. 200). Die geringe Stetigkeit von *Stipagrostis hirtigluma* im ephemeren Grasland des mittleren Transekts kann auf die geringen Niederschlagsmengen im Bearbeitungsraum (März bis Mai 1997) zurückgeführt werden. In Zeitabschnitten mit durchschnittlichen bzw. überdurchschnittlichen Niederschlägen ist *Stipagrostis hirtigluma* die aspektbildende Art des gesamten vom mittleren Transekt gequerten Teils der Vornamib.

Im Vergleich zum Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park sind für die entlang des mittleren Transekts erfaßten Vegetationsaufnahmen zahlreiche Arten zu verzeichnen, die den Vegetationstyp

des ephemeren Graslandes gegen die Savannen abgrenzen. Wie beim nördlichen Transekt zählen dazu *Calicorema capitata* und *Commiphora wildii*. Hinzu kommen drei weitere Vertreter der Gattung *Commiphora* sowie *Monechma genistifolium*, *Phaeoptilum spinosum*, *Euphorbia damarana*, *Zygophyllum stapfii* und *Stipagrostis namaquensis*.

Tab. 31: Stetigkeit differenzierender Arten des ephemeren Graslandes und der *Colophospermum mopane*-Savannen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Art	Stetigkeit im ephemeren Grasland (in %)	Stetigkeit in den <i>Colophospermum mopane</i> -Savannen (in %)
<i>Colophospermum mopane</i>	14.8	88.5
<i>Terminalia prunioides</i>	0	71.9
<i>Stipagrostis hirtigluma</i>	7.4	43.2
<i>Catophractes alexandri</i>	0	33.1
<i>Calicorema capitata</i>	44.4	2.2
<i>Monechma genistifolium</i>	40.7	6.5
<i>Commiphora giessii</i>	37.0	1.4
<i>Phaeoptilum spinosum</i>	29.6	0.7
<i>Commiphora oblanceolata</i>	29.6	0
<i>Euphorbia damarana</i>	25.9	1.4
<i>Commiphora wildii</i>	25.9	0
<i>Commiphora kraeuseliana</i>	22.2	0
<i>Zygophyllum stapfii</i>	22.2	0
<i>Stipagrostis namaquensis</i>	22.2	0

Anders als beim nördlichen Transekt, fehlt beim mittleren Transekt die zwischen dem ephemeren Grasland und den reicheren Savanntentypen vermittelnde deutlich ausgeprägte *Colophospermum mopane*-Savanne. Im westlichen Abschnitt des nördlichen Transekts ist die

Colophospermum mopane-Savanne auf den tiefgründigen Substraten des Marienflußtals sowie im Bereich der südlichen Ausläufer der Hartmannberge verbreitet. Ein mit den im Marienflußtal vor-

liegenden Bedingungen vergleichbarer Standort wurde entlang des mittleren Transekts nicht dokumentiert. Allerdings liegen im Bereich der vom mittleren Transekt gequerten Randstufe in bodenphysikalischer Hinsicht ähnliche Bedingungen vor wie bei den südlichen Ausläufern der Hartmannberge. Doch im Gegensatz zu diesem Gebiet, wo überwiegend quarziti-sche Gesteine die Standorte der *Colophospermum mopane*-Savanne prägen, wird der Randstufenbereich im Falle des mittleren Transekts von Standorten gekennzeichnet, deren Schuttauflagen aus



Foto 22: *Phaeoptilum spinosum* in der Vornamib südlich von Orupembe

der Verwitterung basischer Vulkanite hervorgegangen sind. Mit dem Eintritt in die Escarpment-Zone

wurde jedoch mit der *Phaeoptilum spinosum-Curroria decidua-Gemeinschaft* eine Pflanzengemeinschaft dokumentiert, in der auf der einen Seite *Colophospermum mopane* in vier der sieben dieser Gemeinschaft zugeordneten Vegetationsaufnahmen vertreten ist. Auf der anderen Seite werden diese Standorte geprägt von *Phaeoptilum spinosum*, einer Art, die ihren Verbreitungsschwerpunkt im niederschlagsarmen Raum der Vornamib hat und im gesamten Arbeitsgebiet nicht in der Savannenvegetation vertreten ist (Foto 22, vgl. CRAVEN & MARAIS 1993:35, COWLISHAW & DAVIES 1997).

Die entlang des mittleren Transekts dokumentierte *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* läßt sich in insgesamt 12 Gemeinschaften gliedern. Vorwiegend begründet durch z.T. deutlich unterschiedliche durchschnittliche Artenzahlen dieser Gemeinschaften lassen sich eine artenarme und eine artenreiche Ausprägung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* unterscheiden (vgl. auch Tab. VIIa/b, Anlagenband). Eine klimatisch begründbare räumliche Anordnung der beiden unterschiedlichen Savannentypen ist jedoch nicht erkennbar (vgl. Karte II, Anlagenband).

Tab. 32 gibt einen Überblick über die gemeinschaftsbezogene Stetigkeit der für die Abgrenzung von Gemeinschaften entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park diagnostisch wichtigen Arten (vgl. Tab. 33, S. 165).

Tab. 32: Gemeinschaftsbezogene Stetigkeit diagnostisch wichtiger Arten des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park

Vegetationstyp		ephemeres Grasland				<i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne</i>											<i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne</i>	
diagnostische Arten	Gemeinschaften	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Calicorema capitata</i>		83	20	44	29	.	.	.	.	.	33	66	.	.	.	.	.	.
<i>Euphorbia damarana</i>		83	20	11	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Zygophyllum stapfii</i>		.	100	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stipagrostis namaquensis</i>		.	100	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stipagrostis hirtigluma</i>		17	20	.	.	10	100	71	25	25	100	33	88	.	.	100	44	.
<i>Phaeoptilum spinosum</i>		17	.	.	100	.	.	.	.	25	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Curroria decidua</i>		17	.	.	86	10	50	21	21	.	.	.	63	.	.	67	.	10
<i>Colophospermum mopane</i>		.	.	.	57	100	100	100	88	100	100	100	50	100	80	83	56	100
<i>Terminalia prunioides</i>		90	70	57	46	100	100	100	50	100	73	100	67	90
<i>Combretum apiculatum</i>		5	.	.	13	25	.	.	.	33	20	.	56	100
<i>Commiphora virgata</i>		50	.	25	29	.	20	7	67	.	.	33	88	.	.	.	.	.
<i>Petalidium luteo-album</i>		.	.	25	.	5	10	29	88	.	100	.	50	.	.	.	.	.
<i>Acacia spp.</i>		20	15	.	21	75	.	100	13	.	100	.	67	30
<i>Catophractes alexandri</i>		15	40	29	33	50	.	.	13	.	47	83	78	10
<i>Heliotropium hereroense</i>		.	.	11	29	.	10	100	42	.	100	100	100	33	13	50	33	30
<i>Amphiasma merensianum</i>		93	21	25	.	100	88	33	.	50	22	30
<i>Dicoma tomentosa</i>		5	.	.	4	.	33	.	.	100	20	67	67	40
<i>Petalidium rosmanianum</i>		10	40	43	.	.	.	.	25	.	.	100	.	10
<i>Grewia flavescens</i>		15	.	.	.	75	.	.	.	100	47	.	56	30
<i>Stipagrostis uniplumis</i>		50	.	.	.	25	.	.	.	.	.	.	.	100	40	.	.	20
<i>Ximenia americana</i>		10	.	.	.	75	.	.	.	.	67	.	11	30
<i>Fingerhutia africana</i>		4	25	100	.	.	.	11	.	.	.
<i>Lindernia clavata</i>		5	.	.	.	.	.	100	.	.	.	17	.	.
<i>Commiphora tenuipetiolata</i>		25	.	.	.	88	.	.	.	.	.

Sortiert nach ihrer Ost-West-Abfolge nennt VILJOEN (1980) für den Bereich des mittleren Transekts folgende Vegetationseinheiten (vgl. auch Abb. 28, S. 72; Karte II, Anlagenband):

- *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Einheit des Zentralen Abflußgebietes
- *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Zwergstrauch-Savanne der Hoarusibrivier-Schwemmläche
- *Colophospermum mopane*-Savanne des zentralen Teils des Escarpmentgebirges
- *Commiphora spp.*-Strauchsavanne des westlichen Escarpmentgebirges
- *Ephemeris Stipagrostis hirtigluma*-Grasland der Grusflächen

Es fällt auf, daß VILJOEN (1980) im Gegensatz zu dem vom nördlichen Transekt durchquerten Raum eine ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Einheit‘ für den Bereich des mittleren Transekts nicht beschreibt. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit dokumentierten Ausschnitte einer *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* beschränken sich auf kleinräumig vorliegende Fragmente dieses für den zentralen Teil des nördlichen Transekts typischen Savannentyps (vgl. Karte II, Anlagenband). Eine weitgehende Übereinstimmung im Hinblick auf die räumliche Abgrenzung ist vor allem bei dem ‚*ephemerem Stipagrostis hirtigluma*-Grasland der Grusflächen‘ VILJOENS und dem in der vorliegenden Arbeit ausgegliederten *ephemerem Grasland* zu erkennen (vgl. Karte II, Anlagenband). Überwiegend auf den unterschiedlichen methodischen Ansatz beider Arbeiten sind stärkere Unterschiede in der Bezeichnung bzw. einheitenbezogenen Zuordnung der Vegetation des zentralen Teils des mittleren Transekts zurückzuführen. Wie im folgenden gezeigt wird, sind jedoch meist enge Bezüge zwischen den hier ausgegliederten Gemeinschaften und der Vegetationsbeschreibung nach VILJOEN (1980) erkennbar.

Wie Abb. 69A belegt, ist die Lebensformgruppe der stammsukkulenten Arten mit durchschnittlich 2.3 Arten in den dem *ephemerem Grasland* zugeordneten Aufnahmen des mittleren Transekts wesentlich stärker vertreten als im vergleichbaren Vegetationstyp des nördlichen Transekts (vgl. Abb. 44A, S. 116). Wie in Kap. 6.2.5.2.1.2 (S. 118) dargestellt wurde, ist das Auftreten stammsukkulenter Arten im *ephemerem Grasland* des nördlichen Transekts auf grobmaterialreiche Hanglagen beschränkt. In Kap. 6.2.4 konnte belegt werden, daß zusammengefaßt für alle drei Transekts eine klare Standortbindung stammsukkulenter Arten an derartige Standorte vorliegt (vgl. Tab. IV, Anlagenband). Da sich während des Beobachtungszeitraums die Ebene der Vornamib aufgrund nur geringer Niederschläge als weitestgehend vegetationsloser Raum darstellte, wurden westlich der Randstufe vor allem Hanglagen in die Untersuchung einbezogen (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). So ist die im Vergleich mit dem entsprechenden Transektabschnitt des nördlichen Transekts hohe Artenzahl stammsukkulenter Arten weniger auf räumlich orientierte Gradienten der Klimaelemente zurückzuführen, sondern auf eine stärkere Präsenz der von Stammsukkulenten besiedelten Standorte im Datensatz. Trotzdem bleibt festzustellen, daß sich die absoluten Artenzahlen stammsukkulenter Arten im *ephemerem Grasland* des mittleren und nördlichen Transekts mit einem Verhältnis von 10:4 unterscheiden.

Nach den Stammsukkulenten erreichen die Chamaephyten die zweithöchste durchschnittliche Artenzahl. Auch bei dieser Lebensformgruppe liegt insgesamt eine Bindung an Standorte mit höherem Grobmaterialanteil vor (vgl. Tab. IV, Anlagenband). So läßt sich die im Vergleich zum nördlichen Transekt deutlich erhöhte durchschnittliche Artenzahl dieser Lebensformgruppe im *ephemerem Grasland* des mittleren Transekts zumindest z.T. durch die höhere Anzahl erfaßter Standorte dieses Typs erklären. Als wichtigste Vertreter dieser Lebensformgruppe im *ephemerem Grasland* des

mittleren Transekts sind *Heliotropium hereroense*, *Heliotropium giessii*, *Petalidium spp.*, *Salsola tuberculatifomis* und vor allem *Calicorema capitata* sowie *Monechma genistifolium* zu nennen.

Recht stark vertreten sind auch die krautigen Arten mit durchschnittlich zwei Arten pro 0.1 ha. Hier sind vor allem *Cleome suffruticosa* und *Aptosimum lineare* zu nennen. Die Lebensformgruppe der Gräser wird vor allem von der ausdauernden Art *Stipagrostis namaquensis* und von *Enneapogon desvauxii* repräsentiert. Einen geringen Anteil am Lebensformspektrum besitzen die blattsukkulente Arten und die Geophyten. Als wichtigste Art der Blattsukkulente ist *Zygophyllum stapfii* zu nennen. Die Phanerophyten erreichen im *ephemerem Grasland* mit durchschnittlich 1.7 Arten pro 0.1 ha einen relativ hohen Wert. Als wichtigste Arten dieser Gruppe treten *Maerua schinzii* und *Phaeoptilum spinosum* in den Vordergrund.

Im Vergleich des *ephemerem Graslandes* zu den *Colophospermum mopane-Savannen* zeigt die Lebensformgruppe der Phanerophyten den größten Zuwachs hinsichtlich der durchschnittlichen Artenzahl. Zur Basiskombination der *Colophospermum mopane-Savannen* mit *Colo-*

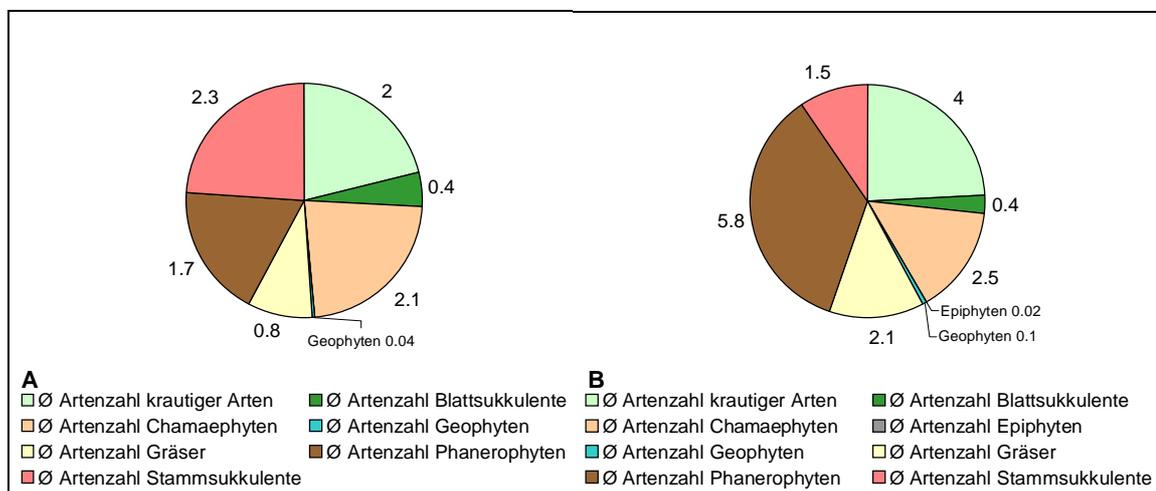


Abb. 69: Durchschnittliche Artenzahl der im *ephemerem Grasland* (A) und den *Colophospermum mopane-Savannen* (B) vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

phospermum mopane, *Terminalia prunioides* und *Catophractes alexandri* treten vor allem *Boscia foetida*, *Maerua schinzii* sowie verschiedene *Acacia*-Arten hinzu (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Etwas stärker als im *ephemerem Grasland* des mittleren Transekts sind die Chamaephyten in den verschiedenen Savanntentypen vertreten. Hauptarten dieser Lebensformgruppe sind *Amphiasma merenskianum* und *Petalidium rossmanianum*. Auch *Leucas pechuelii* und *Leucosphaera bainesii* erreichen in den *Colophospermum mopane-Savannen* recht hohe Stetigkeiten. Drittwichtigste Lebensformgruppe der *Colophospermum mopane-Savannen* sind die Gräser, von denen insbesondere *Stipagrostis hirtigluma* und *Eragrostis annulata* hohe Stetigkeiten erzielen (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Die durchschnittliche Artenzahl dieser Lebensformgruppe erreicht mit 2.1 Arten pro 0.1 ha in den *Colophospermum mopane-Savannen* des mittleren Transekts denselben Wert wie im gleichen Vegetationstyp des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park. Die durchschnittliche Artenzahl der stammsukkulente Arten geht im Vergleich zum *ephemerem Grasland* etwas zurück. So ist *Euphorbia damarana* anders als beim nördlichen Transekt kein Element der Savannenvegetation, sondern besitzt beim mittleren Transekt den Verbreitungsschwerpunkt im Übergang von der Escarpment-Zone zur Vornamib. Auch andere stammsukkulente Arten haben ihren Verbreitungs-

schwerpunkt in den niederschlagsarmen, nicht mehr savannengeprägten Räumen. Dies betrifft vor allem Vertreter der Gattung *Commiphora* mit *C. giessii*, *C. oblancoolata*, *C. wildii* und *C. krauseliana*. Auf der anderen Seite treten in den vom mittleren Transekt gequerten Savannengebieten neue Arten dieser Gattung hinzu (*Commiphora multijuga*, *C. pyracanthoides*, *C. tenuipetiolata*). Für die Gruppe der krautigen Arten wurde gegenüber dem *ephemeren Grasland* bei den *Colophospermum mopane*-Savannen eine Verdopplung der durchschnittlichen Artenzahl verzeichnet. Ein ähnlicher Trend ist auch entlang des nördlichen Transekts beobachtet worden (Abb. 44, S. 116). Im Vordergrund stehen dabei die als Übernutzungszeiger geltenden Arten *Tribulus zeyheri*, *Geigeria ornativa* sowie *Geigeria acaulis* (vgl. Kap. 6.3). Wie im *ephemeren Grasland* haben die Geophyten und Blattsukkulente in den *Colophospermum mopane*-Savannen nur eine geringe Bedeutung. Bei der Gruppe der Blattsukkulenten steht nun jedoch nicht mehr die in ihrer Verbreitung entlang des mittleren Transekts auf die Vornamib beschränkte Art *Zygophyllum stapfii*, sondern die schwach sukkulente, prostrate Art *Limeum argute-carinatum* im Vordergrund.

Im Hinblick auf den Deckungsgrad der Vegetationsaufnahmen stellen die Gräser im Durchschnitt die wichtigste Gruppe im *ephemeren Grasland* dar (Abb. 70A). Hauptart ist dabei die perennierende *Poaceae Stipagrostis namaquensis*, bei der Artmächtigkeiten bis 15 % dokumentiert werden konnten (vgl. Tab. VI, Anlagenband). Wie beim nördlichen Transekt, weisen die stammsukkulenten Arten im *ephemeren Grasland* den zweithöchsten durchschnittlichen Deckungsgrad auf. Dabei erzielt *Commiphora krauseliana* mit 5 % Artmächtigkeit den höchsten Wert aller stammsukkulente n Arten. Die übrigen Lebensformgruppen treten in ihrer Bedeutung für die Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen deutlich in den Hintergrund. Ebenso wie beim nördlichen Transekt, werden die *Colophospermum mopane*-Savannen im Hinblick auf die Anteile an der Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen deutlich von Gräsern und Phanerophyten dominiert (Abb. 70B; vgl. Abb. 44B, S. 116). Die übrigen Lebensformen spielen im Durchschnitt für den Aspekt der Bestände nur eine untergeordnete Rolle.

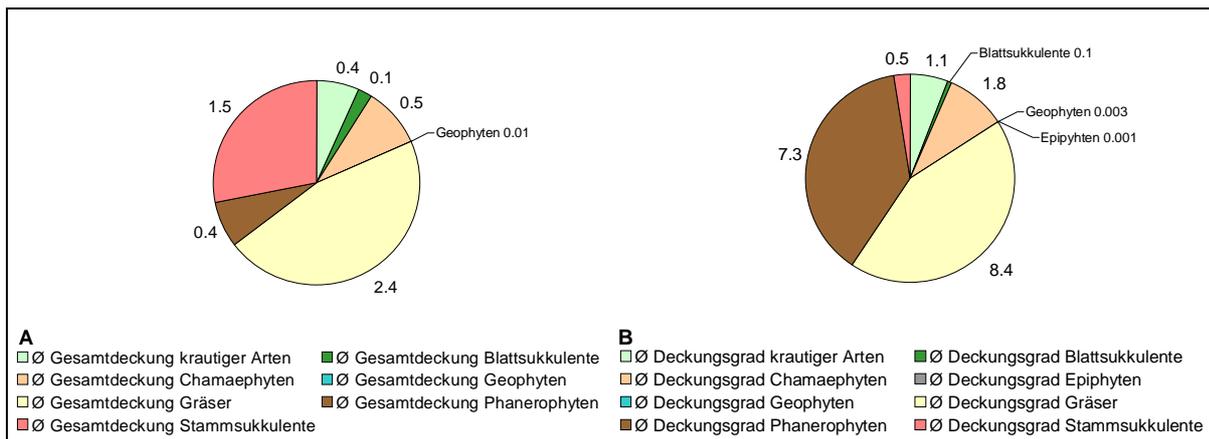


Abb. 70: Durchschnittlicher Deckungsgrad der im ephemeren Grasland (A) und den *Colophospermum mopane*-Savannen (B) vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Einige der entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park bearbeiteten Aufnahmeflächen weisen einen Feinmaterialanteil von weniger als 1 % auf (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). In diesen Fällen wurde das für die Bodenanalysen verwendete Feinmaterial (Mischproben) auch an benachbarten Standorten gewonnen.

Tab. 33: Vegetationseinheiten im Bereich des Transekts Opuwo–Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park

	Name der Einheit	Geogr. Verbreitung (östl. L.)	Anzahl der Vegetationsaufnahmen	Ø Artenzahl	Symbol in Abb. II (Anlagenband)
I. Ephemerer Grasland					
1	<i>Calicorema capitata</i> - <i>Euphorbia damarana</i> -Gemeinschaft	12° 30'-12° 32'	6	15	
2	<i>Zygophyllum stapfii</i> - <i>Stipagrostis namaquensis</i> -Grasland	12° 25'	6	8.5	
3	<i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Grasland	12° 24'-12° 40'	8	4.8	
4	<i>Phaeoptilum spinosum</i> - <i>Curroria decidua</i> -Gemeinschaft	12° 40'	7	10.4	
II. Colophospermum mopane-Savannen					
II.a artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne					
5	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> -Savanne	12° 36'-13° 50'	20	8.1	
6	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Stipagrostis hirtigluma</i> -Savanne	12° 53'-13° 20'	20	11	
7	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Amphiasma merenskianum</i> - <i>Heliotropium hereroense</i> -Savanne	12° 55'-13° 20'	14	9.6	
II.b artenreiche Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne					
8	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Commiphora virgata</i> - <i>Petalidium luteo-album</i> -Savanne	12° 43'-13° 02'	24	14.2	
9	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Grewia flavescens</i> - <i>Ximenia americana</i> -Savanne	13° 31'-13° 47'	4	24	
10	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Fingerhutia africana</i> -Savanne	12° 45'	3	19.3	
11	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Lindernia clavata</i> -Savanne	12° 45'	3	16.7	
12	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Commiphora anacardiifolia</i> -Savanne	12° 55'-13° 05'	8	15.6	
13	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Dicoma tomentosa</i> - <i>Stipagrostis uniplumis</i> -Savanne	13° 50'	3	27.7	
14	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Acacia</i> spp.-Savanne	13° 41'-13° 50'	15	21.9	
15	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Catophractes alexandri</i> - <i>Petalidium rosseianum</i> -Savanne	13° 25'-13° 32'	6	24.7	
16	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Catophractes alexandri</i> -Savanne	13° 32'-13° 50'	9	36.4	
II.c Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne					
17	<i>Colophospermum mopane</i> - <i>Terminalia prunioides</i> - <i>Combretum apiculatum</i> -Savanne	13° 30'-13° 35'	10	22.4	

6.2.5.3.1.2 *Ephemeres Grasland*

Die 27 diesem Vegetationstyp zugeordneten Vegetationsaufnahmen lassen sich in vier Gemeinschaften gliedern. Neben dem *Zygophyllum stapfii-Stipagrostis namaquensis-Grasland* und dem ephemeren *Stipagrostis hirtigluma-Grasland* zählen dazu auch die *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* sowie die *Phaeoptilum spinosum-Curroria decidua-Gemeinschaft*. Wegen der zum Aufnahmezeitpunkt (11/12.3.97 bzw. 3.5.97) geringen Bedeutung der Gräser sowohl im Hinblick auf die durch die Vegetationsaufnahmen dokumentierte Artenzahl als auch den Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe, wird für beide Gemeinschaften bei der Bezeichnung nicht der Begriff ‚Grasland‘ verwendet. Wegen des stark ephemeren Charakters der Grasschicht und des jeweils geringen Deckungsgrades der nicht-grasartigen ausdauernden Arten, wird für diese Gemeinschaften der Begriff ‚Savanne‘ vermieden (vgl. VILJOEN 1980).

Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft (Tab. 33, Nr. 1)

Das soeben Ausgeführte lässt sich an der *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* deutlich nachvollziehen. Durch die bis zu 2.2 m aufragenden Exemplare der stammsukkulente Art *Euphorbia damarana* prägt diese Gemeinschaft im Bereich des mittleren Transekts die Hanglagen der hier stark zergliederten Randstufe. Daneben ist diese Gemeinschaft auf den überwiegend aus Granit



Foto 23: *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft*

und Gneis aufgebauten, die Vornamib nach Westen abschließenden Randhöhen des Skeleton Coast Parks verbreitet. Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwischen 12° 30' östl. L. und 12° 32' östl. L. gelegene Standorte eines Randstufen-Mesas in einem Bereich mit 50 bis 100 mm durchschnittlichem Jahresniederschlag dokumentiert (vgl. Karte II, Anlagenband).

In Bezug auf die Vegetationsgliederung nach VILJOEN (1980) liegen deutliche Bezüge der *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* zur ‚*Commiphora spp.-Strauchsavanne*‘ vor. So ordnet VILJOEN die nördlich von Orupembe gelegenen Gebirgszüge, zu denen auch der hier diskutierte Standort zählt, diesem Savannentyp zu (VILJOEN 1980:43). Als typische, auch in der *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* vertretene Arten der ‚*Commiphora spp.-Strauchsavanne*‘ nennt VILJOEN (1980:44) *Euphorbia damarana*, *Commiphora kraeuseliana*, *C. giessii* und *C. wildii*.

Kennzeichnend für die Standorte der *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* ist der hohe Anteil an mittelgrobem Material und Grobmaterial am Oberflächenmaterial der Aufnahmeflächen. Der Feinmaterialanteil dieser Standorte beträgt häufig weniger als 1 %. Dokumentiert wurde diese Gemeinschaft an Hanglagen mit einer Inklination von bis zu 55 %. Auf der am stärksten geneigten Aufnahmefläche waren zwar die beiden namengebenden Arten der Gemeinschaft nicht vertreten, doch rechtfertigt das Vorhandensein kennzeichnender Begleiter wie *Commiphora kraeuseliana*, *Petalidium cirrhiferum* und *Cleome suffruticosa* die Zuordnung dieser Aufnahmefläche zur *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft*. Innerhalb dieser Gemeinschaft weist diese Auf-

nahmefläche mit 23 Arten pro 0.1 ha die höchste Artenzahl auf, während auf der artenärmsten Aufnahme­fläche dieser Gemeinschaft lediglich 10 Arten pro 0.1 ha zu verzeichnen waren. Der Unterschied zwischen diesen Aufnahmen ergibt sich vor allem aus einer deutlich höheren Anzahl krautiger Arten im Falle der artenreichen Vegetationsaufnahme. Als Ausgangsgestein wurde an den hier diskutierten Standorten der *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* basisches vulkanisches Gestein sowie Sandstein dokumentiert.

Innerhalb der Gruppe des *ephemerer Graslandes* stellt die *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* die artenreichste Ausprägung dar (vgl. Tab. 33, S. 165). Wie Abb. 71 zeigt, besitzen die krautigen Arten im Durchschnitt den höchsten Anteil am Lebensformspektrum der *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft*. Zu erwähnen sind dabei die hochsteten Arten *Cleome suffruticosa* und *Boerhavia hereroensis*. Ungefähr gleiche Anteile weisen die Chamaephyten und die Stammsukkulenten auf. Neben *Calicorema capitata* ist *Monechma genistifolium* als hochstete chamaephytische Art zu erwähnen. Stärker als in den reinen Grasland-Gemeinschaften sind hier die Phanerophyten vertreten (*Maerua schinzii*, *Boscia microphylla*). Die Gräser werden vor allem von *Stipagrostis uniplumis* repräsentiert – *Stipagrostis hirtigluma* konnte lediglich im Bereich einer Aufnahme­fläche dokumentiert werden. Allerdings bestätigten an allen Standorten zahlreiche Reste vorjäh­riger Grasbüschel den potentiell hohen Deckungsanteil der *Poaceae*.

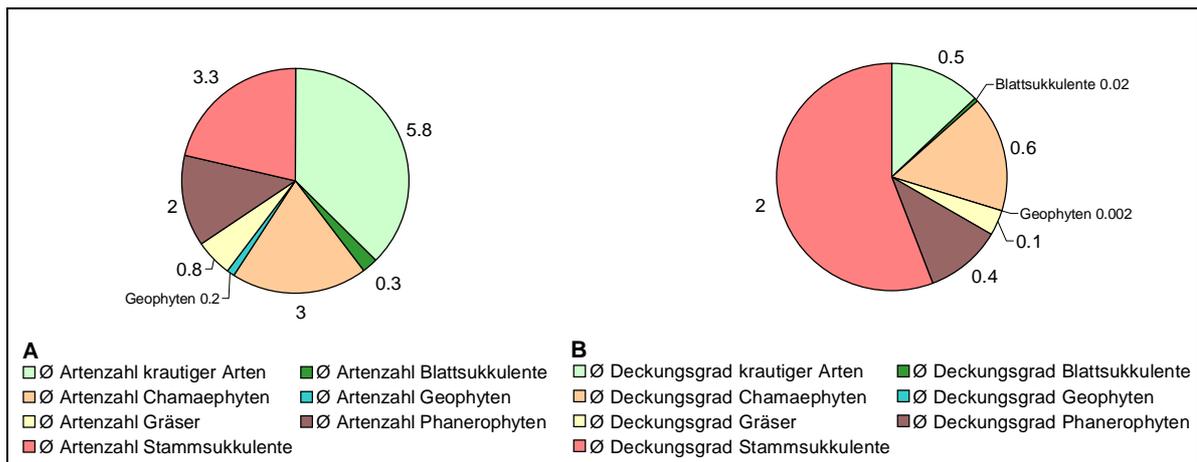


Abb. 71: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Zygophyllum stapfii-Sipagrostis namaquensis-Grasland (Tab. 33, Nr. 2)

Das *Zygophyllum stapfii-Sipagrostis namaquensis-Grasland* ist die die Randhöhen des Skeleton Coast Parks prägende Gemeinschaft und dominiert damit den westlichen Endabschnitt des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park (vgl. Karte II, Anlagenband). Zusammen mit *Monsonia umbellata* baut *Calicorema capitata* bei einer Küstenentfernung von 75 – 130 km im Übergang von der Zentralen Namib zur östlich anschließenden Savanne auf Ebenenstandorten die *Calicorema capitata-Zone* auf (HACHFELD 1996). Weiter seewärts, von der *Calicorema capitata-Zone* durch die *Euphorbia damarana-Zone* getrennt, ist in der Zentralen Namib die *Zygophyllum stapfii-Zone* weit verbreitet. An den Randhöhen der Nördlichen Namib treten diese Arten nun nicht mehr deutlich von-

einander getrennt auf, sondern werden z.T. gemeinsam in einer Vegetationsaufnahme erfaßt. Dies unterstreicht die Besonderheit dieses Standorttyps (vgl. auch GIESS 1968).

Trotz einer Küstenentfernung von 50 km, liegen auch unter dem Einfluß des vom Atlantik regelmäßig heranziehenden Nebels die Lufttemperaturen im westlichen Endabschnitt des Transekts deutlich niedriger und die relative Luftfeuchtigkeit deutlich höher als im übrigen Transektverlauf (vgl. OLIVIER 1995). Diese Standortbedingungen ermöglichen hier das Vorkommen zahlreicher lithophytischer Flechtenarten der Gattungen *Xanthoparmelia* und *Caloplaca* (pers. Mitt. U. Becker, Foto 25). So



Foto 24: *Zygophyllum stapfii*-*Stipagrostis namaquensis*-Grasland

führt die Herabsetzung der Evapotranspiration durch den Nebel einfluß eng gebunden an einen wenige hundert Meter breiten Streifen der Skeleton Coast Park-Randhöhen im Vergleich zur vorgelagerten Ebene der Vornamib zu einer deutlichen Erhöhung der Arten-Diversität. Auf die speziellen klimatischen Bedingungen dieses Raumes, der im langjährigen Durchschnitt Jahresniederschläge von weniger als 50 mm aufweist, gehen SANDER & BECKER (2000) ein (vgl. Karte II, Anlagenband). *Stipagrostis namaquensis*, das in seiner Verbreitung im Gebiet ansonsten auf die besser wasserversorgten Standorte der Gerinne und Riviere beschränkt ist, zieht hier die Hänge der Randhöhen zur Nördlichen Namib hinauf (Foto 24). Dies ist als Hinweis auf den edaphisch feuchten Charakter dieser grobmaterialreichen Standorte zu sehen.

Für VILJOEN (1980) zählen die Randhöhen der Nördlichen Namib zum ‚ephemerem *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland der Grusflächen‘ an das westlich die ‚*Acanthosicyos horrida*-*Zygophyllum stapfii*-*Hermannia gariiepina*-Einheit der Nördlichen Namib‘ anschließt (vgl. Abb. 28, S. 72).

Bei Hangneigungen zwischen 7 und 13 % sind die Standorte des *Zygophyllum stapfii*-*Stipagrostis namaquensis*-Graslandes feinmaterialarm.

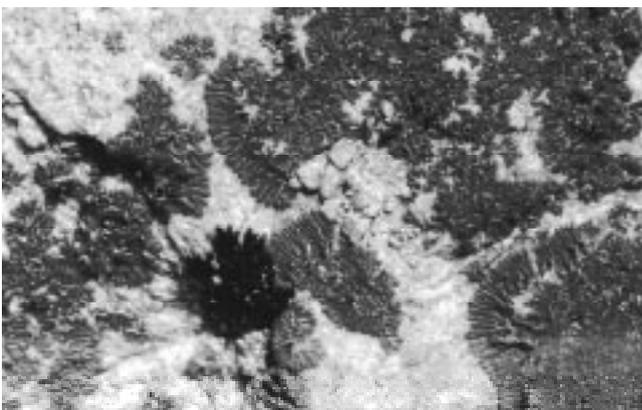


Foto 25: *Caloplaca elegantissima* auf Rosenquarz der Randhöhen zum Skeleton Coast Park

Als Ausgangsgestein liegt bei allen dieser Gemeinschaft zugeordneten Aufnahmeflächen Quarz vor, der z.T. durch Manganoxid-Beimischungen eine rosa Farbe erhält (vgl. Foto 25).

Neben den namensgebenden Arten grenzen *Monechma genistifolium* und die *Acanthaceae* 107158 das *Zygophyllum stapfii*-*Stipagrostis namaquensis*-Grasland gegen die anderen Gemeinschaften ab. Zu erwähnen ist das Auftreten von *Enneapogon desvauxii*, einer annuellen Grasart, die

im übrigen Arbeitsgebiet ein Element der stärker anthropogen überprägten Vegetation ist (vgl. Kap. 6.3).

Wie Abb. 72A belegt, sind die Anteile der verschiedenen Lebensformgruppen am Lebensformspektrum relativ gleichmäßig verteilt. Die Chamaephyten bilden mit den Hauptarten *Monechma genistifolium* und *Heliotropium giessii* im Hinblick auf die Artenzahlen die dominante Lebensformgruppe des *Zygodphyllum stapfii-Stipagrostis namaquensis*-Graslandes. Aspektbildend sind jedoch die Gräser, die hier besonders durch *Stipagrostis namaquensis* repräsentiert werden (Abb. 72B). Die anderen Lebensformgruppen erreichen lediglich Deckungsgrade von maximal 1 %.

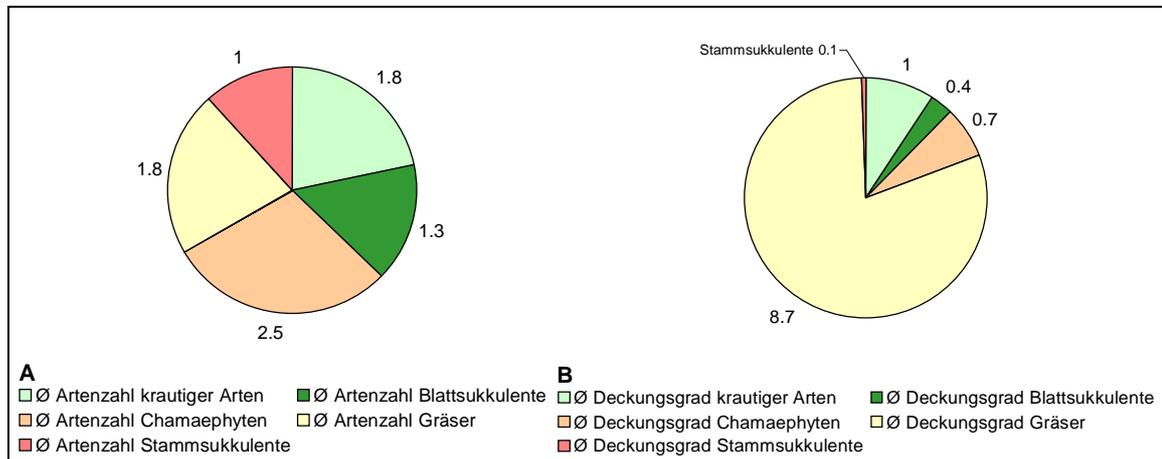


Abb. 72: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im *Zygodphyllum stapfii-Stipagrostis namaquensis*-Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Stipagrostis hirtigluma-Grasland (Tab. 33, Nr. 3)

Den in dieser Gemeinschaft zusammengefaßten Vegetationsaufnahmen fehlt insgesamt ein verbindendes Element. Die geographische Lage der Aufnahmeflächen umspannt jedoch den Raum, der beim Auftreten von dem durchschnittlichen Jahresniederschlag entsprechenden Niederschlagsmengen (50 bis 100 mm) von *Stipagrostis hirtigluma* geprägt wird (vgl. Kap. 4.1). So sind im *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland Vegetationsaufnahmen mit recht unterschiedlichen strukturellen Merkmalen zusammengefaßt worden. Bei zwischen eins und zehn liegenden Artenzahlen pro 0.1 ha, variiert die Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen zwischen 0.01 und 16.4 % (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Aufgrund der stark unterschiedlichen Verteilung der einzelnen Deckungsanteile auf die vertretenen Arten ergeben sich extreme, zwischen 5.6 und 97.1 liegende Evenness-Werte (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Bei den erfaßten Standorten handelt es sich überwiegend um Ebenenstandorte sowie Fußhang- und Mittelhanglagen. Entsprechend variiert die Inklination der Aufnahmeflächen zwischen 0 und 35 %. Als Bodenart des geringen Feinmaterialanteils am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche liegt ‚Sand‘ bzw. ‚lehmiger Sand‘ vor.

Das Lebensformspektrum der dem *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland zugeordneten Vegetationsaufnahmen wurde im Bearbeitungszeitraum März bis Mai 1997 von stammsukkulenten Arten dominiert (vgl. Abb. 73). Im Hinblick auf die durchschnittliche Artenzahl waren auch die Chamaephyten relativ stark vertreten. Zu nennen ist dabei insbesondere *Calicorema capitata*, die im *ephemeren* *Grasland* des nördlichen Transekts mit *Stipagrostis hirtigluma* das *Calicorema capitata-Stipagrostis hirtigluma*-Grasland kennzeichnet. Im Hinblick auf die Anteile der Lebensformgruppen an der Gesamtdeckung wird die Gemeinschaft im Durchschnitt von stammsukkulenten Arten dominiert. Dies ist

aber überwiegend auf die in einer Vegetationsaufnahme mit einer Artmächtigkeit von 15 % dokumentierte Art *Commiphora kraeuseliana* zurückzuführen. Die diese Art aufweisende Vegetationsaufnahme vermittelt insgesamt zur oben besprochenen *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* und damit zur ‚*Commiphora spp.*-Strauchsavanne‘ VILJOENS (1980). Im übrigen kann das hier beschriebene *Stipagrostis hirtigluma-Grasland* dem ‚ephemerer *Stipagrostis hirtigluma-Grasland* der Grusflächen‘ VILJOENS (1980) gleichgesetzt werden.

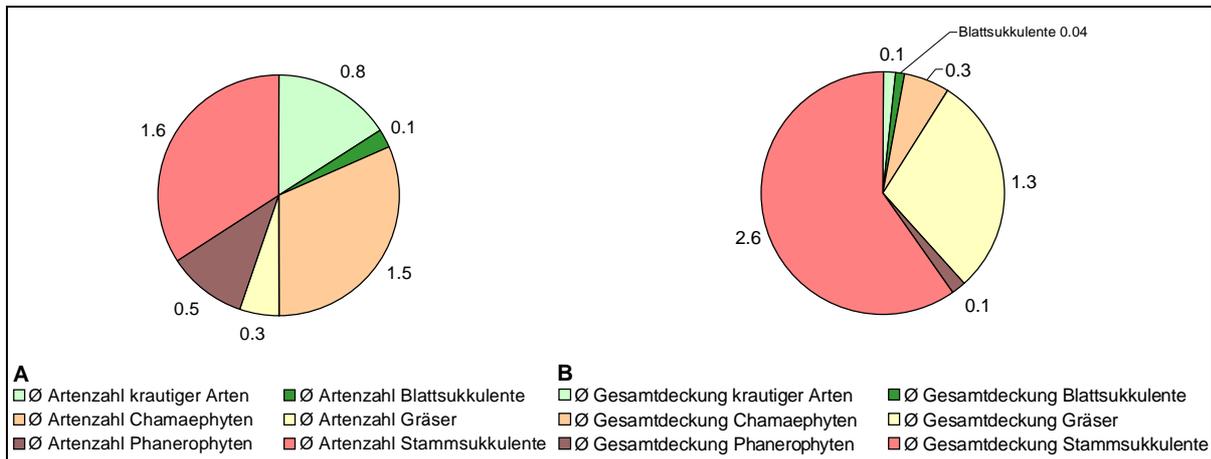


Abb. 73: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im *Stipagrostis hirtigluma-Grasland* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Phaeoptilum spinosum-Curroria decidua-Gemeinschaft (Tab. 33, Nr. 4)

Wie bereits erwähnt, vermittelt die *Phaeoptilum spinosum-Curroria decidua-Gemeinschaft* zwischen dem *ephemerem Grasland* und den nach Osten anschließenden *Colophospermum mopane-Savannen* (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Gekennzeichnet ist diese Gemeinschaft durch eine charakteristische Artenkombination, der neben *Phaeoptilum spinosum* und *Curroria decidua* *Euphorbia guerichiana*, *Petalidium variabile* und *Commiphora giessii* angehören. Dokumentiert wurde diese Gemeinschaft im Übergangsbereich von der Escarpment-Zone zur Vornamib auf Fußhang- und Mittelhangstandorten. Neben den starken Hangneigungen sind diese Standorte durch einen geringen Anteil an Feinmaterial am Oberflächenmaterial der Aufnahmeffläche gekennzeichnet. Dominierend ist überwiegend Material der Steinfraktion (Foto 26).

Neben den stammsukkulenten Arten sind vor allem die Phanerophyten hier stärker vertreten als in den anderen Gemeinschaften des *ephemerem Graslandes* (Abb. 74A). Hohe Stetigkeiten erreicht neben den namengebenden Arten insbesondere *Maerua schinzii*. *Colophospermum mopane* ist mit geringen Artmächtigkeiten in vier der sieben zu dieser Gemeinschaft zählenden Vegetationsaufnahmen vertreten. Die Einstufung als Übergangsgemeinschaft zwischen *ephemerem Grasland* und den *Colophospermum mopane-Savannen* wird durch den durchschnittlichen Deckungsgrad der Phanerophyten unterstrichen (Abb. 74B). Ihr Wert liegt hier mit 1.1 % wesentlich höher als bei den anderen drei Gemeinschaften des *ephemerem Graslandes*. Bei der Gruppe der Gräser treten jetzt mit *Melinis repens ssp. grandiflora* und *Enteplocamia aristulata* zwei Arten in Erscheinung, die ihren Verbreitungsschwerpunkt im östlichen, niederschlagsreicheren Teil des Arbeitsgebiet haben.

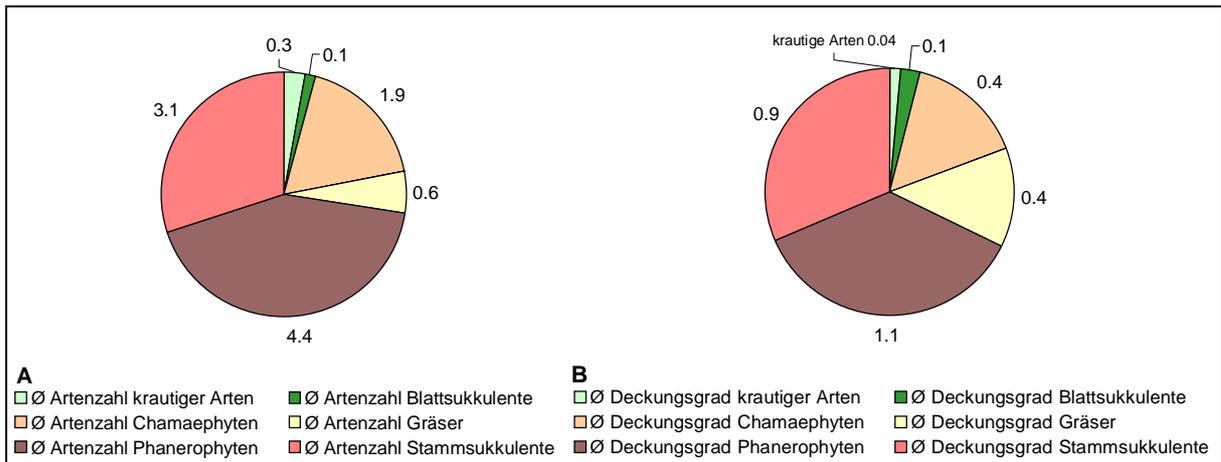


Abb. 74: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im *Phaeoptilum spinosum-Curroria decidua*-Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

In diesem Bereich mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 50 bis 100 mm vollzieht sich für VILJOEN (1980) der Übergang vom ‚ephemerem *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland der Grusflächen‘ bzw. der die Gebirgszüge der westlichen Escarpment-Zone prägenden ‚*Commiphora spp.*-

Strauchsavanne‘ zur Mopane-Savanne des weiter östlich gelegenen, niederschlagsreicheren Gebietes (vgl. Abb. 28, S. 72, und Karte II, Anlagenband). So sind deutliche Bezüge der hier beschriebenen *Phaeoptilum spinosum-Curroria decidua*-Gemeinschaft zur ‚*Commiphora spp.*-Strauchsavanne‘ insbesondere durch das Auftreten von *Commiphora wildii*, *C. giessii* und *C. virgata* gegeben. Durch *Commiphora multijuga*, *C. virgata* und *Euphorbia guerichiana* sind allerdings auch Bezüge zur von VILJOEN (1980:67f) beschriebenen ‚*Commiphora multijuga-C. virgata-Euphorbia guerichiana*-Einheit des Escarpmentgebirge-Ökoton‘ zu



Foto 26: *Phaeoptilum spinosum-Curroria decidua*-Gemeinschaft

sehen (vgl. vgl. Abb. 28, S. 72; Karte II, Anlagenband).

6.2.5.3.1.3 *Colophospermum mopane*-Savannen

Mit dem Eintritt in die Escarpment-Zone vollzieht sich beim Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park der Übergang von dem die Vornamib prägenden *ephemerem Grasland* zu den *Colophospermum mopane*-Savannen. Wie bereits erwähnt, bestätigt diese Gliederung die Abgrenzung des ‚ephemerem *Stipagrostis hirtigluma*-Graslandes der Grusflächen‘ von den Mopane-Savannen durch VILJOEN (1980). Auch IRISH (1994:567) sieht die Grenze des Nama-Karoo-Bioms, zu dem der hier dem *ephemerem Grasland* zugeordnete Raum zählt, zum Savannen-Biom südlich von Orupembe im Übergangsbereich von der Vornamib zur Escarpment-Zone. Für JÜRGENS (1997) reicht dagegen das Nama-Karoo-Biom deutlich weiter nach Osten (vgl. Abb. 26, S. 69).

Unterscheiden lassen sich bei den *Colophospermum mopane*-Savannen drei Savanntypen. Während die durchschnittliche Artenzahl bei der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne 8.1 bis 11 pro 0.1 ha beträgt, liegt der entsprechende Wert bei der artenreichen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne zwischen 14.2 und 36.4 (vgl. Tab. 33, S. 165). Zehn Vegetationsaufnahmen wurden zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne zusammengefaßt, die mit durchschnittlich 22.4 Arten pro 0.1 ha ähnlich artenreich ist, wie die für das Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park beschriebene *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne. Die durchschnittlichen Jahresniederschläge in dem von den *Colophospermum*-Savannen geprägten Raum liegen zwischen ca. 100 und 300 mm (vgl. Karte II, Anlagenband).

Tab. 34 (S. 173) gibt einen Überblick über die die drei oben erwähnten Savanntypen des mittleren Transekts differenzierenden Arten. Es wird deutlich, daß sich die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne vor allem durch die ausdauernden Arten *Maerua schinzii*, *Petalidium luteo-album* und *Commiphora virgata* von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne abgrenzen läßt. Während des Bearbeitungszeitraums (März bis Mai 1997) konnte *Stipagrostis hirtigluma* innerhalb der Savannen lediglich in den Gemeinschaften der artenarmen bzw. artenreichen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne dokumentiert werden. Dies ist eine auffallende Parallele zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne des nördlichen Transekts, wo *Stipagrostis hirtigluma* während der Regenzeit 1998 ebenfalls nicht dokumentiert werden konnte (vgl. Tab. 18, S. 123). Wie in der entlang des nördlichen Transekts abgegrenzten *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne tritt beim entsprechenden Savanntyp des mittleren Transekts *Aristida effusa* als höchstes Gras in den Vordergrund und grenzt hier neben *Combretum apiculatum*, *Geigeria ornativa*, *Thamnosma africana*, *Mundulea sericea*, *Tragus bertorianus*, *Rhigozum brevispinosum* sowie *Leucas pechuelii* die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne gegen die artenarme und artenreiche Ausprägung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne ab. Dabei ist jedoch zu bedenken, daß einige der zur Abgrenzung herangezogenen Arten Annuelle sind und damit in den Gemeinschaften nicht zuverlässig konstant auftreten.

Wie bereits erwähnt, fehlen klare, die artenarme *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne gegen die artenreiche *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne abgrenzende Kennarten. Die Gliederung in eine artenarme bzw. eine artenreiche *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne erscheint jedoch auch im Vergleich zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne des nördlichen Transekts aufgrund deutlich unterschiedlicher durchschnittlicher Artenzahlen der einzelnen Savanntypen als gerechtfertigt (vgl. Tab. 17, S. 117).

Wie beim Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park treten die verschiedenen Ausprägungen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* in einem räumlich relativ weiten Bereich in Erscheinung und prägen den gesamten, östlich der Randstufe gelegenen Raum (vgl. Karte II, Anlagenband). Im Gegensatz zum nördlichen Transekt, wo die verschiedenen Ausprägungen dieses Savanntyps zumeist deutliche Verbreitungsschwerpunkte aufweisen, zeigen entlang des mittleren Transekts insbesondere die der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* zugeordneten Gemeinschaften ein weit gestreutes Verbreitungsgebiet (vgl. Tab. 33, S. 165; Karte II, Anlagenband). So bilden die artenreiche und die artenarme Ausprägung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* häufig ein kleinräumiges Muster unterschiedlicher Savannengemeinschaften. Insbesondere die kennartenlose Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* (Nr. 5 in Tab. 33) zeigt mit ihrer Verbreitung zwischen 12° 36' östl. L. und 13° 50' östl. L. eine weite Streuung ihrer Einzelstandorte.

Die Abb. 75 bis Abb. 77 (S. 175) geben einen Überblick über die durchschnittlichen Artenzahlen und Deckungsgrade der einzelnen Lebensformgruppen innerhalb der entlang des mittleren Transekts abgegrenzten Savanntypen. Im Vergleich der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* mit der artenreichen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* zeigt sich, daß die artenreiche Ausprägung dieses Savanntyps

Tab. 34: Stetigkeit differenzierender Arten der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*, der artenreichen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* sowie der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

(Mit (A) gekennzeichnete Arten sind Annuelle)

Art	Stetigkeit in der artenarmen <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne</i> (in %)	Stetigkeit in der artenreichen <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne</i> (in %)	Stetigkeit in der <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne</i> (in %)
<i>Stipagrostis hirtigluma</i>	59.3	37.3	0
<i>Maerua schinzii</i>	37	33.3	0
<i>Petalidium luteo-album</i>	13	37.3	0
<i>Commiphora virgata</i>	9.3	32	0
<i>Commiphora multijuga</i>	9.3	45.3	30
<i>Catophractes alexandri</i>	27.8	40	10
<i>Aristida effusa</i> (A)	1.9	22.7	100
<i>Combretum apiculatum</i>	1.9	17.3	100
<i>Geigeria ornativa</i> (A)	14.8	13.3	100
<i>Thamnosma africanum</i>	0	0	90
<i>Mundulea sericea</i>	0	10.7	70
<i>Tragus berteronianus</i> (A)	0	2.7	70
<i>Rhigozum brevispinosum</i>	1.9	18.7	70
<i>Leucas pechuelii</i>	1.9	20	60

im Durchschnitt bei allen Lebensformgruppen eine höhere Artenzahl aufweist. Am deutlichsten zeigt sich dies bei den krautigen Arten und den stammsukkulenten Arten. Eine vergleichsweise geringe Erhöhung der durchschnittlichen Artenzahlen ist bei den Chamaephyten und den Gräsern zu erkennen. Im Vergleich der artenreichen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* mit der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* ist kein einheitlicher Trend erkennbar. Vergleicht man das Lebensformspektrum der

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne des nördlichen Transekts mit dem des mittleren Transekts, so zeigt sich als wesentlicher Unterschied, daß dieser Savannentyp im Falle des mittleren Transekts im Durchschnitt mehr als doppelt so viele krautige Arten aufweist. Ein ähnliches Verhältnis besteht auch für die Chamaephyten und abgeschwächt für die Gräser (vgl. Abb. 51A, S. 125). Diese Unterschiede sind jedoch zumindest z.T. auf die während des Bearbeitungszeitraumes herrschenden Niederschlagsbedingungen zurückzuführen.

Die stammsukkulente Arten sind dagegen in der entlang des mittleren Transekts dokumentierten *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* schwächer vertreten als im entsprechenden Savannentyp des nördlichen Transekts. Während bei den beiden Ausprägungen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* mehr oder weniger ausgeglichene Verhältnisse hinsichtlich der Gesamtdeckung der Gräser und der Phanerophyten bestehen, wird die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* deutlich von Gräsern dominiert (Abb. 77B). Im Gegensatz zum nördlichen Transekts, wo der durchschnittliche Deckungsgrad dieser Lebensformgruppe bei der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* lediglich 5.6 % beträgt, erreicht der Wert bei diesem Savannentyp im Bereich des mittleren Transekts 23.7 %. Im Vordergrund steht dabei *Aristida effusa* mit Artmächtigkeiten bis zu 70 % (vgl. Abb. 93, S. 211; Tab. VIIa/b, Anlagenband). Im Hinblick auf die Deckungsgrade spielen die anderen Lebensformgruppen im Vergleich mit den Phanerophyten und Gäsern eine deutlich untergeordnete Rolle.

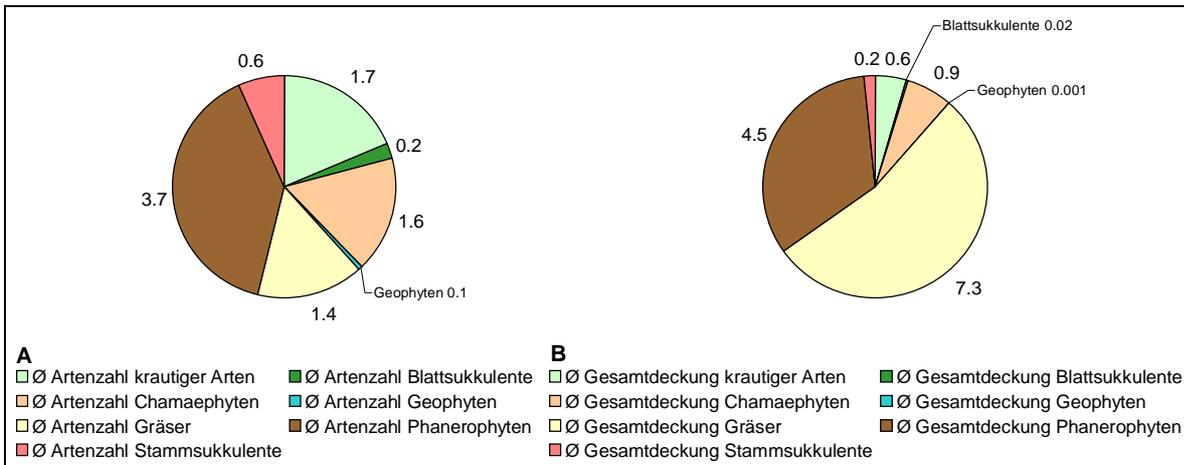


Abb. 75: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

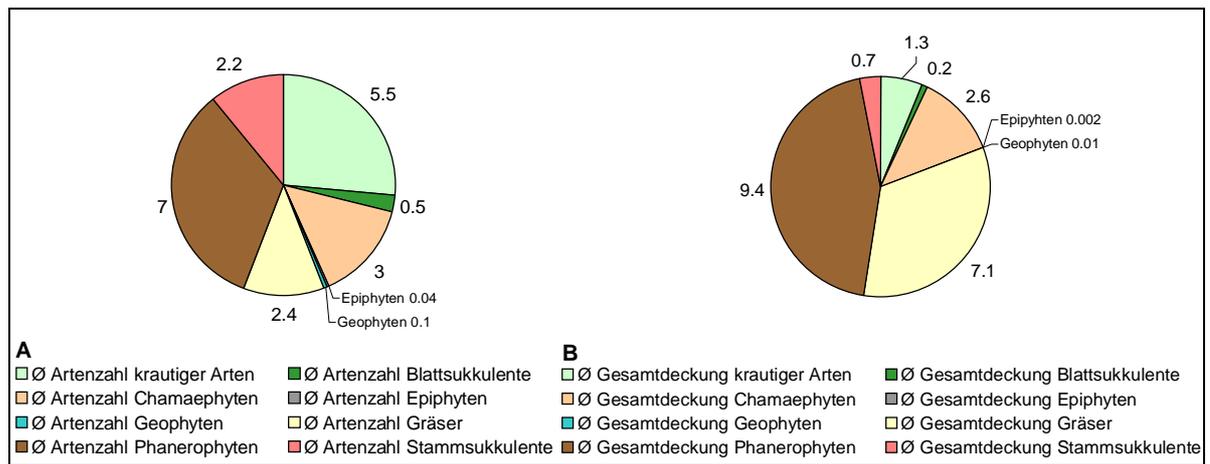


Abb. 76: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der artenreichen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

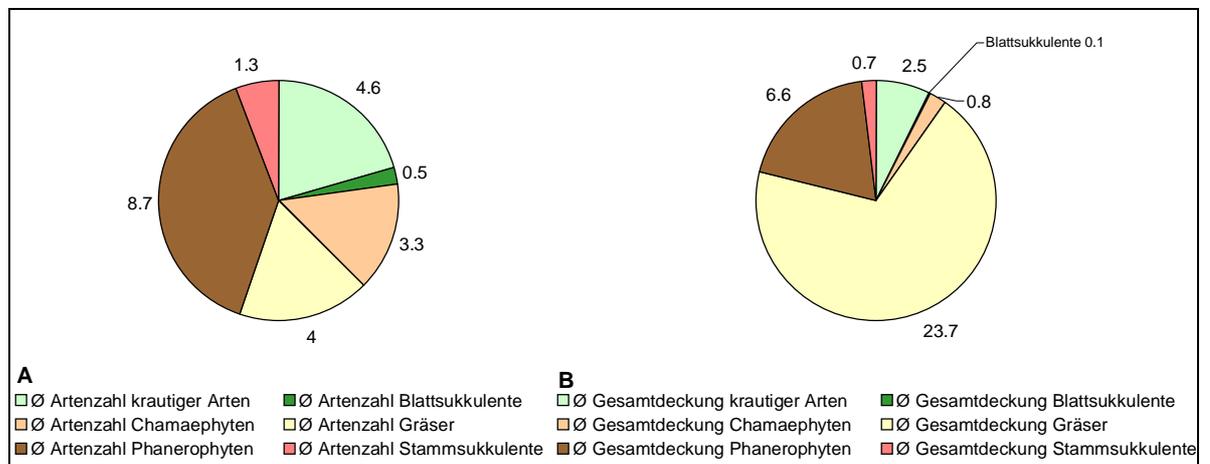


Abb. 77: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

6.2.5.3.1.3.1 *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne

6.2.5.3.1.3.1.1 Artenarme *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne (Tab. 33, Nr. 5)

Die kennartenlose *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne ist entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast-Park mit ihren Einzelstandorten zwischen 12° 36' östl. L. und 13° 50' östl. L. vertreten. Mit durchschnittlich nur 8.1 Arten pro 0.1 ha ist sie die artenärmste Gemeinschaft der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne (Tab. 33, S. 165). Verbreitet ist sie vor allem auf Ebenstandorten und tritt nur vereinzelt auch auf Fußhangstandorten und Mittelhangstandorten mit Hangneigungen bis zu 20 % in Erscheinung (Foto 27). Neben Ausprägungen dieser Gemeinschaft mit zwei bis neun Arten pro 0.1 ha, wurden zwischen 13° 30' östl. L. und 13° 50' östl. L. auf zumeist feinmaterialreichen Standorten auch artenreichere Ausprägungen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne dokumentiert. Überwiegend weisen die Vegetationsaufnahmen dieser Aufnahmegruppe auch höhere Ge-

samtdeckungen auf als die Gruppe der artenarmen Vegetationsaufnahmen (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Im Vergleich zu den anderen Aufnahme­flächen dieser Gemeinschaft sind im Falle der artenreichen Gruppe die Korngrößen­gruppen mit einem Durchmesser von mehr als 2 cm gar nicht oder nur mit einem sehr geringen Anteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme­flächen beteiligt (vgl. Tab.



Foto 27: Durch Beweidung stark überprägte *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

VIIa/b, Anlagenband). Daneben stocken diese Bestände überwiegend auf tiefgründigen, quarz­itischen Lockersedimenten, während bei den artenärmeren Ausprägungen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* überwiegend Sandstein, Quarz und Granit das Ausgangsgestein darstellt. Hier kennzeichnen häufig feinmaterialarme Schuttdecken die Standorte. Deutliche Unterschiede bezüglich der Ausprägung der bodenchemischen Parameter wie auch der Bodenart sind jedoch zwischen beiden Gruppen nicht erkennbar.

So liegt der Schluß nahe, daß die erhöhten Artenzahlen durch Unterschiede in der Wasserversorgung der Standorte (Wurzelraum, Korngrößen) begründet sind und zudem die feinmaterialreichen Standorte bessere Etablierungsbedingungen bieten. So erreichen hier die Artenzahlen der krautigen Arten, der Gräser sowie der Phanerophyten überwiegend deutlich höhere Werte als bei der Gruppe der artenarmen Aufnahmen.

Insbesondere die auf Ebenenstandorten im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt dokumentierten Ausschnitte dieser Gemeinschaft unterliegen einer starken anthropogenen Nutzung und sind durch weidewirtschaftliche Aktivitäten stark überprägte Vegetationstypen (Foto 27).

Mit ihrer weiten Verbreitung entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Skeleton Coast Park sind die hier dokumentierten Ausschnitte der Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* in deutlich verschiedenen, von VILJOEN (1980) abgegrenzten Einheiten lokalisiert (vgl. Karte II, Anlagenband). So sind Bezüge zu der von VILJOEN (1980: 82f) beschriebenen ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Zwergstrauch-Savanne* der Hoarusibrivier-Schwemmfäche‘ und der der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Einheit*‘ zugeordneten ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* der Ebenen‘ erkennbar, wenngleich diese Savannentypen durchgängig artenreicher sind als die hier beschriebene Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* (vgl. VILJOEN 1980:139f).

Insgesamt stellen die Phanerophyten hinsichtlich der durchschnittlichen Artenzahl aufgrund der höchsten Arten *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* die dominante Lebensformgruppe dieser Gemeinschaft dar (Abb. 78A). Mit ungefähr gleichen Anteilen sind die krautigen Arten und die Gräser vertreten. Hauptarten sind dabei *Stipagrostis uniplumis* und *Enneaopogon desvauxii* auf Seiten der Gräser, während unter den krautigen Arten *Geigeria ornativa* am häufigsten dokumentiert werden konnte (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Hinsichtlich der Deckungsgrade der einzelnen Lebensformgruppen wird die Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* klar von Gräsern und Phanerophyten dominiert (Abb. 78B).

Die Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* wurde als *artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* auch im Bereich des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park dokumentiert (vgl. S. 135). Ein Vergleich der Abb. 58A (S. 137) und Abb. 78A macht deutlich, daß die durchschnittlichen Artenzahlen der einzelnen Lebensformgruppen in beiden Ausschnitten dieses Savanntyps annähernd identisch sind.

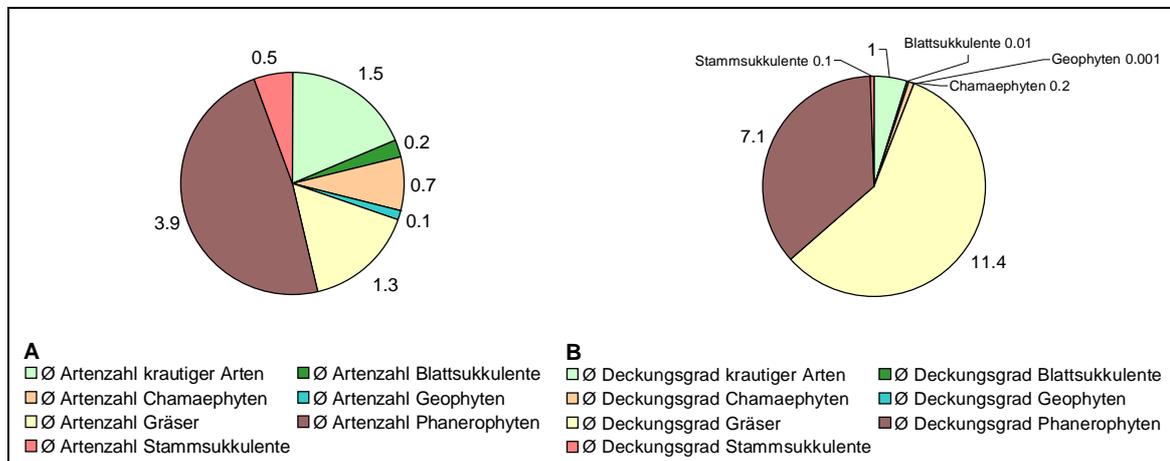


Abb. 78: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne (Tab. 33, Nr. 6)

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* hat ihren Verbreitungsschwerpunkt im Übergangsbereich vom Randschwellen-Bergland zur Escarpment-Zone bei durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen zwischen 100 und 200 mm (vgl. Karte II, Anlagenband). Verbreitet ist sie hier ohne deutliche Bindung an allen Hauptstandorttypen, wobei keine erheblichen, an den Standorttyp gebundenen Unterschiede hinsichtlich der Gesamtdeckung und Artenzahlen der Vegetationsaufnahmen festzustellen sind (Foto 28). Besiedelt werden dabei Standorte, die mit Inklinationen von 0 % bis 63 % eine extreme Spannweite aufweisen (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Die Standorte sind überwiegend flachgründig und feinmaterialarm mit einem deutlichen Maximum im Bereich der Grus- bzw. Kies- bis Steinfraktion (Tab. VIIa/b, Anlagenband). Geprägt werden die Aufnahmeflächen überwiegend durch quarzitisches Ausgangsmaterial, wobei die pH-Werte des Feinmaterials ganz überwiegend über pH 7 liegen. Dagegen ist der Carbonatgehalt des an den Standorten gewonnenen Feinmaterials eher gering.

Zur zuvor besprochenen Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* läßt sich die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* vor allem durch das hochstete Auftreten von *Stipagrostis hirtigluma* abgrenzen. Beide Gemeinschaften können jedoch räumlich eng nebeneinander auftreten. Dies ist z.B. bei 13° 20' östl. L. der Fall, wo beide Savanntypen auf gleichartigen Standorten vertreten sind. Die Besiedlung auch von Ebenenstandorten stellt einen Unterschied zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* des nördlichen Transekts dar. Hier konnte dieser Savanntyp lediglich auf Fußhang- und Mittelhangstandorten dokumentiert werden.

Auch hinsichtlich der Lebensformspektren sind die Gemeinschaften der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* ähnlich ausgeprägt (vgl. Abb. 78A und Abb. 79A). Wie bei der Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* spielen stammsukkulente Arten in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* eine



Foto 28: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne*

untergeordnete Rolle. Dagegen sind die Gruppenanteile der krautigen Arten und der Chamaephyten leicht erhöht. Dies ist im Falle der Chamaephyten vor allem auf die recht häufig vertretenen Arten *Petalidium rossmanianum* und *Petalidium coccineum* zurückzuführen. Insgesamt war die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* zum Aufnahmezeitpunkt durch geringere Gesamtdeckungen gekennzeichnet als die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*. Dabei sind

jedoch die Anteile der einzelnen Lebensformgruppen hinsichtlich der Deckungsgrade ähnlich ausgeprägt (Abb. 78B und Abb. 79B).

Die Verbreitungsgrenze der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* stimmt in ihrer Ost-West-Erstreckung recht genau mit der der von VILJOEN (1980) beschriebenen ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Zwergstrauch-Savanne* der Hoarusibrivier-Schwemmläche‘ überein. Dabei fällt auf, daß VILJOEN (1980) auch die das Tal des Hoarusib bzw. der ihm tributären Riviere umgebenden Bergzüge in die Flächendarstellung dieser Einheit mit einbezieht (vgl. Karte II, Anlagenband). So sind Bezüge der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* zur ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Zwergstrauch-Savanne* der Hoarusibrivier-Schwemmläche‘ vor allem durch das Auftreten von *Petalidium luteo-album*, *P. rossmanianum*, *Eragrostis annulata*, *Maerua schinzii*, *Curroria decidua* und *Sesamothamnus guerichii* zu erkennen. Die auf stärker geneigten Hängen dokumentierten Aufnahmen mit *Commiphora multijuga* und *C. virgata* vermitteln jedoch eher zu VILJOENS ‚*Commiphora multijuga-C. virgata-Euphorbia guerichiana-Einheit* des Escarpmentgebirge-Ökoton‘, die den Bereich der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Zwergstrauch-Savanne* der Hoarusibrivier-Schwemmläche‘ nördlich und südlich einfaßt (vgl. Abb. 28, S. 72).

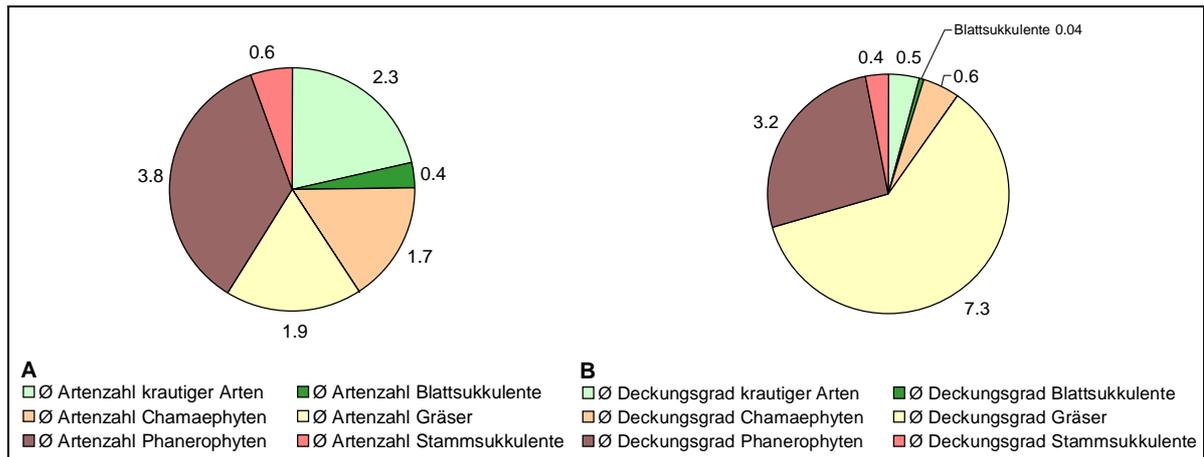


Abb. 79: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskianum-Heliotropium hereroense-Savanne (Tab. 33, Nr. 7)

Verbreitungsschwerpunkt der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskianum-Heliotropium hereroense-Savanne* ist der östliche Teil des zur Escarpment-Zone zählenden Schiefergebirges. Bei durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen um 100 mm ist diese



Foto 29: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskianum-Heliotropium hereroense-Savanne*

Gemeinschaft neben Fußhang- und Mittelhangstandorten auch auf Ebenenstandorten im Tal des Hoarusib bzw. seiner Vorfluter verbreitet. Im Hinblick auf die Vegetationsgliederung zeigt die Gemeinschaft klare Bezüge zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne*, wo *Amphiasma merenskianum* und *Heliotropium hereroense* ebenfalls stark vertreten sind (vgl. S. 187). Im Vergleich zu dieser Gemeinschaft ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskianum-Heliotropium hereroense-Savanne*

jedoch insgesamt deutlich artenärmer (vgl. Tab. 33, S. 165; Tab. VIIa/b, Anlagenband). Auf die räumliche Differenzierung beider Gemeinschaften wird bei der Besprechung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne* eingegangen.

Im Hinblick auf die Vegetationsgliederung nach VILJOEN (1980) liegt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskianum-Heliotropium hereroense-Savanne* im Übergangsbereich von der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Zwergstrauch-Savanne* der Hoarusibrivier-Schwemmläche‘ zur ‚*Commiphora multijuga-C. virgata-Euphorbia guerichiana-Ein-*

heit des Escarpmentgebirge-Ökoton⁴. Allerdings sind die Bezüge zu beiden Vegetationstypen nur schwach ausgeprägt (*Curroria decidua*, *Adenolobus pechuelii*).

Die Standorte der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Amphiasma merenskianum*-*Heliotropium hereroense*-Savanne zeichnen sich durchgängig durch einen geringen Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche aus (Foto 29). Den Hauptanteil im Korngrößenspektrum besitzen die Grus- bzw. Kiesfraktion sowie die Steinfraktion (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Als Ausgangsgesteine überwiegen Quarzite und Sandstein. Das nur kleinflächig vorliegende Feinmaterial weist pH-Werte zwischen 6.9 und 7.8 auf, wobei das Material z.T. carbonatfrei ist. Daneben wurden auch Standorte dokumentiert, deren Carbonatgehalt bei 7 bis 10 Gewichtsprozent liegt. Als Bodenart wurde überwiegend ‚lehmiger Sand‘ festgestellt. Die übrigen bodenchemischen Parameter weisen keine auffälligen Ausprägungen auf (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband).

Als das Lebensformspektrum dominierende Gruppen stehen die Phanerophyten und die Chamaephyten im Vordergrund (Abb. 80A). Bei den Phanerophyten erreicht neben *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* insbesondere *Maerua schinzii* eine hohe Stetigkeit (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Der hohe Anteil der Chamaephyten ist vor allem auf *Amphiasma merenskianum* und *Heliotropium hereroense* zurückzuführen. So wird diese Gemeinschaft auch bezüglich der durchschnittlichen Gesamtdeckung von den Phanerophyten und den Chamaephyten dominiert (Abb. 80B).

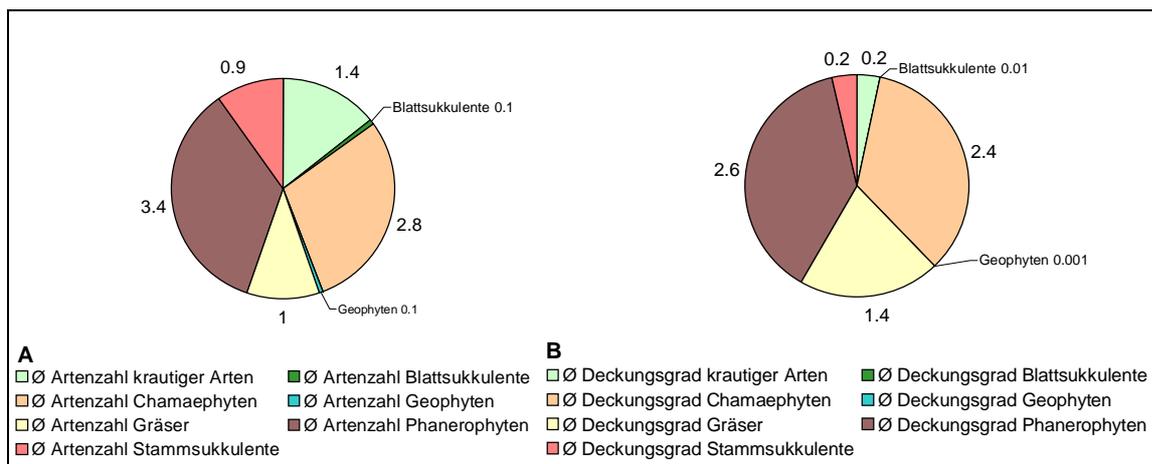


Abb. 80: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Amphiasma merenskianum*-*Heliotropium hereroense*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

6.2.5.3.1.3.1.2 Artenreiche *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne

Wie die artenarme Ausprägung dieses Savanntyps zeigt auch die artenreiche *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne keine Verbreitungsschwerpunkte. Dieser Savanntyp wird durch insgesamt 75 Vegetationsaufnahmen belegt und prägt mit seinen neun verschiedenen Gemeinschaften das Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park. Anders als bei der artenarmen Ausprägung der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne ist das Auftreten der einzelnen Gemeinschaften dabei auf räumlich recht stark begrenzte Abschnitte des mittleren Transekts beschränkt (vgl. Karte II, Anlagenband).

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne (Tab. 33, Nr. 8)

Mit 24 Vegetationsaufnahmen ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* die am besten dokumentierte Gemeinschaft aller drei Transekte. In ihrer Verbreitung ist sie auf den westlichen und zentralen Teil der Escarpment-Zone beschränkt, wo sie die Fußhänge und Mittelhänge des Schiefergebirges prägt (vgl. Karte II, Anlagenband). Mit durchschnittlich nur 14.2 Arten pro 0.1 ha ist sie die artenärmste Ausprägung der artenreichen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*. Durch das gemeinsame Auftreten von *Commiphora virgata* und *Petalidium luteo-album* ist diese Gemeinschaft gegen die anderen Gemeinschaften recht gut abzugrenzen. Deutliche Bezüge bestehen aber zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne*, wo *Petalidium luteo-album* und *Commiphora virgata* nochmals gemeinsam in Erscheinung treten (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Andererseits ist *Commiphora anacardiifolia* in einigen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* zugeordneten Aufnahmen vertreten (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Zusammen mit diesem Savantentyp und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskiannum-Heliotropium hereroense-Savanne*



Foto 30: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne*

prägt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* das die Escarpment-Zone im Bereich des mittleren Transekts prägende Schiefergebirge. Hier vollzieht sich nach VILJOEN (1980) bei durchschnittlichen Jahresniederschlägen von 50 bis 100 mm der Übergang von der ‚*Commiphora multijuga-C. virgata-Euphorbia guerichiana*-Einheit des Escarpmentgebirge-Ökoton‘ zur westlich anschließenden ‚*Colophospermum mopane-Savanne* des zentralen Teils des Escarpmentgebirges‘ (vgl. Abb. 28, S. 72; Karte II, Anlagenband). *Maerua schinzii*, *Ceraria longipedunculata*, *Commiphora virgata* und *C. multijuga* stellen deutlich den Bezug der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* zur ‚*Commiphora multijuga-C. virgata-Euphorbia guerichiana*-Einheit des Escarpmentgebirge-Ökoton‘ her, wobei die in diesem Gebiet häufige und teilweise aspektbildende Art *Petalidium luteo-album* von VILJEON (1980) nicht als Element der ‚*Commiphora multijuga-C. virgata-Euphorbia guerichiana*-Einheit des Escarpmentgebirge-Ökoton‘ genannt wird. Daneben sind in den hier zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* zusammengefaßten Aufnahmen die Stammsukkulenten deutlich stärker vertreten als in der ‚*Colophospermum mopane-Savanne* des zentralen Teils des Escarpmentgebirges‘ VILJOENS (1980)

Einheitliches Merkmal der von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* besiedelten Standorte ist der stets unter 11 % liegende Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche. Wenn auch das Maximum der Korn-

größen im Bereich der Grus- bzw. Kiesfraktion und der Steinfraktion liegt, so wird ein Teil der Standorte auch durch einen relativ hohen Anteil an Blöcken sowie an anstehendem Gestein geprägt (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband, Foto 30). Als Material liegt überwiegend Quarz bzw. Sandstein in teilweise metamorphisierter Form vor. Das Feinmaterial der Aufnahmeflächen ist überwiegend carbonatfrei oder –arm. Trotzdem liegen die pH-Werte des Materials überwiegend über pH 7.

Wenn auch die Phanerophyten hinsichtlich der durchschnittlichen Artenzahl die dominante Lebensformgruppe der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* darstellen (Abb. 81A), so treten sie im Hinblick auf ihren Anteil an der Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen hinter den Gräsern und Chamaephyten stark in den Hintergrund (Abb. 81B). Nach der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne* (S. 187) weist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* den zweithöchsten Durchschnittswert hinsichtlich der Anzahl stammsukkulenter Arten auf. Dies ist vor allem auf Vertreter der Gattung *Commiphora* (*C. tenuipetiolata*, *C. crenato-serrata*, *C. virgata*, *C. anacardiifolia*) sowie auf *Euphorbia guerichiana* zurückzuführen. Während des Bearbeitungszeitraums (Regenzeit 1996 und Regenzeit 1997) waren die Gräser nur mit wenigen Arten in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* vertreten. Der im Durchschnitt hohe Anteil an der Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen (Abb. 81B) darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Gräser insgesamt nur geringe Deckungsgrade erzielen. Der in Abb. 81B dargestellte Wert wird durch eine bei 70 % liegende Artmächtigkeit von *Stipagrostis hirtigluma* in einer der Vegetationsaufnahmen nach oben verschoben. Zu erwähnen ist das Auftreten der perennierenden blattsukkulenten Art *Ceraria longipedunculata*, die in ihrer Verbreitung weitestgehend auf die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* beschränkt ist (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband).

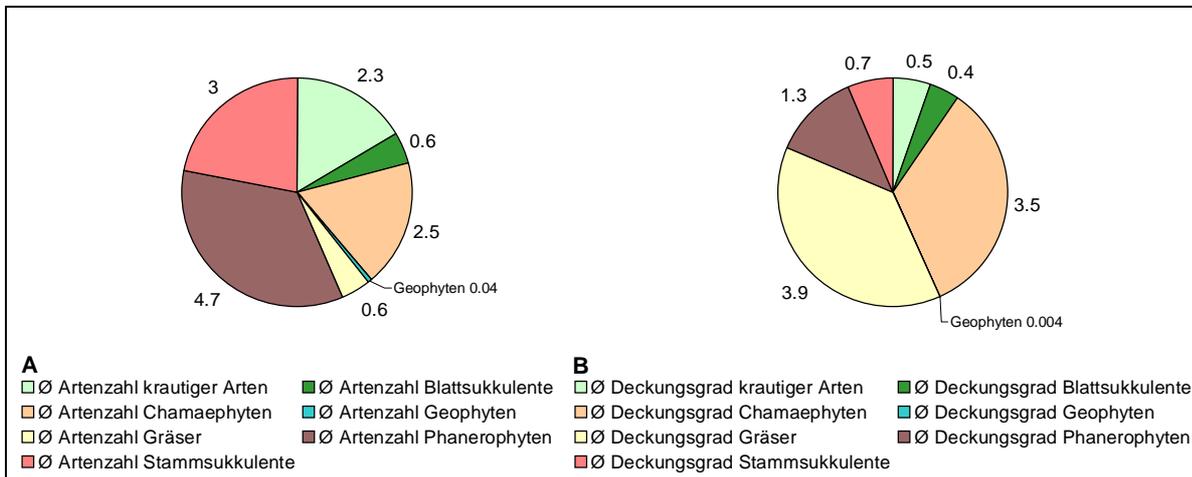


Abb. 81: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne
(Tab. 33, Nr. 9)

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* zählt zu den zahlreichen entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park ausgegliederten Gemeinschaft mit räumlich eng begrenzter Bedeutung (vgl. Karte II, Anlagenband). Dabei besiedelt diese Gemeinschaft so unterschiedliche Standorttypen wie Riviere (Trockenflußbetten) und Mittelhänge (Foto 31). Bei durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen von 200 bis 300 mm ist der Verbreitungsraum der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* durch einen hohen Beweidungsdruck gekennzeichnet.



Foto 31: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne*

So ist die Savanne im Becken von Okamungudona (13° 31. östl. L.) parkartig aufgelöst (vgl. Foto 56, S. 257). Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* ist hier lediglich in Fragmenten erhalten geblieben. Es kann vermutet werden, daß diese Gemeinschaft neben der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* vor einer intensiveren Einflußnahme des Menschen weite Teile des Beckens von Okamungudona bzw. der angrenzenden Bek-

kenlagen gekennzeichnet hat. Somit muß die heute in diesem Raum dominante Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* als degradierte Form der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* bzw. der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* aufgefaßt werden (vgl. Karte II, Anlagenband,; vgl. Kap. 6.3.1).

Gegen die anderen Gemeinschaften ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* recht deutlich durch das gemeinsame Auftreten der Phanerophyten *Ximenia americana* und *Grewia flavescens* abgrenzbar. Deutliche Bezüge bestehen zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Der Verbreitungsschwerpunkt dieses Savantentyps liegt jedoch weiter östlich als der der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne*. Mit im Durchschnitt 24 Arten pro 0.1 ha weist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* den vierthöchsten Wert aller entlang des Transekt dokumentierten Gemeinschaften auf.

Der Anteil der verschiedenen Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial der dieser Gemeinschaft zugeordneten Aufnahmeflächen ist recht variabel (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). So kann der Feinmaterialanteil zwischen zwei und 40 % liegen. Zwei der Aufnahmeflächen weisen mit einem Steinanteil von 70 % einen relativ hohen Anteil dieser Korngrößengruppe auf. Als Ausgangsmaterial wurde sowohl Quarz als auch Kalk dokumentiert. Das an den Aufnahmeflächen vorliegende Feinmaterial kann überwiegend als stark carbonathaltig eingestuft werden. Die übrigen bodenchemischen Parameter weisen gegenüber den übrigen Gemeinschaften keine Besonderheiten auf.

Sowohl im Hinblick auf die Artenzahlen als auch bezüglich der durchschnittlichen Gesamtdeckungen der einzelnen Lebensformgruppen wird die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* von Phanerophyten dominiert (Abb. 82A). Mit einem Durchschnittswert von 11.5 Arten pro 0.1 ha erreicht die Diversität der Phanerophyten in dieser Gemeinschaft den Spitzenwert im Vergleich aller entlang des Transkts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park begrenzten Gemeinschaften. Im Vordergrund stehen dabei neben *Grewia flavescens* und *Ximenia americana* *Boscia foetida*, *Mundulea sericea*, *Rhigozum brevispinosum* sowie verschiedene *Acacia*-Arten (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Deutlicher als bei den durchschnittlichen Artenzahlen wird das Lebensformspektrum der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* hinsichtlich der durchschnittlichen Gesamtdeckung von den Phanerophyten dominiert (Abb. 82B).

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* weist mit dem Auftreten von *Ximenia americana*, *Boscia foetida* und *Grewia villosa* sehr deutliche Bezüge zur von VILJOEN (1980:139f) beschriebenen ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* der Ebenen‘ als Ausprägung seiner ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Einheit*‘ auf.

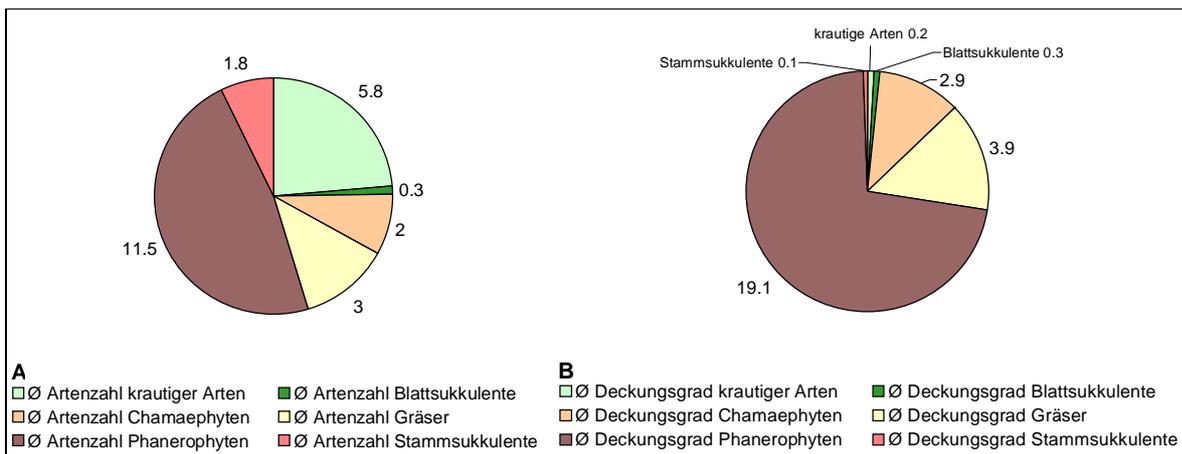


Abb. 82: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transect Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana-Savanne (Tab. 33, Nr. 10)

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana-Savanne* konnte räumlich eng begrenzt im östlichen Übergangsbereich zwischen der Escarpment-Zone und der Vor-namib dokumentiert werden. In diesem Bereich wechseln Strukturen des östlich anschließenden Schiefergebirgekomplexes mit den in diesem Bereich die Randstufe dominierenden Mesas einander ab. Trotz deutlicher Bezüge zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne* und zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana-Savanne* gegen die anderen Gemeinschaften insbesondere durch das gemeinsame Auftreten von *Ptycholobium biflorum*, *Gisekia africana*, *Heliotropium giessii*, *Heliotropium tubulosum*, *Fingerhutia africana*, *Justicia platysepala* und *Enteplocamia aristulata* abgrenzbar (vgl. Tab. VIIa/b, Anla-

genband). Aspektbildend waren zum Bearbeitungszeitpunkt (2.5.97) die Gräser *Stipagrostis hirtigluma*, *Fingerhutia africana* und *Enteplocamia aristulata* (Foto 32).

Als Standorte dieser Gemeinschaft wurden Fußhang- und Mittelhangstandorte mit einer Inklination bis 26 % dokumentiert. Die feinmaterialarmen Standorte werden durch Material der Steinfraktion geprägt. Als Ausgangsgestein wurde durchgängig Sandstein festgestellt. Bei pH-Werten zwischen 7 und 7.4 weist das Feinmaterial im Durchschnitt einen relativ hohen Gehalt wasserlöslicher Salze auf.

Die Chamaephyten erreichen in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana-Savanne* im Durchschnitt die höchste Artenvielfalt (Abb. 83A). In allen Vegetationsaufnahmen sind *Petalidium luteo-album*, *Heliotropium hereroense*, *Heliotropium giessii* sowie *Ptycholibium biflorum* vertreten. Auch die krautigen Arten treten in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana-Savanne* stark in den Vordergrund. In allen Vegetationsaufnahmen vertreten sind *Tribulus zeyheri*, *Cleome suffruticosa* und *Nelsia quadrangula*.

Wie Abb. 83B zeigt, waren die Gräser zum Bearbeitungszeitpunkt die klar dominierende Lebensform hinsichtlich des durchschnittlichen Deckungsgrades und erreichen hier im Vergleich mit den



Foto 32: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana-Savanne*

anderen entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften den höchsten Wert. Wie in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* erreichen die Phanerophyten in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana-Savanne* nur einen geringen durchschnittlichen Deckungsgrad.

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana-Savanne*

liegt in einem Bereich, der von VILJOEN (1980) der ‚*Colophospermum mopane-Savanne* des zentralen Teils des Escarpmentgebirges‘ zugeordnet wird (vgl. Karte II, Anlagenband). Deutliche Bezüge zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana-Savanne* sind jedoch nicht vorhanden.

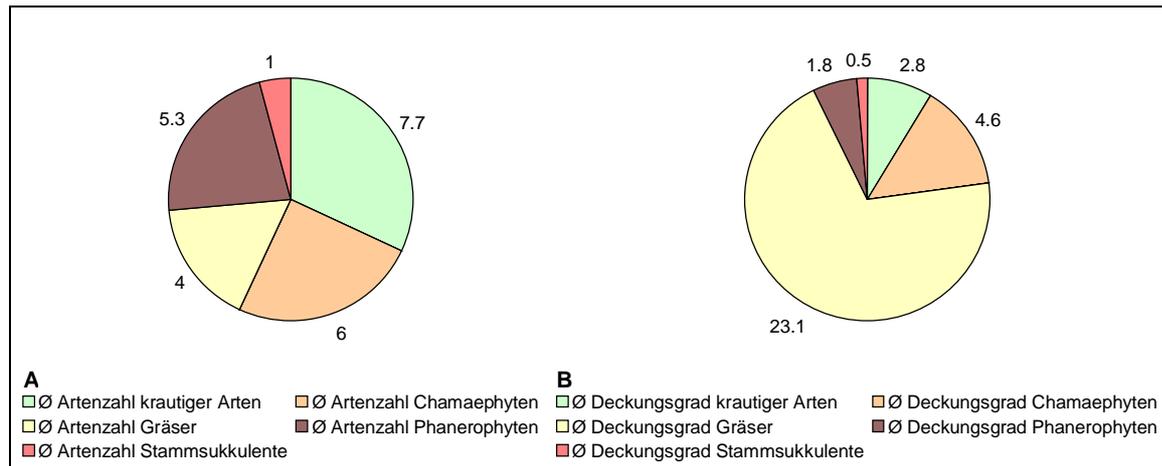


Abb. 83: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Lindernia clavata-Savanne (Tab. 33, Nr. 11)

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Lindernia clavata*-Savanne ist im selben Raum verbreitet wie die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana*-Savanne (vgl. Karte II, Anlagenband). Im Gegensatz zu dieser Gemeinschaft findet sich aber die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Lindernia clavata*-Savanne auf quarzitischem bzw. metamorphem Gestein. Ansonsten lassen sich die Standorte als feinmaterialarm mit einem Maximum der Steinfraktion beschreiben. Das Feinmaterial der zwischen 12 und 22 % geneigten Hänge weist bei zwischen 7.4 und 7.9 liegenden pH-Werten durchgängig einen mittleren Carbonatgehalt auf (Tab. VIIa/b, Anlagenband). Gegen die anderen Gemeinschaften läßt sich die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Lindernia clavata*-Savanne durch das gemeinsame Auftreten der geophytischen Art *Lindernia clavata* sowie *Gen. spec. 107285* und *Gen. spec. 107283* abgrenzen. Wie bei der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana*-Savanne bestehen deutliche Bezüge zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia*-Savanne und zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album*-Savanne (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband).

Abb. 84A zeigt, daß Phanerophyten und Chamaephyten mit annähernd gleicher durchschnittlicher Artenzahl in den dieser Gemeinschaft zugeordneten Aufnahmen vertreten sind. Auf Seiten der Phanerophyten stehen dabei *Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides*, *Maerua schinzii* und *Acacia nilotica* im Vordergrund. Bei den Chamaephyten sind *Heliotropium hereroense* und *Amphiasma merenskianum* die Hauptarten. Während die Grasarten nur schwach in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Lindernia clavata*-Savanne vertreten sind, erreichen die Stammsukkulente mit durchschnittlich 2.3 Arten pro 0.1 ha einen relativ hohen Wert. Bei insgesamt geringer Gesamtbedeckung der Aufnahmeflächen, besitzen die Phanerophyten, gefolgt von den Chamaephyten, deutlich den größten Anteil. Die anderen Lebensformgruppen spielen im Hinblick auf die Gesamtdeckung eine untergeordnete Rolle (Abb. 84B).

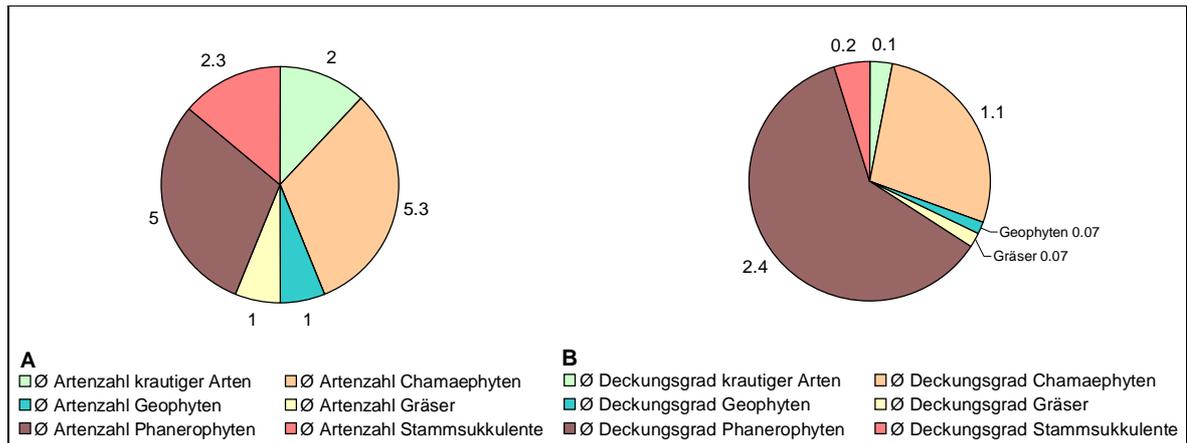


Abb. 84: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Lindernia clavata-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne (Tab. 33, Nr. 12)

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne* prägt bei durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen von 100 bis 200 mm die stark geneigten Hanglagen des zentralen und östlichen Teils des vom Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park gequerten Schiefergebirges (Foto 33; vgl. Karte II, Anlagenband). Neben der starken Inklination sind die Standorte der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora*



Foto 33: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne*

anacardiifolia-Savanne durch Schuttdecken geprägt, deren Feinmaterialanteil nicht mehr als 5 % beträgt. Charakteristisch ist dagegen der hohe Anteil des Steinfraktion sowie der Blöcke und des anstehenden Gesteins. Bei zwischen 13 und 20 liegenden Artenzahlen der Vegetationsaufnahmen gehört neben *Commiphora anacardiifolia Adenolobus pechuelii* zu den kennzeichnenden Arten dieser Gemeinschaft. Auch wenn *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* selbst stark geneigte, schuttreiche Standorte besiedeln können (vgl. Tab.

VIIa/b, Anlagenband), sind diese Arten hier nicht mehr in allen Vegetationsaufnahmen erfaßt worden. Eine Wirkung der bodenchemischen Eigenschaften im Hinblick auf das Auftreten oder Fehlen dieser Arten innerhalb der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne* ist jedoch nicht ablesbar (Tab. VIIa/b, Anlagenband).

Die stammsukkulente Arten haben im Bereich des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park ihr Optimum innerhalb der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne* (vgl. Abb. 85A). Neben *Commiphora anacardiifolia* wurden als weitere Vertreter dieser Gruppe *Commiphora virgata*, *C. tenuipetiolata*, *C. multijuga* sowie *Euphorbia*

guerichiana dokumentiert (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Bei den Phanerophyten sind neben *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* *Maerua schinzii* und *Adenolobus pechuelii* als wichtige Arten zu nennen. Insbesondere die z.T. hohen Artmächtigkeiten von *Heliotropium hereroense* verhelfen den Chamaephyten zu einem hohen Anteil an der Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen (Abb. 85B). Hauptart der Gräser ist *Stipagrostis hirtigluma* mit einer Artmächtigkeit bis zu 15 %.

Neben anderen Arten stellen insbesondere *Maerua schinzii*, *Commiphora multijuga*, *C. virgata*, *Adenolobus pechuelii* und *Curroria decidua* den Bezug zu der von VILJOEN (1980) beschriebenen ‚*Commiphora multijuga-Commiphora virgata-Euphorbia guerichiana*-Einheit des Escarpmentgebirge-Ökoton‘ her. Auffällig ist jedoch, daß VILJOEN *Commiphora anacardiifolia*, die mit ihrer hellen Borke aspektbildend in Erscheinung tritt, bei der Beschreibung seiner ‚*Commiphora multijuga-Commiphora virgata-Euphorbia guerichiana*-Einheit des Escarpmentgebirge-Ökoton‘ nicht erwähnt (VILJOEN 1980:67).

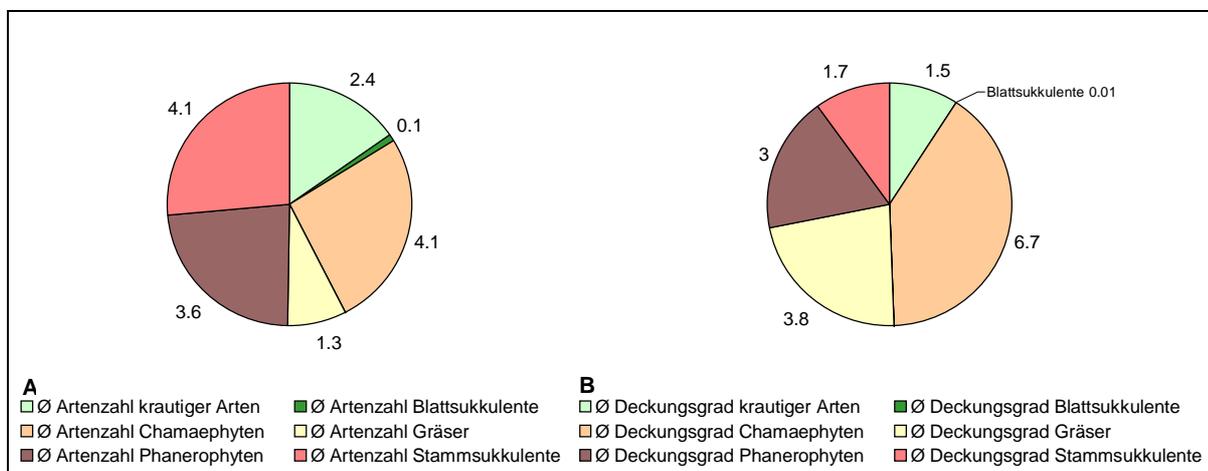


Abb. 85: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Dicoma tomentosa-Stipagrostis uniplumis-Savanne (Tab. 33, Nr. 13)

Gemeinsam mit der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne prägt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Dicoma tomentosa-Stipagrostis uniplumis*-Savanne den östlichen, niederschlagsreichen Endabschnitt des mittleren Transekts (vgl. Karte II, Anlagenband). Die durch drei Vegetationsaufnahmen belegte Gemeinschaft konnte auf Fußhang- und Mittelhangstandorten dokumentiert werden. Von den zuvor besprochenen Gemeinschaften ist sie vor allem durch das Fehlen von *Commiphora anacardiifolia*, *Commiphora virgata* und *Petalidium luteo-album* abzugrenzen (Tab. VIIa/b, Anlagenband). Zu charakterisieren ist diese Gemeinschaft über eine Artenkombination, zu der neben *Dicoma tomentosa* und *Stipagrostis uniplumis* auch *Leucosphaera bainesii*, *Melinis repens* ssp. *grandiflora* und *Aristida effusa* gehören (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Im Vergleich zu den anderen entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften besitzt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Dicoma tomentosa-Stipagrostis uniplumis*-Savanne die zweithöchste durchschnittliche Artenzahl.

Die von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Dicoma tomentosa-Stipagrostis uniplumis-Savanne* besiedelten Standorte sind durch einen 15 % nicht übersteigenden Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahmeflächen gekennzeichnet. Stärker vertreten sind die Fraktionen bis zur Gruppe der Blöcke, wobei z.T. die Grusfraktion dominiert, z.T. aber auch die Steinfraktion. Die Standorte der Gemeinschaft weisen ausschließlich quarzitisches Ausgangsmaterial auf. Der pH-Wert des Feinmaterials liegt mit Werten zwischen 6.4 und 7.1 relativ niedrig. Das Feinmaterial ist entweder carbonatfrei oder als sehr carbonatarm einzustufen (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Die anderen bodenchemischen Parameter zeigen keine auffälligen Ausprägungen.

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Dicoma tomentosa-Stipagrostis uniplumis-Savanne* gehört im Bereich des mittleren Transekts zu den Gemeinschaften mit einer relativ hohen Anzahl krautiger Arten (Abb. 86A). Zu den wichtigen Arten dieser Gruppe gehören neben *Dicoma tomentosa* *Geigeria ornativa*, *Geigeria acaulis* sowie *Abutilon fruticosum*. Im Arbeitsgebiet können *Geigeria acaulis* und *Geigeria ornativa* als Störungszeiger eingestuft werden (vgl. Kap. 6.3).

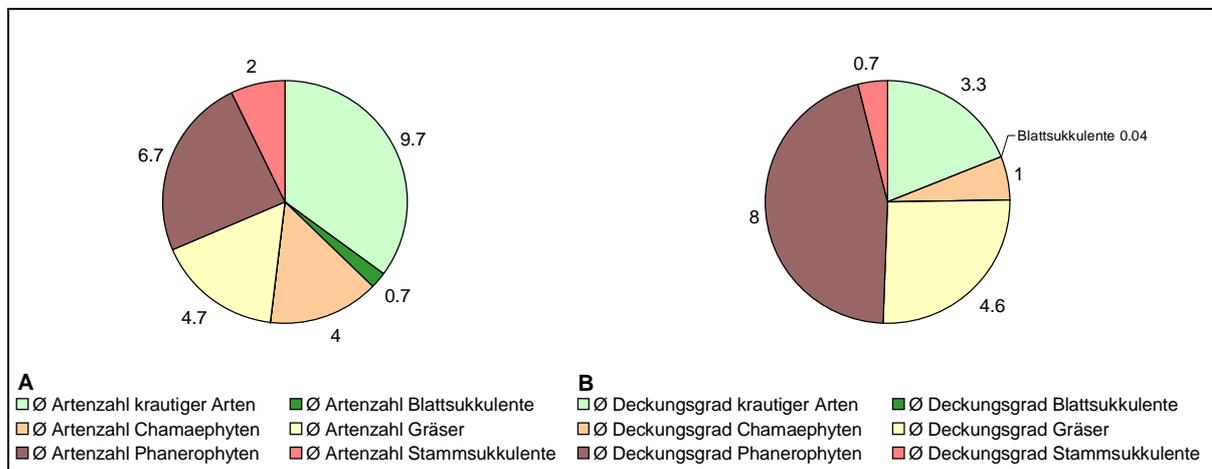


Abb. 86: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Dicoma tomentosa-Stipagrostis uniplumis-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Bezüge zu den von VILJOEN (1980) beschriebenen Einheiten lassen sich vor allem zu der der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Einheit' zugeordneten *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*' durch das Auftreten von *Commiphora pyracanthoides* und *C. glaucescens* erkennen. Die Bezüge bei den krautigen Arten und den Grasarten sind jedoch nur undeutlich.

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne (Tab. 33, Nr. 14)

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* ist die den östlich von Kaoko Otavi gelegenen Transektabschnitt prägende Gemeinschaft (durchschnittlicher Jahresniederschlag 300 bis 400 mm). Gegen die Gemeinschaften mit weiter östlich gelegenen Verbreitungsgebiet wie z.B. der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* klar abgrenzbar. Auf der einen Seite treten nun Arten wie *Acacia senegal ssp. rostrata*, *Acacia reficiens* und *Acacia mellifera* mit hoher Stetigkeit hinzu, während andere Arten mit einem westlicheren Verbreitungsschwerpunkt nun nicht mehr oder nur sehr verstreut in Erscheinung treten. Zu diesen Arten zählen *Petalidium luteoalbum*, *Heliotropium hereroense*, *Maerua schinzii* und *Commiphora virgata*. Das Verbreitungsgebiet

der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* wird durch einen hohen anthropogenen Nutzungsdruck geprägt. Insbesondere in den stark beweideten Beckenlandschaften dieses Raumes liegen stark degradierte Savanntentypen vor. Innerhalb der hier abgegrenzten *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* lassen sich zwei, unterschiedlich stark von Degradation betroffene Ausprägungen unterscheiden. So ist die eine, stärker degradierte Ausprägung, typisch für die Ebenenstandorte des Verbreitungsraumes der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* (Foto 34A). *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* sind hier nicht durch alle Vegetationsaufnahmen erfaßt worden (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Da die beiden phanerophytischen Arten besonders wichtige Nutzholzarten für die Himba und Herero darstellen, ist ihr Bestand besonders in den Ebenen (Siedlungsnähe) durch Beweidung und wegen der Nutzung als Bau- und Feuerholz häufig dezimiert (vgl. MALAN & OWEN-SMITH 1974, MALAN 1999:85, BOLLIG 1999:141ff, EICHORN & JÜRGENS 2000).

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* ist neben den Ebenenstandorten auch auf Fußhang- und Mittelhangstandorten mit Hangneigungen bis 34 % verbreitet (Foto 34B). Im Vergleich zu den Ebenenstandorten ist das Substrat der Hangstandorte durchgängig feinmaterialarm (Tab. VIIa/b, Anlagenband). Doch auch bei den Ebenenstandorten wurden feinmaterialarme Aufnahmeflächen dokumentiert. An solchen Standorten ist ein großer Teil des Feinmaterials erodiert und die Gemeinschaft stockt hier auf z.T. freigelegtem Kalkstein. Wenn sich auch beide Formen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* physiognomisch stark unterscheiden, so sind doch verbindende Elemente vorhanden. Dazu zählen *Ximenia americana*, *Grewia flavescens*, *Abutilon fruticosum*, *Acacia mellifera*, *Gossypium triphyllum*, *Eragrostis annulata* und *Aristida effusa* (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband).



Foto 34: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne*
(A. stark degradierte Ausprägung der Ebenen, B. weniger stark degradierte Form der Hangstandorte)

Deutliche Bezüge lassen sich zur *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* erkennen (s.o.). So ist zu vermuten, daß die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* aus einer stark degradierten *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* hervorgegangen ist. Auch die große Bedeutung der *Acacia*-Arten innerhalb der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* kann als Indiz für die anthropogene Überprägung der Vegetation des Raumes gewertet werden.

Ohne daß sich daraus deutliche Unterschiede hinsichtlich des pH-Wertes, der Leitfähigkeit, des Carbonatgehaltes oder der anderen bodenchemischen Parameter ergeben, wurde an den Hangstandorten dieser Gemeinschaft Quarzit bzw. Kalk als Ausgangsgestein dokumentiert. Unterschiede hinsichtlich der Bodenart des Feinmaterials lassen sich bei den Ebenenstandorten und den Hangstandorten erkennen. Während an den Hangstandorten die Bodenart als ‚sandiger Lehm‘ eingestuft wurde, weisen die Ebenenstandorte überwiegend einen höheren Sandanteil auf. Dieses Phänomen kann durch die den weitgehend entblößten Boden angreifende Winderosion erklärt werden. Gerade in den Beckenlagen dieses Raumes sind häufig Windhosen zu beobachten.

Sowohl im Hinblick auf die durchschnittliche Artenzahl als auch bezüglich der durchschnittlichen Gesamtdeckung wird die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* klar von Phanerophyten dominiert (Abb. 87A u. B). Als wichtigste Arten der Chamaephyten sind *Leucas pechuelii* und *Leucosphaera bainesii* zu nennen. Bei den Anteilen der verschiedenen Lebensformgruppen an der Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen sind die Phanerophyten und die Gräser als prägende Gruppen zu erkennen. Die ohnehin recht artenreich vertretene Gruppe der Gräser hat ihre Hauptvertreter in *Enneapogon desvauxii* und *Aristida effusa*. Auf die Einstufung von *Enneapogon desvauxii* als Indikator anthropogener Störungen wird in Kap. 6.3 genauer eingegangen.

Wenn auch die hier beschriebene *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* aus verschiedenen *Acacia*-Arten aufgebaut wird, so zeigen insbesondere die Ausschnitte mit *Acacia mellifera* einen deutlichen Bezug zur ‚*Acacia mellifera*-Savanne‘ VILJOENS (1980), die in seiner Vegetationsgliederung zur ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne‘ zählt. Der Schwerpunkt der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* liegt bei dem Dorf Okorosave sowie südwestlich anschließend bis Kaoko Otavi (vgl. Karte II, Anlagenband). Aus diesem Gebiet liegt eine Beschreibung VILJOENS der ‚*Acacia mellifera*-Savanne‘ vor (VILJOEN 1980:160f). Als typische Straucharten, die auch in der hier beschriebenen Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* vertreten sind, nennt VILJOEN (1980:164) *Dichrostachys cinerea*, *Ximenia americana*, *Mundulea sericea* und *Boscia foetida*.

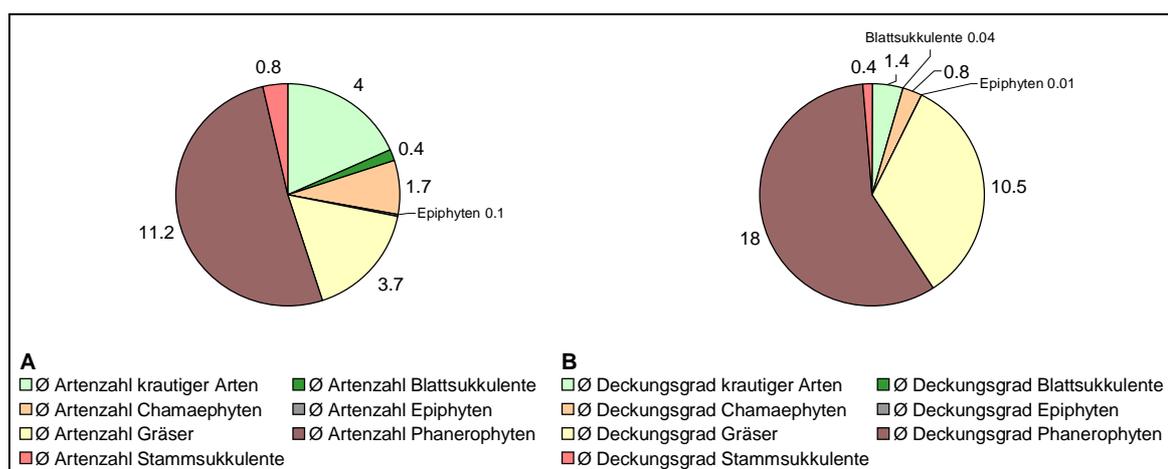


Abb. 87: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Petalidium rossmannianum-Savanne (Tab. 33, Nr. 15)

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Petalidium rossmannianum-Savanne* ist räumlich eng begrenzt im Becken von Omungunda bei durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen zwischen 200 und 300 mm verbreitet (vgl. Karte II, Anlagenband). Dort besiedelt diese Gemeinschaft sowohl Fuß- und Mittelhanglagen als auch in größerer Siedlungserne Ebenenstandorte (Foto 35). Von den anderen Gemeinschaften ist sie deutlich durch eine spezifische



Foto 35: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Petalidium rossmannianum-Savanne*

Artenkombination abgrenzbar, zu der *Petalidium rossmannianum*, *Hiernia angolensis*, *Salsola tuberculatifomis*, *Monechlytrum luederitzianum*, *Indigastrum argyraeum*, *Hirpicium gorterioides* sowie die *Asteraceae 107469* und *Sericorema sericea* zählen (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Eine enge Bindung der Gemeinschaft an bodenphysikalische Gegebenheiten ist nicht erkennbar. So zeichnen sich die Standorte der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Petalidium rossmannianum-Savanne* durch recht unterschiedliche Anteile der Korngrößen-

gruppen am Oberflächenmaterial der Aufnahmeflächen aus (Tab. VIIa/b, Anlagenband). Als Ausgangsmaterial wurde überwiegend Granit festgestellt, wobei die pH-Werte des Feinmaterials zwischen 6.5 und 7.2 liegen. Der Carbonatgehalt ist durchgängig gering und liegt zwischen null und zwei Gewichtsprozent. Die übrigen bodenchemischen Parameter weisen innerhalb dieser Gemeinschaft variable Ausprägungen auf.

Im Hinblick auf die durchschnittlichen Artenzahlen der Lebensformgruppen sind die krautigen Arten stark vertreten und bilden die dominante Gruppe dieser Savannengemeinschaften (vgl. Abb. 88A). Repräsentiert werden die krautigen Arten vor allem durch *Hiernia angolensis*, *Indigastrum argyraeum*, *Hirpicium gorterioides* sowie *Geigeria acaulis* und die *Asteraceae 107469* (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Aufgrund der z.T. sehr hohen Artmächtigkeiten von *Enneapogon desvauxii* und *Aristida effusa* sind die Gräser im Durchschnitt hinsichtlich der Gesamtdeckung die dominante Lebensformgruppe der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Petalidium rossmannianum-Savanne* (vgl. Abb. 88B).

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Petalidium rossmannianum-Savanne* liegt der Gliederung VILJOENS folgend im Übergangsbereich von der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Zwergstrauch-Savanne* der Hoarusibrivier-Schwemmläche‘ und der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Einheit*‘. So prägt die ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Zwergstrauch-Savanne* der Hoarusibrivier-Schwemmläche‘ nach VILJOEN (1980:83) insbesondere den Bereich zwischen Omungunda und der Hoarusib-Querung bei Otjiu (vgl. Karte II, Anlagenband). Dort ist nach VILJOEN (1980) ein durch anthropogene Holznutzung bedingter kleinräumiger Wechsel zwischen einer Zwergstrauchsavanne und einer Zwergbaumsavanne zu beobachten. Die hier ausgliederte *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Cato-*

phractes alexandri-*Petalidium rossmannianum*-Savanne weist dabei Bezüge sowohl zur ‚*Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Zwergstrauch-Savanne der Hoarusibrivier-Schwemmläche‘ als auch der ‚*Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Einheit‘ und hier insbesondere zum ‚*Petalidium rossmannianum*-*Hirpicium gorterioides*-Zwergstrauchland der Kalkebenen‘ auf (vgl. VILJOEN 1980:164f). Während die Bezüge zur ‚*Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Zwergstrauch-Savanne der Hoarusibrivier-Schwemmläche‘ insbesondere durch das Auftreten von *Boscia foetida*, *Curroria decidua*, *Leucosphaera bainesii*, *Melinis repens* spp. *grandiflora* und *Eragrostis annulata* aufgebaut werden, bestehen Bezüge zum ‚*Petalidium rossmannianum*-*Hirpicium gorterioides*-Zwergstrauchland der Kalkebenen‘ durch *Hirpicium gorterioides* und *Petalidium rossmannianum*. Dieses ‚Zwergstrauchland‘ hat sich nach VILJOEN (1980:164) überall zwischen Opuwo, Orumana und Orontjitombo auf sandigeren Lehmböden mit hohem Kalkgehalt herausgebildet. Auch wenn es sich bei dem im Becken von Omungunda vorliegenden Sediment um ein ton- und kalkreiches Material handelt, werden diese Eigenschaften durch die hier analysierten, den obersten 10 cm entnommenen Bodenproben, nicht deutlich. Wie bereits erwähnt, erreichen weder der Carbonat- und Calciumgehalt noch die pH-Werte des als ‚lehmiger Sand‘ vorliegenden Feinmaterials außergewöhnlich hohe Werte. Dies kann zwei Ursachen haben: Zunächst ist denkbar, daß je nach Niederschlagsgebiet unterschiedlich kalk- und tonreiche Sedimente in das Becken von Omungunda transportiert werden. Daneben könnte der oberste Bodenhorizont jedoch auch durch Niederschläge weitgehend entkalkt worden sein.

Auf die Gegebenheiten im Becken von Omungunda, als einem der im Kaokoland am stärksten degradierten Räume, wird in Kap. 6.3.2 noch genauer eingegangen.

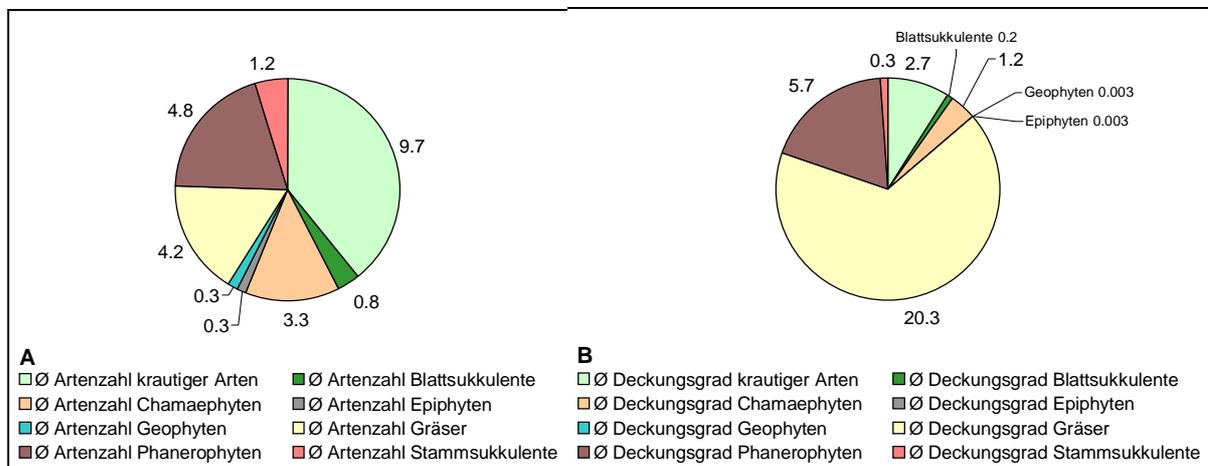


Abb. 88: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-*Petalidium rossmannianum*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne (Tab. 33, Nr. 16)

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* ist die prägende Gemeinschaft des östlichen Endabschnitts des Transekts Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park (vgl. Karte II, Anlagenband). Auch wenn in dieser Gemeinschaft noch einige typische Vertreter der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Petalidium rossmannianum-Savanne* auftreten (*Sericorema sericea*, *Dicoma tomentosa*), läßt sie sich deutlich von dieser Gemeinschaft abgrenzen. So treten hier Arten hinzu, die in den anderen Gemeinschaften nicht oder nur vereinzelt dokumentiert werden konnten. Dazu zählen *Lycium oxycarpum*, *Nelsia quadrangula*, *Evolvulus alsinoides*, *Phyllanthus pentandrus* und *Indigastrum argyroides* (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). *Petalidium rossmanianum* ist in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* nicht vertreten. Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* ist sowohl auf Ebenenstandorten, als auch auf Fuß- und Mittelhangstandorten bei einem durchschnittlichen jährlichen Niederschlag von 300 bis 400 mm dokumentiert worden. Eine Vegetationsaufnahme wurde im Bereich eines Trockenflußbettes erfaßt. Es lassen sich zwei Formen abgrenzen, von der die eine die Ebenstandorte kennzeichnet. Von der auf den Fuß- und Mittelhängen verbreiteten Form ist diese durch eine Artengruppe differenziert, zu der *Ocimum filamentosum*, *Kleinia longiflora* und *Ziziphus mucronata* zählen. Auf Hangstandorten



Foto 36: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne*

haben dagegen *Hermannia modesta*, *Nelsia quadrangula* und *Anthehora schinzii* ihren Schwerpunkt innerhalb der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* (Tab. VIIa/b, Anlagenband).

In Bezug auf die von VILJOEN (1980) ausgegliederten Vegetationseinheiten weist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* durch das Auftreten von *Catophractes alexandri*, *Rhigozum brevispinosum*, *Boscia foetida*, *Dichrostachys cinerea* und

Eragrostis annulata den stärksten Bezug zur ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* der Ebenen‘ auf, die der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Einheit*‘ zugeordnet ist. Die auf Ebenenstandorten verbreitete Ausprägung weist daneben Bezüge zur ‚*Acacia tortilis-Ziziphus mucronata-Baumsavanne* der trockenen Täler‘ nach VILJOEN (1980:158) auf. Die Ebenenstandorte dieses Raumes sind sämtlich von kleineren, dem Hoarusib tributären Gerinnen und Rivieren durchzogen. Wie später am Beispiel des vom südlichen Transekt gequerten Beckens von Sesfontein gezeigt wird, ist *Acacia tortilis* eine typische Art der grundwasserversorgten, flußferneren Standorte. Diese Art konnte im Bereich des mittleren Transekts im Rahmen dieser Arbeit nicht dokumentiert werden. *Ziziphus mucronata* ist im Gebiet ebenfalls eine an edaphisch feuchte Standorte gebundene Art. Mit ihrem höheren Anteil an Stammsukkulenten vor allem der Gattung *Commiphora* und dem Auftreten von *Sterculia africana* weisen die auf Hangstandorten erfaßten Aufnahmen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* einen deutlichen Bezug zur der von VILJOEN (1989) der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Einheit*‘ zugeord-

neten ‚*Commiphora spp.-Sterculia africana*-Savanne der Berge und Kuppen‘ auf (vgl. VILJOEN 1980:151).

Die von der Gemeinschaft besiedelten Mittelhangstandorte sind z.T. relativ feinmaterialreich. Die artenreichste aller entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park dokumentierten Vegetationsaufnahmen wurde mit 52 Arten pro 0.1 ha jedoch an einem vergleichsweise feinmaterialarmen Mittelhangstandort erfaßt. Die Art des Ausgangsgesteins ist innerhalb der Gemeinschaft recht heterogen. Neben Quarzen findet sich die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri*-Savanne auf Standorten, bei denen Sandstein, Kalk, Konglomerat sowie quarzitisches Lockersedimente als Ausgangsgestein vorliegen. Der pH-Wert des Feinmaterials liegt mit einer Ausnahme zwischen 7.2 und 7.7. Unter den Ebenenstandorten wurden zwei Aufnahmeflächen erfaßt, die mit 0.2 bzw. 0.25 mS/cm einen hohen Gehalt an wasserlöslichen Salzen aufweisen. Die Spanne des Carbonatgehaltes reicht von carbonatfrei bis carbonatreich. Die übrigen bodenchemischen Parameter zeigen keine auffälligen Ausprägungen.

In der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri*-Savanne wird hinsichtlich der durchschnittlichen Artenzahl mit 36.4 Arten pro 0.1 ha der höchste Wert aller im Rahmen dieser Arbeit beschriebenen Gemeinschaften erreicht. Wie Abb. 89A verdeutlicht, haben die krautigen Arten mit durchschnittlich 15.7 Arten pro 0.1 ha daran einen großen Anteil. Dieser Wert stellt gleichzeitig den Spitzenwert im Vergleich zu den anderen Gemeinschaften für diese Lebensformgruppe dar. Die im östlichen Abschnitt des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park dokumentierte *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri*-Savanne weist dagegen mit einem Durchschnittswert von 3.6 pro 0.1 ha eine wesentlich niedrigere Zahl krautiger Arten auf (vgl. S. 227). Im Hinblick auf den durchschnittlichen Deckungsgrad sind die Phanerophyten mit den Hauptarten *Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides* und *Catophractes alexandri* die klar dominierende Lebensformgruppe.

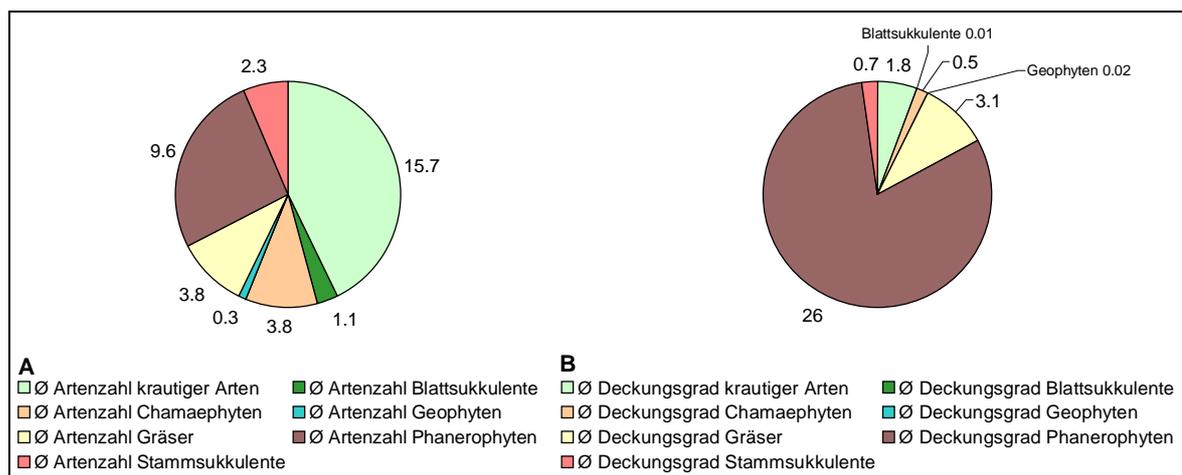


Abb. 89: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittliche Gesamtdeckung (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

6.2.5.3.1.3.2 *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* (Tab. 33, Nr. 17) hat im Bereich des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park nur eine geringe Bedeutung. Während dieser Savannentyp im Verlauf des nördlichen Transekts durch 48 Vegetationsaufnahmen belegt ist und den prägenden Savannentyp des zentralen Teils des Transekts darstellt, wird er beim mittleren Transekt lediglich durch 10 Vegetationsaufnahmen repräsentiert. Zahlreiche Arten haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*. Dazu zählen neben



Foto 37: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*

Combretum apiculatum bei den ausdauernden Arten insbesondere *Thamnosma africanum*, *Mundulea sericea* und *Rhigozum brevispinosum* (vgl. Tab. 34, S. 173). So ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* gegen die anderen, entlang des mittleren Transekts dokumentierten Gemeinschaften gut abgrenzbar (Tab VII, Anlagenband). Verglichen mit den Gemeinschaften des gleichen Savannentyps des nördlichen Transekts liegen die stärksten Bezüge zur Gemeinschaft der *Colophospermum mo-*

pane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Geigeria acaulis-Savanne vor (vgl. Tab. V, Anlagenband). Im Verlauf des mittleren Transekts konnte die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* überwiegend auf Ebenenstandorten dokumentiert werden (Foto 37, vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband).

Die drei auf Hangstandorten erfaßten Aufnahmen sind im Vergleich artenreicher und lassen sich durch das Auftreten von Arten wie *Xerophyta squarrosa*, *Grewia villosa*, *Eragrostis crassinervis*, *Myrothamnus flabellifolius* und *Marcellioopsis welwitschii* von den Aufnahmen der Ebenenstandorte abgrenzen. Neben das die Gemeinschaft prägende Gras *Artistida effusa* tritt an Hanglagen *Enneapogon cenchroides*.

Die Standorte der Gemeinschaft weisen überwiegend einen geringen Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial auf (Tab. VIIa/b, Anlagenband). Lediglich bei den Ebenenstandorten werden Feinmaterialanteile von bis zu 60 % erreicht. Überwiegend werden die Aufnahmen jedoch durch Material der Grus- bzw. Kiesfraktion geprägt. Die pH-Werte des Feinmaterials zeigen mit Werten zwischen 6.3 und 7.6 eine relativ große Spannbreite. Das gleiche gilt für den Carbonatgehalt. Neben Standorten mit carbonatfreiem Feinmaterial wurden Aufnahmeflächen dokumentiert, deren Feinmaterial als stark carbonathaltig eingestuft werden kann. Als Ausgangsgestein der Ebenenstandorte liegt durchgängig Kalk vor. An den Hängen bildet Sandstein das Ausgangsmaterial. Trotz des an den verschiedenen Standorttypen vorliegenden unterschiedlichen Ausgangsgesteins sind zwischen den verschiedenen Aufnahmeflächen keine auffälligen Ausprägungen der bodenchemischen Parameter festzustellen (Tab.

VIIa/b, Anlagenband). Während die Phanerophyten hinsichtlich der durchschnittlichen Artenzahlen die dominante Lebensformgruppe darstellen, stellen die Gräser die dominante Lebensformgruppe bezüglich des durchschnittlichen Deckungsgrades dar (Abb. 90A und Abb. 90B). Die im Hinblick auf die durchschnittlichen Artenzahlen recht stark vertretenen Chamaephyten und krautigen Arten spielen bezüglich des durchschnittlichen Deckungsgrades jedoch nur eine untergeordnete Rolle.

Nach VILJOEN (1980) ist die ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Einheit‘ im Bereich des mittleren Transekts nicht vertreten. Dabei muß jedoch angemerkt werden, daß Unterschiede zur Vegetationsgliederung VILJOENS in der Gliederung der Vegetation wie sie bei der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurde, auch auf ein methodisch unterschiedliches Vorgehen zurückzuführen sein können. Dies läßt sich am Beispiel der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* verdeutlichen. So ist *Combretum apiculatum* in keiner der hier der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* zugeordneten Vegetationsaufnahmen die dominante Art. Die Dominanz bzw. hohe Abundanz einer Art ist jedoch nach der Methode VILJOENS (1980) die Grundlage zur Abgrenzung verschiedener Vegetationstypen. So zeigt die hier beschriebene *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* deutliche Bezüge zur ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* der Ebenen‘, die in dem System VILJOENS der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Einheit*‘ zugeordnet ist. In dieser ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* der Ebenen‘ ist *Combretum apiculatum* die Art mit der dritthöchsten Abundanz. Verbindende Elemente sind daneben *Commiphora pyracanthoides*, *Rhigozum brevispinosum*, *Boscia foetida* und *Ximania americana*.

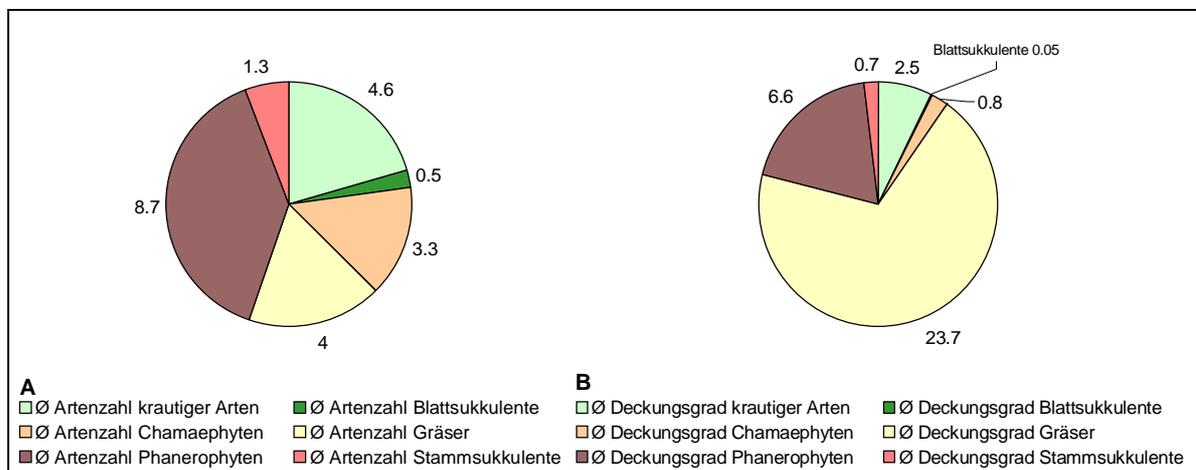


Abb. 90: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park

6.2.5.3.1.4 Zusammenfassung

Auf der Grundlage von 166 Vegetationsaufnahmen konnten für das Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park zwei Hauptvegetationstypen abgegrenzt werden. Auf der einen Seite ist dies das durch vier Gemeinschaften belegte *ephemere Grasland*, welches den die Vornamib querenden Transektabschnitt bis zum Übergang von der Vornamib zur Escarpment-Zone prägt. Während die Ebene der Vornamib durch ein artenarmes *ephemeres Stipagrostis hirtipluma-Grasland*

geprägt wird, ist die Verbreitung der artenreicheren *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* auf Hanglagen beschränkt. Mit dem Übergang in die Escarpment-Zone wird das *ephemere Grasland* durch Gemeinschaften der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* abgelöst. Anders als beim Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park konnte eine *Colophospermum mopane-Savanne* entlang des mittleren Transekts nicht dokumentiert werden. Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* wurde in eine artenarme und eine artenreiche Ausprägung untergliedert. Durch den nordost-südwest-gerichteten Klimagradienten erklärbares räumliche Verbreitungsschwerpunkte beider Ausprägungen sind nicht zu erkennen. Die den zentralen Abschnitt des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park prägende *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* konnte im Bereich des mittleren Transekts nur zwischen 13° 30' östl. L. und 13° 35' östl. L. – also räumlich eng begrenzt – dokumentiert werden.

Wie beim nördlichen Transekt können die Ausprägungen bodenchemischer Parameter nicht als Determinante für die Herausbildung unterschiedlicher Vegetationstypen und Gemeinschaften herangezogen werden.

Die einzelnen Gemeinschaften sind nicht verstreut entlang des Transekts dokumentiert worden. Es lassen sich vielmehr überwiegend Schwerpunkte ihres Verbreitungsgebietes beschreiben. Daher liegt die Vermutung nahe, daß die großräumig wirkenden Gradienten der mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente Hauptdeterminanten für die Entwicklung der verschiedenen Gemeinschaften darstellen. Insbesondere in den Beckenlagen des niederschlagsreicheren, östlichen Transekts ist eine starke, anthropogene Überprägung der Vegetation festzustellen.

6.2.5.3.2 Standortbindungen syntaxonomisch relevanter Arten (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

Die Abgrenzung der in Tab. 33, S. 165, dargestellten Vegetationstypen (*ephemeres Grasland, Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savannen*) bzw. deren Untereinheiten und Gemeinschaften erfolgte auf der Grundlage der die einzelnen Vegetationstypen charakterisierenden Arten (vgl. Kap. 6.2.5.1). Diese Kennarten sind nicht gleichmäßig verteilt entlang des Transekts verbreitet – ihr Auftreten und Nichtauftreten wird vielmehr durch die Ausprägungen verschiedener Standortfaktoren gesteuert. Tab. VIII/1 und Tab. VIII/2 (Anlagenband) stellt anhand des SPEARMAN'schen Korrelationskoeffizienten den Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit dieser Kennarten und den im Rahmen der Untersuchung erfaßten Standortfaktoren dar. Auf eine Darstellung der Korrelationen mit dem Nitrit- und Ammoniumgehalt des Feinmaterials wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Aufgrund der in Tab. VIIa/b (Anlagenband) dargestellten Werte, kann eine Vegetationsmuster erklärende Wirkung dieser Parameter ausgeschlossen werden.

Unter dem Begriff ‚Standort‘ wird im folgenden nicht der punkthafte Wuchsort der Individuen einer Art verstanden, sondern eine durch die Aufnahme­fläche repräsentierte Raumeinheit. Die Angaben über die bodenchemischen Parameter beziehen sich auf das auf der Aufnahme­fläche gewonnene Feinmaterial. Die Angaben zum Salzgehalt und zum Ionengehalt der Standorte beziehen sich auf die wasserlöslichen Gehalte im Feinmaterial. Bei chamaephytischen Arten, phanerophytischen Arten und sukkulenten ausdauernden Arten ohne positiven Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit und dem Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche, sind die statistisch abgesicherten

Standortbindungen im Hinblick auf die chemischen Eigenschaften des Feinmaterials in den jeweiligen Übersichtstabellen in Klammern gesetzt.

Tab. 35: Standortbindungen von *Calicorema capitata* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Verbreitung ist beschränkt auf den niederschlagsarmen, westlichen Transektsabschnitt
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- (indifferent gegenüber bodenchemischen Eigenschaften)

Im folgenden werden die Standortbindungen der einzelnen Arten vorgestellt.

Calicorema capitata ist in ihrer Verbreitung entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park auf den westlichen, niederschlagsarmen Transektsabschnitt beschränkt. Hier ist *Calicorema capitata* Kennart

der *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft*. Ihr Optimum erreicht *Calicorema capitata* auf feinmaterialarmen Standorten. Gegenüber den anderen in die Analyse einbezogenen Faktoren erweist sich die Art als indifferent. Tab. 35 faßt die Standortbindungen von *Calicorema capitata* zusammen.

Tab. 36: Standortbindungen von *Euphorbia damarana* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Verbreitung ist beschränkt auf den niederschlagsarmen, westlichen Transektsabschnitt
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- (indifferent gegenüber bodenchemischen Eigenschaften)

Gemeinsam mit *Calicorema capitata* grenzt *Euphorbia damarana* die *Calicorema capitata-Euphorbia damarana-Gemeinschaft* gegen die anderen für das mittlere Transekt beschriebenen Gemeinschaften ab. Auch wenn *Calicorema capitata* entlang des mittleren Transekts häufiger dokumentiert werden konnte als *Euphorbia damarana* (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband), so

ergeben sich für beide Arten doch gleiche Standortbindungen. So hat auch *Euphorbia damarana* ihr Optimum auf feinmaterialarmen Standorten im niederschlagsarmen, westlichen Transektsabschnitt und ist gegenüber den anderen in die Analyse einbezogenen Parametern als indifferent einzustufen. Tab. 36 faßt die Standortbindungen von *Euphorbia damarana* zusammen.

Zygophyllum stapfii kennzeichnet gemeinsam mit *Stipagrostis namaquensis* im *Zygophyllum stapfii-Stipagrostis namaquensis-Grasland* den äußersten Endabschnitt des mittleren Transekts. Aus der engen Kopplung des Auftretens beider Arten ergeben sich ähnliche Standortbindungen. Beide Arten haben ihr Optimum an feinmaterialarmen Standorten, wobei sich bei *Stipagrostis namaquensis* eine schwache Bindung an Standorte mit einem relativ hohen Feingrus- bis Mittelgrusanteil bzw. Feinkies- bis Mittelkiesanteil zeigt. Dagegen hat *Zygophyllum stapfii* sein Optimum an Standorten mit einem hohen Anteil anstehenden Gesteins. Beide Arten erzielen daneben höhere Artmächtigkeiten an Standorten mit geringem Carbonat- und Chloridgehalt. Bei *Zygophyllum stapfii* ist auch eine Bindung an nitratarme Standorte zu erkennen. Wegen des geringen Feinmaterialanteils am Oberflächenmaterial der Aufnahmeflächen ist die Interpretation der Korrelationen zwischen der Artmächtigkeit beider Arten und den bodenchemischen Parametern nur bedingt sinnvoll. Tab. 38 und Tab. 39 fassen die Standortbindungen von *Calicorema capitata* und *Stipagrostis namaquensis* zusammen.

Tab. 38: Standortbindungen von *Zygophyllum stapfii* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Verbreitung ist beschränkt auf den niederschlagsarmen, westlichen Transektsabschnitt
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standort mit hohem Anteil anstehenden Gesteins
- (Standorte mit geringem Carbonatgehalt)
- (Standorte mit geringem Chloridgehalt)
- (Standorte mit geringem Nitratgehalt)

Tab. 39: Standortbindungen von *Stipagrostis namaquensis* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Verbreitung ist beschränkt auf den niederschlagsarmen, westlichen Transektsabschnitt
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit hohem Fein- bis Mittelgrus bzw. Fein- bis Mittelkies-Anteil
- (Standorte mit geringem Carbonatgehalt)
- (Standorte mit geringem Chloridgehalt)

Zur Abgrenzung der unterschiedlichen Gemeinschaften sind nur selten annuelle bzw. ephemere Arten herangezogen worden. Der Grund hierfür wird am Beispiel von *Stipagrostis hirtigluma* deutlich. So ergibt sich für diese Grasart kein Zusammenhang zwischen der den klimatischen, nordost-südwestgerichteten Komplexgradienten widerspiegelnden geographischen Länge der Aufnahme­fläche und der jeweils erreichten Artmächtigkeit. Dieses Ergebnis ist jedoch ein Artefakt der sich von Regenzeit zu

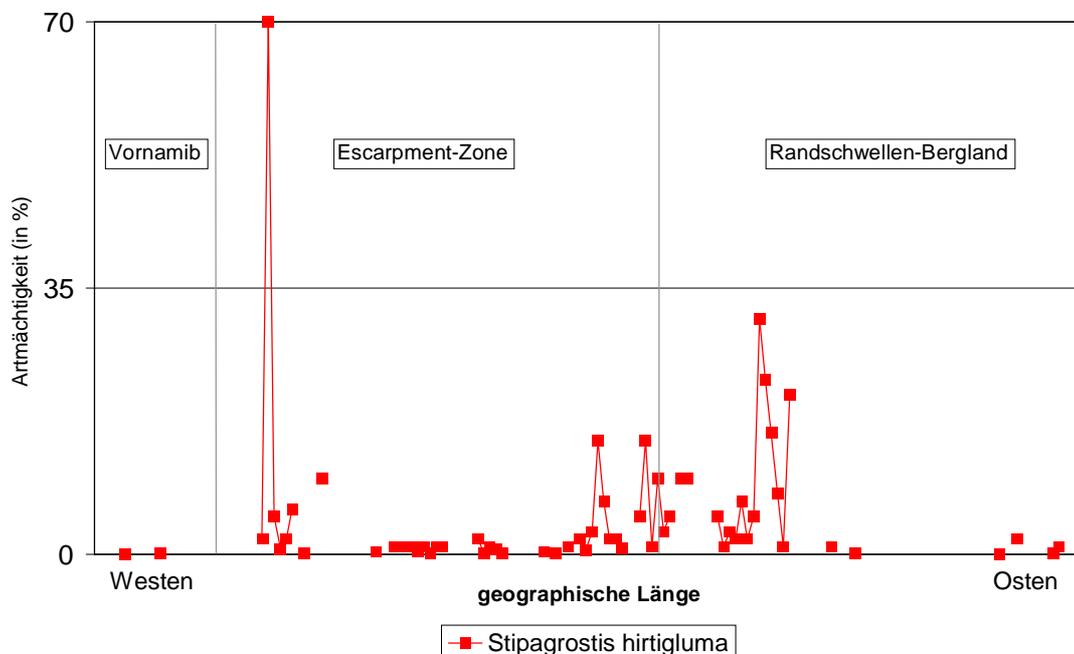


Abb. 91: Artmächtigkeiten von *Stipagrostis hirtigluma* in den entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen (Regenzeiten 1996/1997)

Regenzeit ändernden Niederschlagsbedingungen im Untersuchungsgebiet (vgl. Kap. 5.3.4). So ist *Stipagrostis hirtigluma* im Bereich des mittleren

Tab. 37: Standortbindungen von *Stipagrostis hirtigluma* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Verbreitung ist beschränkt auf den niederschlagsarmen, westlichen Transektsabschnitt
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit hohem Fein- bis Mittelgrus bzw. Fein- bis Mittelkies-Anteil
- Standorte mit geringem Carbonatgehalt
- Standorte mit geringem Chloridgehalt

Transekts während ergiebiger Regenzeiten mit Artmächtigkeiten von mehr als 70 % die aspektbildende Art der Vornamib. Erhält dieser Raum nur geringe Niederschlagsmengen, so tritt *Stipagrostis hirtigluma* nur vereinzelt und mit niedrigen Artmächtigkeiten in Erscheinung. So spiegelt Abb. 91 die Artmächtigkeit von *Stipagrostis hirtigluma* in den während niederschlagsarmen Regenzeiten entlang des middle-

ren Transekts erfaßten Vegetationsaufnahmen wider. Es zeigt sich, daß *Stipagrostis hirtigluma* in diesem Zeitraum in der Vornamib nur sehr schwach vertreten war. Ihr Optimum erreicht diese Art entlang des mittleren Transekts im Übergangsraum von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland. Im Hinblick auf die anderen Standortfaktoren zeigt *Stipagrostis hirtigluma* eine Bindung an Standorte mit einem hohen Anteil der Steinfraktion. Bezüglich der bodenchemischen Parameter ist eine Bindung an carbonatarme und chloridarme Standorte erkennbar. Tab. 37 faßt die Standortbindungen von *Stipagrostis hirtigluma* zusammen.

Gemeinsam mit *Curroria decidua* grenzt *Phaeoptilum spinosum* die *Phaeoptilum spinosum-Curroria decidua*-Gemeinschaft gegen die anderen entlang des mittleren Transekts ausgegliederten Gemeinschaften ab. Während *Phaeoptilum spinosum* mit einer Gesamtstetigkeit von 5.4 % lediglich auf

Tab. 40: Standortbindungen von *Phaeoptilum spinosum* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitt
- Standorte im hohem Steinanteil

Standorten im Übergangsbereich von der Escarpment-Zone zur Vornamib und in der Vornamib dokumentiert werden konnte, zählt *Curroria decidua* mit einer Stetigkeit von 22.3 % zu den häufigeren Arten des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park. Dabei ist *Curroria decidua* noch recht häufig in

Gemeinschaften vertreten, die weiter östlich gelegene Transektabschnitte prägen (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Im Hinblick auf die Korrelationsanalyse ergibt sich daher für *Phaeoptilum spinosum* eine starke Bindung an die den klimatischen, nordost-südwest-gerichteten Komplexgradienten widerspiegelnde geographische Länge der Aufnahme­fläche, während für *Curroria decidua* ein solcher Zusammen-

hang nicht vorliegt. *Curroria decidua* hat ihr Optimum deutlich an stark geneigten Hängen. Diese Standorte sind feinmaterialarm und weisen daneben auch geringe Grus- bzw. Kiesanteile auf. Geprägt werden diese Standorte von Material der Steinfraktion sowie von Blöcken und anstehendem Gestein. Im Hinblick auf die bodenchemischen Parameter zeigt sich bei *Curro-*

Tab. 41: Standortbindungen von *Curroria decidua* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte mit starker Hangneigung
- Standorte mit geringem Grus- bzw. Kiesanteil
- Standorte mit hohem Anteil an Material der Steinfraktion, an Blöcken sowie anstehendem Gestein
- (Standorte mit geringem Carbonatgehalt)

ria decidua lediglich ein schwach positiver Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit und einem geringen Carbonatgehalt des Feinmaterials. Im Falle von *Phaeoptilum spinosum* kann neben der geographischen Länge der Aufnahme­fläche lediglich der Anteil der Steinfraktion am Oberflächenmaterial

als die Artmächtigkeit dieser Art bestimmender Faktor genannt werden. So ist eine schwache Bindung von *Phaeoptilum spinosum* an Standorte mit einem relativ hohen Anteil der Steinfraktion am Oberflächenmaterial sichtbar. Tab. 40 und Tab. 41 fassen die Standortbindungen von *Curroria decidua* und *Phaeoptilum spinosum* zusammen.

Tab. 42: Standortbindungen von *Colophospermum mopane* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Optimum im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt
- Standorte mit hohem Feinmaterialanteil
- Standorte mit hohem Grus- bzw. Kiesanteil
- Standorte mit geringem Blockanteil
- Standorte mit hohem pH-Wert
- Standorte mit hohem Nitratgehalt

Wie beim Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park ist *Colophospermum mopane* die Hauptart des mittleren Transekts und kennzeichnet die *Colophospermum*

mopane-Savannen. Sehr deutlich zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der an den einzelnen Aufnahme­flächen dokumentierten Artmächtigkeit und der geographischen Länge der Aufnahme­fläche

und damit zu den nordost-südwest-gerichteten Gradienten der mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente. So konnte *Colophospermum mopane* in den den niederschlagsarmen Westabschnitt des Transekts prägenden Gemeinschaften des *ephemerem Graslandes* nur vereinzelt mit geringen Artmächtigkeiten dokumentiert werden (vgl. Abb. 92, S. 208). Als weitere determinierende Faktoren sind insbesondere bodenphysikalische Parameter erkennbar. So erreicht *Colophospermum mopane* höhere Artmächtigkeiten an Standorten mit einem höheren Feinmaterialanteil sowie Grus- bzw. Kiesanteil. Standorte mit einem hohen Blockanteil stellen dagegen keine optimalen Wuchsorte für *Colophospermum mopane* dar. Daneben ist eine Bindung an Standorte mit nur geringer Hangneigung erkennbar. Im Hinblick auf die bodenchemischen Parameter liegt eine Bindung an Standorte mit hohem pH-Wert und einem hohen Nitratgehalt vor. Tab. 42

Tab. 43: Standortbindungen von *Terminalia prunioides* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Optimum im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt
- Standorte mit hohem Feinmaterialanteil
- indifferent gegenüber bodenchemischen Parametern

faßt die Standortbindungen von *Colophospermum mopane* zusammen.

Ähnlich deutlich ist auch der Zusammenhang zwischen der geographischen Länge als Stellvertreter für die mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente und der Abundanz und Artmächtigkeit von *Terminalia prunioides*

(vgl. Abb. 92, S. 208). Neben *Colophospermum mopane* stellt *Terminalia prunioides* die wichtigste Art der *Colophospermum mopane*-Savannen dar und war zur Abgrenzung des Savanntyps der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne herangezogen worden. Im Hinblick auf die übrigen in die Analyse einbezogenen Parameter sind überwiegend keine Standortbindungen für *Terminalia prunioides* erkennbar. Ein positiver Zusammenhang liegt lediglich mit dem Feinmaterialanteil des Standortes vor. Im Hinblick auf die Ausprägungen der bodenchemischen Parameter

liegen keine statistisch abgesicherten Bindungen vor. Tab. 43 faßt die Standortbindungen von *Terminalia prunioides* zusammen.

Tab. 44: Standortbindungen von *Heliotropium hereroense* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Optimum im niederschlagsärmeren, westlichen Transektabschnitt
- Standorte mit starker Hangneigung
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit geringem Feingrus- bis Mittelgrusanteil bzw. Feinkies- bis Mittelkiesanteil
- Standorte mit hohem Anteil der Steinfraction
- Standorte mit hohem Blockanteil
- (indifferent gegenüber bodenchemischen Parametern)

Innerhalb der *artenarmen Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne grenzen *Amphiasma merenskianum* und *Heliotropium hereroense* die *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Heliotropium hereroense*-*Amphiasma merenskianum*-Savanne ab. Mit einer Stetigkeit von 22.9 % bzw. 33.1 % zählen beide Arten jedoch zu den vergleichsweise häufig entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park dokumentierten Arten und sind so

auch in anderen Gemeinschaften vertreten. Dabei liegt das ökologische Zentrum von *Heliotropium hereroense* eher im westlichen, niederschlagsärmeren Teil des mittleren Transekts. Hier besiedelt diese Art vornehmlich stark geneigte Hänge mit geringem Feinmaterialanteil und einem geringen Materialanteil der Korngrößengruppe Feingrus bzw. Feinkies bis Mittelgrus bzw. Mittelkies. Geprägt werden die Standorte von einem hohen Anteil der Steinfraction und der Blöcke. Eine Bindung an Ausprägungen bodenchemischer Parameter liegt nicht vor. Tab. 44 faßt die Standortbindungen von *Heliotropium hereroense* zusammen.

Aus dem häufig gemeinsamen Auftreten von *Heliotropium hereroense* und *Amphiasma merenskianum* ergeben sich ähnliche Standortbindungen von *Amphiasma merenskianum*. Wie bei *Heliotro-*

Tab. 45: Standortbindungen von *Amphiasma merenskianum* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte mit starker Hangneigung
- Standorte mit geringem Feingrus- bis Mittelgrusanteil bzw. Feinkies- bis Mittelkiesanteil
- Standorte mit hohem Anteil der Steinfraction
- Standorte mit hohem Blockanteil
- Standorte mit hohem Anteil des anstehenden Gesteins
- (Standorte mit hohem Chloridgehalt)

pium hereroense zeigt sich eine Bindung dieser Art für stärker geneigte, feinmaterialarme Standorte. Die fein- bis mittelgrusarmen bzw. feinkies- bis mittelkiesarmen Standorte weisen einen hohen Anteil der Steinfraction, der Blöcke und des anstehenden Gesteins auf. Im Hinblick auf eine Bindung an bodenchemische Parameter liegt eine schwach positive Korrelation mit dem Chloridgehalt vor. Grundsätzlich sind die Standorte von *Amphiasma merenskianum* aber eher feinmaterialarm. Daher ist dieses Ergebnis nur eingeschränkt interpretierbar. Tab. 45 faßt die Standortbindungen von *Amphiasma merenskianum* zusammen.

Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* ist die prägende Gemeinschaft des zwischen Okomutati und Sanitatas gelegenen Teils des vom Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park gequerten Schiefergebirges. *Commiphora virgata* und *Petalidium luteo-album* sind zwar in ihrer Verbreitung nicht auf diese Gemeinschaft beschränkt, grenzen sie jedoch recht scharf gegen die anderen Savannengemeinschaften ab (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). So ergibt sich für beide Arten ein deutlicher Zusammenhang zwischen den jeweiligen Artmächtigkeiten und der geographischen Länge des Standortes als die die mit den Niederschlägen verbundenen Gradienten darstellende Variable. Beide Arten zeigen ähnliche Bindungen hinsichtlich des Feinmaterialanteils am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche sowie an den Anteil an Feingrus- bis Mittelgrus bzw. Feinkies- bis Mittelkies. Hohe Artmächtigkeiten erreichen

Tab. 46: Standortbindungen von *Commiphora virgata* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsärmeren, westlichen Transektabschnitt
- Standorte mit starker Hangneigung
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit geringem Feingrus- bis Mittelgrusanteil bzw. Feinkies- bis Mittelkiesanteil
- Standorte mit hohem Anteil der Steinfraction
- Standorte mit hohem Blockanteil
- Standorte mit hohem Anteil des anstehenden Gesteins
- (Standorte mit geringem Carbonatgehalt)

Tab. 47: Standortbindungen von *Petalidium luteo-album* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsärmeren, westlichen Transektabschnitt
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit geringem Feingrus- bis Mittelgrusanteil bzw. Feinkies- bis Mittelkiesanteil
- Standorte mit hohem Anteil der Steinfraction

Commiphora virgata und *Petalidium luteo-album* eher an Standorten mit geringen Anteilen dieser Korngrößengruppen. Daneben zeigt sich bei *Commiphora virgata* eine deutliche Bindung an stark geneigte Standorte mit einem hohen Anteil anstehenden Gesteins. Die Tab. 46 und Tab. 47 fassen die Standortbindungen von *Commiphora virgata* und *Petalidium luteo-album* zusammen.

Neben der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* ist *Grewia flavescens* mit einer Gesamtstetigkeit von 14,5 % auch in anderen Gemein-

schaften der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savannen* des mittleren Transekts recht häufig vertreten. Der stark positive Zusammenhang der Artmächtigkeit von *Grewia*

Tab. 49: Standortbindungen von *Grewia flavescens* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt
- Standorte mit hohem Feinmaterialanteil
- indifferent gegenüber den bodenchemischen Faktoren

flavescens und der geographischen Länge als Parameter für die mit den Niederschlägen verbundenen nordost-südwest-gerichteten Gradienten belegt die Bindung dieser Art für niederschlagsreiche, im östlichen Teil des mittleren Transekts gelegene Standorte. Daneben ist erkennbar, daß *Grewia flavescens* ihr Optimum an feinmaterialreichen Standorten hat. Bezüglich der anderen in die Analyse einbezogenen Standortfaktoren sind keine Bindungen

von *Grewia flavescens* erkennbar. Tab. 49 faßt die Standortbindungen von *Grewia flavescens* zusammen.

Auch *Ximения americana* als zweite Kennart der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximения americana-Savanne* tritt neben dieser Gemeinschaft in anderen Ge-

Tab. 48: Standortbindungen von *Ximения americana* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt
- Standorte mit geringer Hangneigung bzw. Ebenenstandorte
- Standorte mit geringem Blockanteil
- Standorte mit geringem Anteil anstehenden Gesteins
- (Standorte mit hohem Carbonatgehalt)
- (Standorte mit hohem Gehalt wasserlöslicher Salze)
- (Standorte mit geringem Sulfatgehalt)

meinschaften in Erscheinung und erreicht dabei innerhalb der entlang des mittleren Transekts erfaßten Vegetationsaufnahmen eine Gesamtstetigkeit von 11.4 %. Diese Art hat ihr Optimum ebenfalls deutlich im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt, wo sie vornehmlich auf nicht oder nur schwach geneigten Flächen auftritt. Auch wenn keine Bindung an Standorte mit hohem Feinmaterial- oder Grus- bzw. Kiesanteil belegt werden kann, so meidet *Ximения americana* doch Standorte mit hohem Blockanteil und einem hohen Anteil anstehenden Gesteins. Mit Einschränkung kann davon ausgegangen werden, daß *Ximения americana* eher eine Bindung an carbonatreiche Standorte aufweist, die einen hohen Gehalt

an wasserlöslichen Salzen besitzen. Der Sulfatgehalt der von *Ximения americana* besiedelten Standorte ist meist gering. Tab. 48 faßt die Standortbindungen von *Ximения americana* zusammen.

Auch wenn die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Fingerhutia africana-Savanne* nur räumlich eng begrenzt bei 12° 45' östl. L. dokumentiert wurde (vgl. Karte II, Anlagenband), so ergibt sich für *Fingerhutia africana* doch eine Indifferenz hinsichtlich der geographischen Länge der

Tab. 50: Standortbindungen von *Fingerhutia africana* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte mit geringem Anteil anstehenden Gesteins
- (Standorte mit hohem Carbonatgehalt)
- (Standorte mit hohem Gehalt wasserlöslicher Salze)
- (Standorte mit geringem Chloridgehalt)
- (Standorte mit hohem Natriumgehalt)

Aufnahmepunkte und damit eine Indifferenz in Bezug auf den nordost-südwest-gerichteten Niederschlagsgradienten. So ist *Fingerhutia africana* u.a. als Element der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* auch im östlichen Endabschnitt des mittleren Transekts vertreten und erreicht eine Gesamtstetigkeit von 3.6 %. Hinsichtlich der bodenphysikalischen Parameter und der Hangneigung der Standorte ist *Fingerhutia africana* als weitgehend indif-

ferent einzustufen. Dabei meidet die Art jedoch Standorte mit einem hohen Anteil anstehenden Gesteins. Das Feinmaterial der *Fingerhutia africana* aufweisenden Standorte ist eher carbonatreich

und weist hohe Kalium- und Natriumgehalte auf. So ergibt sich für *Fingerhutia africana* auch eine Bindung von Standorten mit einem hohen Gehalt an wasserlöslichen Salzen. Dagegen scheint ein schwach negativer Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit von *Fingerhutia africana* und dem Chloridgehalt der Standorte zu bestehen. Tab. 50 faßt die Standortbindungen von *Fingerhutia africana* zusammen.

Als einzige der syntaxonomisch relevanten Arten erweist sich *Lindernia clavata* gegenüber allen hier analysierten Standortfaktoren als indifferent. Dabei ist zu erwähnen, daß es sich bei *Lindernia clavata* um eine geophytische Art handelt, die mit einer Stetigkeit von 3.6 % durch die entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen dokumentiert wurde.

Die stammsukkulente Art *Commiphora anacardiifolia* hat ihren Verbreitungsschwerpunkt in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne* und tritt daneben in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* in Erscheinung. Bei einem weiter westlichen gelegenen Verbreitungsschwerpunkt der letztgenannten

Tab. 51: Standortbindungen von *Commiphora anacardiifolia* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte im westlichen Transektabschnitt bis zur Randstufe
- Standorte mit starker Hangneigung
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit geringem Grus- bzw. Kiesanteil
- Standorte mit hohem Blockanteil
- Standorte mit hohem Anteil anstehenden Gesteins
- (indifferent gegenüber bodenchemischen Standortfaktoren)

Gemeinschaft überlappt sich das Verbreitungsgebiet beider Gemeinschaften im zentralen Teil des vom mittleren Transekt gequerten Schiefergebirges (Escarment-Zone, vgl. Karte II, Anlagenband). Die Art besiedelt feinmaterialarme, stark geneigte Standorte und ist in ihrer Verbreitung auf den Westteil des Transekts bis hin zur Randstufe beschränkt. Die Standorte von *Commiphora anacardiifolia* zeichnen sich durch einen hohen Blockanteil sowie einen hohen Anteil an anstehendem Gestein aus und sind dabei überwiegend arm an Material

der Grus- bzw. Kiesfraktion. Eine Bindung der Artmächtigkeit von *Commiphora anacardiifolia* an bodenchemische Parameter liegt nicht vor. Tab. 51 faßt die Standortbindungen von *Commiphora anacardiifolia* zusammen.

Als schwache Kennart der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Dicoma tomentosa-Stipagrostis uniplumis-Savanne* ist *Stipagrostis uniplumis*

Tab. 52: Standortbindungen von *Stipagrostis uniplumis* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte im östlichen, niederschlagsreicheren Transektabschnitt
- (indifferent gegenüber bodenchemischen und bodenphysikalischen Standortfaktoren)

auch in anderen, im Bereich des mittleren Transekts abgegrenzten Gemeinschaften vertreten. Deutlich hat die Art bei einer Gesamtstetigkeit von 11.4 % ihren Verbreitungsschwerpunkt im östlichen, niederschlagsreichen Abschnitt des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park. Daneben erweist sich *Stipagrostis uniplumis* als indifferent bezüglich der

übrigen in die Analyse einbezogenen Standortfaktoren. Tab. 52 faßt die Standortbindungen von *Stipagrostis uniplumis* zusammen.

Gemeinsam mit *Stipagrostis uniplumis* ist *Dicoma tomentosa* zur Abgrenzung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Dicoma tomentosa-Stipagrostis uniplumis-Savanne* herangezogen worden. Bei einer Gesamtstetigkeit von 14.5 % entlang des mittleren Transekts tritt die

annuelle Art *Dicoma tomentosa* jedoch mit einem deutlichen Verbreitungsschwerpunkt im östlichen,

Tab. 53: Standortbindungen von *Dicoma tomentosa* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Standorte im östlichen, niederschlagsreicheren Transektabschnitt • feinmaterialreiche Standorte • Standorte mit geringem Carbonatgehalt • Standorte mit niedrigem pH-Wert |
|--|

niederschlagsreichen Transektabschnitt auch in anderen Savannengemeinschaften auf. Dabei hat diese Art ihr Optimum auf feinmaterialreichen Standorten, deren Feinmaterial einen geringen Carbonatgehalt und einen niedrigen pH-Wert aufweist. Tab. 53 faßt die Standortbindungen von *Dicoma tomentosa* zusammen.

Die Abgrenzung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* erfolgte auf

der Grundlage des Auftretens verschiedener *Acacia*-Arten. Zu den wichtigen Vertretern dieser Gattung zählen im Bereich des mittleren Transekts *Acacia nilotica*, *Acacia reficiens* und *Acacia mellifera*. Exemplarisch für die anderen *Acacia*-Arten sollen die Standortbindungen dieser drei Arten dargestellt werden. Für *Acacia nilotica*, *Acacia reficiens* und *Acacia mellifera* zeigt sich beim Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park eine deutliche Bindung an Standorte, deren Feinmaterial einen hohen Carbonatgehalt sowie einen hohen Gehalt an wasserlöslichen Salzen aufweist. Alle drei Arten sind in ihrer Verbreitung auf den östlichen, niederschlagsreichen Transektabschnitt beschränkt, wobei *Acacia nilotica* am weitesten nach Westen vordringt. Eine deutliche Bindung an feinmaterialreichere Standorte weisen *Acacia mellifera* und *Acacia reficiens* auf. Dabei handelt es sich häufig um Standorte, die oberflächennah durch Krusten geprägt sind. Eine Bindung an derartige Standorte liegt bei *Acacia nilotica* dagegen nicht vor. Die von *Acacia nilotica*, *Acacia reficiens* und *Acacia mellifera* besiedelten Standorte weisen überwiegend hohe pH-Werte auf. Dieser Zusammenhang ist bei *Acacia nilotica* und *Acacia reficiens* statistisch signifikant. Abgesehen vom Anteil des Feinmaterials am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche, weist lediglich *Acacia reficiens* deutliche Standortbindungen bezüglich der bodenphysikalischen Parameter auf. Die nicht oder nur schwach geneigten Standorte von *Acacia reficiens* zeichnen sich dabei durch einen geringen Anteil an Grobmaterial (Steine, Blöcke, anstehendes Gestein) aus. Daneben ist für diese Art eine

Tab. 54: Standortbindungen von *Acacia nilotica*, *Acacia mellifera* und *Acacia reficiens* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

<u><i>Acacia nilotica</i></u>	<u><i>Acacia mellifera</i></u>	<u><i>Acacia reficiens</i></u>
<ul style="list-style-type: none"> • Standorte im östlichen, niederschlagsreichen Transektabschnitt • (Standorte mit hohem Carbonatgehalt) • (Standorte mit hohem pH-Wert) • (Standorte mit hohem Gehalt wasserlöslicher Salze) 	<ul style="list-style-type: none"> • Standorte im östlichen, niederschlagsreichen Transektabschnitt • feinmaterialreiche Standorte • durch Krusten geprägte Standorte • Standorte mit hohem Carbonatgehalt • Standorte mit hohem Gehalt wasserlöslicher Salze 	<ul style="list-style-type: none"> • Standorte im östlichen, niederschlagsreichen Transektabschnitt • nicht oder nur schwach geneigte Standorte • feinmaterialreiche Standorte • Standorte mit geringem Steinanteil • Standorte mit geringem Blockanteil • Standorte mit geringem Anteil anstehenden Gesteins • durch Krusten geprägte Standorte • Standorte mit hohem Carbonatgehalt • Standorte mit hohem pH-Wert • Standorte mit hohem Gehalt wasserlöslicher Salze • Standorte mit hohem Phosphatgehalt

schwache Bindung an phosphatreiche Standorte zu verzeichnen. Die Tab. 54 faßt die Standortbindungen von *Acacia nilotica*, *Acacia reficiens* und *Acacia mellifera* zusammen.

Catophractes alexandri gehört mit einer Gesamtstetigkeit von 27.7 % zu den entlang des mittleren Transekts häufig auftretenden Arten. Gemeinsam mit *Petalidium rossmanianum* grenzt *Catophractes*

Tab. 55: Standortbindungen von *Catophractes alexandri* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte im östlichen, niederschlagsreichen Transektabschnitt
- feinmaterialreiche Standorte
- durch Krusten geprägte Standorte
- indifferent im Hinblick auf bodenchemische Parameter

alexandri die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Petalidium rossmanianum-Savanne* von den anderen Gemeinschaften ab. Dabei erweist sich *Catophractes alexandri* im Hinblick auf die in die Analyse einbezogenen Standortfaktoren als weitgehend indifferent. Deutlich wird jedoch, daß *Catophractes alexandri* seinen Verbreitungsschwerpunkt im niederschlagsreichen, östlichen Abschnitt des mittleren Transekts besitzt. Hohe Artmächtigkeiten erreicht diese

Art vorwiegend auf feinmaterialreichen Standorten, die z.T. durch Krusten geprägt werden. Bezüglich der erfaßten bodenchemischen Parameter ist *Catophractes alexandri* als indifferente Art einzustufen. Tab. 55 faßt die Standortbindungen von *Catophractes alexandri* zusammen.

Petalidium rossmanianum ist in seiner Verbreitung auf den zentralen Abschnitt des mittleren Transekts beschränkt, wo die Art neben der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Petalidium rossmanianum-Savanne*

Tab. 56: Standortbindungen von *Petalidium rossmanianum* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte im zentralen Teil des Transekts
- Standorte mit geringem Anteil an Grobgrus bzw. Grobkies
- (Standorte mit geringem Gehalt an wasserlöslichen Salzen)

vertreut auch in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskianum-Heliotropium hereroense-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* in Erscheinung tritt (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Als Standortbindung ist für diese Art lediglich ein geringer Anteil an Grobgrus bzw. Grobkies am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche sowie (mit Einschränkung) ein

geringer Gehalt an wasserlöslichen Salzen erkennbar. Tab. 56 faßt die Standortbindungen von *Petalidium rossmanianum* zusammen.

Während *Combretum apiculatum* im Bereich des nördlichen Transekts zu den häufig auftretenden Arten zählt (vgl. Tab. V, Anlagenband), erreicht diese Art im Falle des Transekts Opuwo-Kaoko

Tab. 57: Standortbindungen von *Combretum apiculatum* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt
- feinmaterialreiche Standorte
- Standorte im Bereich oberflächennaher Krusten
- Standorte mit hohem Gehalt wasserlöslicher Salze

Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park lediglich eine Stetigkeit von 14.5 %. Neben der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*, die zwischen 13° 30' östl. L. und 13° 35' östl. L. dokumentiert werden konnte, tritt *Combretum apiculatum* vor allem noch in der den östlichen Endabschnitt des mittleren Transekts prägenden *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* in Erscheinung. Daraus ergibt sich für das Auftreten von

Combretum apiculatum eine enge Bindung an den die nordost-südwest-gerichteten Niederschlagsgradienten widerspiegelnden Parameter ‚geographische Länge der Aufnahmefläche‘. Daneben ist für *Combretum apiculatum* eine Bindung an feinmaterialreiche Standorte mit einem hohen Gehalt was-

serlöslicher Salze zu verzeichnen. Diese Standorte weisen häufig einen Krustenanteil am Oberflächenmaterial auf. Tab. 57 faßt die Standortbindungen von *Combretum apiculatum* zusammen.

Vergleicht man die durch die Vegetationsaufnahmen dokumentierten Artmächtigkeiten von *Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides* und *Combretum apiculatum* entlang des nördlichen und des mittleren Transekts, so zeigt sich, daß diese Arten im Bereich des mittleren Transekts einen deutlich nach Osten verschobenen Verbreitungsschwerpunkt besitzen (Abb. 92, vgl. Abb. 67, S. 154). Anders als beim nördlichen Transekt, wo der Gebirgszug der Steilrandberge zu einer deutlichen Modifikation der großräumigen Niederschlagsbedingungen führt, kann für das mittlere Transekt eine gleichmäßigere, nordost-südwest-gerichtete Ausprägung der mit Niederschlägen verbundenen Klimagradienten angenommen werden. Diese Hypothese wird auch dadurch unterstützt, daß sich im Falle der für die Abgrenzung der entlang des nördlichen Transekts dokumentierten Gemeinschaften herangezogenen Arten lediglich bei der Hälfte eine signifikante Bindung an den Parameter ‚geographische Länge der Aufnahmefläche‘ feststellen läßt. Von den 26 zur Abgrenzung der entlang des mittleren Transekts dokumentierten Gemeinschaften herangezogenene Arten, weisen dagegen 77 % eine statistisch signifikante Bindung an diesen Parameter auf.

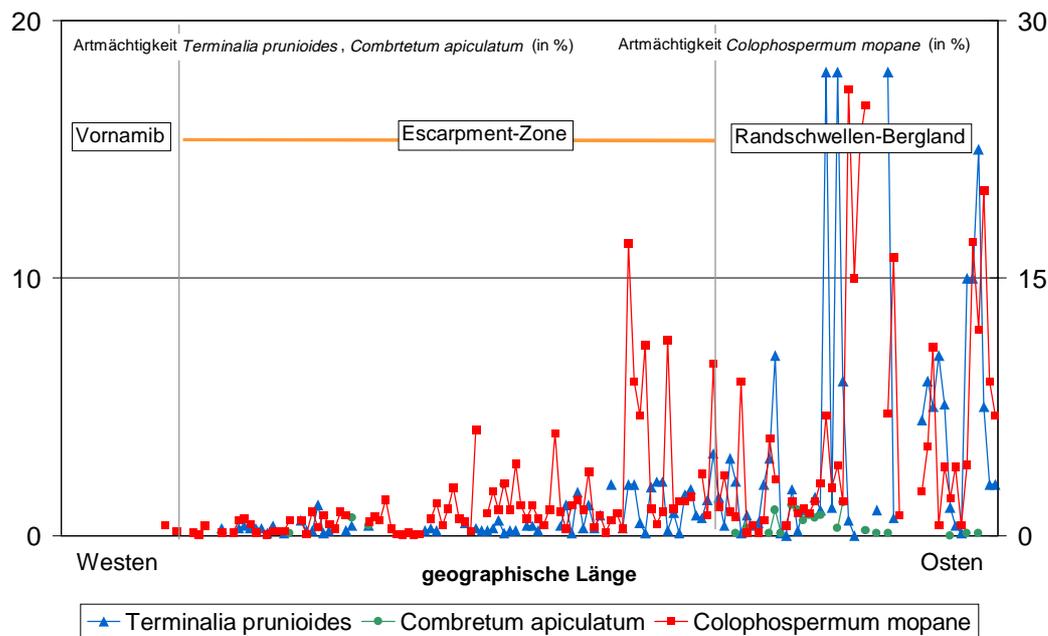


Abb. 92: Artmächtigkeiten von *Terminalia prunioides*, *Combretum apiculatum* und *Colophospermum mopane* in den entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

6.2.5.3.2.1 Zusammenfassung

Als Hinweis auf die gleichförmige Ausprägung der Gradienten der mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente, weisen 20 der 26 in die Analyse einbezogenen Arten einen signifikanten Zusammenhang ihrer Artmächtigkeitswerte mit dem Parameter ‚geographische Länge der Aufnahme­fläche‘ auf. Zu den mit diesem Parameter stark positiv korrelierten Arten zählen neben *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* auch *Grewia flavescens* und *Ximenia americana*. Diese Arten haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt. Ihren Verbreitungsschwerpunkt im westlichen, niederschlagsarmen Raum haben dagegen *Calicorema capitata*, *Zygophyllum stapfii* und *Petalidium luteo-album*. Neben dem Parameter der geographischen Länge ergeben sich auch zahlreiche Bindungen der Arten an einerseits feinmaterialarme und andererseits feinmaterialreiche Standorte. Dies ist wie beim Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, bei dem sich der Steinanteil des Oberflächenmaterials der Aufnahme­fläche als wichtiger bodenphysikalischer Standortfaktor benennen ließ, im Hinblick auf die vergleichsweise günstigen Wasserversorgungsbedingungen des Standortes zu interpretieren (vgl. Kap. 6.2.2). Zu den Arten mit einer engen Bindung an feinmaterialreiche Standorte zählen im Bereich des mittleren Transekts *Grewia flavescens*, *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides*. Vor allem an feinmaterialarmen Standorten verbreitet sind *Euphorbia damarana*, *Commiphora virgata* und *Stipagrostis namaquensis*. Die bodenchemikalischen Parameter spielen im Hinblick auf Standortbindungen der syntaxonomisch relevanten Arten eine deutlich untergeordnete Rolle. Die häufigsten Bindungen sind bei den Parametern ‚pH-Wert‘, ‚Leitfähigkeit‘ und ‚Carbonatgehalt‘ zu erkennen.

6.2.5.3.3 Standortbindung der entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften

Aufgrund der in Kap. 6.2.5.3.2 dargelegten Bindung der für die Gliederung der Vegetation wesentlichen Arten an die erfaßten Standortfaktoren wurden für die Analyse des Zusammenhangs zwischen Standortfaktoren und den entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften folgende, an den einzelnen Aufnahme­flächen erfaßte Parameter ausgewählt:

metrisch skalierte Variablen

- **Geographische Länge** der Aufnahme­fläche (als den klimatischen nordost-südwest-gerichteten Komplexgradienten widerspiegelnder Parameter)
- **Hangneigung** (Neigung der Aufnahme­fläche in %)
- Anteil des **Feinmaterials** am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche (Korngrößen < 2 mm, in %)
- Anteil des **mittelgroben Materials** am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche (Grus bzw. Kies [Korngrößen Ø 2 mm bis 6 cm], in %)
- Anteil des **Grobmaterials** am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche (Steine, Blöcke, anstehendes Gestein [Korngrößen Ø > 6 cm], in %)
- Gehalt des Feinmaterials an **wasserlöslichen Salzen** (elektr. Leitfähigkeit, mS/cm)
- **pH-Wert** des Feinmaterials (entlogarithmisiert)
- **Carbonatgehalt** des Feinmaterials (in Gewichtsprozent)

ordinal skalierte VariableLage der Aufnahme­fläche im Relief (**Ebene, Fußhang, Mittelhang, Tal/Rivier**)

Das Ergebnis der ‚Direkten Gradientenanalyse‘ ist in Abb. II (Anlagenband) dargestellt. Wegen

Tab. 58: Korrelation der Standortfaktoren ‚Calciumgehalt‘, ‚Carbonatgehalt‘ und ‚pH-Wert‘ beim Feinmaterial der entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park erfaßten Standorte

(PEARSON'scher Korrelationskoeffizient, der Wert ist signifikant mit $p = 0.000$)

	Carbonatgehalt (Gewichtsprozent)
pH-Wert	0.5069

der starken Korrelation der Parameter ‚pH-Wert‘ und ‚Carbonatgehalt‘ wurden diese Standortfaktoren in der Darstellung zum Faktor ‚Basizität‘ zusammengefaßt (vgl. Tab. 58). Der Parameter ‚Calciumgehalt‘ hat – anders als im Falle des nördlichen Transekts – im Hinblick auf die Standortbindungen für die syntaxonomisch relevanten Arten der entlang des mittleren Transekts abgegrenzten Gemeinschaften keine Bedeutung. Daher wird dieser Parameter in den folgenden Ausführungen

nicht berücksichtigt.

Die Aufspreizung des in Abb. II (Anlagenband) dargestellten Ordinationsraumes erfolgt entlang der Ordinationsachse 1 im wesentlichen durch folgende Standortfaktoren:

- a. ‚geographische Länge‘
- b. ‚Leitfähigkeit‘
- c. ‚Ebene‘
- d. ‚Fußhang‘
- e. ‚Mittelhang‘
- f. ‚Hangneigung‘
- g. ‚Grobmaterial‘

Dabei zeigt sich eine positive Korrelation der Parameter a bis c auf der einen, sowie der Parameter d bis g auf der anderen Seite. Für den Untersuchungsraum heißt dies, daß parallel zu den nach Osten ansteigenden Niederschlagsmengen und der in dieser Richtung abnehmenden Variabilität der jährlichen Niederschlagsmenge, der Gehalt an wasserlöslichen Salzen im Feinmaterial der Aufnahme­flächen zunimmt. Daneben wird erkennbar, daß der überwiegende Teil der Ebenenstandorte im Bereich des östlichen Transektabschnitts erfaßt wurde. Wie aus der Lage der Vektoren in Abb. II (Anlagenband) deutlich wird, sind die Parameter d bis g mit den Parametern a bis c negativ korreliert. Dies bedeutet, daß die Aufnahme­flächen im Bereich des westlichen Transektabschnitts überwiegend einen höheren Anteil der hier zum Parameter ‚Grobmaterial‘ zusammengefaßten Korngrößengruppen ‚Steine‘ und ‚Blöcke‘ aufweisen. Auch der Anteil des anstehenden Gesteins am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche liegt im Westteil des Transekts höher als in seinem östlichen Abschnitt. Daneben wird erkennbar, daß die Anzahl nicht oder nur schwach geneigter Standorte im Ostteil des Transekts höher liegt als in seinem westlichen Abschnitt.

Während der Ordinationsraum entlang der Ordinationsachse 1 vor allem durch die Parameter a bis g aufgespannt wird, zeigt sich eine enge Korrelation der Ordinationsachse 2 mit den Parametern ‚Feinmaterial‘ und ‚mittelgrobes Material‘, wobei beide Parameter negativ miteinander korreliert sind. Die in annähernd entgegengesetzte Richtungen wirkenden Vektoren spannen den Ordinationsraum entlang der Ordinationsachse 2 auf. Beide Parameter sind mit den den Ordinationsraum entlang der Ordinationsachse 1 aufspannenden Standortfaktoren a bis g nicht korreliert.

Die Lagedifferenzierung der die Vegetationsaufnahmen repräsentierenden Symbolpunkte entlang der Ordinationsachse 1 ist vor allem auf den Parameter ‚geographische Länge‘ zurückzuführen. Daraus ergibt sich, daß die Differenzierung der Vegetation entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park überwiegend auf die Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente wie Niederschlagsmenge und Niederschlagsvariabilität zurückzuführen ist. Einen deutlich geringeren Erklärungsanteil – ausgewiesen durch die Länge der Vektoren – weisen die Parameter d bis g auf. So lassen sich entlang der Ordinationsachse 1 zwei Gruppen von Symbolpunkten unterscheiden. Beide Gruppen können den in Kap. 6.2.5.3.1 beschriebenen Vegetationstypen ‚*ephemeres Grasland*‘ und ‚*Colophospermum mopane-Savannen*‘ zugeordnet werden. Wie aus Karte II (Anlagenband) deutlich wird, ist der Vegetationstyp des *ephemeren Graslandes* entlang des mittleren Transekts auf den Bereich der Vornamib bzw. auf den Übergangsraum von der Vornamib zur Escarpment-Zone beschränkt. Dies wird durch Abb. II (Anlagenband) nochmals verdeutlicht. Deutlich von dieser Gruppe abgegrenzt ist die Gruppe der die *Colophospermum mopane-Savannen* repräsentierenden Symbolpunkte. Vor allem die im Bereich des vom mittleren Transekt gequerten Schiefergebirges dokumentierten Gemeinschaften wie die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora anacardiifolia-Savanne* und die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne*, haben eine zwischen beiden Vegetationstypen vermittelnde Stellung. Die vegetationsdifferenzierende Wirkung der Parameter ‚Feinmaterial‘ und ‚mittelgrobes Material‘ bleibt beim *ephemeren Grasland* und den zuvor genannten Savannengemeinschaften gering. Erst im östlichen Transektabschnitt lassen sich unterschiedliche Ausprägungen der Vegetation deutlicher auf diese Faktoren zurückführen. Insgesamt bleibt jedoch die durch die mit der Ordinationsachse 2 korrelierten Parameter erklärable Differenzierung der Vegetation gering. Dies ist im hohen Maße auf die feinere Unterschiede in den Vegetationsmustern nivellierende Wirkung des Hauptbestandbildners *Colophospermum mopane* zurückzuführen. Diese, in 76.5 % aller Vegetationsaufnahmen dokumentierte Art, erzielt eine durchschnittliche Artmächtigkeit von 2.6 % (Abb. 93). Dabei entfallen 16 % der gesamten entlang des mittleren Transekts dokumentierten Vegetationsbedeckung auf *Colophospermum mopane*.

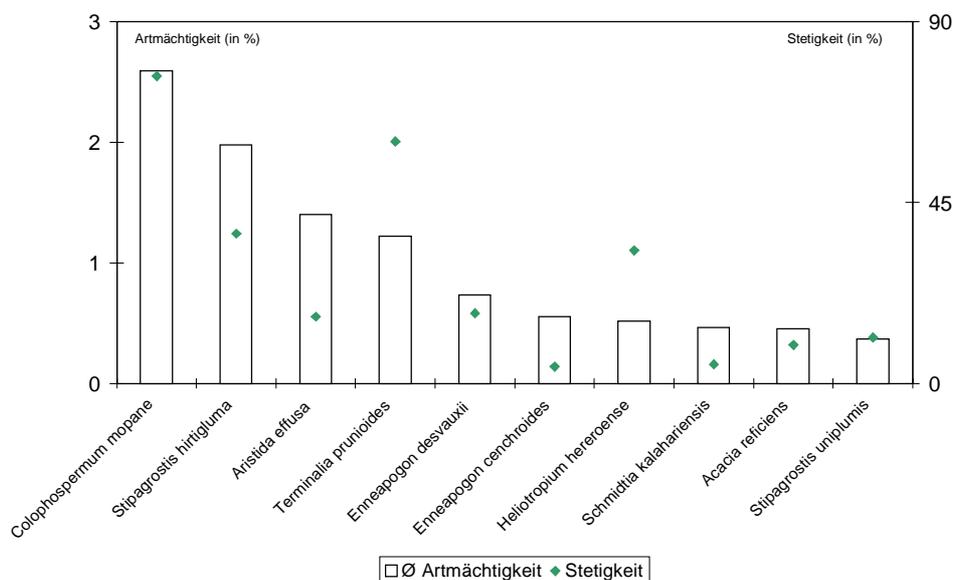


Abb. 93: Übersicht über die im Hinblick auf die durchschnittliche Artmächtigkeit wichtigsten Arten des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park

Für *Colophospermum mopane* ist in Kap. 6.2.5.3.2 dargelegt worden, daß eine Bindung dieser Art an Standorte mit hohem Feinmaterialanteil und einem hohen Anteil an Material der Grus- bzw. Kiesfraktion („mittelgrobes Material“) vorliegt. Dies führt nun in der durch Abb. II (Anlagenband) dargestellten direkten Gradientenanalyse zu einer starken Kumulation der die *Colophospermum mopane-Savannen* repräsentierenden Symbolpunkte im Bereich des Ursprungs des Ordinationsdiagramms. Als weitere wichtige ausdauernde Art insbesondere der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*, tritt *Terminalia prunioides* in Erscheinung. In Kap. 6.2.5.3.2 ist gezeigt worden, daß sich diese Art gegenüber dem überwiegenden Teil der in die Analyse einbezogenen Standortfaktoren indifferent verhält (vgl. Tab. VIIa/bI, Anlagenband). Somit verstärkt *Terminalia prunioides* den durch *Colophospermum mopane* begründeten Trend der entlang der Ordinationsachse 2 gering gestreuten Lage der die *Colophospermum mopane-Savannen* repräsentierenden Symbolpunkte. Lediglich dort, wo andere Arten hohe Artmächtigkeiten erzielen, drückt sich dies in einer stärkeren Streuung der die Vegetationsaufnahmen repräsentierenden Symbolpunkte aus. Dies ist beispielhaft an den Vegetationsaufnahmen A bis D in Abb. II (Anlagenband) nachvollziehbar: Die die Vegetationsaufnahmen A und B (Vegetationsaufnahmenummer 5528 bzw. 5569, vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband) repräsentierenden Symbolpunkte sind deutlich distanziert vom Hauptteil der die *Colophospermum mopane-Savannen* darstellenden Symbolpunkte im Bereich des Vektors „Feinmaterial“ plaziert. Im Falle von Vegetationsaufnahme A erreicht das perennierende Gras *Monelytrum luederitzianum* mit einer Artmächtigkeit von 10 % seinen zweithöchsten Wert innerhalb des Gesamtdatensatzes. Hervorstechendes Merkmal der entsprechenden Aufnahmefläche ist der hohe Feinmaterialanteil von 80 %. Bei Vegetationsaufnahme B erreicht das annuelle Gras *Enneapogon cenchroides* mit einer Artmächtigkeit von 60 % seinen höchsten Wert innerhalb des Gesamtdatensatzes. Auch hier liegt der Feinmaterialanteil bei 80 %. Beide Vegetationsaufnahmen sind der Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* zugeordnet worden. Die mit C und D gekennzeichneten Symbolpunkte repräsentieren die der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* zugeordneten Vegetationsaufnahmen 5543 bzw. 5548 (vgl. Tab. VIIa/b, Anlagenband). Die Standorte beider Vegetationsaufnahmen zeichnen sich durch einen hohen Krustenanteil am Oberflächenmaterial aus (35 % bzw. 70 %). Im Fall der Vegetationsaufnahme C erzielt *Enneaopogon desvauzii* mit einer Artmächtigkeit von 10 % seinen zweithöchsten Wert innerhalb des Gesamtdatensatzes. Als Element der Vegetationsaufnahme D erreicht hier *Catophractes alexandri* mit einer Artmächtigkeit von 16 % seinen höchsten Wert innerhalb der entlang des mittleren Transekts erfaßten Vegetationsaufnahmen.

Im folgenden werden die standörtlichen Bindungen der fünf das mittlere Transekt prägenden Savannengemeinschaften dargestellt.

Die Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskianum-Heliotropium hereroense-Savanne* (14 Vegetationsaufnahmen) prägt das Schiefergebirge westlich von Okomutati. Verbreitet ist diese Gemeinschaft überwiegend auf stark geneigten Standorten mit geringem Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial. In Abb. 94 läßt sich eine durch die standörtlichen Gegebenheiten begründbare Differenzierung der Gemeinschaft in zwei Gruppen erkennen. Für die Gruppe in Quadrant IV des Ordinationsraumes (Gruppe 1) ist der hohe Anteil von mittelgrobem und grobem Material am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche die Hauptdeterminante für die innergemeinschaftliche Heterogenität. Die in Quadrant I positionierte Symbolpunktgruppe repräsentiert fünf der sechs bei 12° 55' östl. L. bzw. 13° 00' östl. L. dokumentierten Ausschnitte der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskianum-Heliotropium hereroense-Savanne*. Neben der westlicheren Lage der Aufnahmeflächen, ist hier auch der Grobmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche höher als bei den Aufnahmeflächen der Gruppe 1.

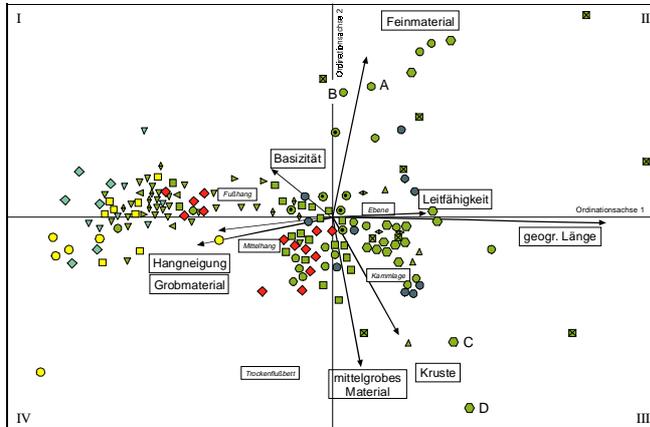


Abb. 94: Standörtliche Bindung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskianum-Heliotropium hereroense-Savanne* (Transect Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

(Die die Gemeinschaft repräsentierenden Symbolpunkte sind rot dargestellt.)

Aufnahmefläche höher als bei den Aufnahmeflächen der Gruppe 1.

Die von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne*

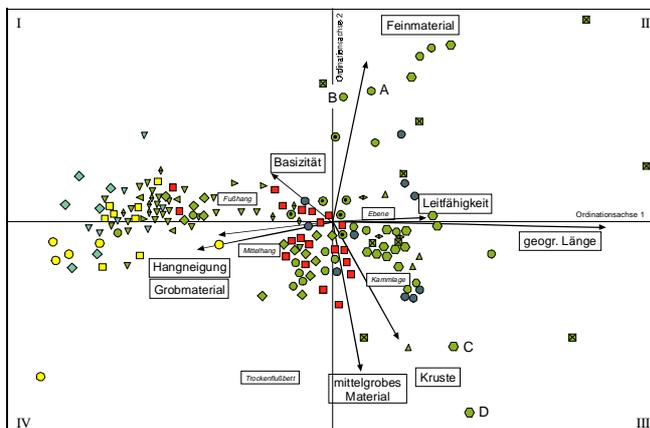


Abb. 95: Standörtliche Bindung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* (Transect Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

(Die die Gemeinschaft repräsentierenden Symbolpunkte sind rot dargestellt.)

im Bereich des mittleren Transekts die westliche Verbreitungsgrenze dieser Gemeinschaft markierende Aufnahmeflächen.

20 Vegetationsaufnahmen) besiedelten Standorte weisen insgesamt ähnliche Merkmale auf wie die Standorte der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenskianum-Heliotropium hereroense-Savanne*. Mit einem etwas nach Osten verschobenen Verbreitungsschwerpunkt ist für die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* eine Bindung an feinputerale Standorte der Fuß- und Mittelhänge erkennbar. Dabei besiedelt diese Gemeinschaft basenreiche Standorte und – auf Ebenen – durch Krusten gekennzeichnete Standorte. Deutlich ist in Abb. 95 eine von der Hauptgruppe separierte Gruppe zu erkennen. Dabei handelt es sich um zwei,

Bei der Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* (20 Vegetationsaufnahmen) ist im Gegensatz zu den

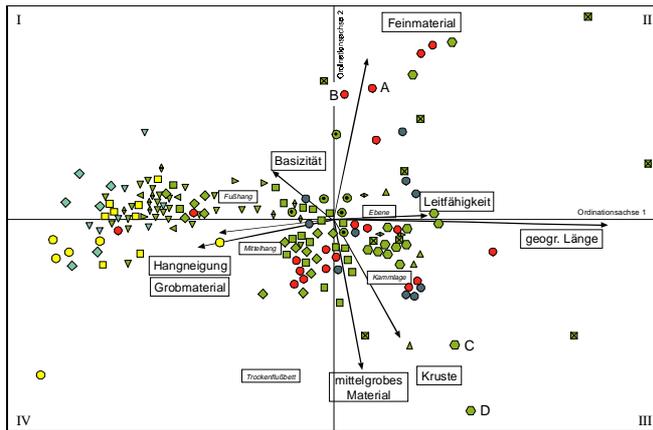


Abb. 96: Standörtliche Bindung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

(Die die Gemeinschaft repräsentierenden Symbolpunkte sind rot dargestellt.)

zählen insbesondere feinmaterialreichere Standorte in Ebenenlagen des östlichen, niederschlagsreichen Transektabschnitts.

Mit durchschnittlich 14.2 Arten pro 0.1 ha zählt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* (24 Vegetationsaufnahmen) zur

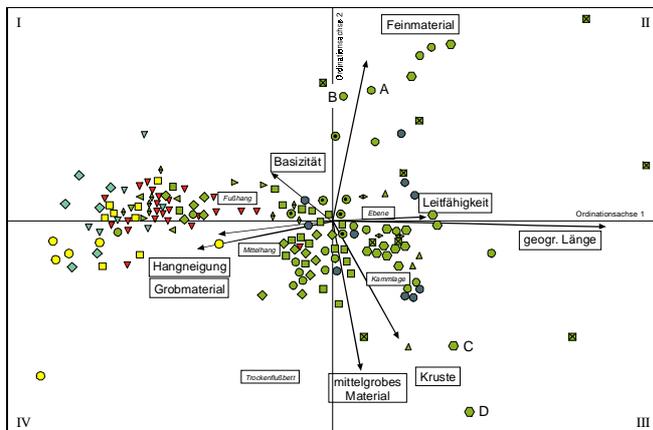


Abb. 97: Standörtliche Bindung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park)

(Die die Gemeinschaft repräsentierenden Symbolpunkte sind rot dargestellt.)

artenreichen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*. Mit einem Verbreitungsraum zwischen 12° 43' östl. L. und 13° 02' östl. L. ist sie die prägende Gemeinschaft des zentralen und westlichen Teils des vom mittleren Transekt durchquerten Schiefergebirges. Die Eigenschaften der von dieser Gemeinschaft besiedelten Standorte sind relativ homogen. Geprägt werden die meist eine starke Hangneigung aufweisenden Standorte von einem hohen Anteil der Steinfraktion, der Blöcke und des anstehenden Gesteins. So lassen sich als die drei Hauptdeterminanten der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Commiphora virgata-Petalidium luteo-album-Savanne* die Parameter ‚geographische Länge‘, ‚Hangneigung‘ und ‚Grobmaterial‘ nennen (Abb. 97).

vegetationsaufnahmen) ist im Gegensatz zu den beiden zuvor besprochenen Gemeinschaften eine weniger enge Bindung an bestimmte Standortfaktoren erkennbar (Abb. 96). Zwar besiedelt diese Gemeinschaft auch Standorte, die potentiell Standorte für die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* und die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Amphiasma merenscianum-Heliotropium hereroense-Savanne* darstellen, doch dringt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* auch auf Standorte außerhalb des Standortspektrums dieser beiden Gemeinschaften vor. Dazu

zählen insbesondere feinmaterialreichere Standorte in Ebenenlagen des östlichen, niederschlagsreichen Transektabschnitts.

zählen insbesondere feinmaterialreichere Standorte in Ebenenlagen des östlichen, niederschlagsreichen Transektabschnitts.

Ähnlich wie die Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

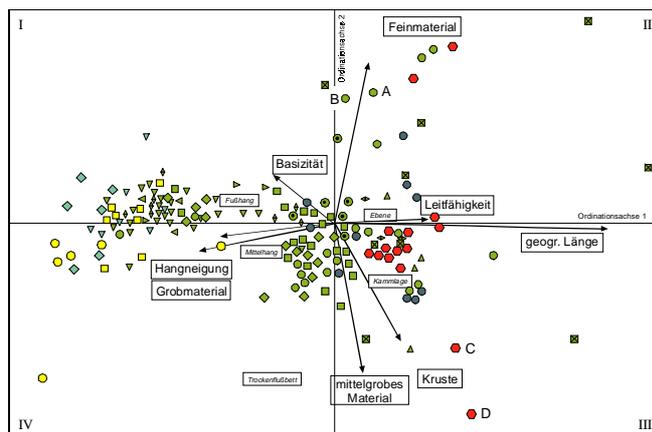


Abb. 98: Standortliche Bindung der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* (Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park) (Die die Gemeinschaft repräsentierenden Symbolpunkte sind rot dargestellt.)

weist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Acacia spp.-Savanne* (15 Vegetationsaufnahmen) ein relativ weites Spektrum der von ihr besiedelbaren Standorte auf (Abb. 98). Deutlich liegt ihr Schwerpunkt im niederschlagsreichen, östlichen Abschnitt des mittleren Transekts, wo diese Gemeinschaft sowohl auf von Krusten geprägten Standorten wie auch auf sehr feinmaterialreichen Standorten in Erscheinung tritt. Der überwiegende Teil der Aufnahmen wurde jedoch an feinmaterialarmen Mittelhang- und Fußhangstandorten erfaßt. Durch die hier vorliegenden hohen Artmächtigkeiten von *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides*

werden feinere Differenzierungen der Vegetation jedoch nivelliert, so daß der größte Teil der die Vegetationsaufnahmen repräsentierenden Symbolpunkte im Quadranten III des Ordinationsdiagramms gruppiert ist.

6.2.5.4 Vegetationsmuster des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park

6.2.5.4.1 Abgrenzung und Beschreibung der entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park auftretenden Pflanzengemeinschaften

6.2.5.4.1.1 Überblick

Die 89 im Verlauf des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen wurden 4 Hauptgruppen zugeordnet (vgl. Tab. 60, S. 218). Zunächst läßt sich analog zum nördlichen und zum mittleren Transekt ein drei Gemeinschaften umfassendes *ephemeres Grasland* abgrenzen. Hauptarten dieser Gemeinschaften sind *Stipagrostis hirtigluma* und *Calicorema capitata*. Die *Colophospermum mopane-Savannen* liegen im Bereich des südlichen Transekts als *Colophospermum mopane-Savanne* und als *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* vor. Wie beim Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park unterscheiden sich diese beiden Savanntypen deutlich im Hinblick auf die durchschnittlichen Artenzahlen ihrer Gemeinschaften. Insbesondere für den Bereich des mittleren Transekts ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* als der dominierende Savanntyp beschrieben worden. Im Verlauf des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park tritt dieser Savanntyp dagegen lediglich im östlichen Endabschnitt als Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* in Erscheinung (vgl. Karte III, Anlagenband). Eine *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*, wie sie vor allem den zentralen Abschnitt des nördlichen Transekts prägt, konnte entlang des südlichen Transekts nicht dokumentiert werden. Dagegen wurden mit der *Acacia spp.-Savanne* und der *Commiphora spp.-Savanne*

zwei Savanntentypen abgegrenzt, die im Rahmen dieser Arbeit nur im Bereich des südlichen Transekts dokumentiert werden konnten (vgl. Abb. 99).

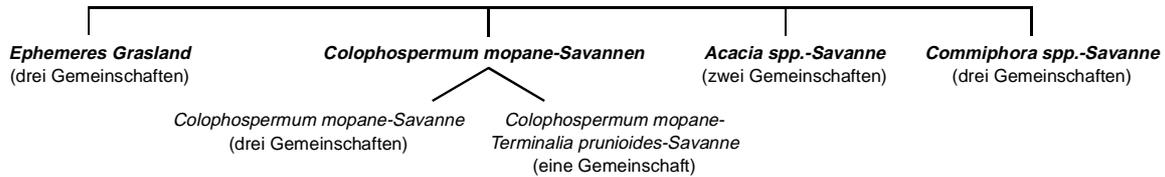


Abb. 99: Überblick über die im Verlauf des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park abgegrenzten Vegetationseinheiten

Wie beim nördlichen und mittleren Transekt wird der überwiegend durch die Vornamib-Ebene verlaufende Westteil des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park von einem *ephemerem Stipagrostis hirtigluma-Calicorema capitata-Grasland* dominiert. Neben den beiden namengebenden Arten treten nur selten weitere Begleiter hinzu, wie z.B. die blattsukkulente Art *Zygophyllum simplex*. So liegt die mittlere Artenzahl bei den 16 zu dieser Gruppe zählenden Vegetationsaufnahmen bei 2,8 Arten pro 0,1 ha. Mit dem Eintritt in das Tal des Gomatum wird *Stipagrostis hirtigluma* durch *S. uniplumis* als Hauptgrasart abgelöst. Zusammen mit *Colophospermum mopane* und *Salvadora persica* baut *Stipagrostis uniplumis* Gemeinschaften auf, die räumlich eng auf das Gomatumtal begrenzt sind. So ist *Salvadora persica* im Untersuchungsgebiet auf Standorte mit überdurchschnittlich guter Wasserversorgung beschränkt und gehört zur typischen, die ephemeren Flußläufe begleitenden Vegetation.

Die Hanglagen des Gomatumtals werden von verschiedenen Ausprägungen einer *Commiphora spp.-Savanne* dominiert. So lassen sich die Gemeinschaften der *Commiphora wildii-Monechma genistifolium-Savanne*, der *Commiphora oblanceolata-Euphorbia damarana-Savanne* und der *Commiphora virgata-Savanne* voneinander abgrenzen. Während *Salvadora persica* in dieser Gruppe nicht vertreten ist, ist *Colophospermum mopane* in der *Commiphora virgata-Savanne* schwach vertreten. Mit hoher Stetigkeit ist *Stipagrostis hirtigluma* wichtigstes Gras der *Commiphora spp.-Savanne*.

Einen besonderen Typ azonaler Vegetation im Untersuchungsgebiet stellt die *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex-Savanne* dar.



Foto 38: *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex-Savanne* im Becken von Sesfontein

Die bis zu 10 m hohen *Acacia tortilis*-Individuen bauen im Verlauf des nördlichen Transekts fragmentarisch im Siedlungsraum südlich der Steilrandberge und östlich von Sesfontein (südliches Transekt) beeindruckende Baumsavannenbestände auf (vgl. Foto 38). Beide Verbreitungsgebiete weisen durch ihre Beckenlage eine gute Grundwasserversorgung bei gleichzeitig hohem Beweidungsdruck durch die umgebenden Siedlungen auf. So haben die Bestände durch die fehlende Strauchschicht parkartigen Charakter.

Dominantes Gras ist im Falle der *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex-Savanne* östlich von Sesfontein *Schmidtia kalahariensis*.

Die weite Bereiche des nördlichen und besonders des mittleren Transekts prägende *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* ist beim Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park nur räumlich eng begrenzt im östlichen Abschnitt verbreitet. Die hier vorliegende Ausprägung mit Beteiligung von *Catophractes alexandri* ist jedoch im Vergleich zum gleichen Savannentyp im Bereich des mittleren Transekts mit einer Durchschnittszahl von 17 Arten pro 0.1 ha ausgesprochen artenarm. Als Indikator für die intensivere weidewirtschaftliche Nutzung des von dieser Einheit besiedelten Raumes, tritt *Schmidtia kalahariensis* mit hohem Anteil an der Gesamtdeckung in den Vordergrund (vgl. dazu VOLK 1974). Auch das hochstete Auftreten von *Tribulus zeyheri* belegt den anthropogenen Nutzungseinfluß auf den Raum.

Tab. 59 gibt einen Überblick über die gemeinschaftsbezogene Stetigkeit der für die Abgrenzung von Gemeinschaften entlang des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park diagnostisch wichtigen Arten (vgl. Tab. 60, S. 218).

Tab. 59: Gemeinschaftsbezogene Stetigkeit diagnostisch wichtiger Arten des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park

Vegetationstyp		ephemeres Grasland			Colophospermum mopane-Savanne			Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne	Acacia spp.-Savanne		Commiphora spp.-Savanne		
diagnostische Arten	Gemeinschaften	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Stipagrostis uniplumis</i>		100	63	12	.	100	67	.	50	.	.	25	73
<i>Cleome foliosa</i>		100	.	.	.	.	.	.	.	.	14	.	.
<i>Gisekia africana</i>		100	38	6	.	.	.	.	50	25	.	.	.
<i>Stipagrostis hirtigluma</i>		.	.	100	33	.	100	100	.	25	100	100	36
<i>Calicorema capitata</i>		.	88	63	.	50	89	.	.	.	43	25	.
<i>Colophospermum mopane</i>		.	13	6	100	100	100	63	.	.	.	.	55
<i>Salvadora persica</i>		.	.	.	67	25	89	13	100	50	.	.	.
<i>Acacia erioloba</i>		100	.	.	.	.
<i>Acacia tortilis</i>		.	.	.	33	.	.	.	.	100	.	.	.
<i>Zygophyllum simplex</i>		.	.	31	.	.	11	13	.	100	86	50	.
<i>Monechma genistifolium</i>		.	.	6	33	.	11	.	.	.	100	25	9
<i>Commiphora wildii</i>		13	.	.	86	100	28
<i>Commiphora oblanceolata</i>		14	100	9
<i>Commiphora virgata</i>		.	.	6	.	13	11	38	.	.	.	.	100
<i>Euphorbia damarana</i>		.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	100	.
<i>Terminalia prunioides</i>		88	.	.	.	.	.
<i>Catophractes alexandri</i>		88	.	.	.	.	.

Tab. 60: Vegetationseinheiten im Bereich des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park

	Name der Einheit	Geogr. Verbreitung (östl. L.)	Anzahl der Vegetationsaufnahmen	Ø Artenzahl	Symbol in Abb. III (Anlagenband)
I. Ephemeres Grasland					
1	<i>Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland</i>	13° 20'	4	4,5	
2	<i>Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata-Grasland</i>	12° 40'-13° 18'	8	2,8	
3	<i>Stipagrostis hirtigluma-Grasland</i>	12° 30'-13° 11'	16	2,6	
II. Colophospermum mopane-Savannen					
II.a Colophospermum mopane-Savanne					
4	<i>Colophospermum mopane-Savanne</i>	13° 35'-13° 51'	6	4,5	
5	<i>Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne</i>	13° 05'-13° 25'	8	3,8	
6	<i>Colophospermum mopane-Salvadora perisica-Stipagrostis hirtigluma-Savanne</i>	13° 00'-13° 10'	9	6,2	
II.b Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne					
7	<i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne</i>	13° 41'-13° 51'	8	17	
III. Acacia spp.-Savanne					
8	<i>Acacia tortilis-Zygophyllum simplex-Savanne</i>	13° 40'	4	6,8	
9	<i>Acacia erioloba-Salvadora perisica-Savanne</i>	13° 15'-13° 35'	4	4,5	
IV. Commiphora spp.-Savanne					
10	<i>Commiphora wildii-Monechma genistifolium-Savanne</i>	12° 35'-12° 50'	7	6,7	
11	<i>Commiphora oblanceolata-Euphorbia damarana-Savanne</i>	12° 40'- 12° 45'	4	9	
12	<i>Commiphora virgata-Savanne</i>	13° 25'-13° 30'	11	8	

6.2.5.4.1.2 *Ephemeres Grasland*

Das durch das Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park dokumentierte *ephemere Grasland* läßt sich in drei Gemeinschaften gliedern. Während das *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland* in seiner Verbreitung im Bereich des südlichen Transekts auf Teile der Giribesvlakte beschränkt ist, tritt das *Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata-Grasland* verstreut im gesamten Tal des Gomatum auf (vgl. Karte III, Anlagenband). Hier tritt stellenweise auch das artenarme *Stipagrostis hirtigluma-Grasland* in Erscheinung. Diese Grasland-Gemeinschaft prägt auch den gesamten vom südlichen Transekt durchquerten Raum der Vornamib. Damit zeigen sich im Hinblick auf die räumliche Verbreitung des *ephemereren Graslandes* im Falle des südlichen

Transekts deutliche Unterschiede zum nördlichen und mittleren Transekt. Während bei diesen beiden Transekten der Vegetationstyp des *ephemerem Graslandes* auf die Vornamib bzw. den Übergang von der Vornamib zur Escarpment-Zone beschränkt ist, dringt das *ephemere Grasland* beim südlichen Transekt weit in die Escarpment-Zone vor. Dies ist zum einen auf die insgesamt geringeren Niederschläge im Bereich des südlichen Transekts zurückzuführen. So erreichen die durchschnittlichen Jahresniederschläge in Sesfontein nur ca. ein Drittel der in Opuwo zu verzeichnenden Niederschlagsmenge (vgl. Tab. 2, S. 53). Daneben unterscheidet sich das von tiefgründigen Lockerse-
dimenten geprägte Tal des Gomatum im Hinblick auf die Substratbedingungen deutlich vom umgebenden Bergland (vgl. Abb. 9, S. 43). So ist das weite Vordringen des *ephemerem Graslandes* im Bereich des Gomatum zum einen auf die großräumigen klimatischen Bedingungen, z.T. jedoch auch auf die speziellen Substratbedingungen zurückzuführen.

Für IRISH (1994:567) verläuft die Grenze zwischen dem Nama Karoo-Biom und dem Savannen-Biom im Bereich des südlichen Transekts etwa dem Tal des Gomatum folgend. Die Bergzüge nördlich der Giribisvlakte einschließlich, verläuft die Südgrenze des Savannen-Bioms weiter nach Osten in Richtung Sesfontein und folgt schließlich der Piste nach Palmwag. Wenn für IRISH (1994:567) das Marienflußtal als Teil des Nama-Karoo-Bioms aufgrund des dort vorliegenden tiegründigen sandigen Sediments von einem Grasland geprägt wird, so ist diese Einstufung sicher auch auf das Tal des Gomatum und das Becken der Giribisvlakte übertragbar. Auch hier prägen tiefgründige sandige Sedimente die Substratbedingungen und ermöglichen so ein Vordringen des Graslandes bis 13° 20' östl. L. VILJOEN (1980) sieht die Grenze zwischen dem ‚ephemerem *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland der Grusflächen‘ und der östlich anschließenden ‚*Commiphora spp.*-Strauchsavanne‘ bzw. der ‚*Colophospermum mopane*-Savanne‘ westlich der Hoarusib-Querung bei Puros (vgl. Abb. 28, S. 72). Dabei bildet das Tal des Gomatum die Grenze zwischen diesen beiden Savanneneinheiten. Auch wenn sich das Tal des Gomatum als markante Raumeinheit zwischen die nördlich und südlich angrenzenden Gebirgszüge schiebt und hier im Vergleich deutlich andere Substratbedingungen vorliegen, geht VILJOEN (1980) auf die besonderen Bedingungen dieses Raumes in seiner Beschreibung der Vegetation des Kaokolandes nicht ein.

Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland (Tab. 60, Nr. 1)

Das *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland* konnte im Bereich des südlichen Transekts lediglich räumlich eng begrenzt in der Giribesvlakte bei durchschnittlichen jährlichen Niederschlägen von 50 bis 100 mm



Foto 39: *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland*

dokumentiert werden (vgl. Karte III, Anlagenband). Die Gemeinschaft wird durch eine Artenkombination von den anderen Gemeinschaften abgegrenzt, der neben *Cleome foliosa* und *Gisekia africana* auch *Kohautia angolensis* angehört (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Zum Bearbeitungszeitpunkt (24.4.98) erreichte *Stipagrostis uniplumis* mit einer Artmächtigkeit von 7 bis 10 % relativ hohe Werte (Foto 39). Die Standorte der Gemeinschaft sind charakterisiert durch

die geringe Inklination der Aufnahmeflächen und vor allem durch einen bei 100 % liegenden Feinmaterialanteil. Bereits in Kap. 6.2.5.2.1.3.1 sind die ‚Feenkreise‘ erwähnt worden, die den vom nördlichen Transekt gequerten Teil des Marienflußtals prägen. Während als Matrixvegetation der ‚Feenkreise‘ im Marienflußtal eine *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne* dokumentiert wurde, bildet in der Giribesvlakte das *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland* die Matrix der hier ebenfalls verbreiteten ‚Feenkreise‘. Sie haben hier – bezogen auf das Kaokoaland – bei 13° 20‘ östl. L. ihre östliche Verbreitungsgrenze (vgl. BECKER & GETZIN 2000).

Die Sonderstellung des südlichen Transekts wird auch deutlich, wenn man die Vegetation des nördlichen und des mittleren Transekts bei 13° 20‘ östl. L. mit dem hier beschriebenen *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland* vergleicht. So werden die entsprechenden Standorte beim nördlichen und beim mittleren Transekt von unterschiedlichen Ausprägungen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* geprägt (vgl. Karte I, Karte II und Karte III, Anlagenband). Während diese Gemeinschaften Phanerophyten-dominiert sind oder zumindest einen deutlichen Phanerophytenanteil am Lebensformspektrum aufweisen, sind Phanerophyten im *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland* nicht vertreten (Abb. 100A, S. 220). Wenn auch das *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland* im Hinblick auf die durchschnittlichen Artenzahlen von krautigen Arten dominiert wird, so ist *Stipagrostis uniplumis* die aspektbildende Art der Gemeinschaft (Abb. 100B).

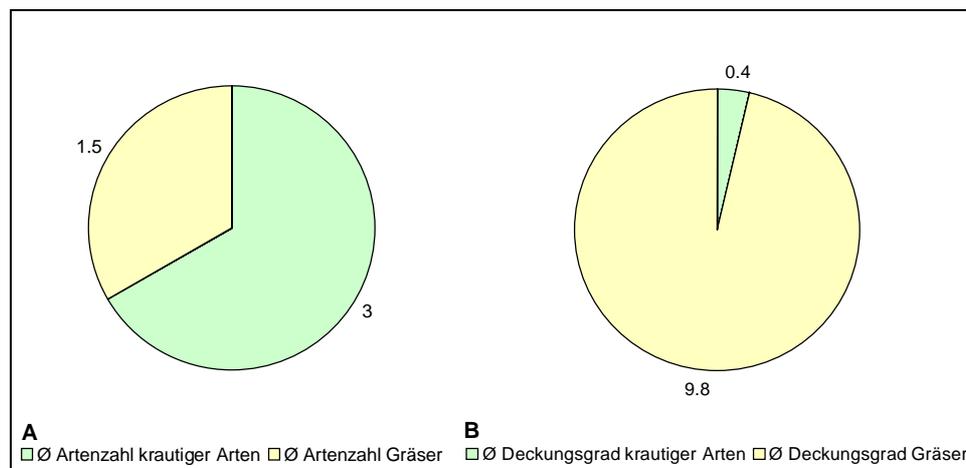


Abb. 100: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

Im Hinblick auf die bodenchemischen Eigenschaften fallen insbesondere die relativ niedrigen pH-Werte, die vergleichsweise geringe Leitfähigkeit und der geringe Calciumgehalt auf. Hervorstechendstes Merkmal ist jedoch das carbonatfreie Material der Standorte. Hier kommt zum Tragen, daß die Sedimentfüllung des Beckens der Giribisvlakte aus der Verwitterung der umgebenden, überwiegend aus quarzitischem und granitischem Material aufgebauten Höhenzüge hervorgegangen ist.

Für VILJOEN (1980) zählt der überwiegende Teil der Giribisvlakte zum ‚*Stipagrostis uniplumis-S. giessii-Grasland* der Schwemmebenen‘. Dieser Zuordnung kann nicht gefolgt werden, da *Stipagrostis giessii* im bearbeiteten Teil der Giribisvlakte nicht dokumentiert werden konnte (vgl. BECKER & GETZIN 2000). Hierbei sei aber bemerkt, daß VILJOEN seine Geländearbeit in den 70er Jahren, also vor

der Dürreperiode der Jahre 1979-1981 durchführte. Wie bereits in Kap. 6.2.5.2.1.3.1 ausgeführt, ist *Stipagrostis giessii* im Arbeitsgebiet auf besser wasserversorgte Standorte beschränkt. Denkbar ist, daß *Stipagrostis giessii* den einstmals besiedelten Standort der Giribisvlakte seit der Dürreperiode der Jahre 1979-1981 noch nicht wiederbesiedeln konnte. Gleiches könnte auch für das Marienflußtal gelten, wo *Stipagrostis giessii* heute eine weit unbedeutendere Rolle spielt, als von VILJOEN (1980) beschrieben.

Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata-Grasland (Tab. 60, Nr. 2)

Das *Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata-Grasland* ist als artenarme Graslandgemeinschaft entlang des südlichen Transekts relativ weit verbreitet (vgl. Karte III, Anlagenband). Dokumentiert wurde diese Gemeinschaft zwischen 12° 40' östl. L. und 13° 18' östl. L. sowohl in der Vornamib als auch bis in den östlichen Teil des Gomatumtals. Die durchschnittlichen jährlichen Niederschläge dieses Raumes erreichen maximal 100 mm (vgl. Karte III, Anlagenband). Wenn auch deutliche Bezüge zum *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland* bestehen, so ist das *Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata-Grasland* doch durch das höchstete Auftreten von *Calicorema capitata* von dieser Gemeinschaft abgrenzbar.

Im Hinblick auf die Standorttypen lassen sich beim *Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata-Grasland* mit den Tal- bzw. Rivierstandorten auf der einen Seite und den Ebenenstandorten auf der anderen Seite zwei Gruppen unterscheiden, die besonders hinsichtlich der das Oberflächenmaterial



Foto 40: *Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata-Grasland* auf quarzitischen Lockersedimenten im Tal des Gomatum

dominierenden Korngrößengruppen deutliche Unterschiede aufweisen. Das Oberflächenmaterial der Gruppe der Ebenenstandorte wird vor allem durch Material der Grus- bzw. Kiesfraktion geprägt. Hier liegt als Ausgangsmaterial Sandstein bzw. Kalk vor. Bei der Gruppe der Tal- bzw. Rivierstandorte dominiert dagegen Feinmaterial die Aufnahmefläche (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Als Ausgangsmaterial liegt hier durchgängig quarzitisches Lockersediment vor. Beide Standortgruppen unterscheiden sich deutlich im Hinblick auf den Carbonatgehalt und den Nitratgehalt.

Während das Feinmaterial der Ebenenstandorte bis zu zehn Gewichtsprozent Carbonat enthält, ist das Feinmaterial der Rivierstandorte carbonatfrei. Daneben weisen die Ebenenstandorte einen deutlich höheren Nitratgehalt auf. Die Flußbettstandorte sind im Durchschnitt artenreicher als die Ebenenstandorte. Vor allem *Stipagrostis uniplumis* erreicht auf den tiefgründigen Lockersedimenten der Flußbettstandorte deutlich höhere Artmächtigkeiten. Auf den Ebenenstandorten konnten z.T. keine lebenden Exemplare von *Stipagrostis uniplumis* dokumentiert werden.

Bei einer durchschnittlichen Artenzahl von 2.8 Arten pro 0.1 ha stellen die Chamaephyten wegen des höchsteten Auftretens von *Calicorema capitata* die dominante Lebensformgruppe der Gemeinschaft dar (Abb. 101A). Gleichstark vertreten sind die Gräser und die krautigen Arten. Während *Stipagrostis uniplumis* einziger Vertreter der Gräser ist, werden die krautigen Arten vor allem durch *Gi-*

sekia africana repräsentiert. Wie Abb. 101B verdeutlicht, sind die Gräser im Hinblick auf den durchschnittlichen Deckungsgrad der einzelnen Lebensformgruppen die klar dominierende Lebensformgruppe.

Bezüge des *Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata-Graslandes* lassen sich zum *Stipagrostis uniplumis-Grasland* des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park erkennen, wenngleich hier *Calicorema capitata* nicht dokumentiert werden konnte. Bei VILJOEN (1980) findet sich keine Einheit, bei der *Stipagrostis uniplumis* und *Calicorema capitata* vergesellschaftet auftreten.

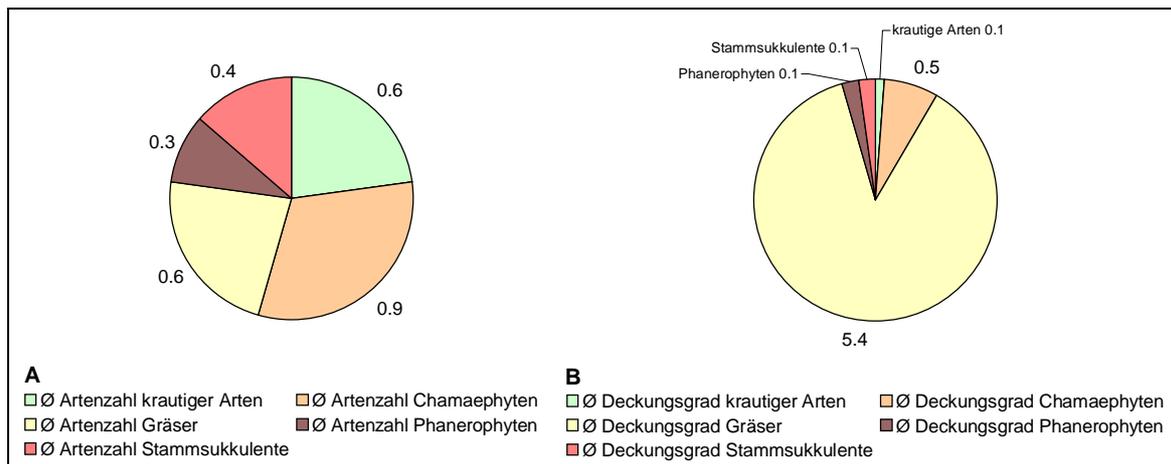


Abb. 101: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im *Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata-Grasland* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

Stipagrostis hirtigluma-Grasland (Tab. 60, Nr. 3)

Mit durchschnittlich 2.6 Arten pro 0.1 ha ist das *Stipagrostis hirtigluma-Grasland* die artenärmste der im Bereich des südlichen Transekts abgegrenzten Gemeinschaften (Foto 41). Zu den Begleitern dieser Gemeinschaft zählen *Zygophyllum simplex* und *Calicorema capitata* (vgl. Tab. IX,



Foto 41: *Stipagrostis hirtigluma-Grasland*

Anlagenband). Verbreitet ist die Gemeinschaft im gesamten westlich von 13° 11' östl. L. gelegenen Abschnitt des südlichen Transekts – dringt also von der Vornamib ausgehend relativ weit nach Osten vor. Besiedelt werden dabei gleichermaßen Ebenenstandorte, Flußbettstandorte und schwach geneigte Fußhangstandorte. Alle Standorttypen zeichnen sich durch ein Übergewicht der Grus- bzw. Kiesfraktion über die anderen Korngrößengruppen aus, wobei der Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahmefflä-

che zwischen zwei und vierzig Prozent liegt. Das Ausgangsmaterial der von dieser Gemeinschaft besiedelten Standorte ist sehr heterogen. So wurde das *Stipagrostis hirtigluma-Grasland* u.a. auf Sandstein und auf Kalk dokumentiert. Nennenswerte Unterschiede in der Ausprägung der bodenche-

mischen Parameter in Abhängigkeit unterschiedlicher Ausgangsgesteine sind jedoch nicht erkennbar (vgl. Tab. IX, Anlagenband).

Sowohl im Hinblick auf die durchschnittliche Artenzahl wie auch bezüglich der durchschnittlichen Gesamtdeckung sind die Gräser die das Lebensformspektrum dominierende Lebensformgruppe (vgl. Abb. 102A und Abb. 102B). Bedingt durch das Auftreten von *Calicorema capitata* stellen die Chamaephyten die zweitwichtigste Lebensformgruppe des *Stipagrostis hirtigluma*-Graslandes dar.

Bezüge des hier beschriebenen *Stipagrostis hirtigluma*-Graslandes sind zu dem von VILJOEN (1980:37f) beschriebenen ‚ephemerer *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland der Grusflächen‘ zu erkennen. Allerdings ist die hier beschriebene Gemeinschaft als relativ artenarme Ausprägung auch im Vergleich zu dem im Bereich des mittleren Transekts dokumentierten *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland aufzufassen (Tab. 33, S. 165).

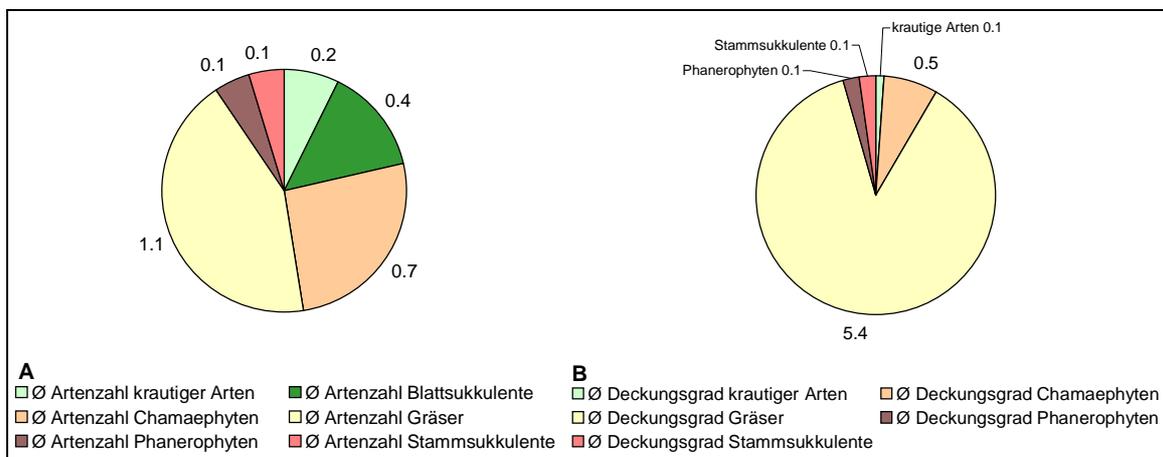


Abb. 102: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

6.2.5.4.1.3 *Colophospermum mopane*-Savannen

Die Vegetationstyp der *Colophospermum mopane*-Savanne lässt sich entlang des südlichen

Tab. 61: Stetigkeit differenzierender Arten der *Colophospermum mopane*-Savanne und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savannen (Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park)

Art	Stetigkeit in der <i>Colophospermum mopane</i> -Savanne (in %)	Stetigkeit in der <i>Colophospermum mopane-Terminalia prunioides</i> -Savanne (in %)
<i>Stipagrostis uniplumis</i>	61	0
<i>Salvadora perisca</i>	61	13
<i>Calicorema capitata</i>	52	0
<i>Tribulus zeyheri</i>	13	88
<i>Schmidtia kalahriensis</i>	9	88
<i>Commiphora multijuga</i>	0	75
<i>Terminalia prunioides</i>	0	88
<i>Catophractes alexandri</i>	0	88
<i>Petalidium luteo-album</i>	0	63

Transekts in die Savanntypen der *Colophospermum mopane*-Savanne und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne untergliedern (vgl. Abb. 99, S. 216). Als differenzierende Arten beider Savanntypen sind auf Seiten der *Colophospermum mopane*-Savanne *Stipagrostis uniplumis*, *Salvadora perisca* sowie *Calicorema capitata* zu nennen. Das Auftreten von *Tribulus zeyheri*, *Schmidtia kalahriensis*, *Commiphora multijuga*, *Terminalia prunioides*, *Catophractes alexandri* und *Petalidium luteo-*

album auf Seiten der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* unterstützt die Abgrenzung beider Savanntypen (vgl. Tab. 61).

6.2.5.4.1.3.1 *Colophospermum mopane-Savanne*

Colophospermum mopane-Savanne (Tab. 60, Nr. 4)

Die Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Savanne* prägt neben der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* den östlichen Endabschnitt des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park. Doch während die *Colophospermum mopane-*



Foto 42: *Colophospermum mopane-Savanne* im Becken von Sesfontein

Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne in ihrer Verbreitung auf Hanglagen beschränkt ist, besiedelt die *Colophospermum mopane-Savanne* ausschließlich Ebenen- und Rivierstandorte (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Das Becken von Sesfontein ist der Siedlungsschwerpunkt des vom südlichen Transekt durchquerten Raumes. Der hohe Weidedruck läßt vermuten, daß es sich bei der hier auftretenden Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Savanne* nicht um eine vorwiegend klimatisch determinierte Vegetationsform handelt, sondern um die degradierte Form eines reicheren Savanntyps (Foto 42). So stellt die *Colophospermum mopane-Savanne* mit durchschnittlich 4.5 Arten pro 0.1 ha eine sehr artenarme Gemeinschaft dar, wobei *Maerua schinzii* und *Salvadora persica* als die häufigsten Begleiter von *Colophospermum mopane* zu erwähnen sind.

Mit Ausnahme eines Standortes werden die Aufnahmeflächen von einem hohen Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial geprägt. Wenn auch als Ausgangsmaterial der Bodenbildung mit einer Ausnahme quarzitisches Lockersediment vorliegt, so weist das Feinmaterial der Aufnahmeflächen sowohl einen hohen Carbonatgehalt als auch einen hohen pH-Wert auf. Das Feinmaterial der hier dokumentierten Standorte der *Colophospermum mopane-Savanne* besitzt insgesamt einen vergleichsweise hohen Schluff- und Tonanteil (vgl. Tab. IX, Anlagenband).

Mit Ausnahme eines Standortes werden die Aufnahmeflächen von einem hohen Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial geprägt. Wenn auch als Ausgangsmaterial der Bodenbildung mit einer Ausnahme quarzitisches Lockersediment vorliegt, so weist das Feinmaterial der Aufnahmeflächen sowohl einen hohen Carbonatgehalt als auch einen hohen pH-Wert auf. Das Feinmaterial der hier dokumentierten Standorte der *Colophospermum mopane-Savanne* besitzt insgesamt einen vergleichsweise hohen Schluff- und Tonanteil (vgl. Tab. IX, Anlagenband).

Wie Abb. 103A und Abb. 103B verdeutlichen, sind die Phanerophyten die dominierende Lebensformgruppe der *Colophospermum mopane-Savanne*. Während im Hinblick auf die durchschnittlichen Artenzahlen die Gräser, Chamaephyten und krautigen Arten noch einen deutlichen Anteil am Lebensformspektrum besitzten, wird die *Colophospermum mopane-Savanne* bezüglich der durchschnittlichen Gesamtdeckung der einzelnen Lebensformgruppen deutlich von Phanerophyten beherrscht. Neben *Colophospermum mopane* ist dies auch auf *Salvadora persica* zurückzuführen.

Die Standorte der *Colophospermum mopane*-Savanne liegen bei durchschnittlichen Jahresniederschlägen zwischen 100 bis 200 mm im Bereich der von VILJOEN (1980:89f) beschriebenen 'Colophospermum mopane-Acacia tortilis-Einheit des Sesfontein- und Warmquelle-Beckens'. Tatsächlich sind *Colophospermum mopane* und *Acacia tortilis* die aspektbildenden Arten des Beckens von Sesfontein. Wie später noch genauer ausgeführt wird, sind beide Arten aber nur ausnahmsweise an einem Standort gemeinsam vertreten. So besiedelt *Acacia tortilis* noch grundwasserbeeinflusste Standorte, während *Colophospermum mopane* derartige Standorte meidet. Diese Beobachtung entspricht auch der Darstellung VILJOENS (1980:90), der anmerkt, daß es sich bei der 'Colophospermum mopane-Acacia tortilis-Einheit des Sesfontein- und Warmquelle-Beckens' um die Zusammenfassung einer 'Colophospermum mopane-Maerua schinzii-Savanne' und einer 'Acacia tortilis-Savanne' handelt.

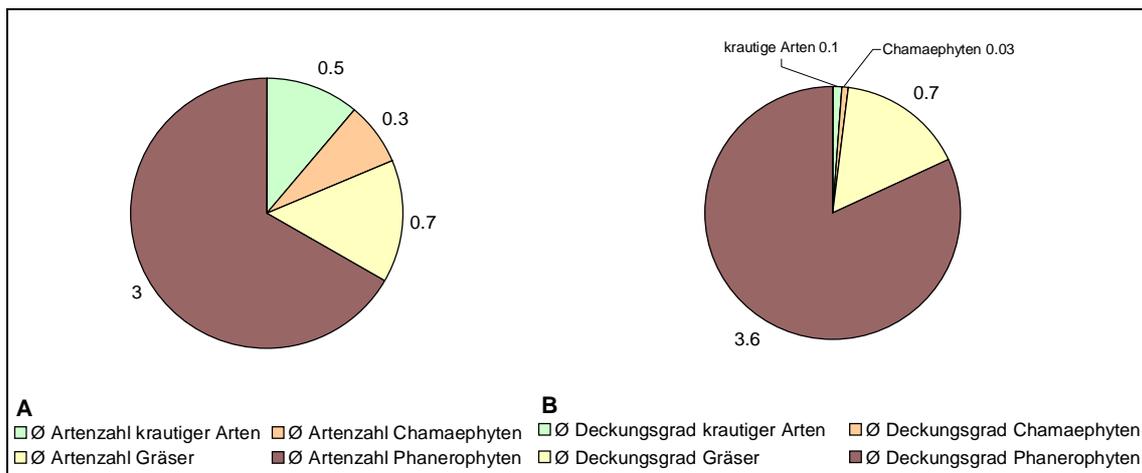


Abb. 103: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-*Stipagrostis uniplumis*-Savanne (Tab. 60, Nr. 5)

Die *Colophospermum mopane*-*Stipagrostis uniplumis*-Savanne stellt mit durchschnittlich 3.8 Arten pro 0.1 ha den artenärmsten Savannentyp im Bereich des südlichen Transekts dar. Neben die Basiskombination mit *Colophospermum mopane* und *Stipagrostis uniplumis* tritt hier nochmal *Calicorema capitata*.



Foto 43: *Colophospermum mopane*-*Stipagrostis uniplumis*-Savanne

Der Savannencharakter der Gemeinschaft wird verstärkt durch das Auftreten der beiden phanerophytischen Arten *Boscia foetida* und *Maerua schinzii* (vgl. Tab. IX, Anlagenband, Foto 43). Bei den Standorten der *Colophospermum mopane*-*Stipagrostis uniplumis*-Savanne handelt es sich neben Ebenenstandorte auch um Fußhang- und Rivierstandorte in einem Bereich mit durchschnittlich 50 bis 100 mm Jahresniederschlag (VAN DER MERWE 1983). Die Aufnahmeflächen werden von Feinmaterial und Material der Grus- bzw.

Kiesfraktion dominiert, wobei die Anteile dieser Korngrößengruppen recht unterschiedlich sein können. Als Ausgangsmaterial wurde ausschließlich quarzitisches Material dokumentiert. Während der pH-Wert durchgängig über 7 liegt, ist das Feinmaterial überwiegend schwach carbonathaltig.

Die *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne* wird klar von Phanerophyten dominiert und unterscheidet sich im Hinblick auf das Lebensformspektrum recht deutlich von der *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne* des nördlichen Transekts (Abb. 104A und Abb. 104B bzw. Abb. 52A und Abb. 52B, S. 126).

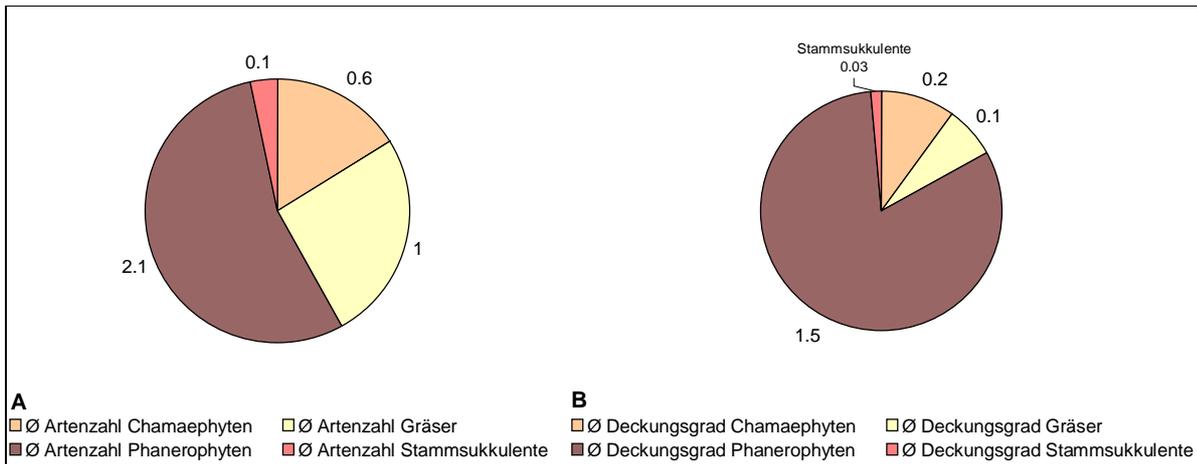


Abb. 104: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

Colophospermum mopane-Salvadora persica-Stipagrostis hirtigluma-Savanne (Tab. 60, Nr. 6)

Als artenreichste Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Savanne* prägt die *Colophospermum mopane-Salvadora persica-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* das Tal des Gomatum, wobei sie sich oft kleinräumig mit der *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne*, dem *Stipagrostis hirtigluma-Grasland* und dem *Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata-Grasland* abwechselt. So sind mehr oder weniger deutliche Bezüge der *Colophospermum mopane-Salvadora*



Foto 44: *Colophospermum mopane-Salvadora persica-Stipagrostis hirtigluma-Savanne*

persica-Stipagrostis hirtigluma-Savanne zu diesen Gemeinschaften nicht zu übersehen (*Stipagrostis uniplumis*, *Calicorema capitata*). Wenngleich die *Colophospermum mopane-Salvadora persica-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* die typische Vegetation weiter Bereiche des Gomatum-Riviers darstellt, so dringt diese Gemeinschaft auch auf Fußhang- und Mittelhangstandorte mit einer Hangneigung bis zu 45 % und einem vergleichsweise hohen Anteil an Stein- und Blockmaterial vor. Während als Ausgangsmaterial im Falle der Flußbettstandorte

quarzitisches Lockermaterial vorliegt, werden die Hangstandorte durch metamorphes, geschiefertes

Material geprägt. Bedeutende Unterschiede bei der Ausprägung der bodenchemischen Parameter sind jedoch bei den unterschiedlichen Standorttypen nicht zu verzeichnen (vgl. Tab. IX, Anlagenband).

Die Gräser stellen nach den Phanerophyten die zweitstärkste Lebensformgruppe hinsichtlich der durchschnittlichen Artenzahl dar (Abb. 105A) und dominieren die *Colophospermum mopane-Salvadora persica-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* bezüglich der Gesamtdeckung der verschiedenen Lebensformgruppen (Abb. 105B).

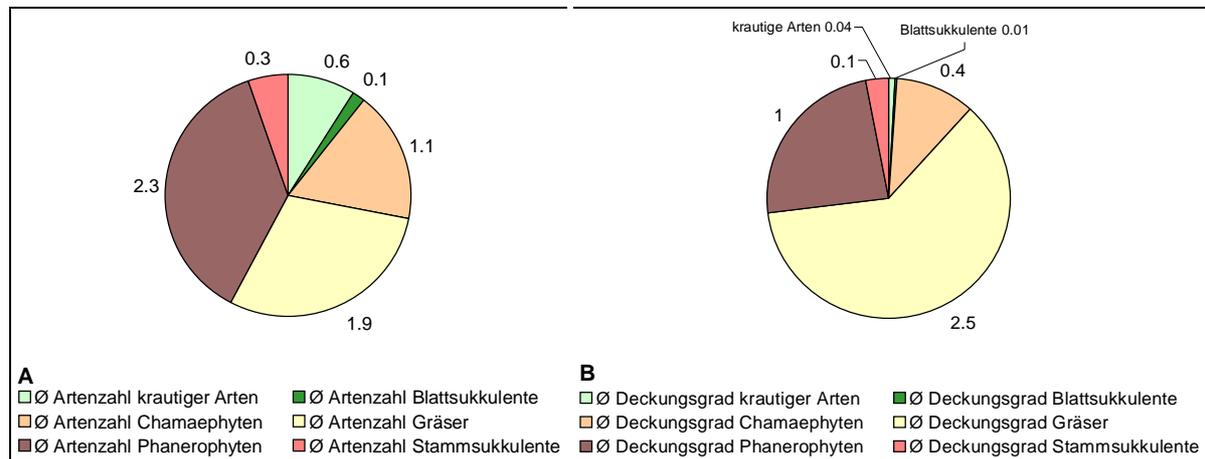


Abb. 105: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Salvadora persica-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

Im Hinblick auf die Vegetationsgliederung nach VILJOEN (1980) liegt die *Colophospermum mopane-Salvadora persica-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* ebenso wie die *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis-Savanne* im Übergangsbereich von der ‚*Colophospermum mopane-Savanne*‘ zur ‚*Commiphora spp.-Strauchsavanne*‘ (vgl. Abb. 28, S. 72; Karte III, Anlagenband). Deutliche Bezüge der hier beschriebenen Savannengemeinschaft liegen jedoch zu keiner von VILJOEN beschriebenen Einheit vor. Die stärksten Entsprechungen sind zu der der ‚*Colophospermum mopane-Acacia tortilis-Einheit* des Sesfontein- und Warmquelle-Beckens‘ zugeordneten ‚*Colophospermum mopane-Maerua schinzii-Savanne*‘ zu erkennen, wobei *Maerua schinzii* in der *Colophospermum mopane-Salvadora persica-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* nur vereinzelt auftritt.

6.2.5.4.1.3.2 *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne (Tab. 60, Nr. 7)

Der Savannentyp der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* wird entlang des südlichen Transekts lediglich durch die Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* vertreten. Als artenreichste der entlang des südlichen Transekts ausgegliederten Gemeinschaften, prägt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* die Hanglagen des östlichen Endabschnitts des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park bei durchschnittlichen Jahresniederschlägen von 100 bis 200 mm (vgl. Karte III, Anlagenband). Anhand von Tab. 61 (S. 223) ist deutlich geworden, daß sich die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* als einzige Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia-Savanne* deutlich von der Gruppe der

Colophospermum mopane-Savannen abgrenzen läßt. Die im Bereich des südlichen Transekts



Foto 45: *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-Savanne östlich von Sesfontein

von der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-Savanne besiedelten Standorte werden durchgängig von Tonstein als Ausgangsmaterial geprägt. Bei Carbonatgehalten zwischen 2 und 10 Prozent, liegt der pH-Wert durchgängig über 8.5. Als Bodenart des Feinmaterials wurde ‚sandiger Lehm‘ bzw. ‚lehmiger Sand‘ dokumentiert (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Dabei ist der Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahmeflächen innerhalb der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-Savanne mit

Werten zwischen 2 und 40 Prozent recht variabel. Der Hauptteil des Oberflächenmaterials entfällt auf die Grus- bzw. Kiesfraktion und die Steinfraktion (vgl. Tab. IX, Anlagenband).

Abb. 106A (S. 229) belegt, daß an den hohen Artenzahlen der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-Savanne alle im Gebiet dokumentierten Lebensformen mit Ausnahme der Epiphyten stark beteiligt sind. Insbesondere die Geophyten sind in dieser Gemeinschaft stark vertreten. Innerhalb der entlang des südlichen Transekts abgegrenzten *Colophospermum mopane*-Savannen erreichen die Stammsukkulente in der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-Savanne mit durchschnittlich 2.4 Arten pro 0.1 ha ihren höchsten Wert. Dies ist insbesondere auf verschiedene Vertreter der Gattung *Commiphora* zurückzuführen (u.a. *C. virgata*, *C. multijuga*, *C. tenuipetiolata*). Auch die krautigen Arten sind stark vertreten und werden vor allem durch *Tribulus zeyheri* und *Euphorbia glanduligera* repräsentiert. Hauptgrasarten der Gemeinschaft sind *Stipagrostis hirtigluma* und *Schmidtia kalahariensis*. Im Hinblick auf den durchschnittlichen Deckungsgrad der Lebensformgruppen erzielen die Phanerophyten leicht höhere Werte als die Gräser und die Stammsukkulente Arten.

Mit einer durchschnittlichen Artenzahl von 17 Arten pro 0.1 ha ist die *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-Savanne wesentlich artenärmer als die entsprechende Gemeinschaft des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park mit 36.4 Arten pro 0.1 ha (vgl. Tab. 33, S. 165).

Bei 13° 41' östl. L. erreicht der Savannentyp der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne in Form der Gemeinschaft der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-Savanne seine Trockengrenze und geht nach Westen fließend in die das Bergland prägende *Commiphora* spp.-Savanne über (s.u.).

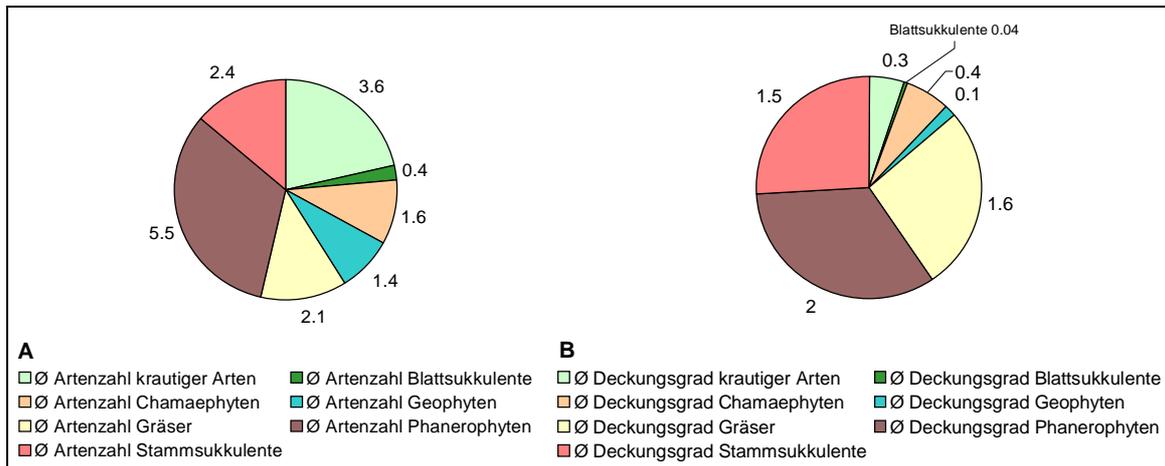


Abb. 106: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

6.2.5.4.1.4 *Acacia spp.*-Savanne

Acacia erioloba-Salvadora persica-Savanne (Tab. 60, Nr. 8)

Die *Acacia erioloba-Salvadora persica*-Savanne ist die typische Gemeinschaft der flußnahen Schwemmebenen des Gomatum und vor allem des Hoanib. Gekennzeichnet sind die Standorte durch



Foto 46: *Acacia erioloba-Salvadora persica*-Savanne am Hoarusib

den zwischen 90 und 100 % liegenden Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche, wobei als Bodenarten ‚Sand‘, ‚sandiger Lehm‘ und ‚schluffiger Lehm‘ dokumentiert wurden. Bei extrem unterschiedlichen Carbonatgehalten liegen die pH-Werte durchgängig über 7.1. Durch das Auftreten von *Acacia erioloba* ist die Gemeinschaft deutlich von den anderen entlang des südlichen Transekts vorliegenden Gemeinschaften abzugrenzen.

Wie Abb. 107A zeigt, sind lediglich Phanerophyten, Gräser und krautige Arten am Aufbau der *Acacia erioloba-Salvadora persica*-Savanne beteiligt. Auf Seiten der Phanerophyten kann *Euclea pseudebenus* neben *Acacia erioloba* und *Salvadora persica* treten (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Die Etablierung ephemerer Arten wird an Standorten der *Acacia erioloba-Salvadora persica*-Savanne nicht allein von lokalen Niederschlägen, sondern auch im starken Maße vom Abflußverhalten der entsprechenden Wasserläufe gesteuert. So weisen zwei der vier dieser Gemeinschaft zugeordneten Vegetationsaufnahmen deutlich mehr ephemere Arten auf (*Tribulus zeyheri*, *Stipagrostis uniplumis*, *Gisekia africana*, *Forsskaolea viridis*). Dies führt auch bei den Deckungsgraden der einzelnen Lebensformgruppen innerhalb der Gemeinschaft zu recht unterschiedlichen Werten. Insgesamt kann für die *Acacia erioloba-Salvadora persica*-Savanne aber eine Dominanz der Phanerophyten und der Gräser festgestellt werden (Abb. 107B).

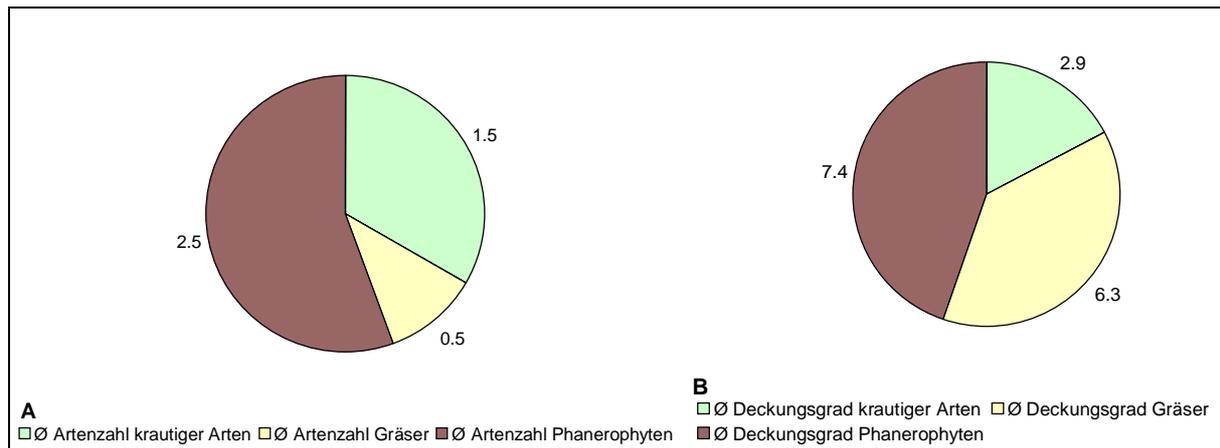


Abb. 107: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Acacia erioloba-Salvadora persica*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

Bezüge zu der von VILJOEN (1980) vorgenommenen Vegetationsgliederung sind bei der *Acacia erioloba-Salvadora persica*-Savanne zu der 'Colophospermum mopane-Acacia tortilis-Einheit des Sesfontein- und Warmquelle-Beckens' zu erkennen. Für diese Einheit beschreibt VILJOEN (1980:92) auch das Auftreten von *Acacia erioloba-Salvadora persica*-Mischbeständen in größerer Nähe zum Hoanib.

Acacia tortilis-Zygophyllum simplex-Savanne (Tab. 60, Nr. 9)

Auch die *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex*-Savanne ist in ihrer Verbreitung im Untersuchungsgebiet auf die Schwemmebenen der größeren Flußläufe beschränkt. Dabei besiedelt diese Gemeinschaft flußfernere Standorte, die wahrscheinlich außerhalb des rezenten Überschwemmungsbereichs liegen. So wurden die Standorte der *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex*-Savanne nicht dem Standorttyp 'Trockenflußbett', sondern dem Standorttyp 'Ebene' zugeordnet (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß die Möglichkeit der Wasserversorgung aus dem Grundwasserkörper eine wesentliche Standortvoraussetzung für das Auftreten der *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex*-Savanne ist (vgl. Foto 38, S. 216). Der Grundwasseranschluß der Standorte könnte auch die hohen Gehalte wasserlöslicher Salze im Feinmaterial durch Kapillarwasseraufstieg erklären (Grundwasserversalzung, vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989:381f.). Wie bei der *Acacia erioloba-Salvadora persica*-Savanne sind die Standorte der *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex*-Savanne von einem hohen Feinmaterialanteil geprägt. Bei mittlerem bis starkem Carbonatgehalt liegen die pH-Werte bei 8.4 bis 8.8 und damit im Vergleich zu den Standorten der meisten der anderen Gemeinschaften sehr hoch. Allerdings sind die Parameter der bodenchemischen und bodenphysikalischen Eigenschaften im starken Maße vom herangeführten Material abhängig.

Mit dem Unterschied, daß die Blattsukkulanten durch die hochste Präsenz von *Zygophyllum simplex* einen hohen Anteil am Lebensformspektrum besitzen, gleicht das Lebensformspektrum der *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex*-Savanne sowohl im Hinblick auf die durchschnittlichen Artenzahlen als auch bezüglich des durchschnittlichen Deckungsgrades der einzelnen Lebensformgruppen dem der *Acacia erioloba-Salvadora persica*-Savanne (Abb. 108A und Abb. 108B). Wie bei dieser Gemeinschaft sind Chamaephyten und stammsukkulente Arten nicht zu verzeichnen.

Die *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex-Savanne* hat ihr Gegenstück im Hinblick auf die von VILJOEN durchgeführte Vegetationsgliederung des Kaokolandes in der der '*Colophospermum mopane-Acacia tortilis*-Einheit des Sesfontein- und Warmquelle-Beckens' zugeordneten '*Acacia tortilis-Savanne*', für die VILJOEN (1980:92) deren parkartigen Charakter und die stellenweise aspektbildende Abundanz von *Zygophyllum simplex* hervorhebt.

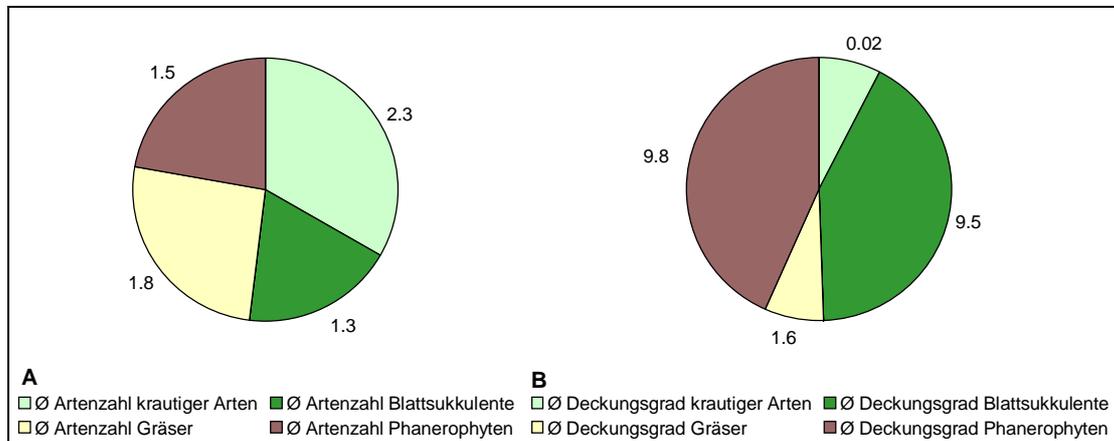


Abb. 108: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex-Savanne* vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

6.2.5.4.1.5 *Commiphora spp.*-Savanne

Verschiedene Ausprägungen der *Commiphora spp.*-Savanne prägen die grobmaterialreichen Hänge des gesamten Transektverlaufs vom Skeleton Coast Park bis Sesfontein, wo auf Hanglagen der Übergang zur Phanerophyten-dominierten *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes-Savanne* erfolgt. Zwar sind auch in dieser Savannengemeinschaft stammsukkulente Arten recht stark vertreten, doch ist im Hinblick auf diese Lebensformgruppe ein deutlicher Artenwechsel zwischen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* und der *Commiphora spp.*-Savanne zu verzeichnen. Als differenzierende Arten sind in Tab. 59 (S. 217) *Commiphora wildii*, *C. virgata* und *C. oblanceolata* aufgeführt worden. Diese drei Arten sind in ihrer Verbreitung auf die *Commiphora spp.*-Savanne beschränkt oder haben dort deutlich ihren Verbreitungsschwerpunkt.

Für die hier zusammengefaßten Gemeinschaften wurde in Anlehnung an VILJOEN (1980) die Bezeichnung 'Savanne' gewählt, wenngleich die hier beschriebenen Bestände nicht durch eine Phanerophyten-*Poaceae*-Co-Dominanz, wie sie Savannensysteme kennzeichnet, geprägt sind. Im Gegensatz zu dem im Bereich des nördlichen Transekts dokumentierten *Commiphora wildii-Stipagrostis hirtigluma-Grasland*, das in eine Graslandmatrix eingebettete Kuppen in der Vornamib prägt, handelt es sich bei den Ausschnitten der *Commiphora spp.*-Savanne des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park um flächenmäßig bedeutsame Bestände, die überwiegend nicht in eine Graslandmatrix eingebunden sind.

Commiphora wildii-*Monechma genistifolium*-Savanne (Tab. 60, Nr. 10)

Von den *Commiphora* spp.-Savannen dringt die Gemeinschaft der *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne im Bereich des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park am weitesten nach Westen bis in einen Bereich mit weniger als 50 mm durchschnittlichem Jahresniederschlag vor (vgl. Karte III, Anlagenband). Mit *Stipagrostis hirtigluma* als Hauptgrasart bildet sie die typische Vegetation der Fußhang- und Mittelhanglagen dieses Raumes. Die Artenzahl ist gegenüber



Foto 47: *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne

den die Ebenen prägenden Gemeinschaften des ephemeren Graslandes leicht erhöht. Als Kennart der *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne hat *Monechma genistifolium* im Bereich des südlichen Transekts hier ihren Schwerpunkt. Zu erwähnen ist auch das Auftreten von *Zygophyllum simplex*, die bereits als Kennart der *Acacia tortilis*-*Zygophyllum simplex*-Savanne erwähnt worden ist. Hier tritt diese blattsukkulente Art im Gegensatz zur *Acacia tortilis*-*Zygophyllum simplex*-Savanne auf Standorten in Erscheinung, die wesentlich

ärmer an Feinmaterial sind. Daneben weist das Feinmaterial der Standorte der *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne deutlich geringere Gehalte an wasserlöslichen Salzen auf als es bei der *Acacia tortilis*-*Zygophyllum simplex*-Savanne der Fall ist.

Die von der *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne besiedelten Standorte sind aus Granit bzw. Schiefer aufgebaut und weisen einen relativ hohen Anteil des anstehenden Gesteins am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche auf. Für an derartige Bedingungen angepaßte Arten liegt hier im Vergleich zu den schuttgeprägten Ebenenstandorten eine bessere Wasserversorgung vor (vgl. Tab. IX, Anlagenband; Foto 47).

Bei einer zum Bearbeitungszeitpunkt (21./22.4.98) insgesamt geringen Gesamtdeckung der Aufnahme­flächen, stellen die stammsukkulente Arten die dominante Lebensformgruppe dar (Abb. 109A). Phanerophyten sind in der *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne nur schwach vertreten und werden lediglich durch *Curroria decidua* repräsentiert. Zu erwähnen ist das Auftreten der blattsukkulente Arten *Euphorbia phylloclada* und *Zygophyllum stapfii*. Mit ihrer Hauptart *Commiphora wildii* dominieren die stammsukkulente Arten das Lebensformspektrum auch bezüglich der durchschnittlichen Gesamtdeckung der einzelnen Lebensformgruppen (Abb. 109B).

Die im Rahmen dieser Arbeit dokumentierte *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne liegt im Hinblick auf die Vegetationsgliederung VILJOENS (1980) im Übergangsbereich von der ‚*Commiphora* spp.-Strauchsavanne‘ und dem ‚ephemeren *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland der Grusflächen‘ (vgl. Abb. 28, S. 72; Karte III, Anlagenband). Die ‚*Commiphora* spp.-Strauchsavanne‘ prägt nach VILJOEN (1980:43f) die Gebirgszüge nördlich des Hoarusibriviers und so zeigt auch die hier beschriebene *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne enge Bezüge zu dieser Einheit VILJOENS (1980). Als verbindende Elemente sind neben *Commiphora wildii* auch *C. saxicola* und *Stipagrostis hirtigluma* zu nennen.

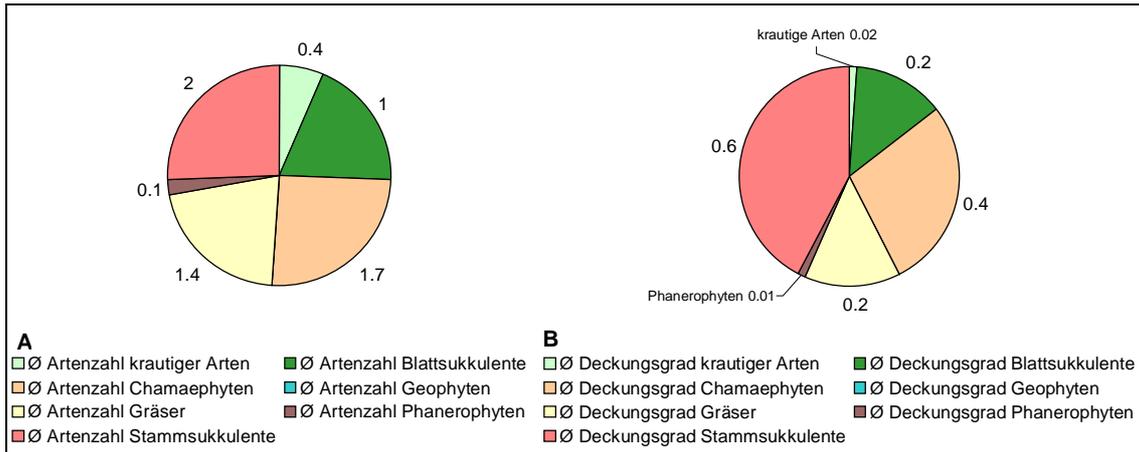


Abb. 109: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transect Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

Commiphora oblancoolata-*Euphorbia damarana*-Savanne (Tab. 60, Nr. 11)

Die *Commiphora oblancoolata*-*Euphorbia damarana*-Savanne besitzt ein ähnliches Verbreitungsgebiet wie die *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne und wechselt mit dieser oft kleinräumig ab. Das Auftreten von *Commiphora wildii* und *Stipagrostis hirtigluma* als Hauptgras beider Gemeinschaften verbindet die *Commiphora oblancoolata*-*Euphorbia damarana*-Savanne mit der zuvor beschriebenen *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne. Als eigenständige Gemeinschaft lässt sich die *Commiphora oblancoolata*-*Euphorbia damarana*-Savanne jedoch durch das Auftreten der namensgebenden Arten abgrenzen. Beide sind in der *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne nicht bzw. nur sehr spärlich vertreten (vgl. Tab. IX, Anlagenband; Tab. 59, S. 217). Aus den im Rahmen dieser Arbeit dokumentierten Standortfaktoren können keine Schlüsse darüber gezogen werden, welche Parameter das wechselnde Auftreten der *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne und der *Commiphora oblancoolata*-*Euphorbia damarana*-Savanne bewirken. Die von diesen beiden Gemeinschaften besiedelten Standorte weisen keine nennenswerten Unterschiede auf.

Auch die durch die Vegetationsaufnahmen dokumentierten Artenzahlen unterscheiden sich zwischen beiden Savannentypen nicht. Der in Tab. 60 wiedergegebene Durchschnittswert von 6.8 Arten pro 0.1 ha für die *Commiphora oblancoolata*-*Euphorbia damarana*-Savanne ist durch eine Vegetationsaufnahme zu begründen, die mit 13 Arten deutlich mehr Arten aufweist, als die anderen diese beiden Gemeinschaften belegenden Vegetationsaufnahmen (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Bei einer insgesamt geringen Gesamtdeckung stellen die Stammsukkulente sowohl hinsichtlich der durchschnittlichen Artenzahlen der einzelnen Lebensformgruppen als auch bezüglich der durchschnittlichen Gesamtdeckung die dominierende Lebensformgruppe dar (Abb. 110A und Abb. 110B).

Wie die *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne, liegt die *Commiphora oblancoolata*-*Euphorbia damarana*-Savanne im Hinblick auf die Vegetationsgliederung VILJOENS (1980) im Übergangsbereich von der ‚*Commiphora* spp.-Strauchsavanne‘ und dem ‚ephemerem *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland der Grusflächen‘ (vgl. Abb. 28, S. 72; Karte III, Anlagenband). Zu den typischen

Arten der ‚*Commiphora spp.*-Strauchsavanne‘ zählen auch *Commiphora oblaceolata* und *Euphorbia damarana*.

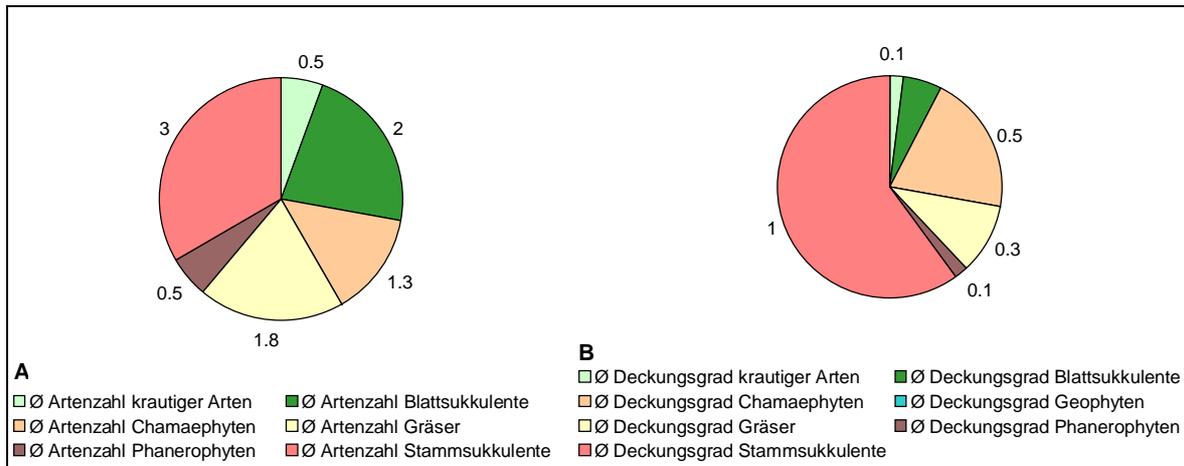


Abb. 110: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Commiphora oblaceolata*-*Euphorbia damarana*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transect Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

Commiphora virgata-Savanne (Tab. 60, Nr. 12)

Die *Commiphora virgata*-Savanne ist zwischen 13° 25' östl. L. und 13° 30' östl. L. verbreitet und prägt in diesem Gebiet die Fußhang- und Mittelhanglagen (vgl. Tab. IX, Anlagenband, Foto 48). Als Ausgangsgestein der feinmaterialarmen Standorte wurden Quarz, Granit und Kalk dokumentiert, ohne daß sich die bodenchemischen Parameter in ihren Ausprägungen materialabhängig unterscheiden.

Die *Commiphora virgata*-Savanne ist von den beiden anderen Gemeinschaften der *Commiphora spp.*-Savanne deutlich abgrenzbar. Zwar vermittelt das verstreute Auftreten von *Commiphora wildii*



Foto 48: *Commiphora virgata*-Savanne

noch zur *Commiphora oblaceolata*-*Euphorbia damarana*-Savanne bzw. zur *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne. *Commiphora virgata* ist jedoch in diesen beiden Savannentypen nicht vertreten. Im Gegensatz zur *Commiphora oblaceolata*-*Euphorbia damarana*-Savanne und zur *Commiphora wildii*-*Monechma genistifolium*-Savanne ist *Stipagrostis uniplumis* Hauptgrasart der *Commiphora virgata*-Savanne. Nicht nur die räumliche Verbreitung, sondern auch das Auftreten von *Maerua*

schinzii und vor allem von *Colophospermum mopane*, belegen die stärkere syntaxonomische und ökologische Nähe der *Commiphora virgata*-Savanne zu den *Colophospermum mopane*-Savannen. Eine Zuordnung zur *Commiphora spp.*-Savanne erfolgt hier aber auch wegen des deutlichen Übergewichts stammsukkulenter Arten im Hinblick auf die durchschnittlichen Artenzahlen und den durchschnittlichen Deckungsgrad der einzelnen Lebensformgruppen (vgl. Abb. 111A und Abb. 111B).

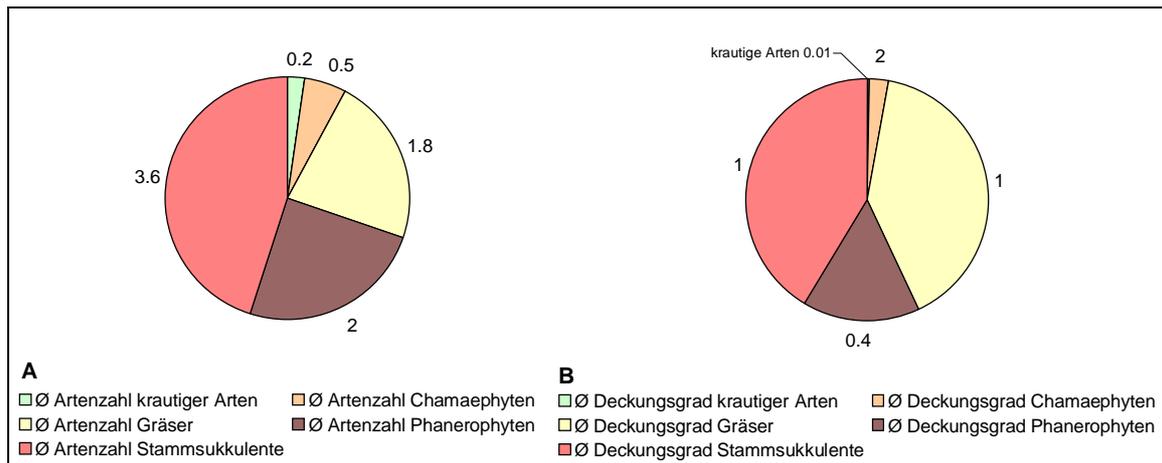


Abb. 111: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der in der *Commiphora virgata*-Savanne vertretenen Lebensformgruppen (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

Der Bezug der bei durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen von 50 bis 100 mm auftretenden Gemeinschaft zur ‚*Commiphora* spp.-Strauchsavanne‘ VILJOENS (1980) wird insbesondere durch *Commiphora virgata*, *C. giessii* und *Stipagrostis hirtigluma* hergestellt.

6.2.5.4.1.6 Zusammenfassung

Auf der Grundlage von 89 Vegetationsaufnahmen konnten für das Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park fünf Vegetationstypen abgegrenzt werden. Das drei Gemeinschaften umfassende *ephemere Grasland* prägt die Ebene der Vornamib, ist aber im Gegensatz zum nördlichen und zum mittleren Transekt in seiner Verbreitung nicht auf diesen Raum beschränkt. Mit Ausprägungen der artenarmen *Colophospermum mopane*-Savanne häufig kleinräumig wechselnd, dringt das *ephemere Grasland* im Tal des Gomatum weit bis in den östlichen Transektabschnitt vor. Während das *ephemere Grasland* und die Gemeinschaften der *Colophospermum mopane*-Savanne in ihrer Verbreitung auf die Ebenenstandorte und die Tal- bzw. Rivierstandorte beschränkt sind, werden die das Gomatumtal einschließenden Hänge von Ausprägungen einer *Commiphora* spp.-Savanne geprägt. Die Schwemmebenen des östlichen Transektabschnitts werden durch Gemeinschaften der *Acacia* spp.-Savanne und der *Colophospermum mopane*-Savanne dominiert. Auf den Hanglagen dieses Raumes geht die *Commiphora* spp.-Savanne in eine artenarme *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-Savanne über.

Das Auftreten einer *Acacia* spp.-Savanne und einer *Commiphora* spp.-Savanne sowie das weite Vordringen des *ephemerens Graslandes* nach Osten unterstreichen die klima- und reliefbedingte Sonderstellung des südlichen Transekts.

6.2.5.4.2 Standortbindungen syntaxonomisch relevanter Arten (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

Die Abgrenzung der in Tab. 60 (S. 218) dargestellten Vegetationstypen (*ephemeres Grasland*, *Commiphora* spp.-Savanne, *Acacia* spp.-Savanne, *Colophospermum mopane*-Savannen) und Gemeinschaften erfolgte auf der Grundlage der die Vegetationstypen charakterisierenden

Arten (vgl. Kap. 6.2.5.1). Diese Kennarten sind nicht gleichmäßig verteilt entlang des Transekts verbreitet – ihr Auftreten und Nichtauftreten wird vielmehr durch verschiedene Standortfaktoren gesteuert. Tab. X (Anlagenband) stellt anhand des SPEARMAN'schen Korrelationskoeffizienten den Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit dieser Kennarten und den im Rahmen der Untersuchung erfaßten Standortfaktoren dar. Auf eine Darstellung der Korrelationen mit dem Nitrit- und Ammoniumgehalt des Feinmaterials wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Aufgrund der in Tab. IX (Anlagenband) dargestellten Werte, kann eine Vegetationsmuster erklärende Wirkung dieser Parameter ausgeschlossen werden.



Foto 49: *Acacia erioloba* (rechts) und *Combretum imberbe* (Bildmitte) im Bett des abgehenden Hoanib bei Sesfontein

Unter dem Begriff ‚Standort‘ wird im folgenden nicht der punkthafte Wuchsort der Individuen einer Art verstanden, sondern eine durch die Aufnahme fläche repräsentierte Raumeinheit. Die Angaben über die bodenchemischen Parameter beziehen sich

auf das auf der Aufnahme fläche gewonnene Feinmaterial. Die Angaben zum Salzgehalt und zum Ionengehalt der Standorte beziehen sich auf die wasserlöslichen Gehalte im Feinmaterial. Bei chamaephytischen Arten, phanerophytischen Arten und sukkulenten ausdauernden Arten ohne positiven Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit und dem Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme fläche, sind die statistisch abgesicherten Standortbindungen im Hinblick auf die chemischen Eigenschaften des Feinmaterials in den jeweiligen Übersichtstabellen in Klammern gesetzt.

Im folgenden werden die Standortbindungen der einzelnen Arten vorgestellt.

Acacia erioloba ist in ihrer Verbreitung im Kaokoland auf flußnahe und tiefgründige Standorte mit Grundwasseranschluß beschränkt. Diese Standorte zeichnen sich zudem durch einen hohen Feinmaterialanteil aus. Mit zahlreichen anderen Arten wie *Tamarix usneoides*, *Hyphaena petersiana* und *Combretum imberbe* bildet *Acacia erioloba* die Begleitvegetation größerer ephemerer Gewässer vor

Tab. 62: Standortbindungen von *Acacia erioloba* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Standorte mit hohem Feinmaterialanteil und guter Wasser- bzw. Grundwasser-versorgung (Schwemmebenen, Auen)
- Standorte mit geringer Hangneigung
- indifferent gegenüber bodenchemischen Eigenschaften

allem im Osten des Gebietes. Mit Bindung an häufig überschwemmte, flußnahe Standorte ist *Acacia erioloba* im Hinblick auf die Wasserversorgung weitestgehend unabhängig von lokalen Niederschlägen und zeigt daher im Bereich des südlichen Transekts keine Bindung an den nordost-südwest-gerichteten Gradienten der mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente (Foto 49). Die Zusammensetzung der flußbegleitenden Vegetation wird maßgeblich vom

Abflußverhalten der ephemeren Fließgewässer gesteuert und kann als azonale Vegetation aufgefaßt werden. Betrachtet man das Einzugsgebiet des Hoarusib als wichtigstem ephemeren Fließgewässer des Kaokolandes, so wird deutlich, daß bedingt durch die Größe dieses Gebietes und seine geologische und pedologische Heterogenität je nach Niederschlagsgebiet und -intensität unterschiedliches Material transportiert und schließlich sedimentiert werden kann. Ähnliche Bedingungen liegen an den Standorten von *Acacia erioloba* im Bereich des südlichen Transekts vor. Zum einen handelt es sich dabei

um die Schwemmebenen des Hoanib bei Sesfontein sowie um die Auenterrassen des Gomatum. Beide Standorte zeichnen sich durch geringe Hangneigungen und einen hohen Feinmaterialanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche aus. Eine Bindung von *Acacia erioloba* an die Ausprägungen bodenchemischer Parameter kann für das südliche Transekt nicht belegt werden. Tab. 62 faßt die Standortbindungen von *Acacia erioloba* zusammen.

Im Vergleich zu *Acacia erioloba* besiedelt *Acacia tortilis* flußfernere Standorte mit einer geringeren Überschwemmungshäufigkeit. Wie bei *Acacia erioloba* ist aber auch diese Art im Kaokoland an gut grundwasserversorgte Standorte gebunden (VILJOEN 1980:95). Neben dem Standort im Becken von Sesfontein tritt die *Acacia tortilis*-*Zygophyllum simplex*-Savanne auch südlich der Steilrandberge im Bereich des nördlichen Transekts auf. Im Gegensatz zu *Acacia erioloba* ist *Acacia tortilis* jedoch

Tab. 63: Standortbindungen von *Acacia tortilis* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Standorte mit hohem Feinmaterialanteil und guter Grundwasserversorgung (Schwemmebenen)
- Standorte mit geringer Hangneigung
- Standorte mit hohem Carbonatgehalt
- Standorte mit hohem pH-Wert
- Standorte mit hohem Gehalt wasserlöslicher Salze

kein Element der flußbegleitenden Vegetation des westlichen Kaokolandes. Daraus ist zu schließen, daß bei dieser Art hinsichtlich der Wasserversorgung eine größere Abhängigkeit von lokalen Niederschlagsereignissen gegeben ist. So ergibt sich für *Acacia tortilis* auf der Grundlage der entlang des südlichen Transekts dokumentierten Vorkommen ein deutlicher Zusammenhang zwischen den durch den Parameter ‚geographische Länge der Aufnahme­fläche‘ widergespiegelten Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente. Wie *Acacia erioloba* sind die

von *Acacia tortilis* besiedelten Standorte feinmaterialreich mit nur einem geringen Anteil der Grus- und Kiesfraktion (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Aus dem vorliegenden Datenmaterial ergibt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit von *Acacia tortilis* und dem Carbonatgehalt sowie der Leitfähigkeit und dem pH-Wert des Standortes. Dieser Zusammenhang sollte aber aufgrund der geringen n-Zahl des Auftretens von *Acacia tortilis* vorsichtig interpretiert werden. Tab. 63 faßt die Standortbindungen von *Acacia tortilis* zusammen.

Als Kennart des *Stipagrostis uniplumis*-*Calicorema capitata*-Graslandes sowie als Begleiter der *Colophospermum mopane*-*Salvadora persica*-*Stipagrostis hirtigluma*-Savanne und der *Colophospermum uniplumis*-Savanne hat *Calicorema capitata* seinen Verbreitungsschwerpunkt im westlichen,

Tab. 64: Standortbindungen von *Calicorema capitata* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Standorte im westlichen, niederschlagsarmen Transektabschnitt
- Standorte mit hohem Feinkies- bis Mittelkies bzw. Feingrus- bis Mittelgrusanteil

niederschlagsarmen Abschnitt des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park. Die von *Calicorema capitata* besiedelten Standorte weisen regelmäßig einen hohen Anteil an Feingrus bzw. Feinkies und Mittelgrus bis Mittelkies auf. Im Tal des Gomatum sind dies Standorte, die stärker von den Schuttfächern der umgebenden Bergflanken geprägt sind als von dem feinmaterialreichen Sediment des

Gomatumtals. Die Ausprägungen der bodenchemischen Faktoren determinieren nicht die Artmächtigkeit von *Calicorema capitata*. Tab. 64 faßt die Standortbindungen von *Calicorema capitata* zusammen.

Catophractes alexandri ist im Bereich des südlichen Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast

Tab. 65: Standortbindungen von *Catophractes alexandri* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt
- Standorte mit hohem Steinanteil
- Standorte mit hohem Blockanteil
- Standorte mit hohem Anteil an anstehendem Gestein
- Standorte mit starker Hangneigung
- (Standorte mit hohem pH-Wert)
- (Standorte mit hohem Gehalt wasserlöslicher Salze)
- (Standorte mit hohem Magnesiumgehalt)
- (Standorte mit hohem Nitratgehalt)

Park in seiner Verbreitung auf die nur im relativ niederschlagsreichen Ostteil des Transekts auftretende *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes alexandri-Savanne* beschränkt. Die von *Catophractes alexandri* besiedelten Standorte weisen neben einer starken Hangneigung einen geringen Feinmaterialanteil auf und sind im Gegenzug durch den hohen Anteil an grobem Material (Steine, Blöcke, Anstehendes) gekennzeichnet. Das Feinmaterial der Aufnahmeflächen weist einen hohen pH-Wert, einen hohen Gehalt an wasserlöslichen Salzen und einen hohen Magnesium- und Nitratgehalt auf. Aufgrund des geringen Feinmaterialanteils am Oberflächenmaterial sind diese Werte jedoch nur vorsichtig als Standortbindungen

von *Catophractes alexandri* zu interpretieren. Tab. 65 faßt die Standortbindungen von *Catophractes alexandri* zusammen.

Mit einer Gesamtstetigkeit von lediglich 5.6 % gehört die annuelle Art *Cleome foliosa* zu den selteneren Arten des vom südlichen Transekt durchquerten Raumes (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Gemeinsam mit *Stipagrostis uniplumis* und *Gisekia africana* kennzeichnet sie das in der Giribisvlakte

Tab. 66: Standortbindungen von *Cleome foliosa* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- feinmaterialreiche Standorte
- Standorte mit niedrigem Carbonatgehalt
- Standorte mit niedrigem Gehalt wasserlöslicher Salze
- Standorte mit niedrigem pH-Wert
- Standorte mit niedrigem Calciumgehalt

dokumentierte *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Grasland*. Während bei diesen Standorten der Feinmaterialanteil 100 % beträgt, liegt dieser Wert bei dem einzigen dokumentierten Vorkommen von *Cleome foliosa* außerhalb des *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Graslandes* bei nur 1 %. Insgesamt ergibt sich daraus für *Cleome foliosa* eine schwache Bindung an feinmaterialreiche Standorte. Der Carbonatgehalt sowie der Gehalt an wasserlöslichen Salzen und Calcium ist bei den

von *Cleome foliosa* besiedelten Standorten niedrig. Daneben ist eine Bindung an Standorte mit geringem pH-Wert festzustellen. Tab. 66 faßt die Standortbindungen von *Cleome foliosa* zusammen.

Als Kennart der *Colophospermum mopane-Savannen* tritt *Colophospermum mopane* mit hoher Stetigkeit im östlich von 12° 55' östl. L. gelegenen Gebiet auf. Im Vergleich zum nördlichen und mittleren Transekt erreicht *Colophospermum mopane* in dem vom Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park durchquerten Gebiet jedoch nur geringe

Tab. 67: Standortbindungen von *Colophospermum mopane* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt
- (Standorte mit hohem Nitratgehalt)
- (Standorte mit hohem Phosphatgehalt)

Artmächtigkeiten (vgl. Abb. 112 sowie Abb. 67 (S. 154) und Abb. 92 (S. 208)). Die von *Colophospermum mopane* besiedelten Standorte im Tal des Gomatum und in der Schwemmebene des Hoanib liegen außerhalb des Auenbereichs beider Flüsse. Im Becken von Sesfontein besiedelt *Colophospermum mopane* in der *Colophospermum mopane-Savanne*

flußfernere Standorte als die *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex-Savanne*. So ergibt sich für *Colophospermum mopane* eine stärkere Abhängigkeit vom Auftreten lokaler Niederschläge als für *Acacia tortilis* und *Acacia erioloba*. Im Hinblick auf die bodenchemischen Parameter läßt sich

für *Colophospermum mopane* eine enge Bindung an nitrat- und phosphatreiche Standorte erkennen. Tab. 67 faßt die Standortbindungen von *Colophospermum mopane* zusammen.

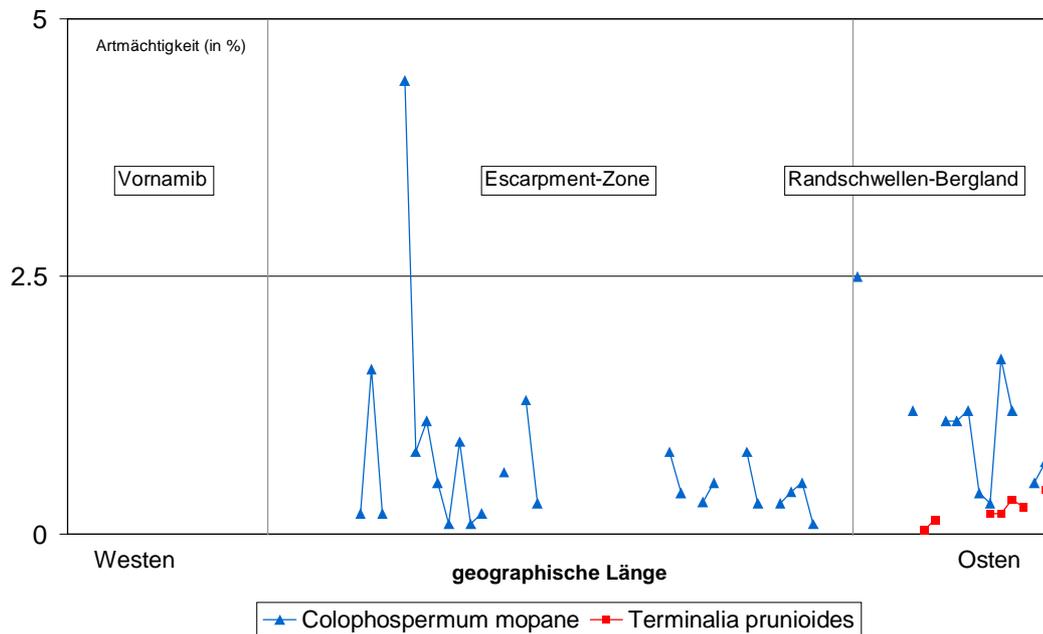


Abb. 112: Artmächtigkeiten von *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* in den entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Vegetationsaufnahmen

Commiphora virgata, *C. wildii* und *C. oblancoolata* grenzen für den Bereich des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park die *Commiphora spp.*-Savanne ab. Da sich für diese drei Arten recht ähnliche Standortbindungen ergeben, sollen sie gemeinsam besprochen werden. Für alle drei Arten ist eine Bindung an stark geneigte Standorte mit geringem Feinmaterialanteil und einem hohen Anteil an Blöcken erkennbar. Für *Commiphora oblancoolata* und *Commiphora wildii* liegt daneben eine Bindung an Standorte mit einem hohen Anteil

Tab. 68: Standortbindungen von *Commiphora virgata*, *C. wildii* und *C. oblancoolata* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsreicheren, östlichen Transektabschnitt (*C. virgata*)
- Standorte im niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitt (*C. wildii*, *C. oblancoolata*)
- Standorte mit starker Hangneigung
- Feinmaterialarme Standorte
- Standorte mit hohem Anteil der Steinfraction (*C. virgata*, *C. wildii*)
- Standorte mit hohem Blockanteil
- Standorte mit hohem Anteil an anstehendem Gestein (*C. oblancoolata*, *C. wildii*)

an anstehendem Material am Oberflächenmaterial der Aufnahme fläche vor. Für die Standorte von *Commiphora wildii* und *Commiphora virgata* wurden außerdem hohe Anteile der Steinfraction am Oberflächenmaterial dokumentiert. Im Gegensatz zu *Commiphora oblancoolata* und *Commiphora wildii* hat *Commiphora virgata* ihren Verbreitungsschwerpunkt im niederschlagsreicheren, östlichen Teil des Transekts und tritt hier auch gemeinsam mit *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* in der für die Hanglagen des östlichen Endabschnitts des Transekts typischen *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-Savanne auf. Eine Bindung an die chemischen Eigenschaften des an den Standorten vorliegenden Feinmaterials

kann weitestgehend für *Commiphora virgata*, *C. oblancoolata* und *C. wildii* nicht festgestellt werden. Tab. 68 faßt die Standortbindungen der drei *Commiphora*-Arten zusammen.

Als Kennart der *Commiphora oblanceolata-Euphorbia damarana-Savanne* ist *Euphorbia damarana* in ihrem Auftreten im Bereich des südlichen Transekts weitestgehend auf diese, im niederschlagsarmen, westlichen Abschnitt des Transekts auftretende Gemeinschaft beschränkt (vgl. Tab. IX,

Tab. 69: Standortbindungen von *Euphorbia damarana* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Standorte im niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitt
- Standorte mit hohem Anteil an Blöcken
- Standorte mit hohem Anteil an anstehendem Gestein

Anlagenband). Im Gegensatz jedoch zu *Commiphora oblanceolata* ergeben sich für *Euphorbia damarana* weniger stark ausgeprägte Bindungen an bestimmte bodenphysikalische Parameter. Der Grund dafür ist darin zu sehen, daß *Euphorbia damarana* auch auf einem, im Vergleich zu den anderen Standorten untypischen Standort dokumentiert wurde. Im Gegensatz zu den Standorten der *Commiphora oblanceolata-Euphorbia damarana-Savanne* handelt es sich dabei nicht um eine feinmaterialarme Mittelhanglage, sondern um einen vergleichsweise feinmaterialreichen, kaum geneigten Rivierstandort im *Stipagrostis hirtigluma-Grasland* bei 13° östl. L. (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Als typische Standorte von *Euphorbia damarana* im Bereich des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park können jedoch Hanglagen mit einem hohen Anteil an Blöcken und anstehendem Gestein verzeichnet werden. Tab. 69 faßt die Standortbindungen von *Euphorbia damarana* zusammen.

Auch wenn *Gisekia africana* gemeinsam mit *Stipagrostis uniplumis* und *Cleome foliosa* zur Ab-

Tab. 70: Standortbindungen von *Gisekia africana* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- nicht oder nur schwach geneigte Standorte
- feinmaterialreiche Standorte
- Standorte mit geringem Carbonatgehalt
- Standorte mit geringem Calciumgehalt

grenzung des *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana-Graslandes* herangezogen worden ist, tritt diese Art bei einer Gesamtstetigkeit von 13,5 % vereinzelt auch in den Savannengemeinschaften in Erscheinung (vgl. Tab. IX, Anlagenband). So ist für *Gisekia africana* keine Bindung an Standorte weder im niederschlagsarmen noch im niederschlagsreichen Teil des Transekts beschreibbar. Als annuelle Art kann *Gisekia africana* lokale Niederschlagsereignisse nutzen und so teilweise zur aspektbildenden Art werden (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Dabei sind deutliche Bindungen der Art vor allem an bodenphysikalische Eigenschaften des Standortes festzustellen. So ist *Gisekia africana* vorwiegend auf nur schwach geneigten Standorten mit einem hohen Feinmaterialanteil vertreten. Standorte mit einem höheren Anteil mittelgroben oder groben Materials werden von dieser Art gemieden. Der Carbonatgehalt des Feinmaterials der von *Gisekia africana* im Bereich der südlichen Transekts besiedelten Standorte ist genauso wie der Calciumgehalt relativ gering. Tab. 70 faßt die Standortbindungen von *Gisekia africana* zusammen.

Als Kennart der *Commiphora wildii-Monechma genistifolium-Savanne* hat *Monechma genistifolium* ihren Verbreitungsschwerpunkt im niederschlagsarmen, westlichen Abschnitt des südlichen Transekts. Während diese Art hier mittel bis stark geneigte feinmaterialarme Standorte besiedelt, wurde *Monechma genistifolium* auch auf feinmaterialreichen Standorten der Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Savanne* dokumentiert. Insgesamt kann *Monechma genistifolium* daher als indifferent im Hinblick auf den Feinmaterialanteil der Aufnahme- fläche eingestuft werden. Ihr Optimum hat die Art jedoch auf Standorten

Tab. 71: Standortbindungen von *Monechma genistifolium* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- vorwiegend Standorte im westlichen niederschlagsarmen Transektabschnitt
- vorwiegend stark geneigte Hanglagen
- Standorte mit hohem Blockanteil
- Standorte mit hohem Anteil an anstehendem Gestein
- (Standorte mit einem hohen Calciumgehalt)

mit einem hohen Blockanteil und einem hohen Anteil an anstehendem Gestein am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche. Im Hinblick auf die bodenchemischen Eigenschaften des Feinmaterials zeigt sich eine vorsichtig zu interpretierende Bindung an hohe Calciumgehalte. Tab. 71 faßt die Standortbindungen von *Monechma genistifolium* zusammen.

Für das Arbeitsgebiet ist die Verbreitung von *Salvadora persica* auf gut grundwasserversorgte

Tab. 72: Standortbindungen von *Salvadora persica* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- feinmaterialreiche Standorte mit guter Grundwasserversorgung
- nicht oder kaum geneigte Standorte
- Standorte mit hohem Carbonatgehalt
- Standorte mit hohem pH-Wert
- Standorte mit hohem Gehalt an wasserlöslichen Salzen

bzw. flußnahe Standorte beschränkt (Foto 50). Auch im Bereich des südlichen Transekts ist diese Art im Tal des Gomatum sowie der Schwemmebene des Hoanib vertreten. Wie bei *Acacia erioloba* kann aufgrund der weitgehenden Unabhängigkeit dieser Art im Hinblick auf ihre Wasserversorgung von lokalen Niederschlägen keine Bindung an den die Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente widerspiegelnden Parameter ‚geographische Länge der Aufnahmefläche‘ festgestellt werden. Wie bei *Acacia erioloba* und *Acacia tortilis* liegt für *Salvadora persica* eine enge Bindung an feinmaterialreiche Standorte vor. Das Feinmaterial der von *Salvadora persica* besiedelten Standorte weist überwiegend höhere Carbonatgehalte, hohe pH-Werte sowie einen hohen Gehalt an wasserlöslichen Salzen auf. Tab. 72 faßt die Standortbindungen von *Salvadora persica* zusammen.

Das Feinmaterial der von *Salvadora persica* besiedelten Standorte weist überwiegend höhere Carbonatgehalte, hohe pH-Werte sowie einen hohen Gehalt an wasserlöslichen Salzen auf. Tab. 72 faßt die Standortbindungen von *Salvadora persica* zusammen.



Foto 50: *Salvadora persica* mit Verbißspuren (Schwemmebene des Hoarusib)

Tab. 72 faßt die Standortbindungen von *Salvadora persica* zusammen.

Mit einer Gesamtstetigkeit von 57.3 % ist *Stipagrostis hirtigluma* die Hauptgrasart der im Bereich des südlichen Transekts erfaßten Vegetationsaufnahmen und ist neben dem ephemeren *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland hochfrequent (z.B. *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Catophractes alexandri*-Savanne) oder vereinzelt (z.B. *Commiphora virgata*-Savanne) auch in anderen Gemeinschaften

vertreten (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Wie Abb. 113 (S. 242) verdeutlicht, hatte *Stipagrostis hirtigluma* ihr Optimum während des Bearbeitungszeitraumes in der Regenzeit 1998/99 im niederschlagsarmen, westlichen Teil des Transekts.

Tab. 73: Standortbindungen von *Stipagrostis hirtigluma* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Optimum an Standorten im niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitt
- stark geneigte Standorte
- feinmaterialarme Standorte
- Standorte mit hohem Anteil an mittelgrobem und grobem Material (Grus, Kies, Steine, Blöcke, Anstehendes)
- Standorte mit hohem Carbonatgehalt
- Standorte mit hohem pH-Wert
- Standorte mit geringem Natriumgehalt
- Standorte mit hohem Gehalt an wasserlöslichen Salzen

Aufgrund der in diesem Zeitraum nur geringen Artmächtigkeiten im Bereich der Ebenenstandorte der Vornamib und der hohen Stetigkeit in den anderen Gemeinschaften ergibt sich für das südliche Transekt eine enge Bindung von *Stipagrostis hirtigluma* an stark geneigte Standorte. Diese Bindung wäre bei höheren Niederschlagsmengen im Bereich der Vornamib und daraus resultierenden höheren Artmächtigkeiten von *Stipagrostis hirtigluma* sicher zu relativieren. Deutlich ist jedoch eine Bindung von

Stipagrostis hirtigluma an feinmaterialarme Standorte, die überwiegend einen hohen Anteil der Steinfraktion und des anstehenden Gesteins am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche aufweisen. Der Carbonat-, Calcium-, und Magnesiumgehalt dieser Standorte ist meist hoch. Die Natriumkonzentration ist dagegen eher gering. Tab. 73 faßt die Standortbindungen von *Stipagrostis hirtigluma* zusammen.

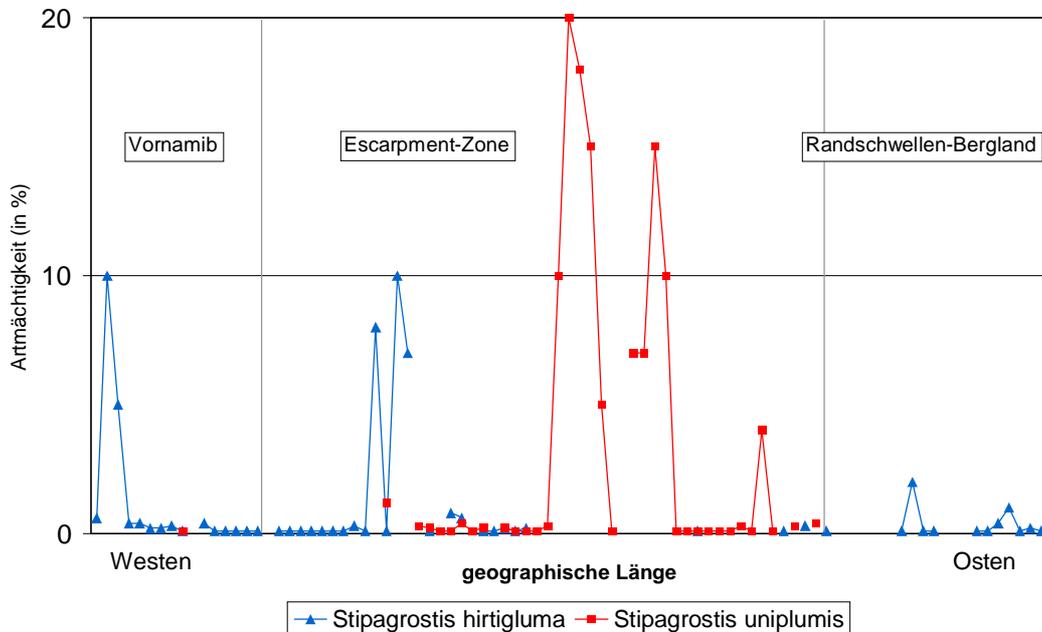


Abb. 113: Artmächtigkeit von *Stipagrostis hirtigluma* und *Stipagrostis uniplumis* entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park (Regenzeit 1998/99)

Wie Abb. 113 belegt, ist die Verbreitung von *Stipagrostis uniplumis* im Bereich des südlichen Transekts fast ausschließlich auf Standorte in der Escarpment-Zone beschränkt. Ihr Optimum hat diese Art im *Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata*-Grasland und dem *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana*-Grasland. Die höchste Artmächtigkeit erreicht *Stipagrostis uniplumis* jedoch in der *Acacia erioloba-Salvadora perisca*-Savanne. Neben den nicht oder nur schwach geeigneten, feinmaterialreichen Standorten dieser Gemeinschaften tritt *Stipagrostis uniplumis* auch auf den stark geeigneten Standorten der *Commiphora virgata*-Savanne in Erscheinung. Insgesamt resultiert daraus eine Indifferenz dieser Art hinsichtlich der Hangneigung der Standorte. Ihr Optimum erreicht *Stipagrostis uniplumis* auf feinmaterialreichen Standorten, die einen geringen Carbonatgehalt, einen niedrigen pH-Wert sowie geringe Gehalte an wasserlöslichen Salzen und Calcium aufweisen. Daneben tritt *Stipagrostis uniplumis* an Standorten mit geringem Nitratgehalt stärker in Erscheinung. Tab. 74 faßt die Standortbindungen von *Stipagrostis uniplumis* zusammen.

Tab. 74: Standortbindungen von *Stipagrostis uniplumis* (Transect Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Optimum an Standorten im mittleren Abschnitt des Transekts
- feinmaterialreiche Standorte
- Standorte mit geringem Anteil an Fein- bis Mittelgrus bzw. Fein- bis Mittelkies
- Standorte mit geringem Carbonatgehalt
- Standorte mit niedrigem pH-Wert
- Standorte mit geringem Gehalt an wasserlöslichen Salzen
- Standorte mit Calciumgehalt
- Standorte mit geringem Nitratgehalt

Wie Abb. 113 belegt, ist die Verbreitung von *Stipagrostis uniplumis* im Bereich des südlichen Transekts fast ausschließlich auf Standorte in der Escarpment-Zone beschränkt. Ihr Optimum hat diese Art im *Stipagrostis uniplumis-Calicorema capitata*-Grasland und dem *Stipagrostis uniplumis-Cleome foliosa-Gisekia africana*-Grasland. Die höchste Artmächtigkeit erreicht *Stipagrostis uniplumis* jedoch in der *Acacia erioloba-Salvadora perisca*-Savanne. Neben den nicht oder nur schwach geeigneten, feinmaterialreichen Standorten dieser Gemeinschaften tritt *Stipagrostis uniplumis* auch auf den stark geeigneten Standorten der *Commiphora virgata*-Savanne in Erscheinung. Insgesamt resultiert daraus eine Indifferenz dieser Art hinsichtlich der Hangneigung der Standorte. Ihr Optimum erreicht *Stipagrostis uniplumis* auf feinmaterialreichen Standorten, die einen geringen Carbonatgehalt, einen niedrigen pH-Wert sowie geringe Gehalte an wasserlöslichen Salzen und Calcium aufweisen. Daneben tritt *Stipagrostis uniplumis* an Standorten mit geringem Nitratgehalt stärker in Erscheinung. Tab. 74 faßt die Standortbindungen von *Stipagrostis uniplumis* zusammen.

Wie Abb. 112 (S. 239) belegt, ist *Terminalia prunioides* im Bereich des südlichen Transekts le-

Tab. 75: Standortbindungen von *Terminalia prunioides* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Standorten im östlichen, niederschlagsreichen Abschnitt des Transekts
- stark geneigte Standorte
- Standorte mit geringem Feinmaterialanteil
- Standorte mit hohem Anteil an der Steinfraktion
- Standorte mit hohem Anteil an Blöcken
- Standorte mit hohem Anteil an anstehendem Gestein
- (Standorte mit hohem pH-Wert)
- (Standorte mit geringem Gehalt an wasserlöslichen Salzen)
- (Standorte mit hohem Nitratgehalt)

diglich vereinzelt und mit vergleichsweise geringen Artmächtigkeiten im östlichen, niederschlagsreichen Abschnitt des Transekts vertreten. Daraus ergibt sich für *Terminalia prunioides* eine enge Bindung an die Ausprägungen der mit Niederschlägen verbundenen nordost-südwest-gerichteten Klimagradienten. So ist die westliche Verbreitungsgrenze bei 13° 41' östl. L. im Bereich des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park als die Trockengrenze dieser Art aufzufassen. In diesem Bereich besiedelt *Terminalia prunioides* ausschließlich Hanglagen mit geringem Feinmaterialanteil und hohem Anteil der Steinfraktion, der Blöcke und des anstehenden Gesteins. Das Feinmaterial der von *Terminalia prunioides* besiedelten Standorte weist einen hohen pH-Wert sowie einen hohen Gehalt an wasserlöslichen Salzen und Nitrat auf. Tab. 75 faßt die Standortbindungen von *Terminalia prunioides* zusammen.

Als einzige blattsukkulente Art im Bereich des südlichen Transekts ist *Zygophyllum simplex* zur Abgrenzung einer Gemeinschaft herangezogen worden. Außer in der *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex-Savanne*, in der *Zygophyllum simplex* mit Artmächtigkeiten bis zu 15 % vertreten ist, tritt sie bei einer Gesamtstetigkeit von 21.3 % auch in zahlreichen anderen Gemeinschaften in Erscheinung

Tab. 76: Standortbindungen von *Zygophyllum simplex* (Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park)

- Standorte im westlichen, niederschlagsärmeren Abschnitt des Transekts
- indifferent im Hinblick auf die Hangneigung des Standortes und die bodenphysikalischen Parameter
- Standorte mit hohem Carbonatgehalt
- Standorte mit hohem Gehalt an wasserlöslichen Salzen

(z.B. *Stipagrostis hirtigluma-Grasland*, *Commiphora wildii-Monechma genistifolium-Savanne*). Wenngleich *Zygophyllum simplex* ihr quantitatives Optimum in der bei 13° 40' östl. L. dokumentierten *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex-Savanne* hat, resultiert aus ihrer Gesamtverbreitung im Bereich des südlichen Transekts ein schwacher Verbreitungsschwerpunkt im niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitt. Als einzige der hier besprochenen Arten erweist sich *Zygophyllum simplex* als indifferent gegenüber den Ausprägungen der bodenphysikalischen Parameter so-

wie der Hangneigung der Standorte. Eine Bindung der Art ist jedoch an carbonatreichere Standorte sowie an Standorte mit erhöhtem Gehalt an wasserlöslichen Salzen zu erkennen. Tab. 76 faßt die Standortbindungen von *Zygophyllum simplex* zusammen.

6.2.5.4.2.1 Zusammenfassung

Weniger deutlich als beim mittleren Transekt steht beim Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park der Parameter ‚geographische Länge‘ als der die Gradienten der mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente repräsentierende Faktor als Determinante für das Auftreten der syntaxonomisch relevanten Arten im Vordergrund. Zu den mit diesem Parameter stark positiv korrelierten Arten zählt neben *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* auch *Cataphractes alexandri*. Ihren Verbreitungsschwerpunkt im westlichen, niederschlagsarmen Raum haben dagegen *Calicorema capitata* und *Commiphora wildii*. Neben dem Parameter ‚geographische Länge der Aufnahmeﬂäche‘ ergeben sich zahlreiche Bindungen der Arten an einerseits feinmaterialreiche Standorte (z.B. *Salva-*

dora persica, *Acacia tortilis*, *Gisekia africana*) und andererseits an Standorte, die stärker durch grobes Material (Steine, Blöcke, Anstehendes) geprägt sind (z.B. *Commiphora oblongeolata*, *C. wildii*, *C. virgata*). Die z.T. engen Bindungen der Arten an die unterschiedlichen Ausprägungen der bodenphysikalischen Parameter lassen sich als unterschiedliche Anpassungen im Hinblick auf die Wasserversorgung der Arten interpretieren.

Im Vergleich zu den bodenphysikalischen Parametern treten die bodenchemischen Eigenschaften als vegetationsökologische Determinanten klar in den Hintergrund. Betrachtet man die Arten mit einer engen Bindung an feinmaterialreiche Standorte, so sind die deutlichsten Beziehungen zum Carbonatgehalt, dem pH-Wert sowie dem Gehalt an wasserlöslichen Salzen zu erkennen.

6.2.5.4.3 Standortbindung der entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften

Aufgrund der in Kap. 6.2.5.4.2 dargelegten Bindung der für die Gliederung der Vegetation wesentlichen Arten an die erfaßten Standortfaktoren, wurden für die Analyse des Zusammenhangs zwischen Standortfaktoren und den entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park abgegrenzten Gemeinschaften folgende, an den einzelnen Aufnahmeflächen erfaßte Parameter ausgewählt:

metrisch skalierte Variablen

- **Geographische Länge** der Aufnahmefläche (als den klimatischen nordost-südwest-gerichteten Komplexgradienten widerspiegelnder Parameter)
- **Hangneigung** (Neigung der Aufnahmefläche in %)
- Anteil des **Feinmaterials** am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche (Korngrößen < 2 mm, in %)
- Anteil des **mittelgroben Materials** am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche (Grus bzw. Kies [Korngrößen Ø 2 mm bis 6 cm], in %)
- Anteil des **Grobmaterials** am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche (Steine, Blöcke, anstehendes Gestein [Korngrößen Ø > 6 cm], in %)
- Gehalt des Feinmaterials an **wasserlöslichen Salzen** (elektr. Leitfähigkeit, mS/cm)
- **pH-Wert** des Feinmaterials (entlogarithmisiert)
- **Carbonatgehalt** des Feinmaterials (in Gewichtsprozent)
- **Calciumgehalt** des Feinmaterials (mg/l)

ordinal skalierte Variable

Lage der Aufnahmefläche im Relief (**Ebene, Fußhang, Mittelhang, Tal/Rivier**)

Das Ergebnis der ‚Direkten Gradientenanalyse‘ ist in Abb. III (Anlagenband) dargestellt. Wegen der starken Korrelation der Parameter ‚pH-Wert‘, ‚Calciumgehalt‘ und ‚Carbonatgehalt‘ wurden diese drei Standortfaktoren in der Darstellung zum Faktor ‚Basizität‘ zusammengefaßt (Tab. 77).

Wie Abb. III (Anlagenband) zeigt, ist im Gegensatz zum nördlichen und zum mittleren Transekt

Tab. 77: Korrelation der Standortfaktoren ‚Calciumgehalt‘, ‚Carbonatgehalt‘ und ‚pH-Wert‘ beim Feinmaterial der entlang des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park erfaßten Standorte

(PEARSON'scher Korrelationskoeffizient; Signifikanz mit *** = $p < 0.001$; kursiv dargestellte Werte erfüllen dieses Signifikanzkriterium nicht)

	Carbonatgehalt (Gewichtsprozent)	pH-Wert
Calciumgehalt (mg/l)	0.5521***	0.0811
Carbonatgehalt (Gewichtsprozent)	-	0.4314***

beim südlichen Transekt nicht der die Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimatelemente widerspiegelnde Parameter der ‚geographischen Länge‘ der Aufnahme­fläche die wichtigste Determinante im Hinblick auf die Herausbildung unterschiedlicher Vegetationstypen. Es zeigt sich vielmehr, daß der reliefbezogenen Lage der Aufnahme­flächen eine besondere Bedeutung zukommt. Bereits in Kap. 6.2.2 ist der Zusammen­

hang zwischen Standorttyp und bestimmten Eigenschaften des Standortes, insbesondere der bodenphysikalischen Eigenschaften, herausgestellt worden. Dieser Zusammenhang zeigt sich auch deutlich beim Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park. So wird der Ordinationsraum vor allem durch die Position der Aufnahme­flächen im Relief und den damit eng verbundenen unterschiedlichen Anteilen der Korngrößengruppen aufgespannt. Eine enge Bindung an Standorte mit einem hohen Anteil an grobem bzw. mittelgrobem Material am Oberflächenmaterial der Aufnahme­flächen zeigt sich dabei insbesondere für das *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland sowie für die verschiedenen Ausprägungen der *Commiphora spp.*-Savanne. Besonders für den letztgenannten Vegetationstyp läßt sich auch eine enge Bindung an stark geneigte Standorte beschreiben (Mittelhang- und Fußhangstandorte). Verbreitet sind sowohl das *Stipagrostis hirtigluma*-Grasland als auch die *Commiphora spp.*-Savanne im westlichen, niederschlagsarmen Abschnitt des südlichen Transekts (vgl. Karte III, Anlagenband). Dieses Ergebnis bestätigt die in Kap. 6.2.5.4.2 dargestellten Bindungen der die einzelnen Gemeinschaften kennzeichnenden Arten an bodenphysikalische Eigenschaften der jeweiligen Standorte bzw. deren Bindung an den Parameter ‚geographische Länge der Aufnahme­fläche‘ (vgl. Tab. X, Anlagenband). Die verschiedenen Ausprägungen der *Colophospermum mopane*-Savanne mit den Gemeinschaften der *Colophospermum mopane-Salvadora persica-Stipagrostis hirtigluma*-Savanne, der *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis*-Savanne sowie der Gemeinschaft der *Colophospermum mopane*-Savanne besiedeln alle entlang des südlichen Transekts dokumentierten Standorttypen. Auch hier ist eine – wenngleich nicht scharfe – Differenzierung der Gemeinschaften vor allem in Abhängigkeit von unterschiedlichen Anteilen der Korngrößengruppen am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche sichtbar. So haben die *Colophospermum mopane-Stipagrostis uniplumis*-Savanne und die *Colophospermum mopane-Salvadora persica-Stipagrostis hirtigluma*-Savanne ihren Schwerpunkt auf Standorten mit einem hohen Anteil der Grus- bzw. Kiesfraktion (vgl. Tab. IX, Anlagenband). Die Gemeinschaft der *Colophospermum mopane*-Savanne ist dagegen in ihrer Verbreitung weitgehend auf feinmaterialreiche, nicht oder kaum geneigte Standorte mit z.T. hohem Gehalt wasserlöslicher Salze beschränkt. Eine sehr ähnliche Standortbindung ergibt sich auch für die *Acacia tortilis-Zygophyllum simplex*-Savanne. Eine im Ordinationsdiagramm vermittelnde Stellung nimmt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Catophractes* Savanne ein, die einerseits nur im östlichen, niederschlagsreichen Abschnitt des Transekts vertreten ist, andererseits hier jedoch lediglich mittel bis stark geneigte Standorte mit überwiegend geringem Feinmaterialanteil besiedelt. Deutlich von der Hauptgruppe der die Vegetationsaufnahmen repräsentierenden Symbolpunkte abgesetzt, ist in den Quadranten I und III des Ordinationsdiagramms eine von *Stipagrostis uniplumis* dominierte Aufnahme­

gruppe zu erkennen. Gemeinsames Merkmal der entsprechenden Standorte ist die geringe Basizität des Feinmaterials. Zusammengefaßt mit den in Tab. X (Anlagenband) dargestellten Standortbindungen von *Stipagrostis uniplumis*, läßt sich diese Art für den Bereich des südlichen Transekts als Indikator für carbonatfreie bzw. carbonatarme Standorte mit niedrigem pH-Wert, einem geringen Calciumgehalt und einem geringen Gehalt an wasserlöslichen Salzen einstufen.

6.2.5.5 Zusammenfassende Darstellung der Standortbindungen syntaxonomisch relevanter Arten

Die Bindung von Arten an bestimmte Standorteigenschaften stellt ein Traditionsgebiet vegetationsökologischer Forschung dar. Spätestens seit der Formulierung des „Gesetzes der relativen Standortskonstanz“ im Jahre 1953 durch H. und E. WALTER (WALTER & WALTER 1953) sind auch die Taxa Namibias Gegenstand standortökologischer Forschung geworden.

Da das für die Pflanze verfügbare Wasser in tropischen und subtropischen Trockengebieten den Hauptstandortfaktor darstellt (SHMIDA & BURGESS 1988), ist zu vermuten, daß durch den im Arbeitsgebiet vorliegenden ost-west-gerichteten Gradienten der mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente, zumindest ein Teil der Arten standortorientierte Anpassungen an diesen klimatischen Komplexgradienten vollzieht.

In den Tab. VI, VIII/1, VIII/2 und X (Anlagenband) sind die Standortbindungen der für die einzelnen Transekte zur Abgrenzung der Gemeinschaften bedeutsamen Arten dargestellt worden. Tab. 78 (S. 250) faßt die Standortbindungen für die im Bereich aller drei Transekte auftretenden syntaxonomisch relevanten Arten zusammen.

Es zeigt sich, daß *Calicorema capitata* im Bereich der drei Transekte in seiner Verbreitung auf die niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitte beschränkt ist. Dabei dringt diese Art bis zu einer Meerese Entfernung von 85 km in das Landesinnere vor. HACHFELD (1996, 2000) konnte zeigen, daß *Calicorema capitata* in der Zentralen Namib bei einer Meerese Entfernung von 70 bis 100 km die *Calicorema capitata*-Zone prägt. Weiterhin wird deutlich, daß *Calicorema capitata* im Bereich des mittleren und des nördlichen Transekts eine deutliche Bindung an feinmaterialarme Standorte aufweist. Für das nördliche und das südliche Transekt liegt eine Bindung an Standorte mit einem hohen Anteil an Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies vor. Lediglich im Bereich des nördlichen Transekts liegen weitere Bindungen an die bodenphysikalischen Eigenschaften des Standortes für *Calicorema capitata* vor. Bei allen drei Transekten ist keine Bindung dieser Art an bestimmte Ausprägungen bodenchemischer Eigenschaften festzustellen.

Colophospermum mopane ist die charakteristische und oft bestandsbildende phanerophytische Art des nordwestlichen Namibia und weist im Bereich der drei Transekte ein Optimum in den niederschlagsreichen Transektabschnitten auf. Dabei kann *Colophospermum mopane* im niederschlagsreichen Gebiet so unterschiedliche Standorte besiedeln wie feinmateriallose Karststandorte (Foto 51A) und tiegründige, feinmaterialreiche Ebenenstandorte (Foto 51B). Wenn auch *Colophospermum mopane* im Kaokoland die am stärksten durch den Menschen genutzte phanerophytische Art ist (EICHHORN & JÜRGENS 2000, vgl. auch BOLLIG 1999:141ff), so prägt *Colophospermum mopane* doch weite Teile insbesondere des niederschlagsreichen Bereichs des nördlichen und des mittleren Transekts. Dies ist nicht zuletzt durch die starke Regenerationsfähigkeit dieser Art nach Biomasseverlust zu begründen (vgl. SCHOLES 1990a, SMIT & RETHMAN 1998a, 1998b, 2000).

Eine klare Bindung an bestimmte Standortbedingungen ist für *Colophospermum mopane* nicht zu erkennen. Auffällig ist aber die für das mittlere und das südliche Transekt erkennbare Präferenz nitratreicher Standorte. Insgesamt scheint die Art *Colophospermum mopane* in ihrem Areal gegenüber einer Vielzahl von Umweltfaktoren eine weite ökologische Amplitude zu besitzen (vgl. zusammenfassend HEGNER 1979:236f, MAPAURE 1994, TIMBERLAKE 1995:7ff, TRIPPNER 1996:101f).



Foto 51: Standorte von *Colophospermum mopane* bei 13° 35' östl. L.: A) verkarsteter Standort bei Kaoko Otavi, B) feinmaterialreicher Ebenenstandort bei Orontjitombo (stark anthropogen überprägt)

In den niederschlagsarmen, westlichen Abschnitten der Transekte ist *Colophospermum mopane* nicht mehr auf Ebenenstandorten vertreten, sondern baut die kontrahierte Vegetation der Gerinne und kleineren Riviere auf (Foto 52). So ist *Colophospermum mopane*, die ihr Optimum im Bereich der



Foto 52: Kleines Rivier südlich von Orupembe in der Vornamib

(bei einem Jahresniederschlag von 50 bis 100 mm bauen *Terminalia prunioides* und *Salvadora persica* zusammen mit *Colophospermum mopane* die kontrahierte Vegetation der Riviere und Gerinne auf)

niederschlagsreichen Transektabschnitte hat, ein gutes Beispiel für das von WALTER & WALTER (1953) formulierte „Gesetz der relativen Standortskonstanz“. Die physiognomische Anpassung von *Colophospermum mopane* an schlechter wasserversorgte Standorte, aber auch kleinräumige pedologische Unterschiede ist häufig beschrieben worden (z.B. VOORTHUIZEN 1976, TIMBERLAKE 1995:7f, TRIPPNER 1996:104ff). Auch die Frosthäufigkeit zählt nach COLE (1982:157, 1986:203) und VOLK (1966:51f) zu den die Wuchsform von *Colophospermum mopane* stark beeinflussenden Faktoren.

Während *Euphorbia damarana* im Bereich des mittleren und des südlichen Transekts mit ihrem Auftreten auf Gebiete mit maximal 100 mm durchschnittlichem Jahresniederschlag beschränkt ist, tritt diese Art im Bereich des nördlichen Transekts in der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Euphorbia damarana-Savanne* auf, die mit durchschnittlich 26.3 Arten pro 0.1 ha die artenreichste Gemeinschaft im Bereich des Transekts Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park darstellt. Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge beträgt hier nach VAN DER MERWE (1983) 100 bis 200 mm. Es müssen dem Vegetationstyp entsprechend jedoch höhere Niederschlagsmengen angenommen werden (vgl. Kap. 6.2.5.2.1.3.3, S. 140).

In der Zentralen Namib baut *Euphorbia damarana* mit verschiedenen Begleitern (u.a. *Calicorema capitata*, *Zygophyllum stapfii*) bei einer Küstenentfernung zwischen 65 und 120 km und durchschnittlich 100 mm Niederschlag pro Jahr gebietesweise die zonale Vegetation auf und ist dabei auf flachgründige, skelettreiche Substrate beschränkt (HACHFELD 1996).

Bei durchschnittlichen Jahresniederschlägen von 100 bis 200 mm (VAN DER MERWE 1983) ist *Euphorbia damarana* die aspektbildende Art des von grobmaterialreichem Etendeka-Basalt geprägten Teils des Damaralands (Foto 53, vgl. Foto 20, S. 145).

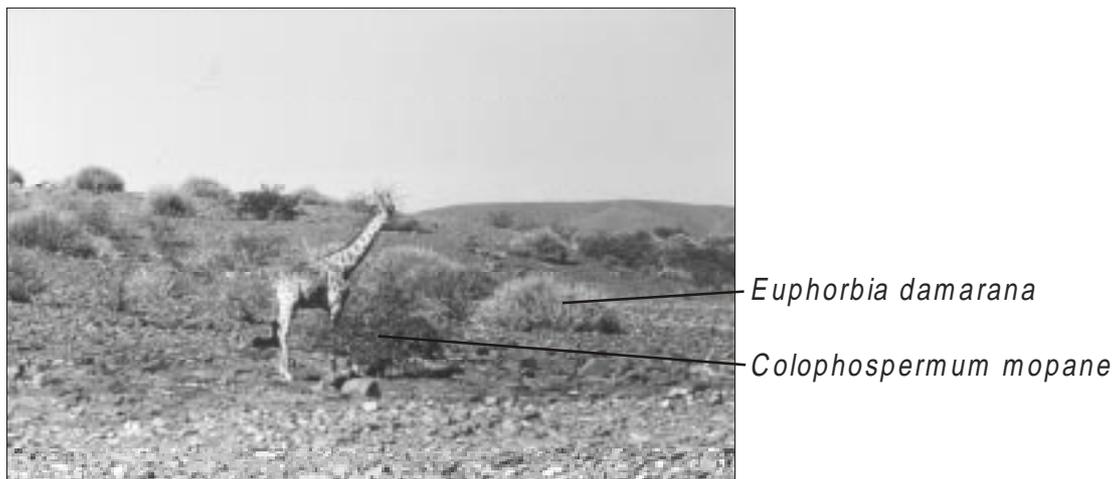


Foto 53: *Euphorbia damarana* und *Colophospermum mopane* südöstlich von Warmquelle (Damaraland)

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ergibt sich im Bereich des nördlichen Transekts eine Standortbindung von *Euphorbia damarana* an feinmaterialreiche Standorte, im Bereich des mittleren Transekts jedoch eine Bindung an feinmaterialarme Standorte. Eine Bindung an Standorte mit einem hohen Blockanteil und einem hohen Anteil an anstehendem Gestein kann lediglich für das südliche Transekt festgestellt werden. Damit ergibt sich für *Euphorbia damarana* folgendes Bild, das vor dem Hintergrund der von Norden nach Süden geringer werdenden Jahresniederschläge bei gleichzeitiger Zunahme der interannuellen Variabilität der Niederschlagsmenge zu sehen ist: Im Bereich des nördlichen Transekts kann sich *Euphorbia damarana* bei Niederschlägen von wahrscheinlich mehr als 200 mm auf feinmaterialreichen, vergleichsweise tiefgründigen Standorten etablieren. Hier ist *Euphorbia damarana* gerade nicht auf grobmaterialreichen Standorten verbreitet. Mit den nach Süden abnehmenden Niederschlagsmengen und einer erhöhten Niederschlagsvariabilität weicht *Euphorbia damarana* zunächst auf feinmaterialarme und schließlich im Bereich des südlichen Transekts auf besonders blockreiche Standorte mit einem hohen Anteil an anstehendem Material aus. Für die stammsukkulente Art

Euphorbia damarana stellen derartige Standorte, bei denen während der sporadischen Niederschläge kurzfristig eine große Wassermenge im spaltenreichen Substrat verfügbar ist, einen Gunststandort dar (vgl. DEAN et al. 1992, HACHFELD 1996, 2000). Damit ist *Euphorbia damarana* ein gutes Beispiel für einen durch klimatische Gradienten bedingten Wechsel des Biotops bei relativer Konstanz des Standortes.

Während *Colophospermum mopane* wie auch andere Phanerophyten entlang eines Gradienten abnehmender Niederschlagsmengen und ansteigender interannueller Variabilität der Niederschlagsmenge eine Verringerung der Wuchshöhe aufweist, ist diese niederschlagsbedingte Anpassung bei *Euphorbia damarana* nicht zu erkennen. Die im Zuge dieser Arbeit dokumentierten Ausprägungen chemischer Substrateigenschaften spielen als Standortbedingungen für *Euphorbia damarana* keine Rolle (vgl. Tab. 78).

Wie Tab. 78 darstellt, ist bei den drei Transekten ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit von *Stipagrostis hirtigluma* und dem Steinanteil am Oberflächenmaterial der Aufnahme­fläche zu verzeichnen. Im Bereich des südlichen Transekts (dem niederschlagärmsten Transekt) ergeben sich dazu Bindungen an grus- bzw. kiesreiche Standorte sowie an Standorte mit einem hohen Anteil an Blöcken und anstehendem Gestein. Im Gebiet sind dies überwiegend stark geneigte Standorte (vgl. Kap. 6.2.2). Im Bereich der anderen Transekte ist die Artmächtigkeit von *Stipagrostis hirtigluma* überwiegend nicht mit den bodenphysikalischen Standortbedingungen korreliert. Lediglich beim nördlichen Transekt ergibt sich eine Bindung hoher Artmächtigkeiten an feinmaterialarme Standorte. Dies gilt auch für das Transekt Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park. Bei *Stipagrostis hirtigluma* liegen im Bereich der drei Transekte zahlreiche Bindungen an bodenchemische Eigenschaften des Feinmaterials vor, ohne, daß sich daraus ein einheitliches Bild entwickeln ließe.

Stipagrostis uniplumis hingegen weist deutlich schwächere Bindungen an spezielle bodenphysikalische Eigenschaften auf als *Stipagrostis hirtigluma*. Auffällig ist bei dieser Art jedoch der negative

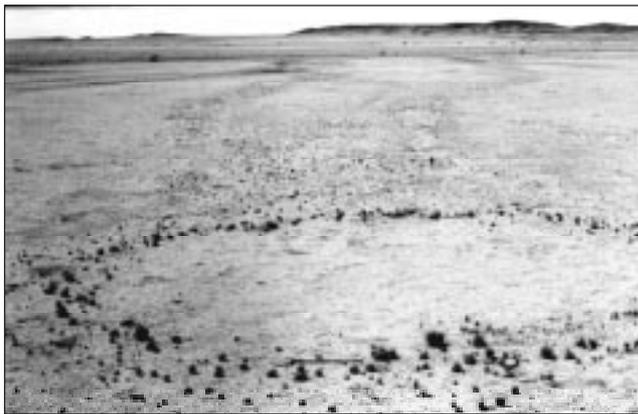


Foto 54: *Stipagrostis uniplumis* im Bereich zweier kleiner Gerinne, den Rand eines ‚Feenkreises‘ markierend (Vornamib, nördliches Transekt)

Zusammenhang zwischen der Artmächtigkeit sowie den Parametern ‚pH-Wert‘, ‚elektr. Leitfähigkeit‘ und ‚Calciumgehalt‘ im Bereich des nördlichen und des südlichen Transekts. Hier erreicht *Stipagrostis uniplumis* hohe Artmächtigkeiten vor allem auf den basenarmen und tiefgründig-sandigen Substraten des Marienflusstals, des Tals des Gomatum sowie der Giribisvlakte. Allerdings erweist sich *Stipagrostis uniplumis* im Bereich des mittleren Transekts als völlig indifferent gegenüber den hier dokumentierten Ausprägungen bodenchemischer Parameter. Bei durchschnittlichen Jahres-

niederschlägen von 50 bis 100 mm kann *Stipagrostis uniplumis* längerfristig nur im Bereich von Gerinnen überdauern, während die zonalen, grusigen Ebenenstandorte der Vornamib im Bereich des nördlichen Transekts bei ausbleibenden oder zu geringen Niederschlägen völlig vegetationslos sind (vgl. Foto 54).

Bereits in den vorhergehenden Kapitel ist ausgeführt worden, daß *Terminalia prunioides* als zweitwichtigste phanerophytische Art des Arbeitsgebietes ihr Optimum deutlich im Bereich der niederschlagsreichen Transektabschnitte besitzt. WALTER & WALTER (1953) nennen gerade diese Art als Beispiel für ihr ‚Gesetz der relativen Standortkonstanz‘. So zieht sich auch *Terminalia prunioides* im Arbeitsgebiet von den Ebenenstandorten der niederschlagsreichen Gebiete in den niederschlagsarmen Räumen auf Rivier- bzw. Gerinnestandorte zurück. Dabei ist im Bereich des nördlichen und des südli-

Tab. 78: Zusammenhang zwischen der Hangneigung, der geographischen Länge sowie den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Aufnahmeflächen mit der Artmächtigkeit der für die Vegetationsgliederung der Transekte Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park syntaxonomisch relevanten Arten

(+ = positiver Zusammenhang, - = negativer Zusammenhang, N, M, S = nördliches, mittleres und südliches Transekt)

Standortfaktoren	<i>Calicorema capitata</i>	<i>Colophospermum mopane</i>	<i>Euphorbia damarana</i>	<i>Stipagrostis hirtigluma</i>	<i>Stipagrostis uniplumis</i>	<i>Terminalia prunioides</i>
Geographische Länge	3-	3+	1+ (N), 2- (M, S)	2- (N, S)	1+ (M), 1- (S)	3+
Hangneigung (%)	.	1- (M)	.	1+ (S)	.	2+ (N, S)
Feinmaterial (Ø < 0.2 cm)	2- (N, M)	1+ (M)	1+ (N), 1- (M)	2- (N, S)	1+ (S)	1+ (M), 1- (S)
Material Ø 0.2 cm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies)	2+ (N, S)	1- (N), 1+ (M)	.	1+ (S)	1- (S)	1- (N)
Material Ø 2 cm bis 6 cm (Grobgrus bzw. Grobkies)	1+ (N)	1- (N), 1+ (M)	1- (N)	1+ (S)	.	.
Steine (Ø 6 cm bis 20 cm)	1- (N)	.	1- (N)	3+	1- (N)	2+ (N, S)
Blöcke (Ø 20 cm bis 60 cm)	1- (N)	1+ (N), 1- (S)	1+ (S)	1+ (S)	.	2+ (N, S)
Material Ø > 60 (anstehendes Gestein)	.	1+ (N)	1+ (S)	2+ (M, S)	.	2+ (N, S)
Kruste	.	.	.	.	.	.
Carbonatgehalt (in Gew.-%)	.	.	.	1+ (S)	1- (S)	.
pH-Wert	.	1+ (M)	.	.	2- (N, S)	1+ (S)
elektr. Leitfähigkeit (mS/cm)	.	1+ (N)	.	2- (N, M)	2- (N, S)	2+ (N, S)
Calcium (mg Ca ²⁺ /l)	.	.	.	2+ (N, S)	2- (N, S)	1- (N)
Chlorid (mg Cl ⁻ /l)	.	.	.	1+ (N)	.	1+ (N)
Kalium (mg K ⁺ /l)	.	.	.	.	.	.
Magnesium (mg Mg ²⁺ /l)	.	.	.	1+ (S)	.	.
Natrium (mg Na ⁺ /l)	.	.	.	1- (S)	1+ (N)	.
Nitrat (mg NO ₃ ⁻ /l)	.	2+ (M, S)	.	.	1- (S)	1+ (S)
Phosphat (mg PO ₄ ⁻ /l)	.	1+ (S)	.	1- (M)	.	.
Sulfat (mg SO ₄ ⁻ /l)	.	.	.	1+ (N)	.	1- (N)

chen Transekts auch eine Bindung hoher Artmächtigkeiten von *Terminalia prunioides* an Standorte mit einem hohen Stein- und Blockanteil zu erkennen. Derartige Standorte sind zudem durch einen hohen Anteil anstehenden Gesteins geprägt. Auch wenn *Terminalia prunioides* einer starken anthropogen Nutzung unterliegt, ist ihre ausschließliche auf grobmaterialreiche Hanglagen beschränkte Präsenz im Bereich des südlichen Transekts auf die dort vorliegenden klimatischen Bedingungen zurückzuführen. So sind derartige Standorte auch für *Terminalia prunioides* im Hinblick auf die Wasserversorgung trotz nichtsukkulenter Lebensform als Gunststandorte zu werten.

6.2.5.6 Zusammenfassende Darstellung der entlang der Transekte Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park, Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park beschriebenen Vegetationstypen

Wenn auch die Bearbeitung der einzelnen Transekte in verschiedenen Jahren des Zeitraumes 1996 bis 1998 erfolgte und aufgrund der jeweils unterschiedlichen Niederschlagsbedingungen mit unterschiedlichen Vegetationsmustern insbesondere in der Krautschicht zu rechnen ist, so soll doch eine Gesamtdarstellung der an den Transekten erfaßten Vegetationsaufnahmen erfolgen. Beschränkt werden die Ausführungen auf die entlang der Transekte auftretenden Hauptvegetationstypen, d.h. das *ephemere Grasland* und die verschiedenen Savanntentypen.

Abb. 115 (S. 254) zeigt, daß sich insgesamt drei Hauptgruppen im Ordinationsraum unterscheiden lassen. Während die die Vegetationsaufnahmen der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* repräsentierenden Symbolpunkte mehr zum Ursprung der y-Achse (DCA-Achse 2) orientiert angeordnet sind, sind die Symbolpunkte der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* und des überwiegenden Teils der Symbolpunkte der *Colophospermum mopane-Savanne* im Zentrum des Ordinationsraumes lokalisiert. Diese Streuung der entsprechenden Symbolpunkte entlang der X-Achse (DCA-Achse 1) ist vergleichsweise gering. Dagegen weisen die Symbolpunkte des *ephemerem Graslandes* sowie der *Commiphora spp.-Savanne* eine starke Streuung entlang dieser Achse auf. Zieht man die geographische Lage der einzelnen Aufnahmeflächen als eine die großräumig nordost-südwest-gerichteten Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimatelemente repräsentierende Größe in Betracht, so lassen sich die Achsen wie folgt interpretieren: Während die DCA-Achse 1 den Gradienten der Niederschlagsmenge darstellt, spiegelt die DCA-Achse 2 den Gradienten der Variabilität der einem Standort zukommenden Niederschlagsmenge wider.

Auf dieser Grundannahme aufbauend, können im Hinblick auf die Ökologie der Hauptvegetationstypen folgende Feststellungen gemacht werden:

1. Im gesamten Arbeitsgebiet ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* in ihrer Verbreitung auf die niederschlagsreichsten Räume beschränkt. Diese weisen regelmäßig auch die geringsten interannuellen Schwankungen der Niederschlagsmenge auf. Entlang des nördlichen Transekts und des mittleren Transekts weist dieser nach pflanzensoziologischen Kriterien abgegrenzte Savanntentyp, auch in quantitativer Hinsicht eine große Ähnlichkeit auf. Entlang des südlichen Transekts tritt dieser Savanntentyp wegen der zu geringen Niederschläge nicht mehr in Erscheinung.
2. Mit einer Abnahme der Menge und der parallel zunehmenden Variabilität der Niederschläge, wird die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* durch die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* ersetzt. Während dieser Savanntentyp im Bereich des nördlichen Transekts auf die niederschlagsreicheren Gebiete außerhalb des von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* dominierten Raumes beschränkt ist, ist dieser Savanntentyp entlang des mittleren Transekts auch in Räumen mit relativ geringen Niederschlagsmengen verbreitet. Allerdings ist auch hier die Niederschlagsvariabilität relativ gering.

3. Im Hinblick auf die quantitative Zusammensetzung der Vegetation, weisen die *Colophospermum mopane*-Savanne und das *ephemere Grasland* des südlichen Transekts z.T. eine starke Ähnlichkeit zur *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-Savanne des mittleren Transekts auf. Dies ist vor allem auf die hohen Artmächtigkeiten von *Colophospermum mopane* und *Stipagrostis hirtigluma* in diesen Einheiten zurückzuführen.
4. Generell liegt der Verbreitungsschwerpunkt des *ephemerem Graslandes* entlang der drei Transekte in Räumen, die durch die geringsten Niederschlagsmengen und die höchste interannuelle Variabilität des Niederschlages gekennzeichnet sind. Aus diesem Grunde weist das Grasland eine stärkere Oszillation in seiner qualitativen und quantitativen Zusammensetzung auf als die Phanerophyten-dominierte Savannenvegetation. Aus diesem Grunde liegen die das *ephemere Grasland* darstellenden Symbolpunkte relativ weit gestreut entlang der beiden Ordinationsachsen in Abb. 115. Die Symbolpunkt-Gruppe in der oberen rechten Ecke des Diagramms ist ein extremes Beispiel für das soeben ausgeführte: Aufgrund lokal hoher Niederschlagsmengen im Jahre 1998 erreicht *Stipagrostis uniplumis* in diesen Aufnahmen relativ hohe Artmächtigkeitswerte. Dieses Merkmal überlagert floristische und quantitative Unterschiede zwischen den einzelnen Vegetationsaufnahmen, so daß hier Aufnahmen unterschiedlicher Vegetationstypen beieinander plazierte sind (*ephemeres Grasland*, *Commiphora* spp.-Savanne, *Colophospermum mopane*-Savanne).

Die Verbreitung der Hauptvegetationstypen entlang der drei Transekte ist in Abb. 114 zusammenfassend dargestellt.

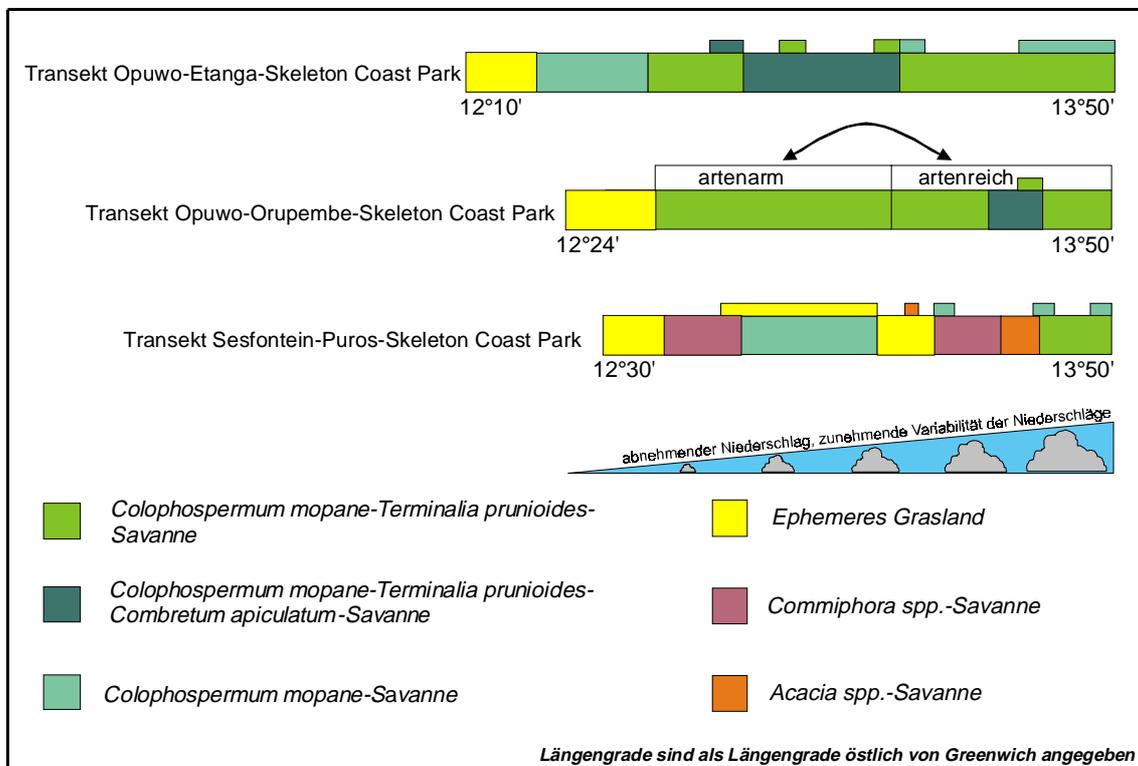


Abb. 114: Halbschematische Darstellung der Verbreitung der Hauptvegetationstypen entlang der drei Transekte

Es zeigt sich, daß die Anordnung der Hauptvegetationstypen entlang der Transekte im hohen Maße von der Ausprägung der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente gesteuert wird. So werden die niederschlagsreichen Transektabschnitte von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* und der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* geprägt. Dabei können jedoch auch kleinräumig Wechsel dieser Savannentypen auftreten. Als artenärmster Savannentyp prägt die *Colophospermum mopane-Savanne* den mittleren Abschnitt des südlichen Transekts. Die niederschlagsarmen Räume der westlichen Transektabschnitte (Vornamib) werden regelmäßig von einem *ephemerem Grasland* geprägt. Daneben unterstreicht die Abbildung nochmals, daß im Arbeitsgebiet ein nordost-südwest-gerichteter Gradient der Niederschlagsmenge und der Niederschlagsvariabilität vorliegt.

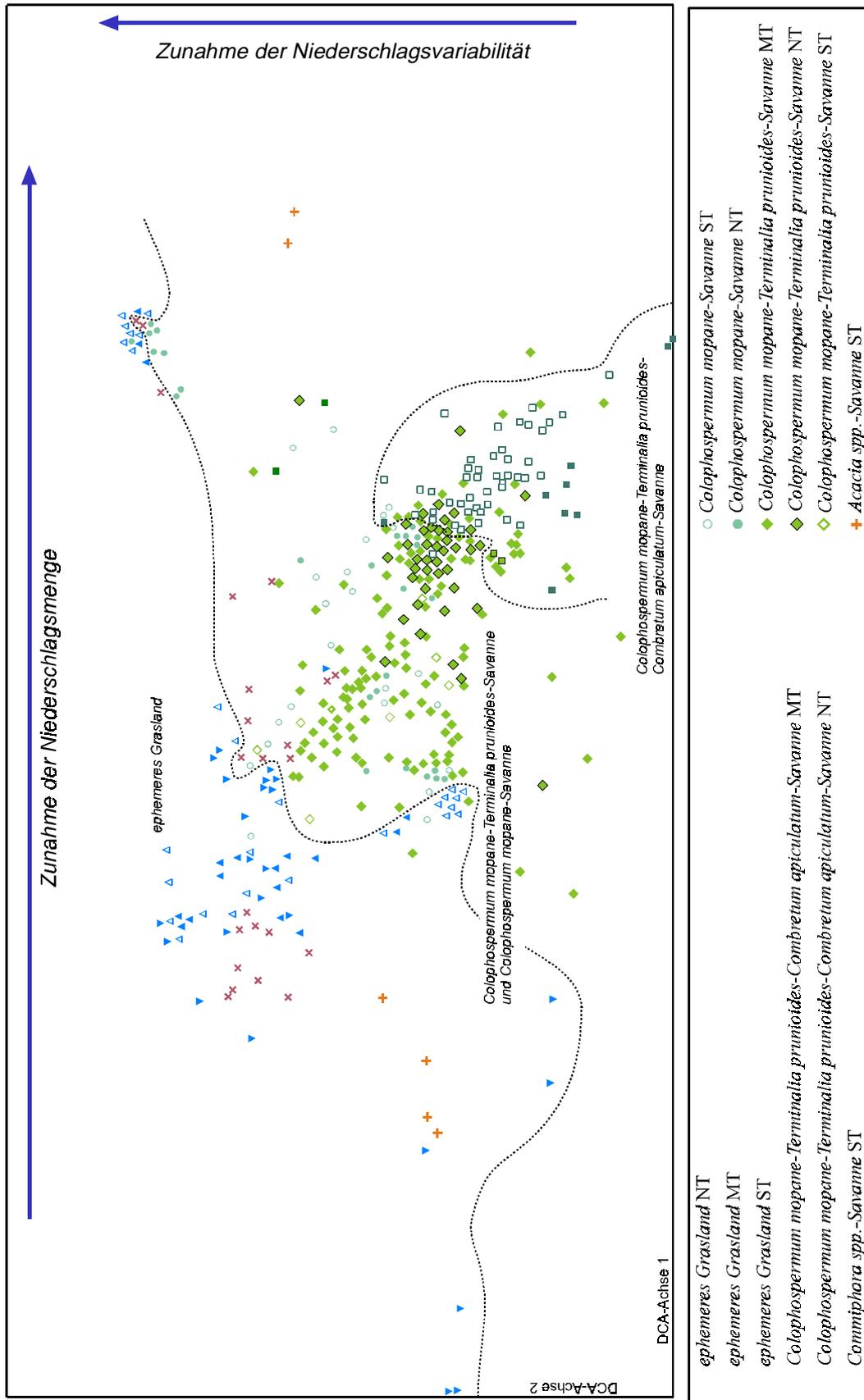


Abb. 115: Indirekte Gradientenanalyse aller entlang der drei Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen (Darstellung der Hauptvegetationseinheiten)
(NT=nördliches Transekt, MT=mittleres Transekt, ST=südliches Transekt)

6.3 Die Vegetationsökologie der Siedlungsplätze

Die Darstellung der Muster der Vegetation entlang der drei Transekte und ihrer Determinanten in Kap. 6.2.5 konzentrierte sich auf die Vegetation siedlungsferner Räume. Zwar liegt auch hier i.d.R. eine anthropogene Überformung der Vegetation, z.B. durch extensive Weidewirtschaft oder die Verwendung einzelner Taxa zur Herstellung von Gefäßen oder Werkzeugen vor (vgl. MALAN & OWENSMITH 1974, MALAN 1999), doch bleibt der Einfluß derartiger Nutzungen auf die Zusammensetzung der Vegetation im Arbeitsgebiet überwiegend gering. Stärker überprägte Räume stellen dagegen die dichter besiedelten Siedlungsbereiche dar. Hier konzentriert sich die von der anthropogenen Nutzung ausgehende Überprägung der Vegetation insbesondere an den Siedlungsplätzen der einzelnen Haushalte sowie an Brunnenstellen (Foto 55). Die Vegetationsmuster derartig intensiv genutzter Orte steht im Mittelpunkt der folgenden Ausführungen. Mit dem Ziel, die Vegetation dieser durch anthropogene Nutzungen stark gestörten Stellen entlang des nordost-südwest-gerichteten Niederschlagsgradienten beschreiben zu können, wurden fünf vom mittleren Transekt gequerte Siedlungsbereiche ausgewählt, in denen jeweils unterschiedlich genutzte Flächen (z.B. Viehposten und Gärten) in die Untersuchung einbezogen wurden. Schon bei den ersten, gemeinsam mit dem Ethnologen M. Bollig (Universität zu Köln) durchgeführten Voruntersuchungen, zeigte sich, daß neben dem Einsatz traditioneller vegetationsökologischer Arbeitsmethoden (u.a. Vegetationsaufnahmen, Bodenprofile, Bodenanalysen) die



Foto 55: *Tribulus zeyheri* aspektbildend an einem Viehposten bei Red Drum (südwestlich des Marienflusstals)

Kenntnis um die Siedlungs- und damit die Nutzungsgeschichte der einzelnen Standorte eine wesentliche Voraussetzung darstellt, um die heute vorliegenden Muster der Vegetation in ihrem ökologischen Kontext verstehen zu können. Daher wurden in den verschiedenen Untersuchungsgebieten Befragungen zur Siedlungsgeschichte der einzelnen Siedlungsplätze durchgeführt. Die Lage der fünf im Rahmen des Schwerpunktthemas „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ ausgewählten Untersuchungsgebiete zeigt Karte IV (Anlagenband). Wie ein Vergleich mit Abb. 16 (S. 52) zeigt, befinden sich die unter-

suchten Siedlungsbereiche in einem Raum dessen durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge im westlichen Teil 50 bis 100 mm beträgt. Die im östlichen Teil gelegenen Siedlungsbereiche erhalten im Durchschnitt 200 bis 300 mm Jahresniederschlag (nach VAN DER MERWE 1983). Gemäß der Zuordnung zu den „Agro-Ökologischen Zonen“ liegen die Siedlungsbereiche Okamungudona, Omungunda, Onganga und Otjiheke in der Zone „KAO4“, in der ‚gemischte Viehwirtschaft mit Schafen‘ die typische Landnutzungsform darstellen soll. Der Siedlungsbereich Orupembe dagegen liegt im Bereich der Zone „NAM7“ (Namib), wo laut der Beschreibung der agro-ökologischen Zonen, aufgrund zu geringer Niederschläge eine weidewirtschaftliche Nutzung nicht mehr möglich ist (vgl. Abb. 25, S. 67).

Unterzieht man den an den Siedlungsplätzen gewonnenen Datensatz der Vegetationsaufnahmen einer presence-absence-Clusteranalyse so ergibt sich das in Tab. XI (Anlagenband) dargestellte Ergebnis. Daraus geht hervor, daß sich an den einzelnen Siedlungsplätzen trotz der nivellierenden Wirkung der vom Menschen ausgehenden Nutzungen z.T. deutlich unterschiedliche Pflanzengemein-

schaften etabliert haben. Daneben zeigt sich aber auch, daß überwiegend nicht die an gleich genutzten Flächen erfaßten Vegetationsaufnahmen unterschiedlicher Siedlungsbereiche zueinander sortiert werden, sondern daß die in den einzelnen Siedlungsbereichen erfaßten Vegetationsaufnahmen trotz der dort vorliegenden unterschiedlichen Flächennutzungen überwiegend deutlich von den anderen Siedlungsbereichen abgegrenzt sind. Aus diesem Grund, wird die Vegetation der Siedlungsplätze zunächst getrennt für die einzelnen Siedlungsbereiche dargestellt.

Folgende Begriffe finden dabei Verwendung (vgl. Abb. 118, S. 260):

- Der Siedlungsplatz umfaßt die innere Siedlungsfläche und die äußere Siedlungsfläche.
- Der Bereich der inneren Siedlungsfläche ist häufig klar abgegrenzt und im Gelände gut erkennbar. Die äußere Grenze dieser durch intensive anthropogene Tätigkeiten geprägten Fläche, orientiert sich meist an den siedlungsauswärts gerichteten Wänden der Hütten, bzw. an einem den Hütten nach außen vorgelagerten schmalen Streifen. Die innere Siedlungsfläche umfaßt auch den Viehkral.
- An die innere Siedlungsfläche schließt die äußere Siedlungsfläche an. Die anthropogene Nutzungsintensität ist hier abgesehen von linearen Strukturen wie Pfaden und Punktstrukturen wie Ruheplätzen unter Schattenbäumen deutlich geringer als im Bereich der inneren Siedlungsfläche.
- Der Siedlungsplatz mit innerer und äußerer Siedlungsfläche ist eingebettet in die nur extensiv genutzte Matrixvegetation, die in ihren verschiedenen Ausprägungen Gegenstand der Ausführungen in Kap. 6.2.5 ist. In dicht besiedelten Räumen ist die Dokumentation eines Nutzungsgradienten von der inneren Siedlungsfläche bis hin zur Matrixvegetation zumeist nicht möglich. Zu eng grenzen die einzelnen Siedlungsplätze aneinander und auch durch die lange Nutzungsgeschichte der Räume sind Fragmente der Matrixvegetation oft nicht mehr vorhanden oder sehr stark überformt. So beschreibt BOLLIG (1999:143) für das westlich von Okangwati gelegene Becken von Omuhonga eine im Durchschnitt das Sechsfache des eigentlichen Siedlungsplatzes einnehmende Fläche starker anthropogener Überprägung der Vegetation. Die die Beckenlagen umgebenden Bergzüge weisen schon aufgrund von starken Substratunterschieden häufig eine andere Vegetation auf, als sie der potentiell natürlichen Vegetation der Ebenen entsprechen würde. Daher kann die Vegetation derartiger Standorte nur mit starken Einschränkungen als Vergleichsobjekt herangezogen werden. Ein direkter Vergleich der Vegetation der Siedlungsplätze und der Matrixvegetation – wie er zweifellos wünschenswert wäre – muß aus diesem Grunde für die ausgewählten Beispiele unterbleiben (zur Problematik vgl. auch FRANKENBERG 1986:36f, MÜLLER-HOHENSTEIN 1986:113).

6.3.1 Vegetationsökologie des Siedlungsbereichs Okamungudona

Bei dem Siedlungsbereich Okamungudona handelt es sich um ein ca. 2 km westlich des Ortes Oruwanye gelegenes Becken, das bei einer Gesamtgröße von ca. 9 km² von zahlreichen kleineren Rivieren durchzogen wird. Diese, dem Hoarusib tributären ephemeren Fließgewässer, machen das Becken von Okamungudona zu einem Gunststandort für die menschliche Besiedlung (vgl. Abb. 116, S. 258). Auf der Grundlage der im Bereich eines im Becken gelegenen Felsschutzdaches vorliegenden Knochen- und Holzkohlen-Fundstücke geht VOGELSANG (1998, 2000) von einer weidewirtschaftlichen Nutzung des Raumes seit mindestens 2000 Jahren aus. EICHHORN & JÜRGENS (2000) konnten anhand von Holzkohlen zeigen, daß sich die Artenzusammensetzung im Bereich des Siedlungsraumes Okamungudona im Verlauf der letzten 3000 mit großer Sicherheit nicht wesentlich verändert hat. Heute jedoch, ist die Vegetation durch den anthropogenen Nutzungsdruck weitgehend erheblich degradiert. Zur Zeit wird das Becken von Okamungudona von ca. 12 Haushalten bewohnt, die eine gemischte Viehwirtschaft mit Rindern, Ziegen und Schafen betreiben. Die gute Grundwasserversorgung des Beckens erlaubt jenseits der agronomischen Trockengrenze zumindest während niederschlagsreicher Jahre den Anbau von Mais in sog. ‚Gärten‘ (vgl. Foto 56).

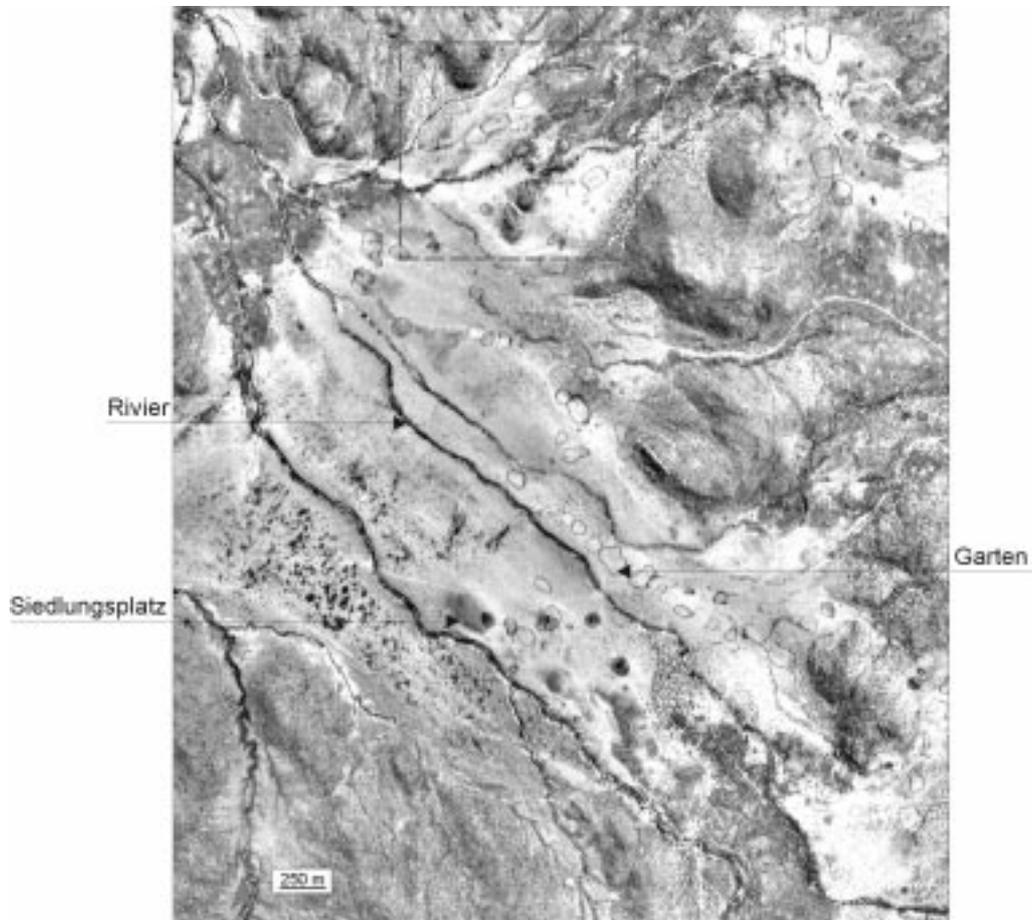


Foto 56: Das Becken von Okamungudona
(Blick nach Südosten, im Zentrum des Bildes ist ein eingezäunter Garten erkennbar)

Während als potentiell natürliche Vegetation des Siedlungsbereichs nach den Ergebnissen aus Kap. 6.2.5.3.1.3 eine artreiche *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* bzw. eine *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* angenommen werden kann, ist die Vegetationsdecke heute weitgehend in Fragmente aufgelöst (Foto 56). Hauptbaum- und Straucharten der Ebene sind dabei *Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides*, *Boscia foetida* und *Rhigozum brevispinosum*. Wie Abb. 116 (S. 258) verdeutlicht, ist ein Kronenschluß aber lediglich im Bereich der Rivierläufe vorhanden. Hier treten Arten wie *Euclea divinorum*, *E. pseudebenus*, *Ziziphus mucronata* und *Ximenia americana* hinzu. Als Hauptgrasarten des Beckens sind *Schmidtia kalahariensis* und *Enneapogon desvauxii* zu nennen.

Ein Vergleich von Luftbildern der Jahre 1976 und 1996 macht deutlich, daß für diese Zeitraum zwar Veränderungen in den Siedlungsstrukturen vorliegen (Abb. 117, S. 259), sich die Vegetationsdecke im Vergleich der beiden Trockenzeitaspekte jedoch nicht deutlich unterscheidet. Insbesondere ist im Falle des vor der Dürreperiode 1979-1981 aufgenommenen Luftbildes kein höherer Deckungsgrad durch Phanerophyten als in der Aufnahme des Jahres 1996 zu erkennen. Die Abbildung verdeutlicht jedoch auch, daß im Bereich der Siedlungsplätze ein verstärkter Eintrag von organischem Material erfolgt. Die Überprägung des natürlichen Standortes durch Eintrag von organischem Material ist anhand der Luftbilder noch mehr als 20 Jahre nach der Aufgabe eines Siedlungsplatzes nachvollziehbar. So können heutige Muster der Vegetation in starkem Maße auf nicht rezente Nutzungen zurückführbar sein. Die Abb. 116 und Abb. 117 machen auch deutlich, daß der Eintrag von organischem Material in den Bereich des Siedlungsplatzes nicht einem allseitig ausgerichteten Gradienten abnehmender Intensität entspricht, sondern daß vielmehr – vorgegeben durch die ein oder zwei Öffnungen des Viehkral – Akkumulationen organischen Materials vorliegen, denen weniger überprägte Flächen zwischengeschaltet sind. Die Folge dieser kleinräumigen Heterogenität anthropogener Nutzungseinflüsse sind kleinräumige Muster der vorliegenden Vegetation.

Als engeres Untersuchungsgebiet im Siedlungsbereich Okamungudona wurde der Siedlungsplatz eines Haushaltes im Nordwesten des Beckens ausgewählt. Der Haushaltsvorstand bewohnt den in den Abb. 116 und Abb. 117 rot markierten Bereich mit kurzen Unterbrechungen seit 1950 (vgl. auch Foto 56).



*Abb. 116: Der Siedlungsraum Okamungudona
(rot markiert ist das engere Untersuchungsgebiet)*

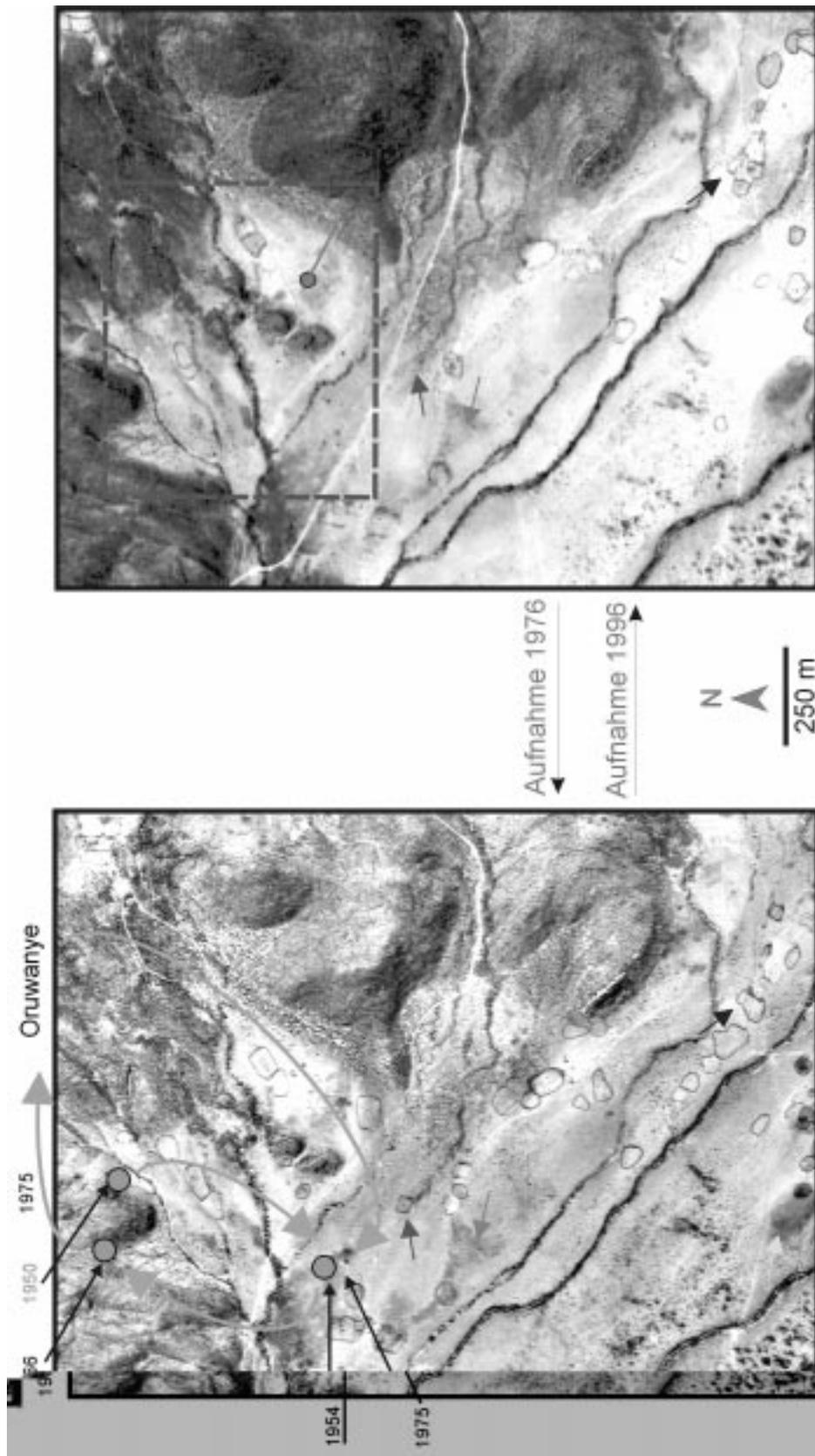


Abb. 117: Siedlungsstrukturen im nordwestlichen Teil des Beckens von Okamungudona im Vergleich der Jahre 1976 und 1996
 (in der Aufnahme von 1996 ist das engere Untersuchungsgebiet rot markiert; blaue und rote Pfeile: Gärten, gelbe und braune Pfeile: Siedlungsplätze mit Dungschleier, Aufnahme 1996: brauner Punkt mit blauer Linie: Siedlungsplatz I mit Transekt)

Zu den von diesem Haushalt genutzten Strukturen gehören rezent genutzte Gärten, ehemalige Gärten sowie ältere und jüngere Siedlungsplätze. Genauer vorgestellt werden soll ein zwischen 1996

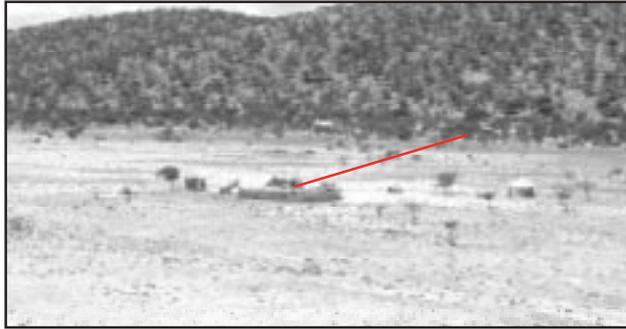


Foto 57: Siedlungsplatz I im Becken von Okamungudona (Aufnahme 1999, kurz nach Aufgabe des Siedlungsplatzes rote Linie: Transekt)

und 1999 von elf Personen genutzter Siedlungsplatz. Von diesem Siedlungsplatz aus wurden im Schnitt 15 Rinder, 50 Ziegen und 30 Schafe bewirtschaftet. Der Siedlungsplatz I liegt eingebettet zwischen zwei Hügeln auf einer in ost-west-Richtung ca. 500 m breiten, schwach nach Süden geneigten Fläche (Abb. 117). Foto 57 läßt erkennen, daß die nähere Umgebung des Siedlungsplatzes I von Vegetation weitgehend entblößt ist. Nur wenige Bäume sind erhalten geblieben und dienen vor allem in Siedlungsplatznähe als Schattenbäume für die Bewohner und das Vieh. Daneben ist in Foto 57 sichtbar, daß insbesondere nach Osten eine nutzungsintensitätsabhängige Veränderung der den Siedlungsplatz umgebenden Vegetation vorliegt. Diesem Gradienten folgend, wurden entlang eines 270 m langen Transekts vegetationsökologische Untersuchungen durchgeführt.

Abb. 118 zeigt eine halbschematische Darstellung des Siedlungsplatzes I im Becken von Okamungudona. Dieser Siedlungsplatz zeigt mit dem zentral gelegenen, durch eine Hecke abgegrenzten Viehkral und den radial angeordneten Kegeldachhütten die für die Rundplatzsiedlungen afrikanischer Halbnomaden typischen Strukturen (vgl. LESER et al. 1987:326, MALAN 1999:91).

Abb. 118 zeigt eine halbschematische Darstellung des Siedlungsplatzes I im Becken von Okamungudona. Dieser Siedlungsplatz zeigt mit dem zentral gelegenen, durch eine Hecke abgegrenzten Viehkral und den radial angeordneten Kegeldachhütten die für die Rundplatzsiedlungen afrikanischer Halbnomaden typischen Strukturen (vgl. LESER et al. 1987:326, MALAN 1999:91).

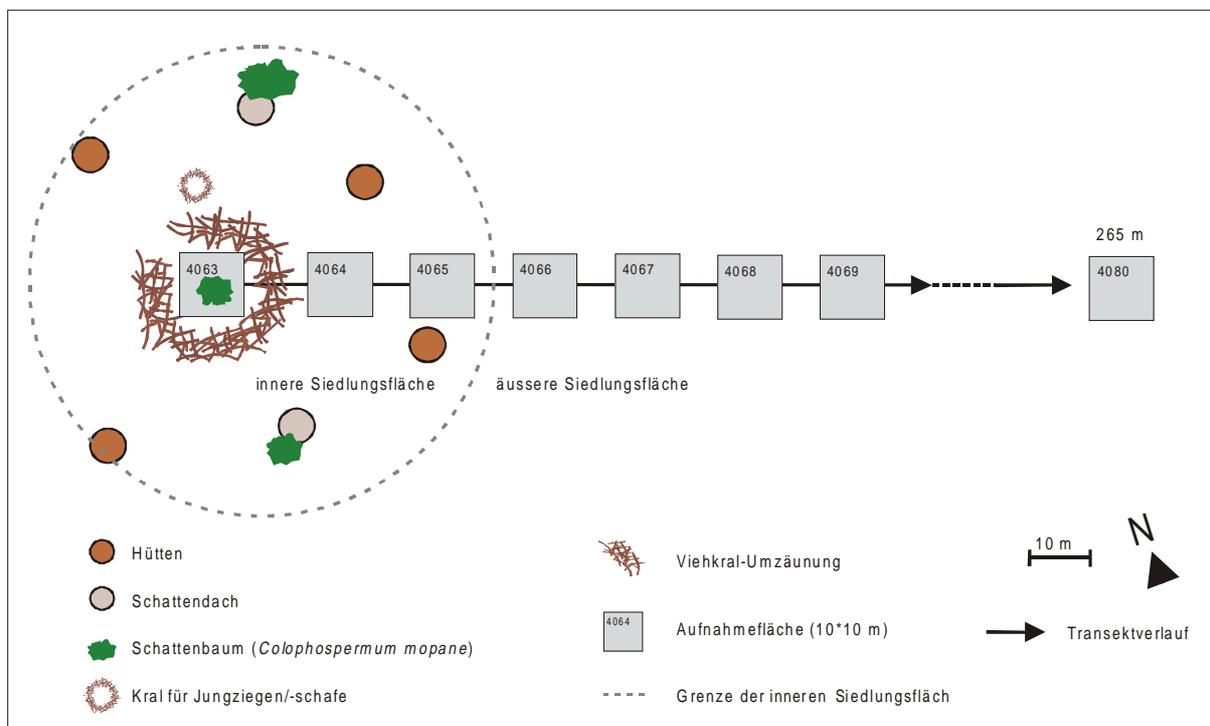


Abb. 118: Halbschematische Darstellung des Siedlungsplatzes I im Becken von Okamungudona; Lage der Vegetationsaufnahmen entlang des Nutzungsgradienten

Foto 58A zeigt den Viehkral des Siedlungsplatzes I als Zentrum der anthropogenen Überprägung des natürlichen Standortes. Es ist erkennbar, daß auf die Umzäunung des Viehkral's zunächst ein ca. 1.2 m breiter, weitestgehend vegetationsloser Streifen folgt, dem sich nach außen eine schütterere Chamaephytenflur anschließt. Foto 58B zeigt diesen extrem trittbelasteten, den Viehkral umgebenden

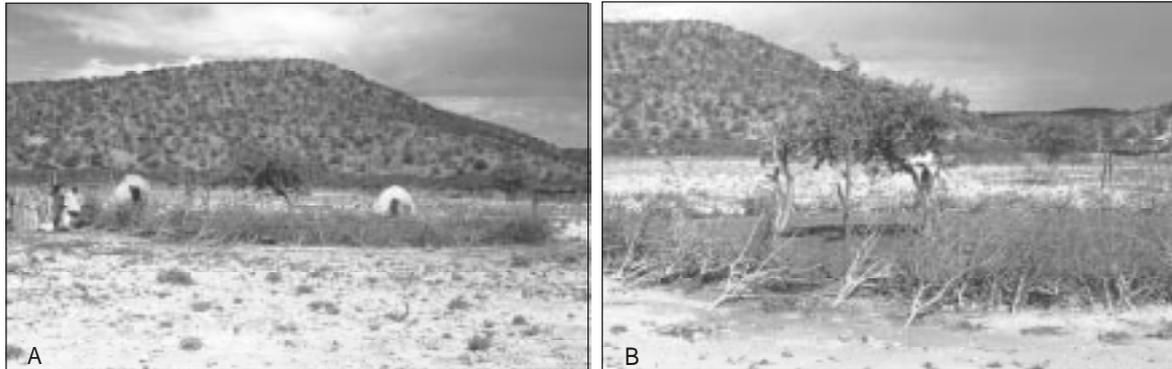


Foto 58: Zentrum des Siedlungsplatzes I im Becken von Okamungudona (A); (B) Detailansicht des Viehkral's
(Blick in nordöstliche Richtung, 18.3.99)

Streifen im Detail. Als typisches Element rezent genutzter oder erst kurzfristig aufgelassener Siedlungsplätze können sich hier lediglich Kolonisatoren wie z.B. *Tribulus zeyheri* etablieren, die von weniger belasteten Standorten in derartige Bereiche eindringen können. Im Gegensatz zum Viehkral und der den umgebenden Bereich prägenden artenarmen Fläche, sind die zumeist aus Ästen bewehrter Arten (*Acacia spp.*, *Dichrostachys cinerea*) aufgebauten Zäune wie im vorliegenden Fall artenreiche Standorte (vgl. Foto 59). Hier etablieren sich vor dem Verbiß und der Trittbelastung des Viehs geschützt, auf dem nährstoffreichen Substrat vor allem krautige Arten sowie Jungpflanzen der den Zaun aufbauenden Arten. Im Falle des Siedlungsplatzes I (Okamungudona) ist innerhalb des Viehkral's als



Foto 59: Einzäunung des Viehkral's am Siedlungsplatz I im Becken von Okamungudona

einzig phanerophytische Art ein Exemplar von *Colophospermum mopane* mit Schattenbaumfunktion erhalten geblieben (vgl. Foto 58). Die an diesem Standort erfaßte Vegetationsaufnahme weist als einziges Element spontaner Vegetation die *Fabaceae Sesbania sphaerosperma* in geringer Artmächtigkeit auf (Tab. XI, Anlagenband).

Entlang des Gradienten abnehmender Nutzungsintensität lassen sich deutlich zwei Einheiten unterscheiden (Tab. XI, Anlagenband). Der Siedlungsplatz sowie der sied-

lungsplatznahe Bereich werden durch eine Artenkombination geprägt, der neben den chamaephytischen Arten *Petalidium variable* und *Monechma cleomoides* auch *Indigofera teixerae* und der Geophyt *Nerine cf. laticoma* angehören (vgl. XII, Anlagenband). Ab einer Entfernung von 133 m vom Zentrum des Viehkral's, geht diese *Petalidium variable*-*Monechma cleomoides*-Zone in ein Phanerophyten-dominiertes *Colophospermum mopane*-*Boscia foetida*-Gebüsch über. Zwischengeschaltet ist eine Übergangszone, in der die Chamaephyten eine geringere Bedeutung aufweisen und die Gräser stärker in den Vordergrund treten. Zunächst erreicht hier *Enneapogon desvauxii* hohe Artmächtigkei-

ten und wird mit größerer Siedlungsferne von *Schmidtia kalahariensis* abgelöst. Da sich parallel aber auch die Substratbedingungen ändern, kann dieser Artenwechsel nicht hauptsächlich auf den Nutzungsgradienten zurückgeführt werden.

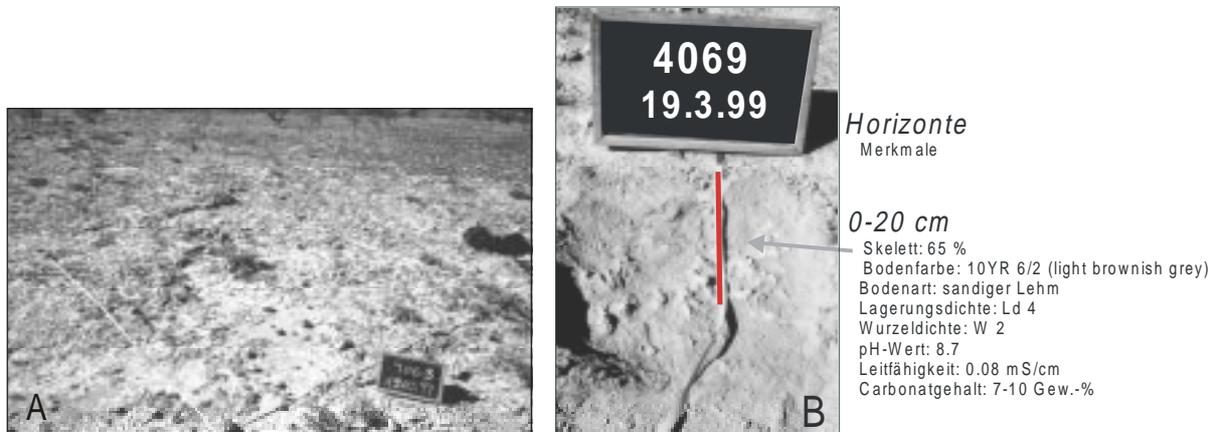


Foto 60: Siedlungsplatz I im Becken von Okamungudona, (A) *Petalidium variable*-*Monechma cleomoides*-Zone; (B) Bodenprofil

Die innere Siedlungsfläche sowie die angrenzenden Bereiche werden von einem flachgründigen Substrat über Kalkstein geprägt (Foto 60). Im Nahbereich des östlich gelegenen Hügels wird das Substrat zunehmend sandiger und tiefgründiger. Eine grasreiche aber chamaephytenarme Übergangszone vermittelt hier zwischen der *Petalidium variable*-*Monechma cleomoides*-Zone und dem *Colophospermum mopane*-*Boscia foetida*-Gebüsch (vgl. Abb. 119). Abb. 119 verdeutlicht außerdem, daß der Standort von Siedlungsplatz I eine intensive Nutzungsgeschichte aufweist. So sind die im Luftbild

erkennbaren dunkleren Flächen südlich des Siedlungsplatzes I als die organischen Relikte früherer Siedlungsplätze aufzufassen. Zu einer ähnlichen Interpretation derartiger Muster kommt OSTERLOH (1999:43) bei der Untersuchung von Viehposten im Richtersveld, Republik Südafrika (vgl. auch PALMER & VAN DER HEYDEN 1998).



Terminalia prunioides
Acacia spp.-Gebüsch

Übergangszone

Monechma clemoides-
Petalidium variable-Zone

Colophospermum mopane-
Boscia foetida-Gebüsch

Abb. 119: Vegetationsmuster im Bereich des Siedlungsplatzes I im Becken von Okamungudona

Abb. 120 läßt erkennen, daß entlang des Gradienten abnehmender Nutzungsintensität im Falle des Siedlungsplatzes I (Okamungudona) ein Anstieg der Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen sowie eine Steigerung der Arten-

zahl vorliegt. Besonders deutlich ist dieser Anstieg im Vergleich der Viehkralfläche und der Fläche des zentralen Siedlungsplatzes (vgl. Abb. 118). Dem Nutzungsgradienten weiter folgend, ist auch beim Wechsel von der *Petalidium variable*-*Monechma cleomoides*-Zone zur grasreicheren Übergangszone bei einer Entfernung von 90 m vom Zentrum des Siedlungsplatzes und weiter zum *Colophospermum mopane*-*Boscia foetida*-Gebüsch eine starke Zunahme der Artenzahl und der Gesamt-

deckung zu verzeichnen. Am Ende des Transekts wird bei einer Entfernung von 233 m vom Zentrum des Siedlungsplatzes I ein im *Colophospermum mopane-Boscia foetida*-Gebüsch gelegener Ruheplatz erreicht, der seit ca. 20 Jahren nicht mehr regelmäßig genutzt wird. Deutlich zeigt Abb. 120, daß eine Regeneration dieses Standortes nur zögernd voranschreitet.

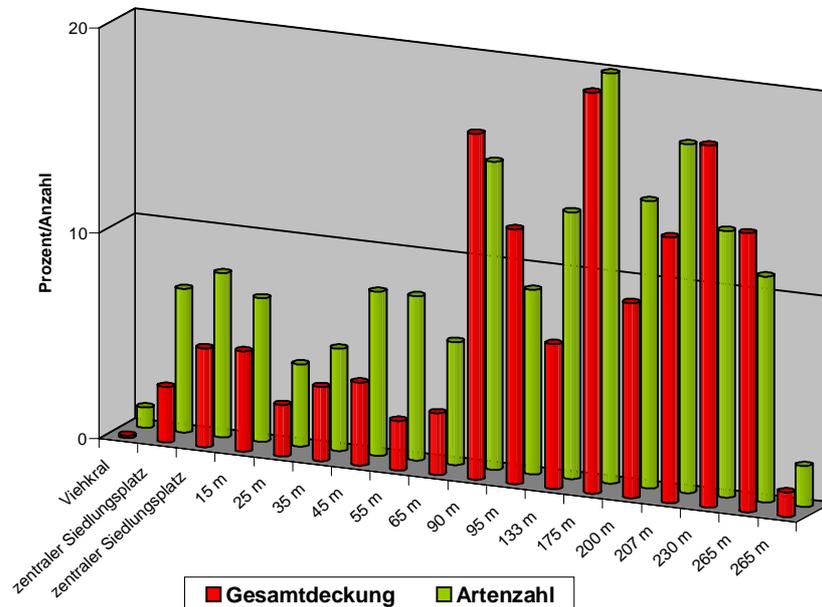


Abb. 120: Artenzahl und Gesamtdeckung der im Bereich des Siedlungsplatzes I (Okamungudona) erfaßten Vegetationsaufnahmen

Auch wenn entlang des Transekts neben Chamaephyten, annuellen Arten und Phanerophyten auch perennierende Gräser und Geophyten vertreten sind, so zeigen doch die Erstgenannten die deutlichsten Veränderungen entlang des im Bereich des Siedlungsplatzes I untersuchten Transekts. So ist bei den annuellen Arten bis zum Eintritt in das *Colophospermum mopane-Boscia foetida*-Gebüsch eine vom Zentrum des Siedlungsplatzes (Viehkral) ausgehende kontinuierliche Abnahme des Deckungsanteils festzustellen (Abb. 121). Dagegen gewinnen die Chamaephyten bei abnehmender Nutzungsintensität stark an Bedeutung. Mit dem Eintritt in das *Colophospermum mopane-Boscia foetida*-Gebüsch ist bei dieser Lebensformgruppe ein starker Rückgang hinsichtlich des Anteils an der Gesamtdeckung auszumachen. Dies ist aber wahrscheinlich nicht mit dem Gradienten anthropogener Nutzungen, sondern mit den dort vorherrschenden Substratbedingungen zu begründen, die sich durch einen hohen Sandanteil und Tiefgründigkeit auszeichnen. Hier gewinnen die Phanerophyten stark an Bedeutung, bis am ehemaligen Ruheplatz mit *Tribulus zeyheri* und *Tragus racemosus* wieder annuelle Arten in den Vordergrund treten.

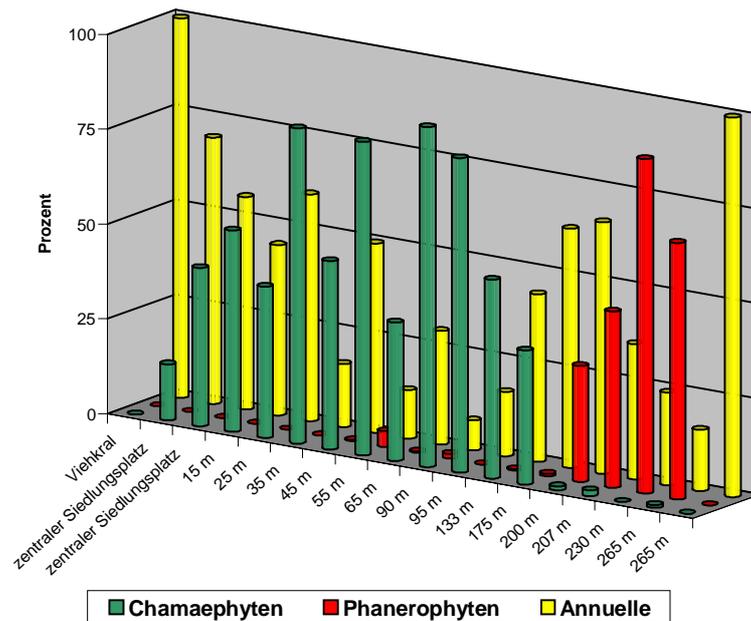


Abb. 121: Prozentualer Anteil der Lebensformgruppen ‚Chamaephyten‘, ‚Phanerophyten‘ und ‚Annuelle‘ an der Gesamtdeckung der im Bereich des Siedlungsplatzes I (Okamungudona) erfaßten Vegetationsaufnahmen

(die Gruppe ‚Annuelle‘ faßt annuelle Gräser und annuelle Kräuter zusammen)

Neben dem soeben vorgestellten Siedlungsplatz I sind im Siedlungsbereich Okamungudona ein weiterer, seit 1954 nicht mehr bewohnter Siedlungsplatz sowie zwei Gärten in die Untersuchung einbezogen worden. Die Untersuchung des zum Bearbeitungszeitpunkt seit 35 Jahre nicht mehr genutzten Siedlungsplatzes II (dargestellt in Abb. 117, S. 259) hat ergeben, daß in diesem Raum eine Regeneration



Foto 61: Seit 1954 nicht mehr genutzter Siedlungsplatz II im Becken von Okamungudona

(zu erkennen ist der Viehkral mit dem links vorgelagerten Eingangsbereich sowie vorne rechts die annähernd runde Grundform einer ehemaligen Hütte)

gestörter Standorte in Richtung der potentiell natürlichen Savannenvegetation nur sehr eingeschränkt möglich ist (vgl. Foto 61). So stellen zwar die vergleichsweise nährstoffreichen, inneren Siedlungsflächen Gunststandorte für die Etablierung krautiger Arten sowie einjähriger Gräser dar. Daraus resultiert jedoch, daß aufgelassene Siedlungsplätze und Gärten überproportional häufig einer Beweidung unterliegen und auch aufkommender Jungwuchs der Phanerophyten verbissen wird. Diese un gelenkte, spontane Nutzung derartiger

Flächen durch das Vieh, kann den Degradationsstatus über Jahrzehnte konservieren (vgl. MALAN & OWEN-SMITH 1974, SCHOLES 1990b).

Wie Abb. 122 verdeutlicht, wird die innere Siedlungsfläche des Siedlungsplatzes II von annuellen Kräutern und Gräsern sowie perennierenden Gräsern dominiert. Im Vordergrund stehen dabei *Eragrostis trichophora* und *Tribulus zeyheri*. Erst in ca. 100 m Entfernung nimmt die Gesamtdeckung deutlich zu und die Phanerophyten erreichen einen höheren Deckungsgrad. Als die wichtigsten Arten sind

Terminalia prunioides, *Acacia nilotica* und *Boscia foetida* zu erwähnen. Trotz der großen Entfernung zur ehemaligen inneren Siedlungsfläche sind hier die annuellen Arten mit *Tribulus zeyheri* und *Schmidtia kalahariensis* noch sehr stark vertreten und unterstreichen damit den Störungszustand des mit dem erhöhten Phanerophytenanteil zur Matrixvegetation überleitenden Bestandes.

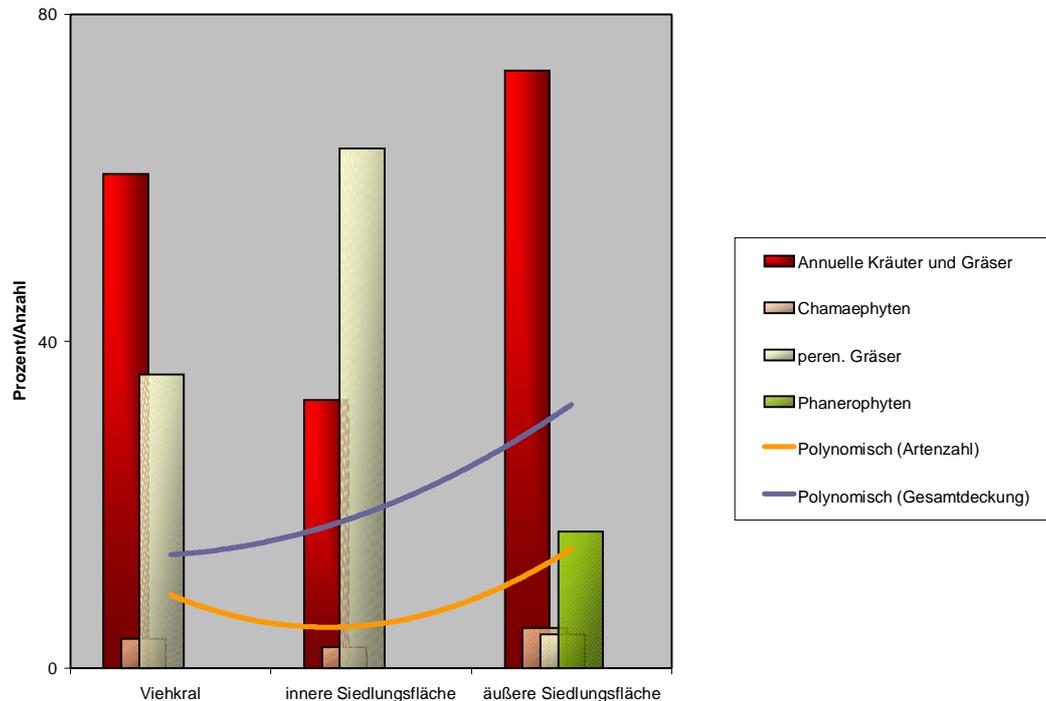


Abb. 122: Prozentualer Anteil unterschiedlicher Lebensformgruppen an der Gesamtdeckung der Siedlungsplatzstrukturen am Siedlungsplatz II (Okamungudona), Gesamtdeckungen und Artenzahlen

Die Abb. 123 und Abb. 124 stellen zusammenfassend die Anteile der verschiedenen Lebensformgruppen im Bereich der inneren bzw. der äußeren Siedlungsflächen der im Becken von Okamungudona untersuchten Siedlungsstrukturen dar. Es zeigt sich, daß sowohl im Bereich der inneren als auch der äußeren Siedlungsflächen die annuellen Kräuter und Gräser die dominierende Lebensformgruppe darstellen. Während die perennierenden Gräser bei den inneren Siedlungsflächen einen hohen Deckungsgrad erzielen, sind im Bereich der äußeren Siedlungsflächen die Phanerophyten die zweitstärkste Lebensformgruppe. Als Ausschnitte eines deutlich geringer gestörten Vegetationstyps waren in Kap. 6.2.5.3.1.3 für den Bereich von Okamungudona die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Grewia flavescens-Ximenia americana-Savanne* sowie die Gemeinschaft der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* genannt worden. Auch ein Vergleich mit den die Lebensformspektren dieser beiden Savannengemeinschaften darstellenden Abb. 78 (S. 177) und Abb. 82 (S. 184) macht deutlich, daß eine durchgreifende Regeneration nach der Nutzungsaufgabe am Siedlungsplatz II seit 1954 nicht stattgefunden hat.

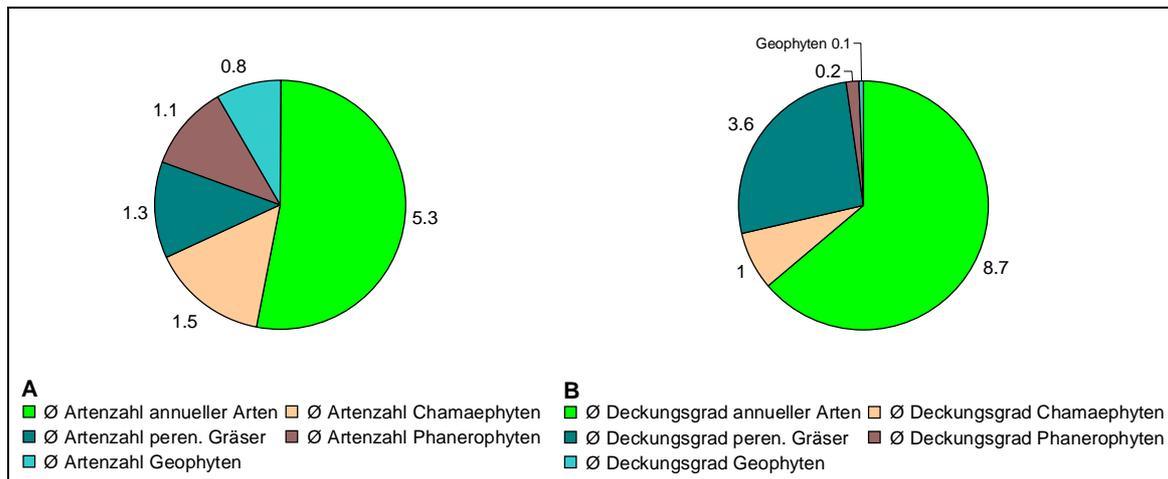


Abb. 123: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich von inneren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Okamungudona

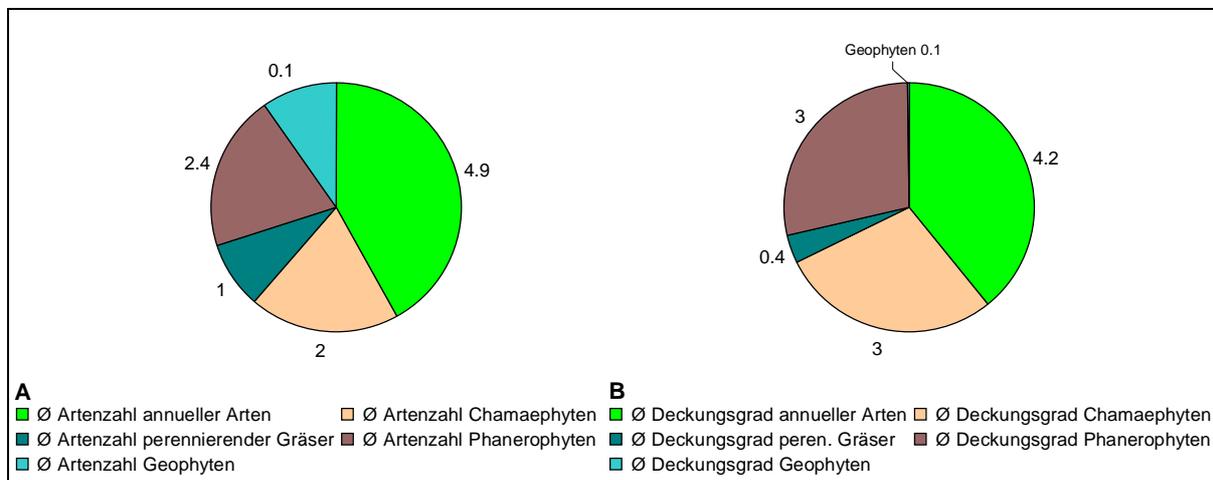


Abb. 124: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich der äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Okamungudona

Tab. XII (Anlagenband) faßt die im Bereich des Siedlungsraumes Okamungudona erhobenen Vegetationsaufnahmen zusammen. Innerhalb dieses Datensatzes lassen sich zwei Gemeinschaften vom Rest des Datenmaterials abgrenzen. Dies ist zum einen die schon bei der Darstellung des Siedlungsplatzes I erwähnte *Petalidium variable-Monechma cleomoides-Gemeinschaft* und zum anderen die *Maerua schinzii-Anthephora schinzii-Gemeinschaft*. Während die *Petalidium variable-Monechma cleomoides-Gemeinschaft* typisch ist für die außerhalb des zentralen Siedlungsplatzes liegenden Flächen, tritt die *Maerua schinzii-Anthephora schinzii-Gemeinschaft* vorwiegend im Bereich der Gärten auf. Diese beiden Gemeinschaften umfassen ca. die Hälfte der im Bereich von Okamungudona erfaßten Vegetationsaufnahmen. Die übrigen Vegetationsaufnahmen lassen sich nicht klar in Gemeinschaften gliedern. So sind wichtige Arten dieser Gruppe, wie z.B. *Tribulus zeyheri* und *Schmidtia kalahariensis* auch in den beiden oben erwähnten Gemeinschaften vertreten. Auch im Hinblick auf die Flächennutzung ist die zweite Gruppe uneinheitlich und setzt sich aus Flächen aller Nutzungstypen zusammen. Die artenreichste Vegetationsaufnahme ist Nummer 4087, die mit ihrer Dominanz von *Terminalia prunioides* am stärksten zur weniger gestörten Matrixvegetation vermittelt (vgl. Kap. 6.2.5.3.1.3.1, S. 175).

6.3.2 Vegetationsökologie des Siedlungsbereichs Omungunda

In naturräumlicher Hinsicht stellen die Siedlungsbereiche Okamungudona, Omungunda und der westlich anschließende Siedlungsbereich Onganga eine Einheit dar. Geprägt werden diese Beckenlagen durch eine Vielzahl kleinerer und mittelgroßer Riviere, die Tributäre des aus Nordosten nach Südwesten führenden Hauptarmes des Hoarusib darstellen. Was bereits anhand von Abb. 116 (S. 258) für den Siedlungsbereich Okamungudona deutlich wurde, läßt sich auch an Abb. 125 nachvollziehen: Eine dichtere Vegetationsdecke findet sich in den Beckenlagen lediglich im Bereich der Riviere. Die Beckenlagen selbst erscheinen in dieser Falschfarbendarstellung, in der lebende Phytomasse rot dargestellt wird, als weiße und damit überwiegend vegetationslose Flächen.

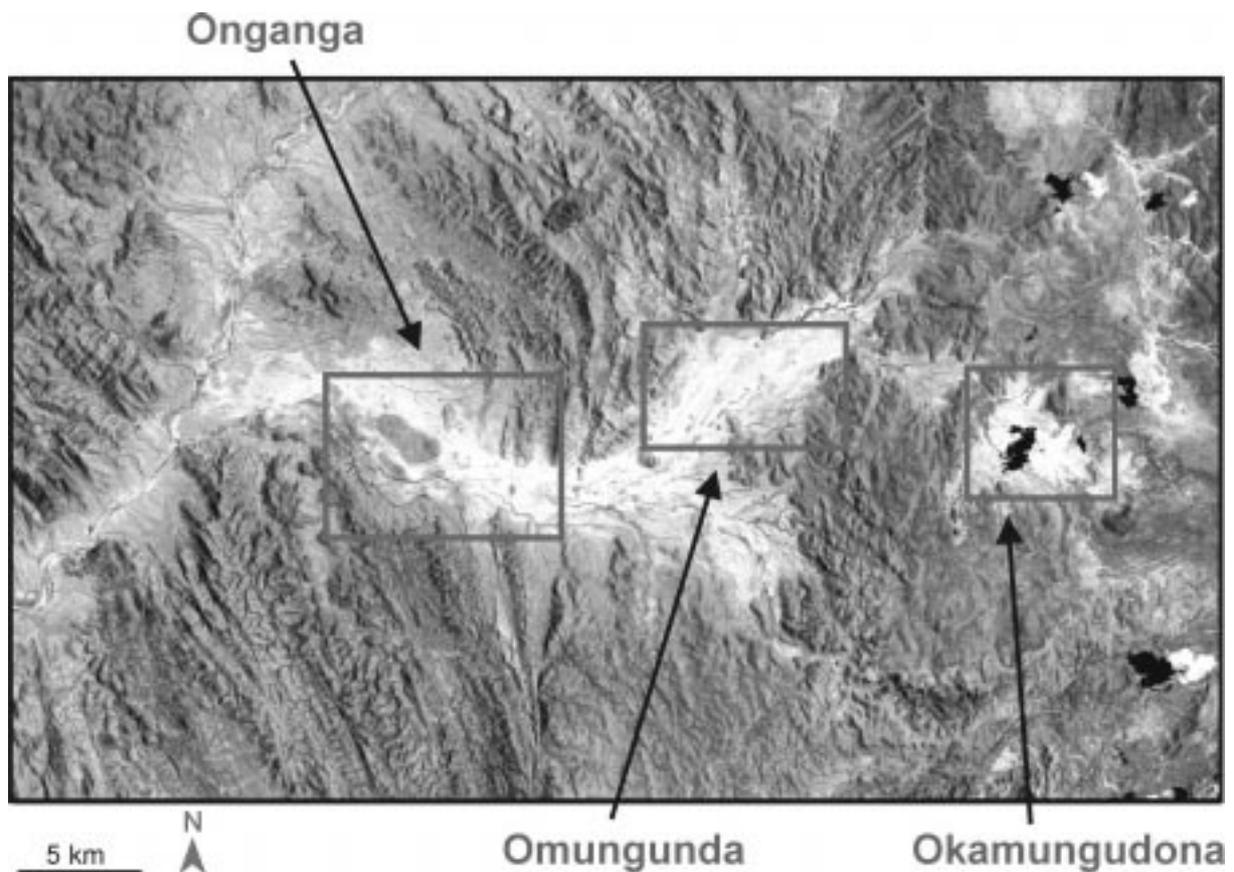


Abb. 125: Überblick über die Siedlungsbereiche von Okamungudona, Omungunda und Onganga (Falschfarben-Komposit aus der Landsat5-TM-Szene vom 10.11.1984; Bänder: 4 [Rot], 3 [Grün], 2 [Blau])

So ist die Vegetation im Becken von Omungunda noch stärker fragmentiert, als es schon für das Becken von Okamungudona dargestellt worden ist. Wenn auch bereits seit ca. 1860 eine viehwirtschaftliche Nutzung des einstmals für seinen Wildreichtum bekannten Beckens zu dokumentieren ist, so erfolgte eine permanente Besiedlung des Beckens von Omungunda erst nach dem dem Bau eines Brunnen im Jahre 1960. Zuvor war der Raum lediglich durch zahlreiche Viehposten temporär weidewirtschaftlich genutzt worden. Eine frühere dauerhafte pastorale Nutzung des Gebietes vor 1960 aufgrund der unzureichenden Wasserversorgung nicht möglich (vgl. S. 308). Das Becken von Omungunda wird geprägt durch eine mächtige Füllung eines überwiegend ton- und kalkreichen Sediments (vgl. Foto 62B). Dem hohlen Klang beim Auftreten auf dieses Substrat verdankt der Siedlungsbereich seinen Namen. Die heutige wirtschaftliche Nutzung des Gebietes besteht aus einer gemischten Viehwirtschaft mit Rindern, Ziegen und Schafen. Ohne erkennbare Orientierung an

Rivieren oder anderen Tiefenlinien existieren im Becken von Omungunda zahlreiche Gärten, in denen überwiegend Mais angebaut wird.

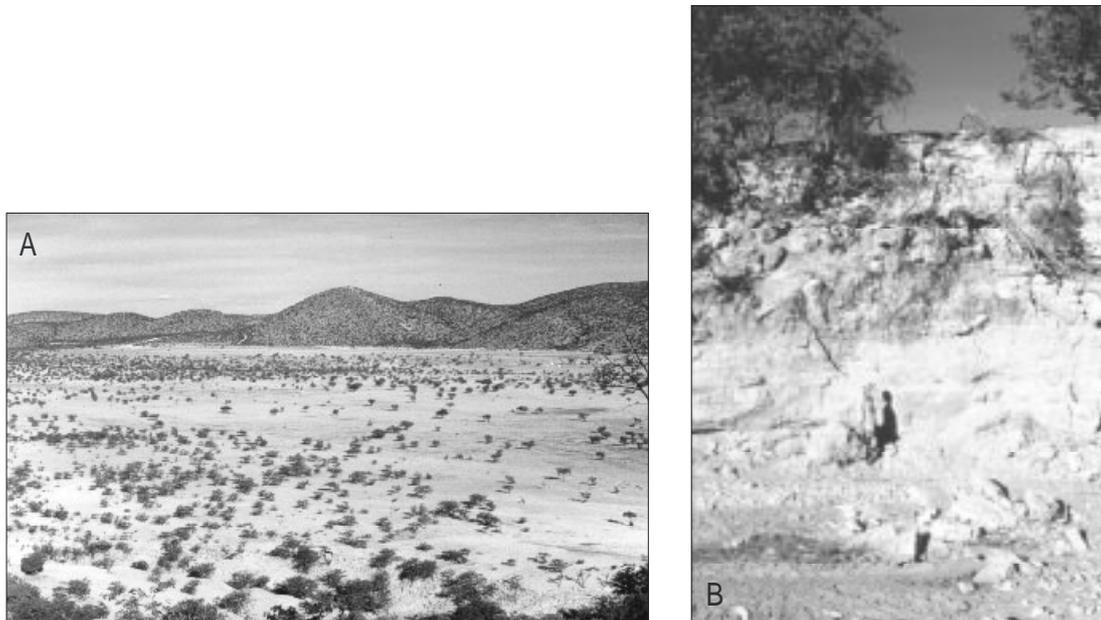


Foto 62: Überblick über den zentralen Teil des Beckens von Omungunda (A, Blick nach Südosten); Sedimentfüllung des Beckens (B)

Wie im Falle von Okamungudona läßt sich auch im Becken von Omungunda die Siedlungsentwicklung neben oral überlieferten Informationen anhand von Luftbildern nachvollziehen. Im Vergleich der Jahre 1976 und 1996 zeigt sich, daß sich die Anzahl der unterschiedlichen Siedlungsstrukturen im Nahbereich der Brunnenstelle deutlich verringert hat. Als Erklärungsansatz können zwei Thesen formuliert werden:

Die erste These beinhaltet die Annahme, daß der in Abb. 126 dargestellte Raum im Hinblick auf die Wasserversorgung ein lokales Gunstgebiet darstellt (Riviernähe, Brunnennähe). Da dieser Brunnen die einzige permanente Möglichkeit der Wasserversorgung für Mensch und Vieh im gesamten Becken darstellt, hat dieser Bereich eine zentrale Bedeutung für die Einwohner des Siedlungsbereichs. So wird

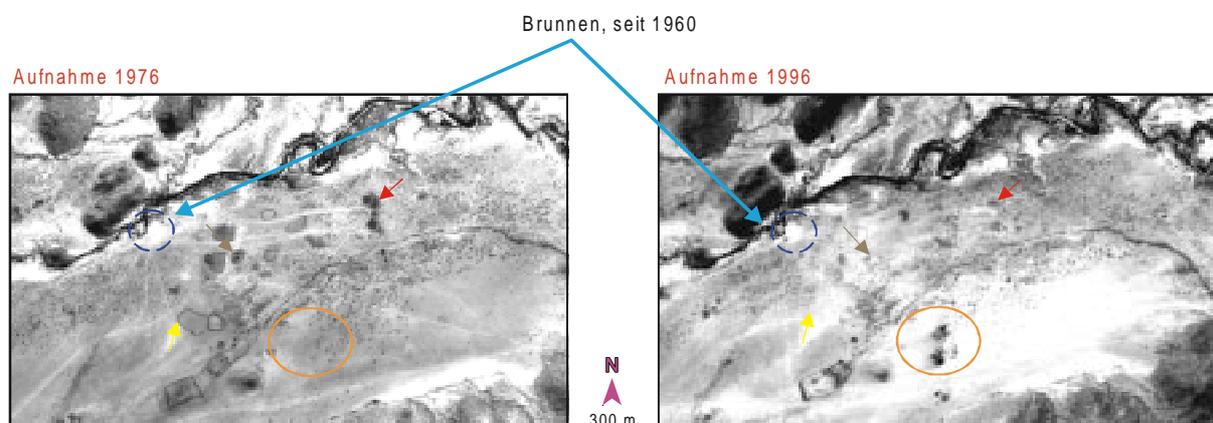


Abb. 126: Siedlungsstrukturen im zentralen Teil des Beckens von Omungunda im Vergleich der Jahre 1976 und 1996

(gelbe Pfeile: Gärten; rote Pfeile: Siedlungsplatz I; braune Pfeile Siedlungsplatz II; Nutzung beider Siedlungsplätze bis 1979, blauer Kreis: Brunnen)

der Bereich, in dem sich wegen der Brunnennähe verstärkt Haushalte angesiedelt haben, von zahlreichen, in Abb. 126 erkennbaren Pfaden durchzogen. Als Konsequenz ergibt sich ein erhöhter Aufwand, um die ebenfalls zahlreichen Gärten vor der ungewollten Beweidung durch das Vieh zu schützen. Es ist daher denkbar, daß der eigentliche Gunststandort aufgrund der hohen Frequentierung durch Vieh, an Attraktivität verloren hat.

Ein weiterer Erklärungsansatz steht in Verbindung mit der Dürreperiode der Jahre 1979-81. Wie in Kap. 6.4 ausgeführt wird, berichten Informanten übereinstimmend, daß die Niederschläge im Gebiet nach der Dürreperiode regelmäßig unterhalb der zuvor zu verzeichnenden Mengen lagen. Das Luftbild des Jahres 1979 spiegelt nun die Situation vor der Dürreperiode wider. Ausreichende Niederschläge erlauben die Bewirtschaftung zahlreicher Gärten. 15 Jahre nach der Dürre hat sich die Anzahl der Gärten in diesem Bereich deutlich verringert. Als Erklärung können die niedrigeren Niederschläge des auf die Dürreperiode folgenden Zeitabschnitts herangezogen werden, die sich hier, wo die Gärten nicht an zeitweise wasserführenden Tiefenlinien orientiert sind, besonders stark auswirken. Der Unterhalt von Gärten wird aufgrund einer unsicheren und in der Regel schlechten Ertragslage verstärkt aufgegeben (vgl. dazu aber BOLLIG 2000b).

Abb. 117 (S. 259) zeigt, daß ein ähnlicher Trend im Becken von Okamungudona kaum zu erkennen ist. Da hier die Lage der Gärten deutlich an den Rivierläufen orientiert ist, besteht eine grössere Unabhängigkeit von lokalen Niederschlagsereignissen.

Im Becken von Omungunda wurden im Rahmen dieser Arbeit aufgelassene Gärten, Siedlungsplätze sowie die Brunnenstelle vegetationsökologisch untersucht. Einen Überblick über das erhobene Datenmaterial gibt Tab. XIII (Anlagenband). Anders als im Siedlungsbereich Okamungudona, wo eine deutliche standortabhängige Differenzierung der Vegetation festzustellen ist, liegt im Falle des Siedlungsbereichs Omungunda eine das gesamte Gebiet prägende Kombination annueller Arten vor. Zu dieser Artengruppe zählen neben *Euphorbia inaequilatera*, *Enneapogon desvauxii* und *Eragrostis*



Foto 63: Nach ausreichenden Niederschlägen ist *Antherophora schinzii* die aspektbildende Art im Becken von Omungunda

(Foto: Regenzeit 1997)

annulata auch *Tribulus zeyheri* sowie *Urochloa brachyrra* mit einer Stetigkeit von jeweils 92 %. Die von diesen Arten geprägten Vegetationsaufnahmen lassen sich zur ephemeren *Tribulus zeyheri-Urochloa brachyrra-Gemeinschaft* zusammenfassen. Dort, wo im Becken von Omungunda *Colophospermum mopane* noch vertreten ist, erinnern die Bestände an die *Colophospermum mopane-Savanne* des nördlichen und des südlichen Transekts (vgl. Kap. 6.2.5.2.1.3.1, S. 125; Kap. 6.2.5.4.1.3.1, S. 224). Wegen des ephemeren Charakters der Krautschicht, die je nach Niederschlagsbedingungen durch krautige

annuelle Arten oder annuelle Grasarten geprägt sein kann (vgl. Foto 63), werden die *Colophospermum mopane* aufweisenden Aufnahmen zu einer *Colophospermum mopane-Savanne* zusammengefaßt. Wie im Becken von Okamungudona hat auch im Siedlungsbereich Omungunda die Beweidung der sich an den ehemaligen Siedlungsplätzen etablierenden Vegetation eine nivellierende Wirkung auf die Her-

ausbildung unterschiedlicher Vegetationsmuster. Daneben ist die geringe Zahl phanerophytischer Arten durch den Holzverbrauch der ansässigen Haushalte zu erklären (Foto 64A).

Nach Informationen der Bewohner des Beckens von Omungunda, wurde die heute stark degradierte Beckenlandschaft früher von einem dichten *Terminalia prunioides*-Gebüsch geprägt. *Colophospermum mopane* war danach zu dieser Zeit lediglich im Bereich der umgebenden Bergketten stärker vertreten. Im Westteil des Beckens ist ein derartiges *Terminalia prunioides*-Gebüsch in Fragmenten erhalten geblieben (vgl. Foto 64B). Mit 38 Arten pro 0.1 ha, ist dieser Bestand deutlich artenreicher als die im übrigen Teil des Beckens erfaßten Vegetationsaufnahmen (vgl. Tab. XIII, Anlagenband). Hier ist mit *Ximenia americana* auch eine Art vertreten, die im Bereich des mittleren Transekts zur Abgrenzung der *Colophospermum mopane*-*Terminalia prunioides*-*Grewia flavescens*-*Ximenia americana*-Savanne herangezogen war. Dieser Savanntyp ist heute im Bereich des mittleren Transekts nur noch in Fragmenten erhalten geblieben und kann als potentiell natürliche Vegetation feinkornreicher, tiefgründigerer Standorte des Beckens von Omungunda vermutet werden (vgl. Karte II, Anlagenband; Kap. 6.2.5.3.1.3.1.2).

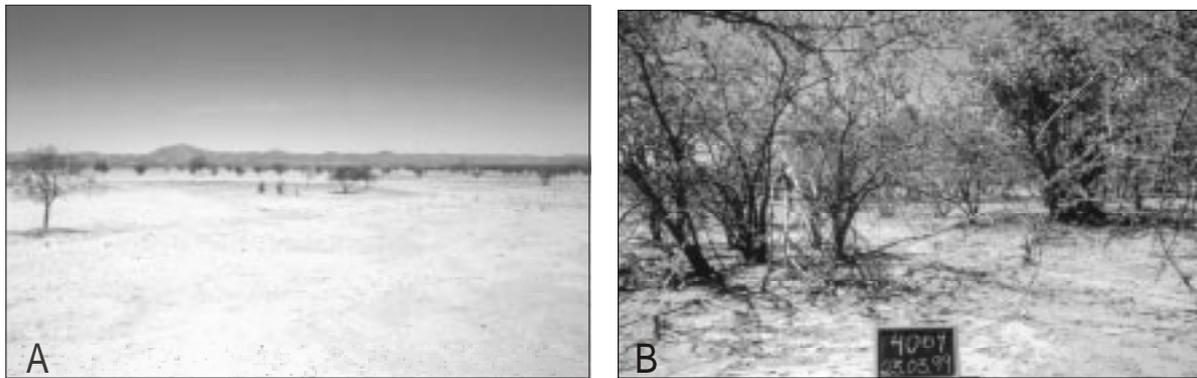


Foto 64: Das Becken von Omungunda: A) Stark degradierte Fläche im zentralen Teil, B) *Terminalia prunioides*-Gebüsch im Westteil des Beckens als fragmenthafter Rest der potentiell natürlichen Vegetation

Wie Tab. XI (Anlagenband) zeigt, sind die annualen Gräser und Kräuter die die inneren Siedlungsflächen im Becken von Omungunda sowohl im Hinblick auf die Artenzahl als auch bezüglich des Deckungsgrades dominierende Lebensformgruppe (s.o.). Als weitere wichtige Lebensformgruppen sind im Hinblick auf die Deckungsgrade die perennierenden Gräser und die Phanerophyten zu nennen.

Mit dem Übergang in die äußeren Siedlungsflächen gewinnen die Geophyten mit den Hauptgattungen *Crinum* und *Nerine* an Bedeutung. Insbesondere *Nerine cf. laticoma* kann zeitweise als die aspektbildende Art weiter Teile des Beckens von Omungunda auftreten.

Wenngleich durch die Vegetationsaufnahmen nicht erfaßt, stellt das annuelle Gras *Antheophora schinzii* ein wichtiges Element der ephemeren Vegetation des Beckens von Omungunda dar. Als Pioniergras tritt diese Art vor allem an gestörten Stellen bestandsbildend auf. Dabei ist es ein wichtiges Futtergras und garantiert so rasch nach den ersten etwas ergiebigeren Niederschlägen eine gute Weide in dem ansonsten stark degradierten Gebiet (vgl. Foto 63, vgl. VOLK 1974, MÜLLER 1985).

Als einziger Phanerophyt ist *Colophospermum mopane* in den nicht zur potentiell natürlichen Vegetation vermittelnden Vegetationsaufnahmen der äußeren Siedlungsflächen vertreten.

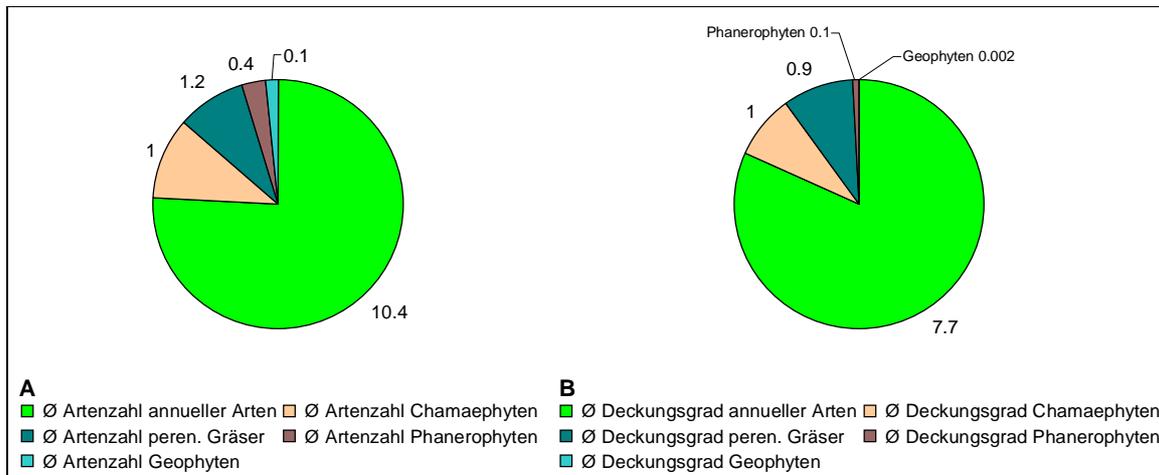


Abb. 127: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich der äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Omungunda

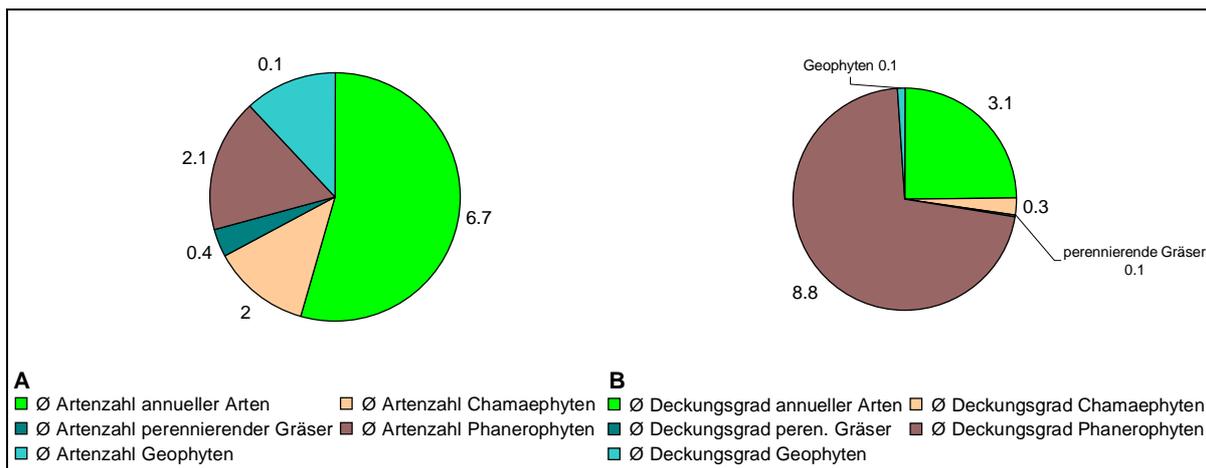


Abb. 128: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich der äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Omungunda

In Abb. 126 (S. 268) ist die Entwicklung zweier der drei im Becken von Omungunda untersuchten Siedlungsplätze nachzuvollziehen. Beim Siedlungsplatz I handelt es sich um eine Fläche, die 1979 nach 15-jähriger Nutzung aufgegeben wurde. Auch heute wird der ehemalige Siedlungsplatz, der der Bewirtschaftung von ca. 400 Rindern und einer nicht nennbaren Zahl von Ziegen und Schafen diente, von durchziehendem Vieh beweidet. Das gleiche gilt für den Siedlungsplatz II, der von 1966 bis 1979 bewirtschaftet wurde. Im Gegensatz zum Siedlungsplatz II des Siedlungsbereichs Okamungudona sind bei diesen beiden Siedlungsflächen die Grenzen der Siedlungselemente wie Viehkral, innere Siedlungsfläche und äußere Siedlungsfläche im Gelände kaum noch nachvollziehbar (Foto 65A). Auch sind keine deutlichen, von den Siedlungsstrukturen abhängigen Unterschiede in den Vegetationsmustern erkennbar. Dies ist auf die nivellierende Wirkung der rezenten Weidenutzung dieser Stellen zurückzuführen, die im Falle eines feinmaterialreichen Substrats mit Deflation und über die Verdichtung der oberen Horizonte mit einer Aridisierung des Standortes einhergehen kann (Foto 65B, vgl. auch

CHRISTIANSSON 1981:25, VALENTIN 1983, TEAGUE & SMIT 1992, BELNAP 1995, TRASH 1997, HIERNAUX et al. 1999, BRUNOTTE & SANDER 2000b).

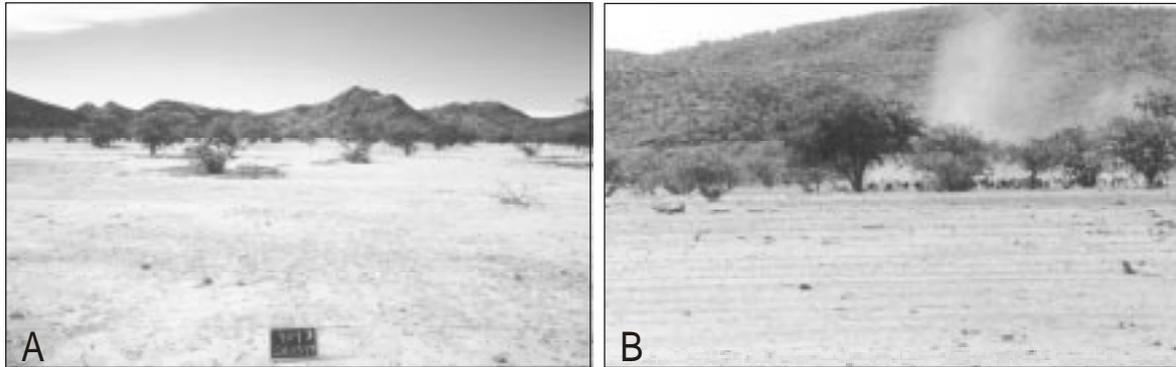


Foto 65: (A) Innere Siedlungsfläche von Siedlungsplatz I; (B) durch Beweidung ausgelöste Deflation (Siedlungsbereich Omungunda)

6.3.3 Vegetationsökologie des Siedlungsbereichs Onganga

Wie Abb. 125 (S. 267) gezeigt hat, zählt der Siedlungsbereich Onganga zu den im Hinblick auf die Vegetation stark degradierten Gebieten im Einzugsbereich des Hoarusib. Die permanente Besiedlung von Onganga erfolgte erst ab 1950, wobei der Raum günstige Bedingungen zu Anlage von Gärten bot. Heute wird der Siedlungsbereich Onganga von 10 Haushalten permanent besiedelt. Hinzu kommen zahlreiche Viehposten, die während günstiger Weidebedingungen von auswärtigen Hirten weidewirtschaftlich genutzt werden. Ähnlich wie im Siedlungsbereich Omungunda ist die einstige Savanne im Siedlungsbereich Onganga heute in stark degradierte Fragmente aufgelöst (Foto 66A). Als eine der Ursachen für die in weiten Teilen der hier beschriebenen Beckenlandschaften auftretenden Bodenerosionsformen sehen BRUNOTTE & SANDER (2000a) die weidewirtschaftliche Nutzung des Raumes (vgl. Foto 66B, vgl. BRUNOTTE & SANDER (2000b)).

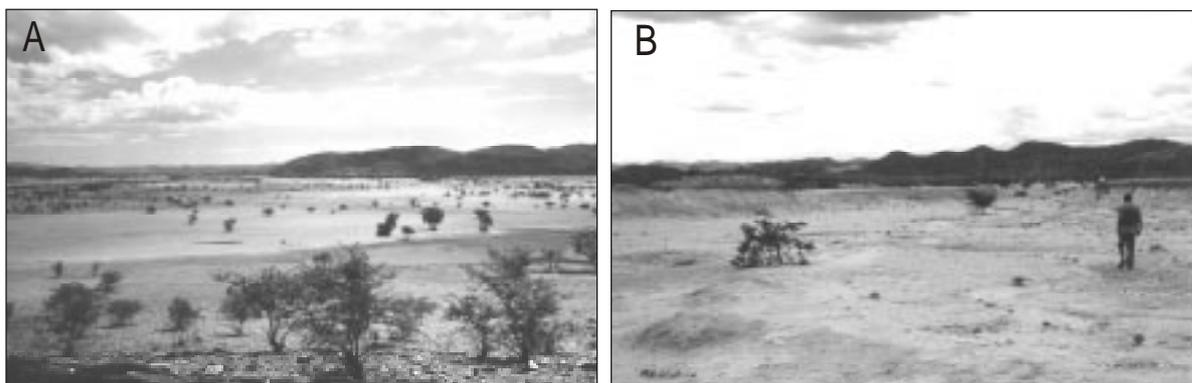


Foto 66: Siedlungsbereich Onganga: (A) Überblick, (B) Bodenerosion

Die im Siedlungsbereich Onganga bearbeiteten Siedlungsstrukturen umfassen ehemalige und rezent genutzte Siedlungsplätze sowie einen Viehposten.

Wie Tab. XIV (Anlagenband) zeigt, kennzeichnet das Auftreten von *Tribulus zeyheri* den gesamten Bereich der inneren und äußeren Siedlungsflächen. Gliedern lässt sich das Datenmaterial durch eine

Artenkombination, der *Limeum argute-carinatum*, *Schmidtia kalahariensis* und *Eragrostis porosa* angehören. Die diese Artenkombination aufweisenden Aufnahmen wurden überwiegend in den Bereichen der äußeren Siedlungsflächen erfaßt. Allerdings können diese annuellen Arten vereinzelt auch im Bereich der inneren Siedlungsflächen gemeinsam auftreten. Diese Artenkombination kennzeichnet vergleichsweise artenreiche Bereiche der Siedlungsflächen, wobei als wichtige Begleiter die ebenfalls annuellen Arten *Euphorbia inaequilatera* und *Hirpicium gorterioides* zu nennen sind. Eine weitergehende Untergliederung dieser Aufnahmegruppe läßt sich durch *Geigeria alata*, *G. acaulis* und *Sesuvium sesuvioides* vornehmen. Diese Arten charakterisieren deutlich den außerhalb der inneren Siedlungsflächen gelegenen Bereich. Kennzeichnenderweise haben die ausdauernden Arten ihren Schwerpunkt in dieser Aufnahmegruppe, wobei insbesondere *Terminalia prunioides* und *Colophospermum mopane* Bezüge zu Matrixvegetation herstellen, die im Bereich von Onganga ausschließlich durch Gemeinschaften der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* repräsentiert wird (vgl. Kap. 6.2.5.3.1.3.1). Geprägt werden diese Aufnahmen aber häufig durch das perennierende Gras *Monelytrum luederitzianum*, das mit seiner Verbreitung im nördlichen Namibia als wertvolles Pioniergras gestörter Stellen auf steinigem und kalkhaltigen Böden einzustufen ist (VOLK 1974, MÜLLER 1985:190). Im vorliegenden Fall hat *Monelytrum luederitzianum* sein Optimum jedoch auf feinmaterialreichen Standorten (vgl. Foto 67).

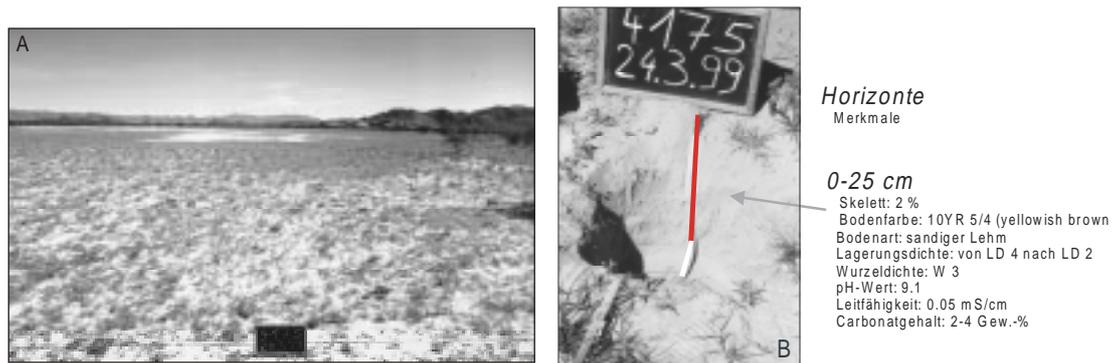


Foto 67: (A) Von *Monelytrum luederitzianum* dominierte äußere Siedlungsfläche; (B) Bodenprofil

Den überwiegend im Bereich der inneren Siedlungsflächen erfaßten Aufnahmen, bei denen die oben erwähnte Artenkombination nicht zu dokumentieren ist, fehlt insgesamt ein verbindendes Element. Zudem sind die hier erfaßten Aufnahmen mit durchschnittlich 10.5 Arten pro 0.01 ha relativ artenarm. Es läßt sich jedoch eine Gruppe von vergleichsweise artenreichen Vegetationsaufnahmen ausgliedern, die durch das gemeinsame Auftreten von *Tragus bertorianus*, *Trianthema triquetra*, *Spergularia daernia*, *Geigeria acaulis* und *Sesuvium sesuvioides* gekennzeichnet ist (Tab. XIV, Anlagenband). Als einzige dieser Arten ist *Tragus bertorianus* nicht in den anderen Aufnahmen vertreten. Damit läßt sich diese Gemeinschaft als *Tribulus zeyheri-Tragus bertorianus-Gemeinschaft* beschreiben.

Als Beispiele für Siedlungsstrukturen und deren Vegetation im Siedlungsbereich Onganga sollen im folgenden ein temporär genutzter Viehposten und ein rezent genutzter Siedlungsplatz vorgestellt werden.

Abb. 129 zeigt halbschematisch die Struktur eines nur temporär von durchziehenden Hirten genutzten Viehpostens im Siedlungsbereich Onganga (vgl. Foto 68). Im Gegensatz zu permanent genutzten Siedlungen, unterliegt die innere Siedlungsfläche mit dem Viehkral keiner ständigen anthropogenen Störung und kann bei u.U. jahrelang ausbleibender Nutzung in verschiedene Regenerationsstadien übergehen. Seiner Funktion entsprechend, sind die Hütten und die Viehkralumzäunung weni-

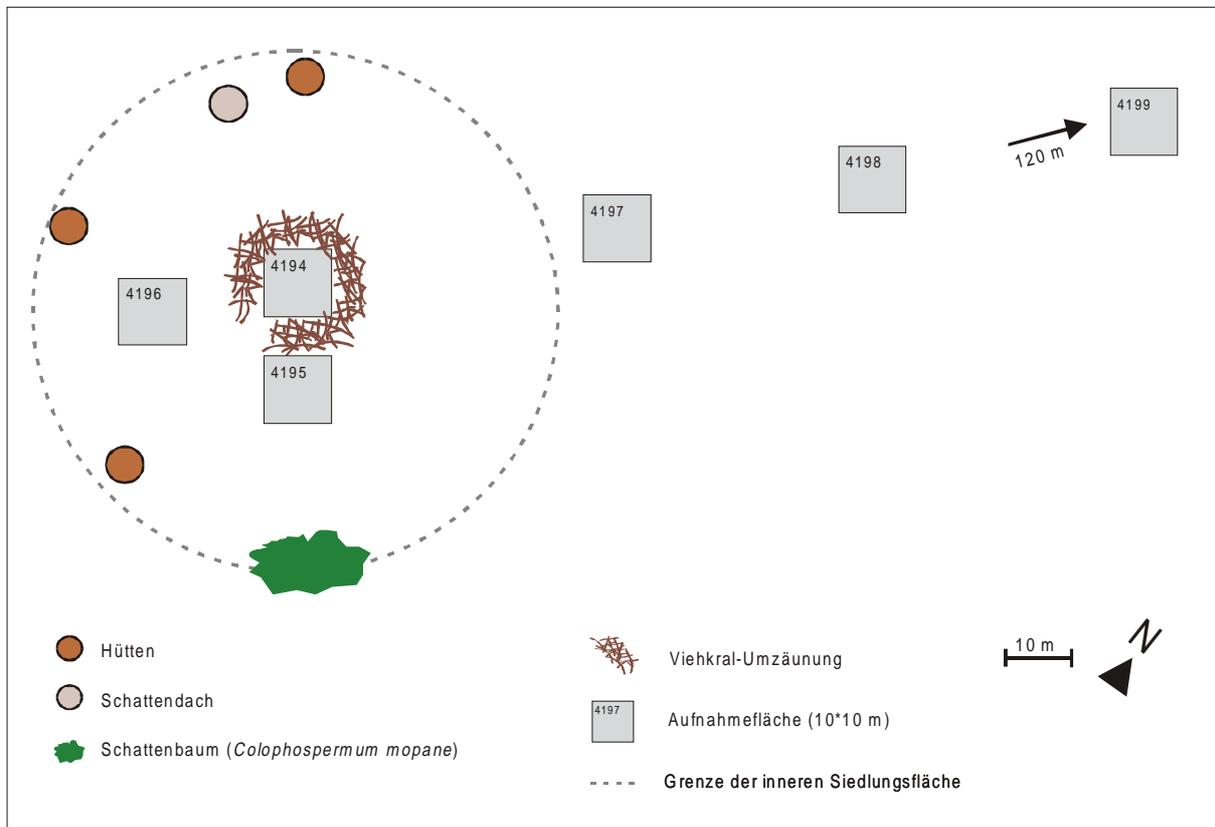


Abb. 129: Halbschematische Darstellung eines Viehpostens im Siedlungsbereich Onganga; Lage der Vegetationsaufnahmen entlang des Nutzungsgradienten

ger aufwendig gearbeitet, als es bei permanenten Siedlungen der Fall ist. Da ein solcher Viehposten meist nur von wenigen Menschen bewohnt wird, und auch nur ein Teil der Herde vom Viehposten aus



Foto 68: Viehposten im Siedlungsbereich Onganga

bewirtschaftet wird, rufen Viehposten im Vergleich zu den permanenten Siedlungen kleinflächigere Störungen hervor. So ist auf Foto 68 im Hintergrund bereits der Übergang von der stark gestörten äußeren Siedlungsfläche zur Matrixvegetation mit Savannencharakter zu erkennen. Die innere Siedlungsfläche ist auch hier durch eine sehr spärliche Vegetationsbedeckung geprägt, deren Hauptarten *Tribulus zeyheri* und der Chamaephyt *Leucosphaera bainesii* sind.

Die im Bereich der äußeren Siedlungsfläche erfassten Vegetationsaufnahmen weisen mit *Hermannia modesta*, *Zygothymum simplex* und *Tephrosia oxygona* eine charakteristische Artenkombination

auf. Der Übergang zur Matrixvegetation wird hier durch die vergleichsweise hohen Artmächtigkeiten von *Stipagrostis hirtigluma* angedeutet, einer Art, die im Bereich der stärker gestörten Siedlungsflächen nicht oder nur sehr vereinzelt mit geringer Artmächtigkeit vertreten ist.

Ein Beispiel für die Vegetationszonierung im Bereich eines rezent genutzten Siedlungsplatzes im Siedlungsbereich Onganga stellt Abb. 131 (S. 277) dar. An dem seit 1993 genutzten Siedlungsplatz wurden zum Bearbeitungszeitpunkt (März 1999) 70 Rinder, 120 Ziegen sowie 20 Schafe bewirtschaftet. Nach Auskunft der Bewohner, wies die Regenzeit 1999 eine überdurchschnittliche Regenmenge auf, die im bewirtschafteten Raum zu einer guten Weide führte.

Im Gegensatz zum Viehposten ist hier die Fläche der anthropogenen Überprägung durch Verbiß, Trittwirkung und Holzverbrauch wesentlich größer. So erfolgt ein Übergang zu einer immernoch deutlich degradierten *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* erst ab einer Entfernung von ca. 120 m vom Viehkral des Siedlungsplatzes. Der Bereich der inneren Siedlungsfläche wird von einer artenarmen *Tribulus zeyheri-Eragrostis porosa-Gemeinschaft* geprägt, als deren Begleiter *Portulaca oleracea*, *Amaranthus thunbergii*, *Panicum novomnerve* und *Schmidtia kalahariensis* zu nennen sind (vgl. Tab. XIV, Anlagenband). Der das Zentrum des Siedlungsplatzes bildende Viehkral weist aufgrund der Trittbelastung, des Verbißes und des Eintrags von Exkrementen keine Spontanvegetation auf (vgl. PERKINS & THOMAS 1993, PERKINS 1996). Der Viehkral weist eine ca. 50 cm mächtige Dung-

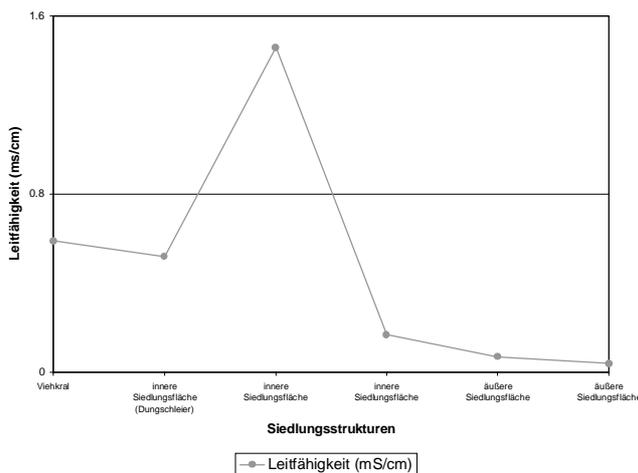


Abb. 130: Gehalt an wasserlöslichen Salzen im Bereich eines rezent genutzten Siedlungsplatzes entlang des Gradienten abnehmender Nutzungsintensität

auflage auf, die mit einer Leitfähigkeit von 0.59 mS/cm einen für derartige Standorte typischen hohen Gehalt an wasserlöslichen Salzen aufweist. Entlang des Nutzungsgradienten nimmt im Bereich von Siedlungsplätzen mit abnehmender Nutzungsintensität auch der durch den anthropogenen Einfluß bedingte Gehalt an wasserlöslichen Salzen ab. Dies ist auch im Bereich des hier vorgestellten Siedlungsplatzes der Fall, wobei an einzelnen Stellen je nach Eintrag von Verdauungsprodukten punktuell sehr hohe Werte erreicht werden können (Abb. 130, vgl. BINET 1981, WEST 1981, PERKINS 1996, PALMER & VAN DER

HEYDEN 1998). Die den Viehkral kennzeichnende Dungauflage überzieht als Dungschleier auch das mineralische Substrat der vor dem Eingangsbereich des Viehkralen gelegenen Fläche und stellt zumindest, was den Gehalt an wasserlöslichen Salzen betrifft, einen der Viehkralfläche recht ähnlichen Standort dar. Die Mächtigkeit der Dungauflage beträgt im vorliegenden Fall noch 13 cm. Gekennzeichnet wird dieser Bereich durch eine artenarme Gemeinschaft mit *Tribulus zeyheri* und *Eragrostis porosa*, der sich nach außen eine Gemeinschaft mit *Tribulus zeyheri* und *Eragrostis annulata* anschließt. Hier liegt die Artenzahl bereits deutlich höher als in der *Tribulus zeyheri-Eragrostis porosa*-Zone (vgl. Tab. XIV, Anlagenband). Mit dem Übergang von der inneren Siedlungsfläche zur äußeren Siedlungsfläche gewinnt *Panicum novemnerve* stark an Bedeutung. Auch *Eragrostis porosa* erreicht hier noch hohe Artmächtigkeiten. Karte II (Anlagenband) zeigt, daß die Vegetation der weniger von

anthropogenen Nutzungen überprägten Standorte im Siedlungsbereich Onganga von Gemeinschaften der artenarmen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* geprägt werden. So vermittelt auch im Falle des hier dargestellten Siedlungsplatzes eine stark degradierte, noch zahlreiche typische Arten gestörter Stellen aufweisende *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* zur Matrixvegetation.

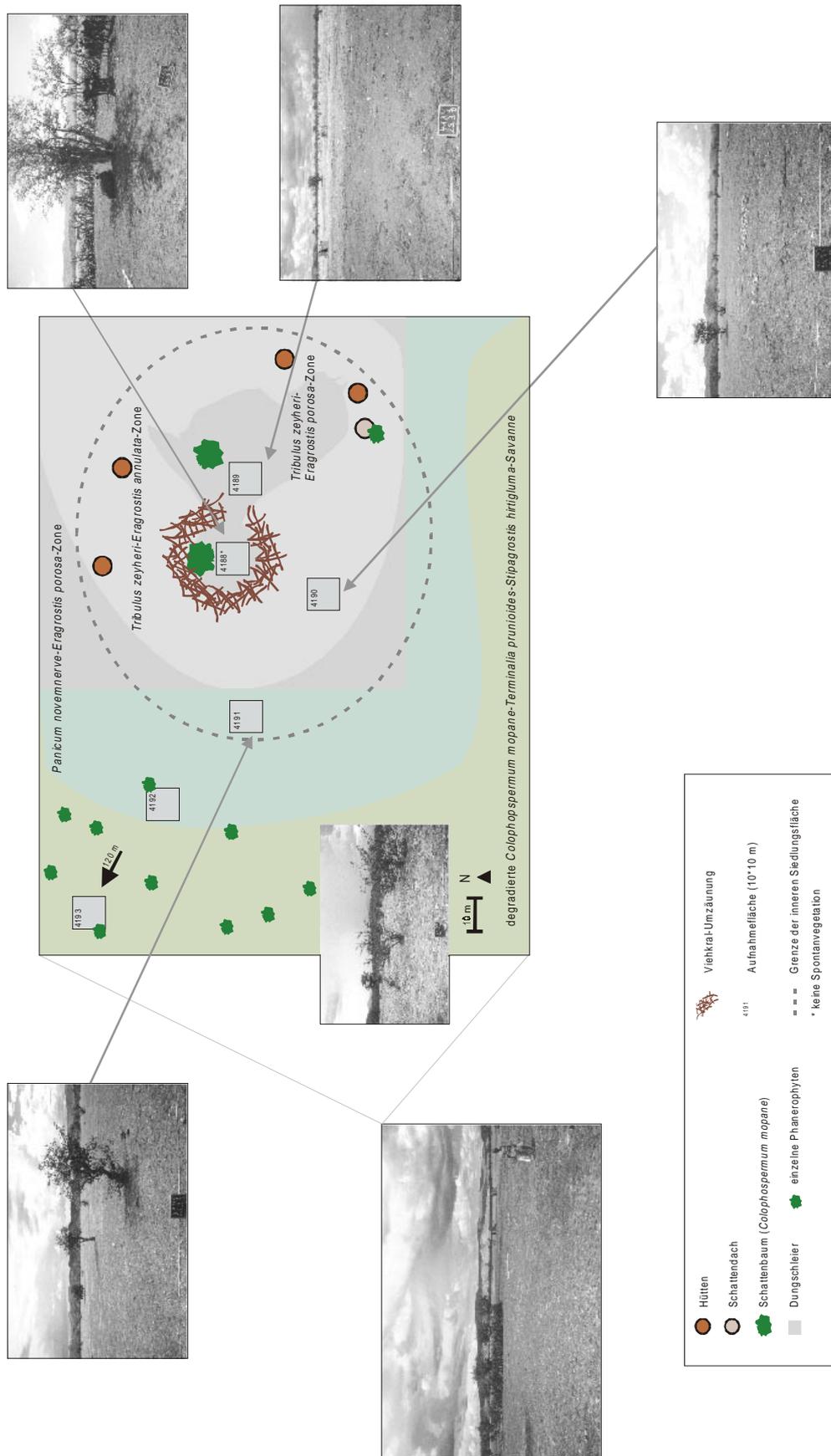


Abb. 131: Rezent genutzter Siedlungsplatz mit halbschematischer Darstellung der Vegetationszonierung (Siedlungsbereich Onganga)

Wie die Abb. 132 und Abb. 133 zeigen, sind die annuellen Gräser und Kräuter die dominierende Lebensformgruppe der im Siedlungsbereich Onganga bearbeiteten Siedlungsplätze. Auch die ausdauernden Gräser haben – vor allem durch eine hohe Stetigkeit und hohe Artmächtigkeiten von *Monechlytrum luederitzianum* – eine hohe Bedeutung.

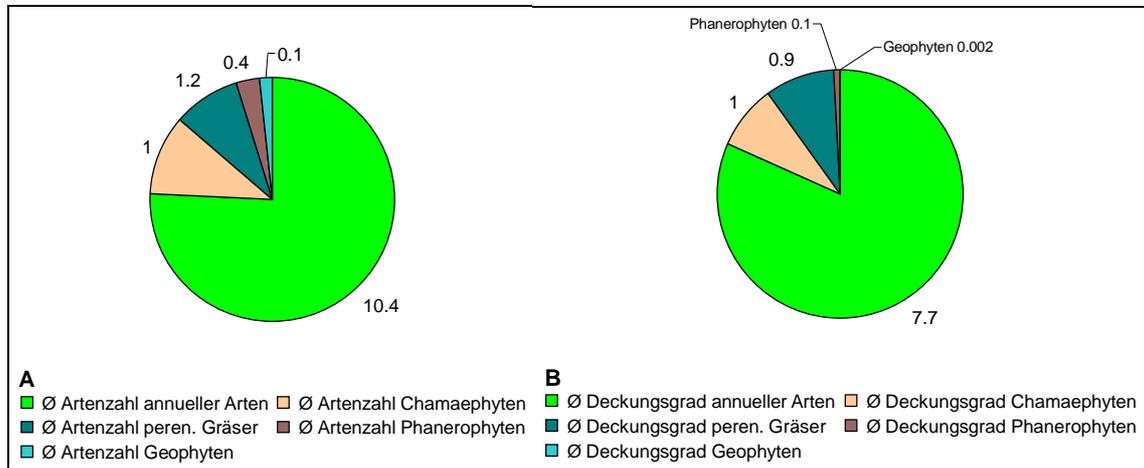


Abb. 132: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich von zentralen Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Onganga

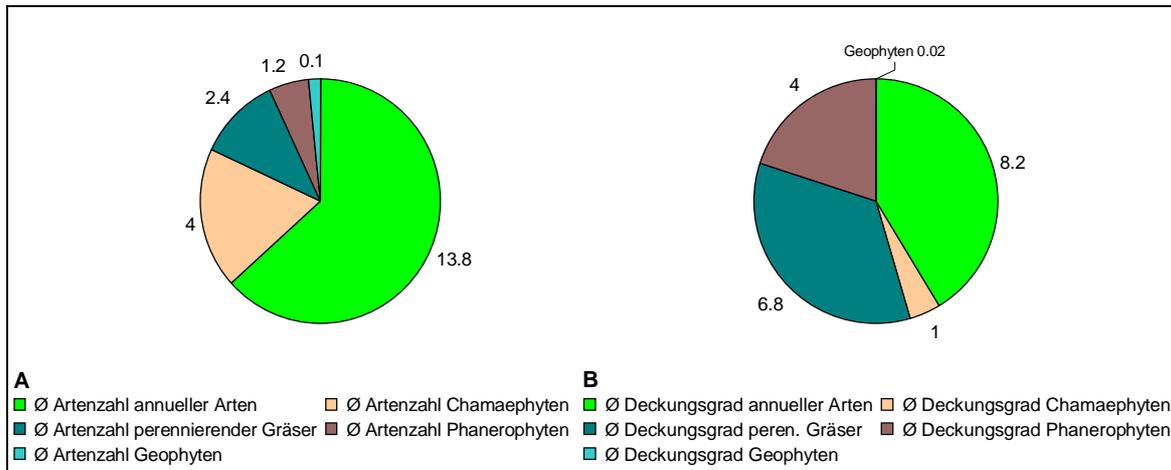


Abb. 133: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich der äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich von Onganga

6.3.4 Vegetationsökologie des Siedlungsbereichs Otjiheke

Wegen seiner Lage am Hoarusib gehört der Siedlungsbereich Otjiheke zu den Gunststandorten für eine Besiedlung durch den Menschen (vgl. KUNTZ 1910; Karte IV, Anlagenband). Als Folge der nach Westen hin abnehmenden Niederschläge und der zunehmenden interannuellen Niederschlagsvariabilität geht jedoch die Siedlungsdichte westlich der Querung des Hoarusib bei Okomutati stark zurück. Auch das stark reliefierte Gelände erschwert und begrenzt in diesem zur Escarpment-Zone zählenden Raum die weidewirtschaftliche Nutzung besonders durch Rinder. Während Regenzeiten mit deutlich unterdurchschnittlichen Niederschlägen, müssen hier auch zur permanenten Nutzung vorgesehene

Siedlungen von den Bewohnern verlassen werden. Die Beweidung erfolgt in diesem Zeitraum verfrüht auf entfernt liegenden Bergweiden, die im Regelfall für die weidewirtschaftliche Nutzung während der Trockenzeit vorgesehen sind. So häufen sich nach Westen die nur temporär genutzten Viehposten. Im folgenden werden die vegetationsökologischen Gegebenheiten an zwei zur Bearbeitungszeit nicht genutzten Siedlungen besprochen. Die an beiden Siedlungsplätzen vorliegenden Siedlungsstrukturen weisen jedoch darauf hin, daß die an sich permanenten Siedlungen wegen der geringen Niederschläge verlassen werden mußten.

Wie Tab. XV (Anlagenband) darstellt, ist *Aizoanthemum galenioides* die prägende Art sowohl der inneren als auch der äußeren Siedlungsflächen der im Siedlungsbereich Otjiheke bearbeiteten Sied-



Foto 69: *Amaranthus thunbergii* aspektbildend im Bereich der inneren Siedlungsfläche des Siedlungsplatzes I im Siedlungsbereich Otjiheke

lungenplätze. Daneben werden die hier vorgestellten Siedlungsstrukturen auch durch die hochsteten Arten *Indigofera trita*, *Eragrostis annulata* und *Trianthema triquetra* gekennzeichnet. Letztere gehört neben *Schmidtia pappophoroides* und *Amaranthus thunbergii* zu den aspektbildenden Arten dieser Siedlungsplätze. Insbesondere bei Siedlungsplatz I findet sich ein auffälliger Artenwechsel zwischen der inneren und der äußeren Siedlungsfläche. So wird die innere Siedlungsfläche von der annuellen Art *Amaranthus thunbergii* geprägt, die hier mit Artmächtigkeiten bis zu 25 % dokumentiert werden konnte. Außerhalb des durch die Lage der Hütten definierten Raumes besonders intensiver Nutzung bzw. Störung, dominiert mit einer Artmächtigkeit bis zu 30 % zunächst *Trianthema triquetra* (Foto 69). Auffällige Standortunterschiede ergeben sich dabei vor allem hinsichtlich des Feinmaterialanteils, der sich in der inneren Siedlungsfläche vor allem aus Dung zusammensetzt, sowie dem Gehalt wasserlöslicher Salze, der hier im Vergleich zur äußeren Siedlungsfläche mehr als doppelt so hoch ist (vgl. Tab. XV, Anlagenband). So hat *Amaranthus thunbergii* sein Optimum deutlich im Zugangsbereich des Viehkral. Dieser weist selbst keine Spontanvegetation auf – ein Zeichen für die erst kurzfristig erfolgte Nutzungsunterbrechung. Der Übergang zur Matrixvegetation erfolgt bei Siedlungsplatz I über Dominanzbestände von *Schmidtia kalahariensis*.



Foto 70: Siedlungsplatz II im Siedlungsbereich Otjiheke

Der Siedlungsplatz II im Siedlungsbereich Otjiheke ist die größte in die Untersuchung einbezogene Siedlungsstruktur. Zahlreiche Hütten begrenzen die innere Siedlungsfläche, die einen Durchmesser von ca. 45 m aufweist. Zentrum des Siedlungsplatzes ist der Viehkral, bei dem eine vergleichsweise hohe Artenzahl auf eine längerandauernde Nutzungsunterbrechung hinweist. Während der durch eine Dungaufflage gekennzeichnete Eingangsbereich zum Viehkral durch *Trianthema triquetra*

Der Siedlungsplatz II im Siedlungsbereich Otjiheke ist die größte in die Untersuchung einbezogene Siedlungsstruktur. Zahlreiche Hütten begrenzen die innere Siedlungsfläche, die einen Durchmesser von ca. 45 m aufweist. Zentrum des Siedlungsplatzes ist der Viehkral, bei dem eine vergleichsweise hohe Artenzahl auf eine längerandauernde Nutzungsunterbrechung hinweist. Während der durch eine Dungaufflage gekennzeichnete Eingangsbereich zum Viehkral durch *Trianthema triquetra*

geprägt wird, erfolgt auf der Rückseite des Viehkralts relativ rasch der Übergang von der inneren zur äußeren Siedlungsfläche. Hier treten mit *Enneapogon cenchroides*, *Stipagrostis hirtigluma* und



Foto 71: Innere Siedlungsfläche des Siedlungsplatzes II im Siedlungsbereich Otjiheke

Enneapogon desvauxii Arten hinzu, die auch in der Vegetation geringer gestörter Flächen häufig vertreten sind. Karte II (Anlagenband) zeigt, daß im Raum Otjiheke die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* die prägende Savannengemeinschaft der Matrixvegetation darstellt.

Einen Überblick über den an beiden Siedlungsplätzen erhobenen Datensatz gibt Tab. XV (Anlagenband). Neben der bereits weiter oben beschriebenen Kombination hochsteter Arten, lassen sich zwei Gemein-

schaften abgrenzen. Die *Geigeria acaulis-G. alata-Gemeinschaft* ist in ihrer Verbreitung auf die äußeren Siedlungsflächen beschränkt. Das Auftreten von *Cucumis sagittatus* kennzeichnet die inneren Siedlungsflächen beider Siedlungsflächen. Dies ist auf die Nutzung der Melonenart zurückzuführen, die hier in den flußnahen Gärten angepflanzt und im Bereich der Siedlungsplätze verzehrt wird.

Wie zuvor erwähnt, sind auch im Siedlungsbereich Otjiheke aufgelassene Siedlungsplätze wegen des hohen Deckungsgrades annueller Arten eine wichtige Ergänzungsweide und werden vom Vieh spontan zur Nahrungsaufnahme aufgesucht (vgl. SCHOLE 1990a). Eine Sukzession in Richtung der Matrixvegetation wird hierdurch deutlich eingeschränkt (vgl. Foto 72).



Foto 72: Auf dem Weg vom Hoarusib zur Bergweide ziehen Rinder weidend durch den Siedlungsplatz I im Siedlungsbereich Otjiheke

Die Bedeutung annueller Arten für die Vegetation der Siedlungsplätze wird auch anhand der Abb. 134 und Abb. 135 deutlich. Phanerophyten spielen im gesamten Siedlungsbereich eine untergeordnete Rolle. Als physiognomisches Merkmal grenzt dies die Siedlungsplätze deutlich von der Matrixvegetation ab, die hier in erster Linie von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Stipagrostis hirtigluma-Savanne* aufgebaut wird (vgl. Abb. 79, S. 179).

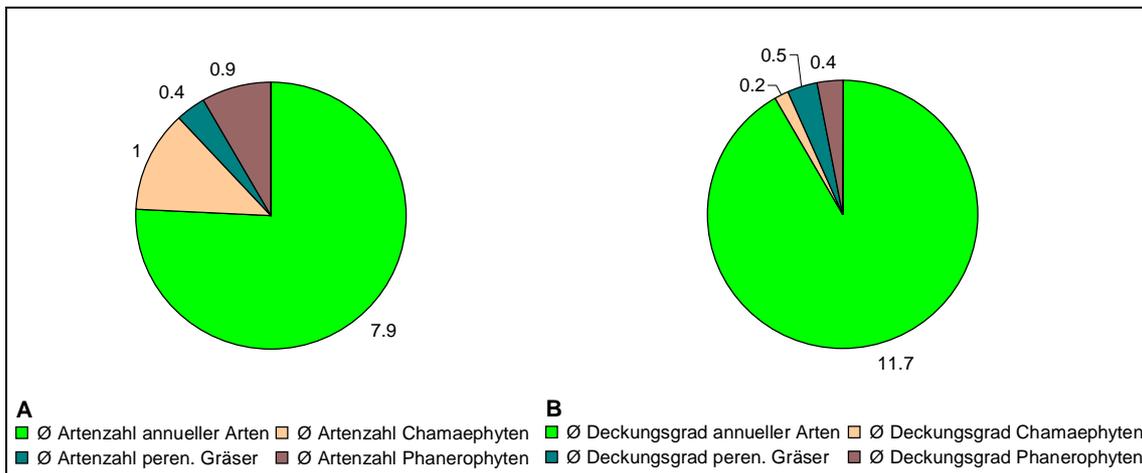


Abb. 134: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich von inneren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Otjiheke

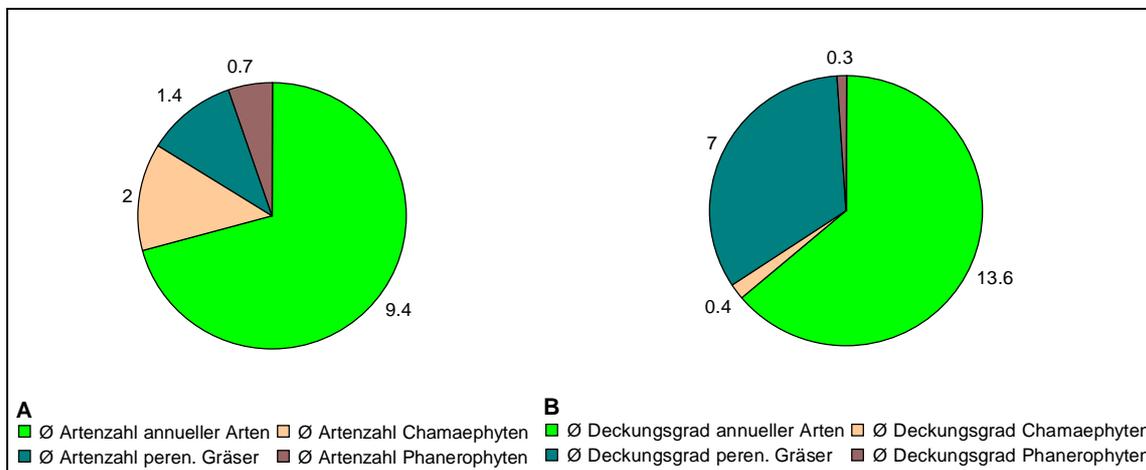


Abb. 135: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich von äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Otjiheke

6.3.5 Vegetationsökologie des Siedlungsbereichs Orupembe

Der Siedlungsbereich Orupembe hat von den hier vorgestellten Siedlungsbereichen die westlichste Lage. Im Übergangsbereich von der Escarpment-Zone zur Vornamib gelegen, erhält dieser Raum im langjährigen Durchschnitt lediglich 50 bis 100 mm Niederschlag (Abb. 136A, vgl. Abb. 16, S. 52). Dabei beträgt die interannuelle Niederschlagsvariabilität 60 bis 70 % (VAN DER MERWE 1983). Im Gegensatz zu der Darstellung der „Agro-Ökologischen Zonen“ Namibias, wird dieser, im Bereich des *ephemeren Graslandes* gelegene Raum, insbesondere ab Orupembe nordwärts, traditionell weidewirtschaftlich als Ergänzungsweide genutzt. Eine Intensivierung der Nutzung erfolgt dort, wo Brunnen eine ganzjährige Versorgung mit Wasser sicherstellen (vgl. MALAN & OWEN-SMITH 1974:141). Dies gilt auch für den Siedlungsbereich Orupembe, der trotz seiner Lage an einem der größeren Riviere des Raumes – dem Khumib – erst seit der Fertigstellung des Brunnens im Jahre 1975 intensiver genutzt wird. Im südlich gelegenen Raum bis Puros finden sich wegen fehlender Möglichkeiten der Wasserversorgung keine Siedlungen mehr.

Bearbeitet wurden im Siedlungsbereich Orupembe zwei Siedlungsplätze, deren Anlage in den Jahren 1980 bzw. 1981 erfolgte. Die hier sichtbaren vegetationsökologischen Bedingungen lassen sich also auf die Nutzung während eines ca. 20 Jahre zurückreichenden Zeitraums zurückführen. Dies stellt einen Unterschied insbesondere zu den Siedlungsbereichen Okamungudona, Omungunda und Onganga dar, wo sich Siedlungsaktivitäten und weidewirtschaftliche Nutzung des Raumes verschiedener Zeitebenen überlagern und so eine Interpretation der heute vorliegenden Vegetationsmuster erschweren.

Während Siedlungsplatz I auf einer kleinen Anhöhe liegt, ist Siedlungsplatz II im Bereich zweier Vorfluter des Khumibs plaziert (vgl. Abb. 136B). Die Distanz zum Brunnen ist von beiden Siedlungsplätzen aus ungefähr gleich groß. Beide Siedlungsplätze waren zum Bearbeitungszeitpunkt (April 1999) wegen der geringen Niederschläge in diesem Raum von ihren Bewohnern verlassen. Von Siedlungsplatz I aus, der von 10 Menschen bewohnt wird, erfolgt die Bewirtschaftung von ca. 800 Rindern sowie 2000 Schafen und Ziegen. Der im Jahre 1981 angelegte Siedlungsplatz II wird von 8 Bewohnern genutzt, die 800 Rinder und 1000 Schafe und Ziegen bewirtschaften. Wegen des nicht ausreichenden Niederschlages befand sich das Vieh zum Bearbeitungszeitpunkt auf 10 km entfernt liegenden Bergweiden, die im Regelfall während der winterlichen Trockenzeit genutzt werden.

Die hier aufgeführten Viehzahlen, die auf Informationen eines Mitarbeiters des Landwirtschaftsministeriums in Opuwo beruhen, müssen in Anbetracht der naturräumlichen Gegebenheiten als außerordentlich hoch eingestuft werden.

Abb. 136A zeigt die Lage des Siedlungsbereichs Orupembe im Übergangsbereich von der Escarpment-Zone zur Vornamib (vgl. Karte IV, Anlagenband). Ein Vergleich der Luftbilder aus den Jahren 1976 und 1996 belegt, daß sich im hier betrachteten Raum zumindest bis 1976 keine Siedlungen befanden (Abb. 136B u. C). Zudem wird an den Pfaden deutlich, daß der Brunnen heute eine zentrale Funktion für die Bewohner des Raumes besitzt. Wie bereits an den Beispielen Okamungudona und Omungunda ausgeführt, sind Siedlungsplätze im Untersuchungsgebiet im Luftbild zunächst durch die Akkumulation organischen Materials zu erkennen. Es zeigt sich außerdem, daß sich die im Luftbild erkennbare Überprägung des Standortes beim Siedlungsplatz I auf ca. 4 ha beschränkt. Auf die vegetationsökologischen Bedingungen im Bereich dieses Siedlungsplatzes soll nun näher eingegangen werden.

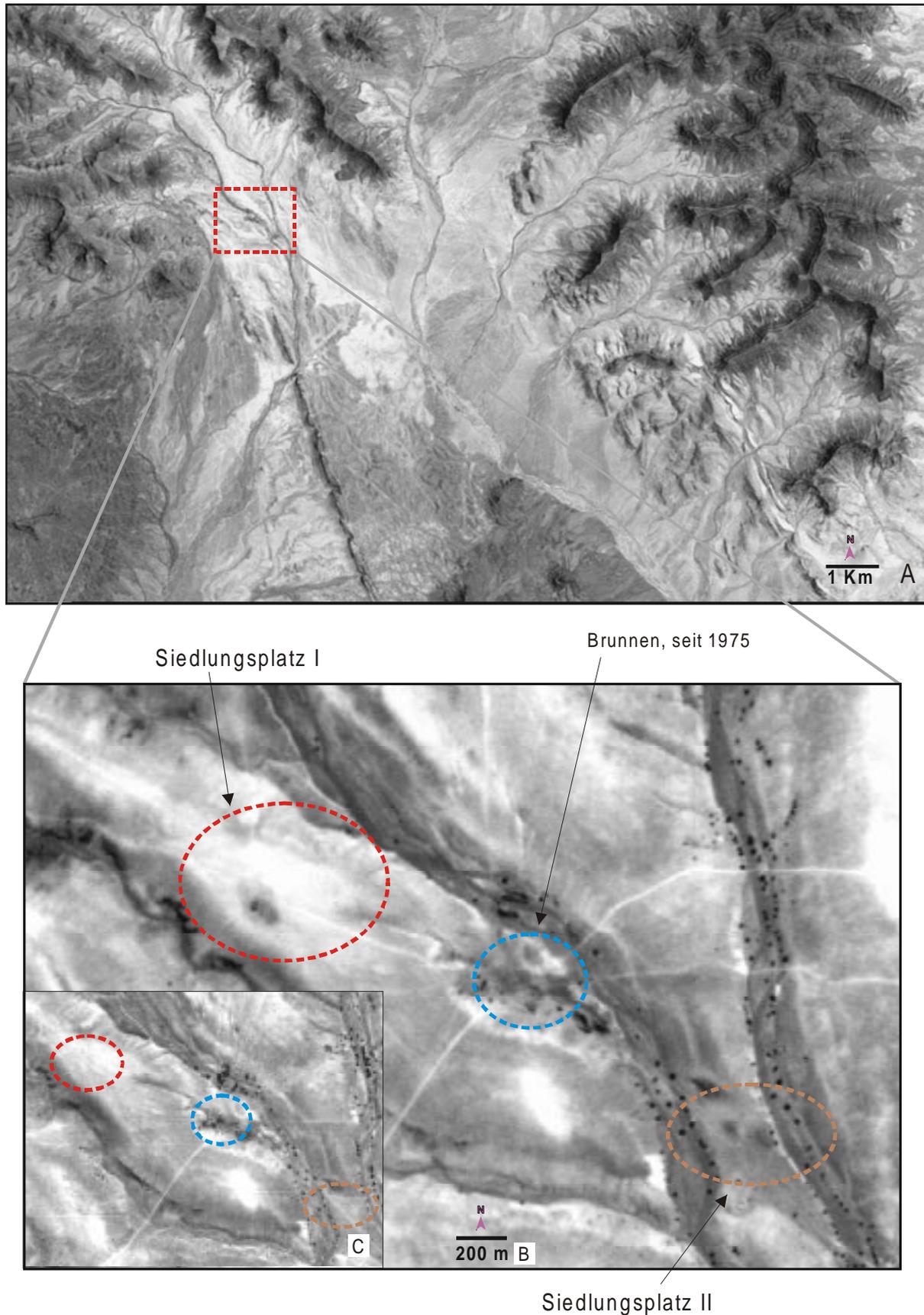


Abb. 136: Lage des Siedlungsbereichs Orupembe im Übergangsbereich von der Escarpment-Zone zur Vornamib und Lage der Siedlungsstrukturen

(A: Falschfarben-Komposit aus der Landsat5-TM-Szene vom 10.11.1984; Bänder: 4 [Rot], 3 [Grün], 2 [Blau]; B: Luftbild vom 4.9.1996; C: Luftbild aus dem Jahre 1976)

Wie bereits erwähnt, liegt der Siedlungsplatz I auf einer kleinen Anhöhe, die einen guten Überblick über die dem Siedlungsplatz vorgelagerte Ebene der Vornamib erlaubt (Foto 73). Geprägt werden von anthropogener Nutzung wenig bzw. unbeeinflusste Standorte hier durch feinmaterialarme Schuttdecken basischer Vulkanite. Als zonale Vegetation ist in Kap. 6.2.5.3.1 (S. 159) ein *ephemeres Grasland* mit *Stipagrostis hirtigluma* als Hauptart beschrieben worden. Zentrum des Siedlungsplatzes ist ein vegetationsloser Viehkral mit einem Durchmesser von 15 m. Gekennzeichnet ist dieses Siedlungselement durch eine mehr als 30 cm mächtige Dungaufflage.



Foto 73: Siedlungsplatz I im Siedlungsbereich Orupembe

Auch die weitgehend vegetationslose innere Siedlungsfläche wird durch organisches Material geprägt, dessen Mächtigkeit zwischen 10 und 25 cm beträgt. Damit unterscheidet sich die innere Siedlungsfläche des Siedlungsplatzes I im Hinblick auf die bodenphysikalischen und -chemischen Bedingungen stärker von den umgebenden Standorten, die neben der Feinmaterialarmut durch das weitgehende Fehlen organischer Substanz geprägt sind, als dies bei den zuvor besprochenen Siedlungsplätzen der Fall war. Dies ist auch darauf zurückzuführen, daß im Umfeld des Siedlungsplatzes I zuvor keine Standortunterschiede nivellierende, intensivere anthropogene Nutzung erfolgte. Mit dem Übergang zur äußeren Siedlungsfläche nimmt die Mächtigkeit des organischen Auflagehorizont deutlich ab und erreicht maximal 10 bis 15 cm.



Foto 74: (A) Innere Siedlungsfläche des Siedlungsplatzes I im Siedlungsbereich Orupembe; (B) Humusaufflage



Foto 75: *Monelytrum luederitzianum*-dominierte äußere Siedlungsfläche am Siedlungsplatz I (Siedlungsbereich Orupembe)

Als einzige Arten der inneren Siedlungsfläche wurden *Monelytrum luederitzianum* und *Tribulus zeyheri* dokumentiert. Während *Tribulus zeyheri* vereinzelt auch in der Matrixvegetation vertreten ist, ist *Monelytrum luederitzianum* kein Element der schwächer anthropogen überprägten Vegetation dieses Raumes (vgl. Tab. XVI, Anlagenband). Erst mit dem Übergang zur äußeren Siedlungsfläche steigt die Artenzahl deutlich an und erreicht ihren Maximalwert in einer Entfernung von 45 m vom Viehkral mit 8 Arten pro 0.1 ha. Dominante

Art ist hier *Monelytrum luederitzianum* mit einer Artmächtigkeit von 30 % (vgl. Foto 75 u. Tab. XVI, Anlagenband).

Während *Stipagrostis hirtigluma* in größerer Siedlungsfeme zum Bearbeitungszeitpunkt die dominante Art darstellt, ist sie im Nahbereich des Siedlungsplatzes nur spärlich vertreten. Selbst die 75 m vom Viehkral entfernt liegende Aufnahme Nr. 4395 wird von *Monelytrum luederitzianum* dominiert – ein Zeichen dafür, daß der anthropogene Nutzungseinfluß über diesen Bereich hinausreicht.

Ein Übergang zur von *Stipagrostis hirtigluma* dominierten Matrixvegetation konnte im Bereich des Siedlungsplatzes II dokumentiert werden. Hier geht die von *Amaranthus thunbergii* dominierte Vegetation der inneren und äußeren Siedlungsfläche in einer Entfernung von ca. 230 m über Dominanzbestände von *Stipagrostis hirtigluma* in das *ephemere Grasland* der zonalen Vegetation über (Foto 76, vgl. Kap. 6.2.5.3.1.2, S. 166). Allerdings ist auch hier mit *Aizoanthemum galenioides* noch ein Element der Vegetation gestörter Stellen vertreten (vgl. Tab. XVI, Anlagenband).

Die Abb. 137 und Abb. 138 verdeutlichen nochmals die starke Bedeutung annueller Arten im Siedlungsbereich Orupembe.

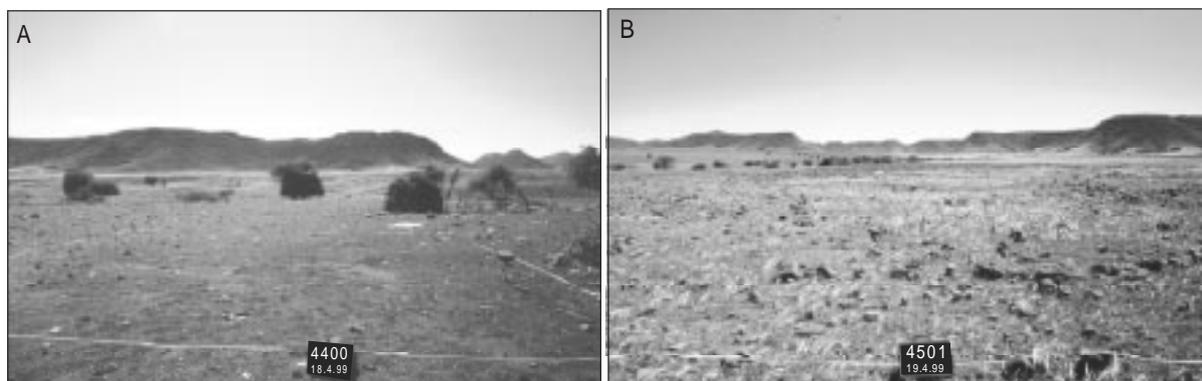


Foto 76: (A) Innere Siedlungsfläche des Siedlungsplatzes II; (B) Übergang zur Matrixvegetation im Bereich von Siedlungsplatz II (Siedlungsbereich Orupembe)

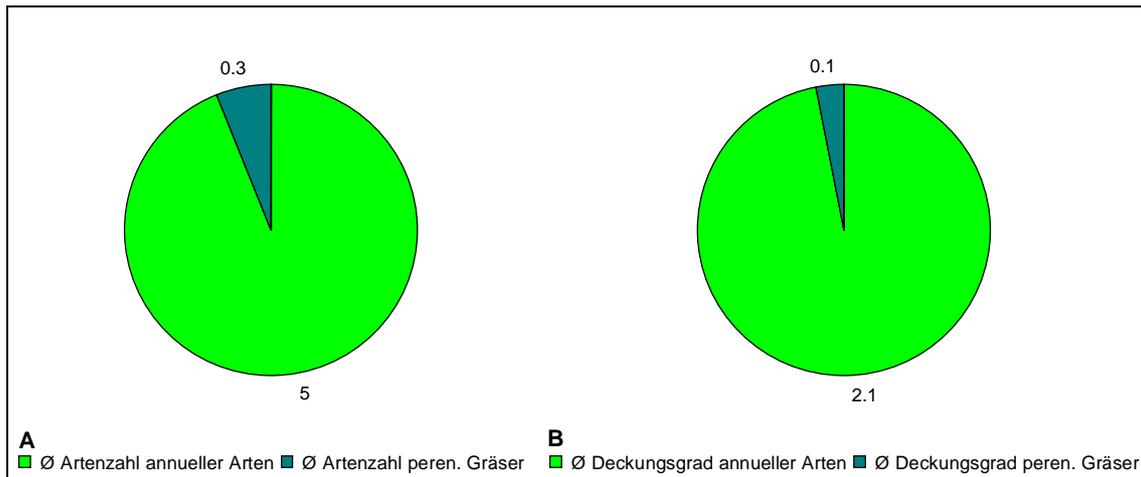


Abb. 137: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich von inneren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Orupembe

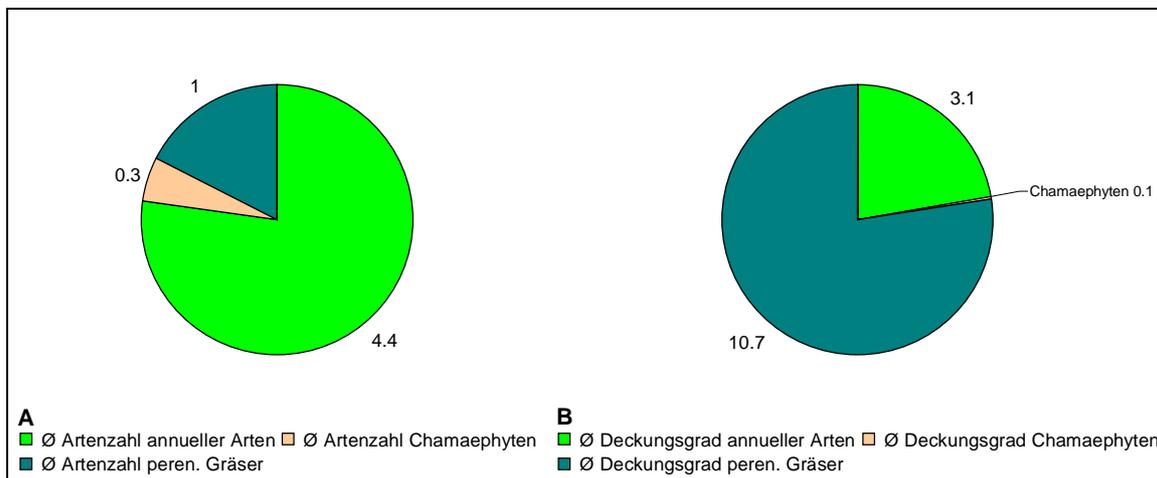


Abb. 138: Durchschnittliche Artenzahl (A) und durchschnittlicher Deckungsgrad (B) der im Bereich der äußeren Siedlungsflächen vertretenen Lebensformgruppen im Siedlungsbereich Orupembe

6.3.6 Zusammenfassende Darstellung der Vegetationsökologie der Siedlungsplätze und Diskussion der Bezüge der Vegetation der Siedlungsplätze zur zonalen Vegetation

Die vorhergehenden Kapitel haben gezeigt, daß die in dieser Arbeit betrachteten Siedlungsplätze vor allem durch eine Dominanz der annuellen Kräuter und Gräser zu kennzeichnen sind. Damit unterscheidet sich die Vegetation dieser durch anthropogene Nutzungen geprägten Flächen erheblich von den die Matrixvegetation bildenden Savanntentypen der Siedlungsplätze östlich der Randstufe. Im Falle des Siedlungsbereichs Orupembe tritt das in der Matrixvegetation nicht etablierte, perennierende Gras *Monelytrum luederitzianum* in den Vordergrund.

Im folgenden soll der Frage nachgegangen werden, durch welche der im Rahmen dieser Arbeit erfaßten Standortfaktoren sich die an den Siedlungsplätzen vorliegenden Vegetationsmuster erklären lassen. In die zu diesem Zweck durchgeführte direkte Gradientenanalyse wurden folgende Parameter einbezogen:

metrisch skalierte Variablen

- **Geographische Länge** der Aufnahmeﬂäche (als den klimatischen nordost-südwest-gerichteten Komplexgradienten widerspiegelnder Parameter)
- **Skelettgehalt des oberen Bodenhorizontes** (in %)
- Anteil des **Feinmaterials** am Oberflächenmaterial der Aufnahmeﬂäche (Korngrößen < 2 mm, in %)
- Anteil der **Dungbedeckung** am Oberflächenmaterial der Aufnahmeﬂäche
- **Profiltiefe** als Maß für den potentiellen Wurzelraum
- Gehalt des Feinmaterials an **wasserlöslichen Salzen** (elektr. Leitfähigkeit, mS/cm)
- **pH-Wert** des Feinmaterials (entlogarithmisiert)

ordinal skalierte Variable

- Lage der Aufnahmeﬂäche im Siedlungsgefüge (**Viehkral, innere Siedlungsﬂäche, äußere Siedlungsﬂäche, genutzter Garten, ungenutzter Garten**)

Wie Abb. 139 (S. 289) zeigt, haben die Faktoren ‚geographische Länge‘ und ‚elektr. Leitfähigkeit‘ die größte Bedeutung für die Lagedifferenzierung der die Vegetationsaufnahmen repräsentierenden Symbolpunkte. So sind die Vegetationsaufnahmen der in den Siedlungsbereichen Omungunda, Okamungudona und Onganga bearbeiteten Siedlungsstrukturen überwiegend eng an dem den Faktor ‚geographische Länge‘ symbolisierenden Vektor orientiert. Dies repräsentiert die östliche Lage dieser

Tab. 79: Korrelation der Standortfaktoren ‚Dunganteil‘ und ‚Leitfähigkeit‘ bei den an Siedlungsplätzen erfaßten Aufnahmeﬂächen

(PEARSON'scher Korrelationskoeffizient; Wert ist signifikant mit $p = 0.000$)

	Dung (Flächenanteil in %)
elektr. Leitfähigkeit (mS/cm)	0.5234

Siedlungsbereiche entlang des Transekts Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park und damit den vegetationsdifferenzierenden Einfluß der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente. Innerhalb der Siedlungsplätze erfolgt eine Herausbildung unterschiedlicher Vegetationsmuster vorwiegend durch den Faktor des wasserlöslichen Salzgehaltes im Feinmaterial (‚Leitfähigkeit‘). Die Ausprägung dieses Gradienten ist eng verbunden mit dem am Standort vorliegenden Anteil der Dungaufflage (vgl. XI, Anlagenband). pH-Wert und Profiltiefe sowie die Lageparameter ‚alter Garten‘ und ‚genutzter Garten‘ determinieren nur sehr geringfügig die Herausbildung verschiedener Vegetationsmuster. Den Faktoren ‚äußere Siedlungsﬂäche‘ und ‚innere Siedlungsﬂäche‘ und damit den Gradienten anthropogen bedingter Überprägung der Vegetation, ist dagegen eine stärker vegetationsdifferenzierende Wirkung zuzuordnen. Doch trotz unterschiedlicher Nutzungsintensität liegt mit *Tribulus zeyheri* ein Element der Vegetation vor, das sich an allen im Siedlungsgefüge vorliegenden Standorttypen etablieren kann.

Während die Symbolpunkte der in den Siedlungsbereichen Omungunda, Okamungudona und Otjiheke erfaßten Vegetationsaufnahmen im Ordinationsraum vergleichsweise kompakt und zueinander orientiert plaziert sind, weisen die Symbolpunkte der Siedlungsbereiche Otjiheke und Orupembe eine relativ weite Streuung im Ordinationsraum auf. Dies kann im Hinblick auf die Differenzierung der Vegetation auf eine mit den nach Westen abnehmenden Niederschlagsmengen zunehmende Bedeutung anderer Standortparameter zurückgeführt werden.

In den Vordergrund tritt dabei besonders der Faktor der wasserlöslichen Salze im Feinmaterial der Aufnahme­fläche. Zum einen stellen die durch die Ausscheidungen des Viehs in die Siedlungsplätze eingetragenen Salze eine wichtige Nährstoffquelle für die dort etablierten Arten dar. Auf der anderen Seite erschweren hohe Salzgehalte durch die Erhöhung des osmotischen Potentials des Bodenwassers die Wasseraufnahme durch die Pflanze (NOY-MEIR 1973:38, BURGESS & SHMIDA 1986, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989:382). Salzreiche Standorte können daher im ariden und semi-ariden Raum als edaphisch trockene Standorte eingestuft werden (vgl. WALTER 1986:155f, WOLFSON & CAETANO 1992). Dies ist besonders dort der Fall, wo der Bodenwassergehalt während des größten Teils des Jahres unter einer für die Pflanze nutzbaren Menge liegt und auch die periodischen Niederschläge nur geringe Wassermengen zuführen. Auch wenn das gesamte Arbeitsgebiet als arider Raum eingestuft werden muß, hat ein erhöhter Salzgehalt im Boden doch mit den entlang eines Gradienten geringer werdenden Niederschlägen eine zunehmende limitierende Wirkung auf die Vegetation (vgl. WALTER & BRECKLE 1991:104ff). Der hohe Anteil annueller Arten an der Vegetation der Siedlungsplätze kann daher nicht nur als eine Folge der zoogenen Einflußfaktoren wie Biomasseverlust durch Tritt und Verbiß, sondern auch als eine Folge der durch die Salzkonzentration ungünstigen Bedingungen der Wasserversorgung der Pflanzen gewertet werden (vgl. SHMIDA & BURGESS 1988, WARD et al. 1993). So stellen die in das Savannensystem integrierten Siedlungsplätze Inseln mit einer Dominanz annueller Arten bei gleichzeitigem Fehlen oder nur sehr spärlichem Auftreten von Phanerophyten und anderen ausdauernden Lebensformgruppen dar. Dieser ephemere Charakter der Vegetation stellt die Vegetation der Siedlungsplätze im Arbeitsgebiet vegetationsökologisch in die Nähe der zonalen ephemeren Vegetation – dem *ephemeren Grasland*. Als besonders salztolerante Arten der Siedlungsplätze lassen sich *Amaranthus thunbergii*, *Trianthema triquetra* und *Tribulus zeyheri* nennen. Für *Colophospermum mopane* – einer unter den Phanerophyten eher salztoleranten Art (HUNTLEY 1982:111, SCOONES 1995b) – beschreibt TRIPPNER (1996:110) die Verringerung der Abundanz an salzreichen Standorten im Etosha National Park.

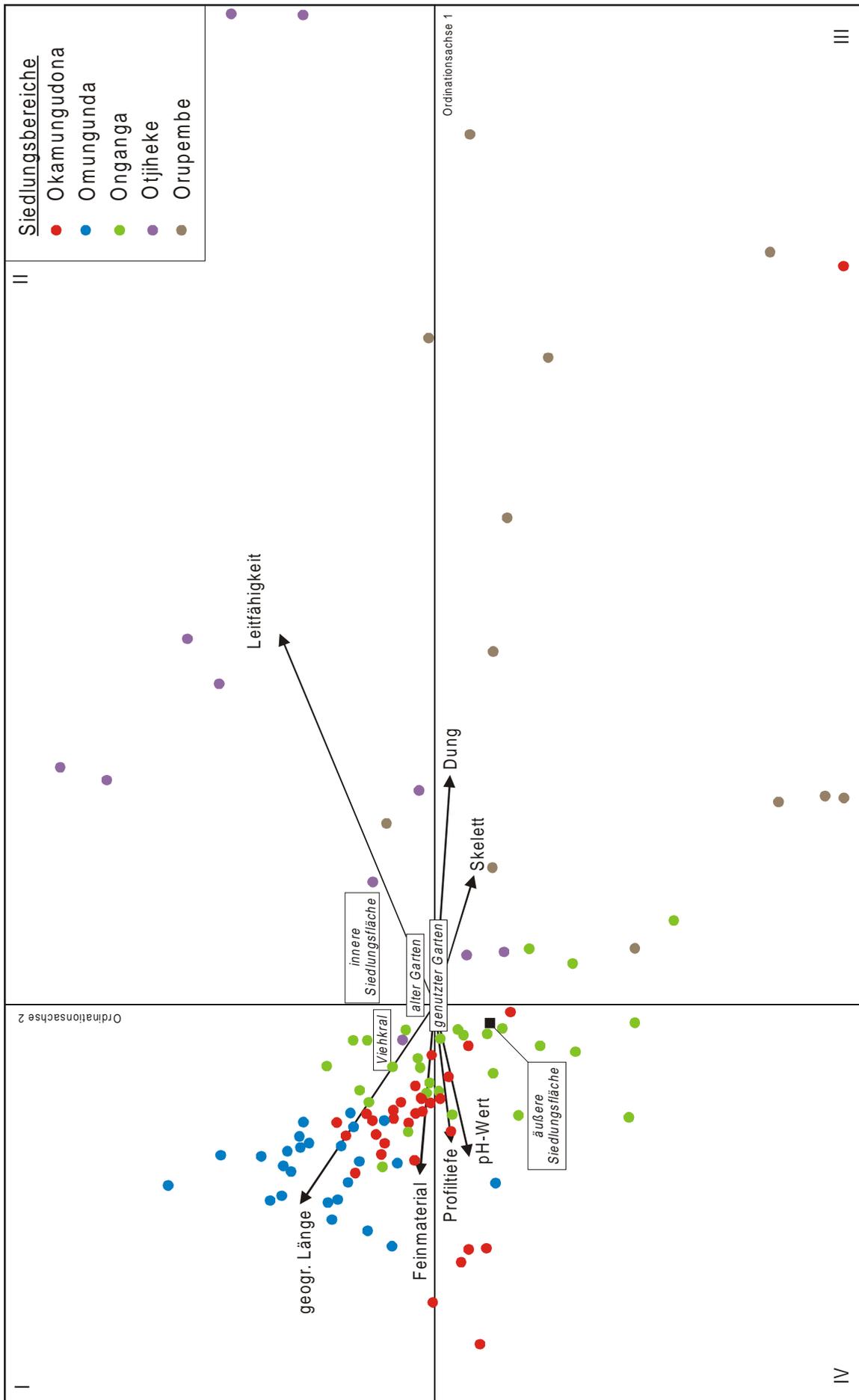


Abb. 139: Direkte Gradientenanalyse der in den Siedlungsbereichen erfassten Vegetationsaufnahmen

zeit 1999, während der die vegetationsökologische Untersuchung der Siedlungsbereiche durchgeführt wurde, war dagegen durch lokal relativ hohe Niederschlagsmengen gekennzeichnet.

Wie Abb. 141 zeigt, wird der überwiegende Teil der an den Siedlungsplätzen erfaßten Vegetationsaufnahmen bei einer indirekten Gradientenanalyse (Korrespondenzanalyse) deutlich abgegrenzt von den im Bereich der drei Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen plaziert. So läßt sich der die Streuung entlang der Ordinationsachse 2 erklärende Faktor als Gradient einer zu- bzw. abnehmenden Störung des weidewirtschaftlich genutzten Systems beschreiben. Es wird dabei deutlich, daß ein Teil der entlang der Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen zu den Vegetationsaufnahmen der Siedlungsplätze vermittelt. Diese Bezüge lassen sich zum einen dadurch erklären, daß auch die entlang der Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen Arten enthalten, die in den stärker gestörten Bereichen der Siedlungsplätze vertreten sind. Zum anderen ist bei der Platzierung der Aufnahmeflächen im Bereich der Siedlungsplätze (Viehkral, innere und äußere Siedlungsfläche) ein Nutzungs- und damit Störungsgradient erfaßt worden. Damit enthalten die weniger stark gestörten, siedlungsfüreren Vegetationsausschnitte verstärkt Arten, die ihren Schwerpunkt in den weniger stark anthropogen überprägten Gemeinschaften der Savanntentypen bzw. des *ephemeren Graslandes* haben. Die Ordinationsachse 1 ist dem Gradienten der im Arbeitsgebiet nach Westen abnehmenden Niederschlagsmenge zuzuordnen.

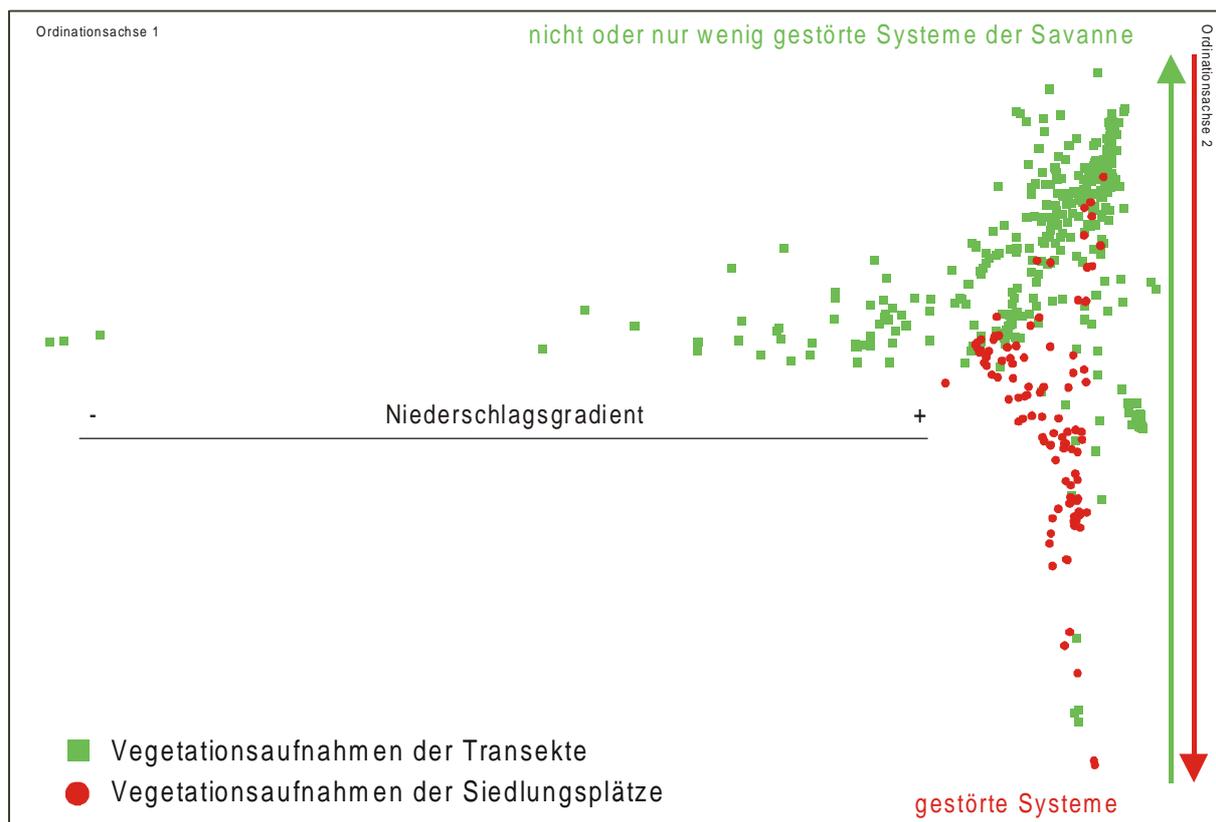


Abb. 141: Indirekte Gradientenanalyse der im Bereich der Siedlungsplätze und der drei Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen

Arten, die mit mehr als 10 % Stetigkeit im Bereich der Siedlungsplätze dokumentiert werden konnten, sollen im folgenden als Arten aufgefaßt werden, die den besonderen Bedingungen dieser Systeme wie z.B. starke Trittbelastung, starker Biomasseverlust durch Verbiß oder anthropogene Nutzung und erhöhtem Nährstoffeintrag angepaßt sind.

Abb. 142 zeigt nun, daß bei einer zusammenfassenden Auswertung aller im Rahmen dieser Arbeit erfaßten Vegetationsaufnahmen (n = 495), Arten zu benennen sind, die zwar einerseits mit einer Stetigkeit von mehr als 10 % innerhalb der Siedlungsplätze zu dokumentieren sind, andererseits jedoch in der Vegetation der durch die Transekte erfaßten weniger gestörten Systeme nicht vertreten sind oder wegen eines Unterschreitens des hier angesetzten Schwellenwertes (10 % Stetigkeit) nur eine untergeordnete Rolle spielen. In Anlehnung an die in Mitteleuropa gebräuchliche Nomenklatur lassen sich diese Arten als Ruderalarten benennen. Die von ihnen aufgebauten, durch die Dominanz von annuellen Kräutern und Gräsern geprägten Gemeinschaften, sind als Teil der Ruderalfluren des Kaokolandes zu interpretieren (Tab. 80). Daneben sind in Abb. 142 (S. 295) Arten gekennzeichnet, die sowohl mit mehr als zehnpromentiger Stetigkeit durch die an den Siedlungsplätzen erfaßten Vegetationsaufnahmen dokumentiert werden konnten, als auch auch in den entlang der Transekte erhobenen Aufnahmen mit einer Stetigkeit von mehr als 10 % vertreten sind. Unterschieden werden muß dabei nach Arten, die vom System der Savanne bzw. des *ephemeren Graslandes* aus in die ruderalen Flächen einzudringen vermögen und Arten, die den umgekehrten Weg beschreitend, mit einem Schwerpunkt an gestörten bzw. degradierten Stellen in die Gemeinschaften der Savanne bzw. des *ephemeren Graslandes* vordringen. Zur ersten Gruppe gehören mit *Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides* und *Boscia foetida* drei typische Arten der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*. Die hohe Abundanz dieser Arten in Siedlungsnähe und damit unter dem Einfluß anthropogener Störungen muß als besondere Toleranz dieser Arten gegenüber Faktoren wie Verbiß und Einschlag gewertet werden (vgl. DONALDSON 1979, SCHOLES 1990a, SCHLETTWEIN 1994, SMIT & RETHMAN 2000). In Erwägung zu ziehen ist aber auch, daß diese Arten die durch die anthropogene Degradation der zonalen Vegetation

Tab. 80: Ruderale Arten des Arbeitsgebietes

Aizoanthemum galenioides, *Amaranthus thunbergii**, *Cucumis sagittatus*, *Eragrostis porosa**, *Eragrostis trichophora**, *Euphorbia inaequilatera**, *Geigeria acaulis*, *Geigeria alata*, *Hermannia modesta*, *Hirpicium gorterioides*, *Indigastrum argyraeum*, *Indigastrum argyroides*, *Indigofera heterotricha*, *Indigofera trita*, *Monochma cleomoides*, *Monelytrum luederitzianum**, *Panicum novomerve*, *Sesuvium sesuvioides*, *Trianthema triquetra*, *Urochloa brachyrra*

* Störungszeiger/Degradationszeiger (nach MÜLLER 1985, GIBBS RUSSEL et al. 1991, VAN OUDTSHOORN 1992, BROMILOW 1995)

frei werdenden Bodenressourcen (z.B. Wasser, Nähstoffe) in besonderem Maße zur Etablierung zu nutzen vermögen (vgl. FULS 1992a, MILTON et al. 1994, SMIT & RETHMAN 1998a, 1998b). Zudem beschreibt HUNTLEY (1982:111) *Colophospermum mopane* als hohe Salz- und Stickstoffgehalte tolerierende Art – Merkmale wie sie in ariden Gebieten für anthropogen überformte Standorte typisch sind (vgl. auch DYE & WALKER 1980, DAHLBERG 2000).

Alle anderen entlang des Transekts dokumentierten phanerophytischen Arten können der Nomenklatur DYKSTERHUIS' (1949) folgend als ‚decreaser‘-Arten eingestuft werden (vgl. Kap. 3.3, S. 9). Auffällig ist, daß auch Arten, die im übrigen Namibia zur Verbuschung weiter Landstriche beitragen (z.B. *Dichrostachys cinerea*, *Acacia spp.*) sich im Umfeld der Siedlungsplätze nicht etablieren können (vgl. DAHLBERG 2000). Überraschend ist, daß auch *Stipagrostis hirtigluma* recht häufig im Bereich der Siedlungsplätze vertreten ist. Die Annahme, daß diese Störungstoleranz zum Status dieser Art als neben *Anthephora schinzii* und *Aristida effusa* wichtigstem Gras der *Colophospermum mopane-Savannen* beigetragen hat, ist jedoch hypothetischer Natur. Auffällig ist jedoch, daß *Aristida effusa* und *Anthephora schinzii*, die als Zeiger für gestörte Stellen gelten, nur im Bereich der Siedlungsbereiche Omungunda bzw. Okamungudona und dort auch nur sehr vereinzelt verbreitet sind.

Der Großteil der in Abb. 140 dargestellten Arten mit mehr als 10 % Stetigkeit sowohl im Bereich der Siedlungsplätze als auch der Transekte, kann als störungs- bzw. degradationstolerant eingestuft werden. Dem Ansatz der Weidezustandklassifizierung DYKSTERHUIS' (1949) folgend, sind diese Arten vorläufig als ‚increaser‘-Arten zu bezeichnen. Arten dieser Gruppe reagieren auf eine Störung des Systems durch Beweidung zunächst mit einer Artmächtigkeitszunahme. Bei weiterer Verstärkung des Nutzungsdrucks gehen diese Arten jedoch in ihrer Bedeutung wieder stark zurück oder gehen dem Standort gänzlich verloren (vgl. Kap. 3.3, S. 9 **Fehler! Textmarke nicht definiert.**). Zu dieser Gruppe zählen z.B. *Geigeria ornativa*, *G. aucaulis*, *Limeum argute-carinatum* und *Gisekia africana*. Diese Arten werden vom Vieh nicht bevorzugt verzehrt bzw. haben einen geringen Weidewert – ein erhöhter Deckungsgrad dieser Gruppe führt damit zu einer Verschlechterung des Weidezustandes.

Wird der Nutzungsdruck weiter verstärkt, nutzen die ‚invader‘-Arten die freigewordenen Ressourcen und nehmen einen bedeutenden Flächenanteil ein. Für das Arbeitsgebiet lassen sich mit *Tribulus zeyheri*, *Enneapogon desvauxii* und *Eragrostis annulata* drei Arten benennen, die mit einer Stetigkeit

Tab. 81: Durchschnittliche Stetigkeit von *Enneapogon desvauxii*, *Eragrostis annulata* und *Tribulus zeyheri* in den entlang der drei Transekte erfaßten Vegetationsaufnahmen

<i>Enneapogon desvauxii</i>	9.2 %
<i>Eragrostis annulata</i>	10.3 %
<i>Tribulus zeyheri</i>	23.2 %

von mehr als 40 % in den Siedlungsplatz-Aufnahmen vertreten sind und gleichzeitig wichtige Elemente der Matrixvegetation darstellen (vgl. Tab. 81). Sowohl *Eragrostis annulata* als auch *Enneapogon desvauxii* gelten als Indikatoren für eine Übernutzung der Weide und kennzeichnen einen schlechten Weidezustand (vgl. VOLK 1974, GIBBS RUSSEL et al. 1991, VAN OUDTSHOORN 1999). *Tribulus zeyheri* kann als stark invasive Art ohne nennenswerten Weidewert eingestuft werden (vgl. Foto 55, vgl. VAN ROOYEN et al. 1994).

Daneben führen die Widerhaken-bewehrten Früchte häufig zu Verletzungen des Viehs (BOß 1934:11).

Interpretiert man die Ordinationsachse 2 in Abb. 142 (S. 295) als den Gradienten anthropogener Überprägung der Vegetation, so stellt sich die Frage, welche Arten weniger gestörte Ausschnitte der Vegetation insbesondere in den weidewirtschaftlich intensiver genutzten Räumen der niederschlags-

Tab. 82: Indikatorarten für nicht oder nur gering anthropogen gestörte Vegetationsausschnitte

(vgl. MOLEELE 1998, MOLEELE & PERKINS 1998)

<i>Acalypha fruticosa</i> , <i>Combretum apiculatum</i> , <i>Commiphora africana</i> , <i>Commiphora mollis</i> , <i>Croton gratissimus</i> , <i>Croton menyartii</i> , <i>Grewia flava</i> , <i>Grewia flavescens</i> , <i>Melinis repens</i> ssp. <i>grandiflora</i> , <i>Petalidium luteoalbum</i> , <i>Ptaeroxylon obliquum</i> , <i>Ximenia americana</i>
--

reichen Gebiete kennzeichnen. Die in Tab. 82 aufgelisteten Arten haben ihre Verbreitungsschwerpunkte im Bereich des nördlichen Transekts in der Gemeinschaften der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*

(vgl. Kap. 6.2.5.2.1.3.3, S. 140; Tab. V, Anlagenband) und im Bereich des mittleren Transekts in den Gemeinschaften der artenreichen *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* (Kap. 6.2.5.3.1.3.1.2, S. 180; Tab. VIIa, Anlagenbandg). Diese Interpretation der Ordination aus Abb. 142 ist jedoch vor dem Hintergrund der komplexen, sich von Nordosten nach Südwesten ändernden Niederschlagsbedingungen, die z.T. noch einer reliefbedingten Modifikation unterliegen, zu sehen. Diese limitieren neben anderen abiotischen Standortfaktoren (z.B. Relief, bodenphysikalische Eigenschaften) das potentielle Areal der Arten im Arbeitsgebiet. So kann die hier vorgenommene Nennung von Indikatorarten für nicht oder nur gering anthropogen gestörte Vegetationsausschnitte nur vorläufigen Charakter haben.

Combretum apiculatum war als Kennart der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* sowohl für das nördliche als auch für das mittlere Transekt herange-

zogen worden. EICHHORN & JÜRGENS (2000) konnten zeigen, daß diese Art zu den bevorzugten Brennholzarten im Kaokoland zählt. Darüberhinaus wird *Combretum apiculatum* sowohl von Rindern als auch von Ziegen und Schafen Verbissen. Das Auftreten dieser Art kann daher als Indikator für vergleichsweise wenig gestörte Ausschnitte der Savannenvegetation betrachtet werden (vgl. SWEET & MPHINYANE 1986, MOLEELE 1998).

Während *Grewia flava* im Arbeitsgebiet als eine Art der nur gering gestörten Vegetationsausschnitte eingestuft werden kann, kommt SKARPE (1990) bei der Untersuchung der Strauchschichtdynamik unter unterschiedlichen Beweidungsintensitäten in der Kalahari (Botswana) zu einer gegenteiligen Auffassung. Wegen der höheren Abundanz dieser Art unter höherem Beweidungsdruck, zählt *Grewia flava* für SKARPE (1990) zu den Arten, die gebietesweise zum Verbuschungsproblem beitragen können (vgl. auch MOLEELE 1998). Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit getroffene Einstufung scheint aber für das Arbeitsgebiet plausibel zu sein. So berichten MALAN & OWEN-SMITH (1974:163), daß *Grewia flava* sowohl zur Herstellung verschiedener Werkzeuge und Waffen dient und die Blätter vom Vieh verbissen werden (vgl. SWEET & MPHINYANE 1986, DAHLBERG 2000, STROBACH & SHEUYANGE 2000; zu *Grewia flavescens* vgl. MOLEELE 1998).

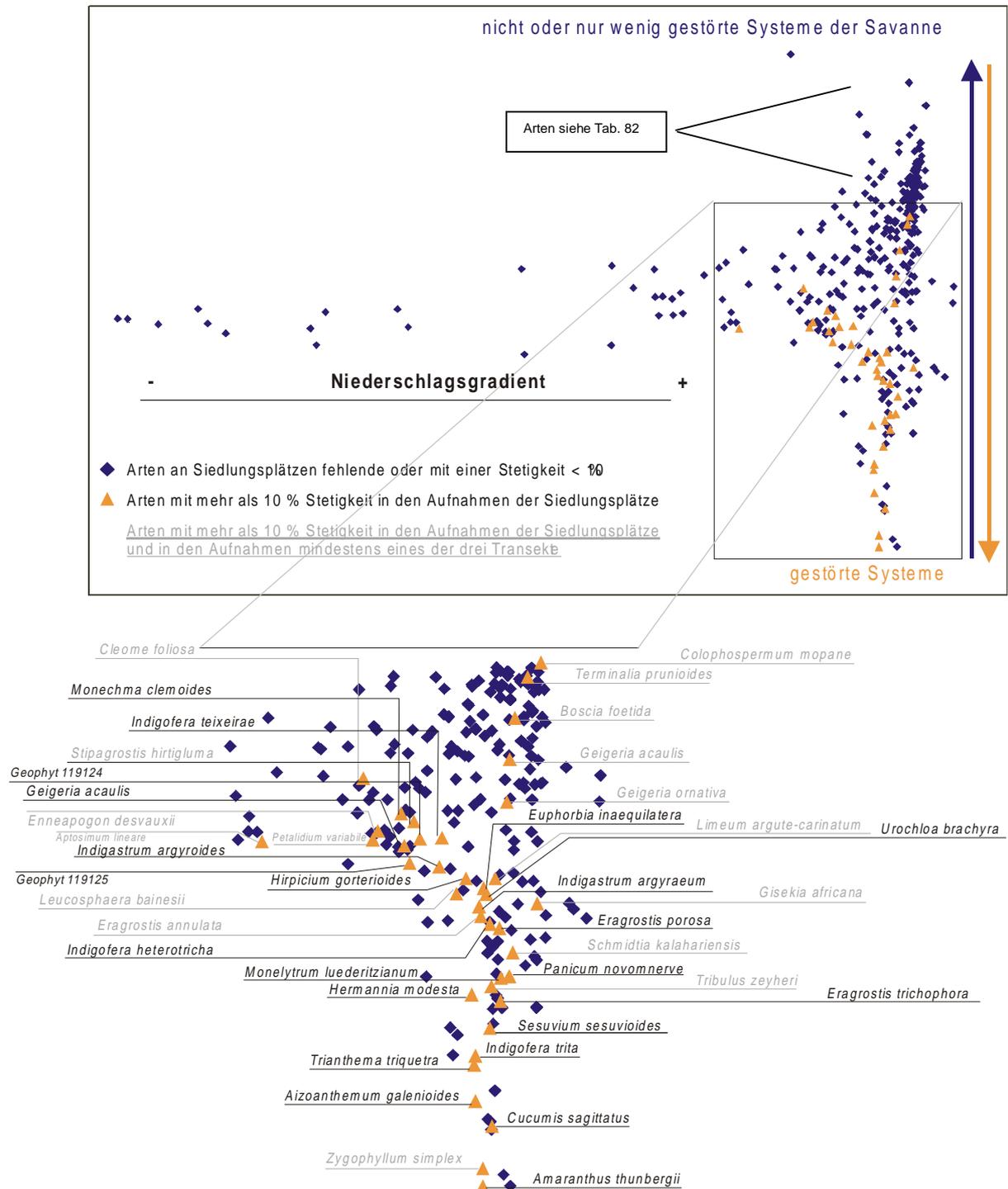


Abb. 142: Indirekte Gradientenanalyse der in den Siedlungsbereichen und der drei Transekte erfaßten Arten; Detaildarstellung der für die Siedlungsplätze wichtigen Arten

6.4 Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews

In den vorhergehenden Kapitel ist auf die herausragende Bedeutung der Niederschlagsbedingungen sowohl für die Vegetationsmuster der nur gering anthropogen übergräteten Vegetation entlang der Transekte, als auch für die stark anthropogen überformte Vegetation der Siedlungsbereiche hingewiesen worden. Neben den jährlichen Niederschlagsschwankungen, die sich leicht erkennbar in der unterschiedlichen Zusammensetzung der ephemeren Vegetation widerspiegeln, haben neben der anthropogen bedingten Nutzung der Vegetation die langfristige Veränderung der Niederschlagsmenge und Änderungen im zeitlichen Auftreten von Niederschlägen eine tiefgreifende Bedeutung für die Herausbildung unterschiedlicher Vegetationsmuster. Auswirkungen derartiger Klimaveränderungen können den sich aus perennierenden Arten zusammensetzenden Vegetationsanteil nachhaltig modifizieren (vgl. SCHIFFERS et al. 1976:98f, DANCKWERTS & STUART-HILL 1988, MILTON et al. 1995, DE SOYZA et al. 1998, O'CONNOR 1999). Da Informationen über derartige längerfristige Änderungen der Niederschlagsbedingungen in einem Gebiet, wie es das Kaokoland darstellt, über feste Meßstationen kaum zu erhalten sind, treten die Wahrnehmungen der Bewohner hinsichtlich der Rekonstruktion klimatischer Gegebenheiten als Informationsquelle in den Vordergrund.

Starke anthropogene Nutzung der Vegetation, die Degradation des Bodens und eine nicht unerhebliche Abnahme der dem Gebiet regelmäßig zukommenden Niederschlagsmenge kann in semiariden und ariden Gebieten zur Desertifikation des Raumes führen (vgl. Kap. 3.4 und Kap. 5.3.4.4). Für die von Degradationserscheinungen besonders betroffenen Räume des Arbeitsgebietes sollte über die Befragung der Bewohner ermittelt werden, ob eine Veränderung der Landschaftsräume – und hierbei insbesondere der Vegetation – wahrgenommen werden kann. Im Mittelpunkt der Befragungen lag dabei die Frage nach möglichen Veränderungen der Vegetation im Vergleich des Zeitraumes vor und nach der Dürreperiode 1979-1981 in den heute stark degradierten Beckenlandschaften des Arbeitsgebietes (vgl. Abb. 9, S. 43). Als letztem Jahr dieser Dürreperiode wird das Jahr 1981 von den Himba als ‚otjita‘ bezeichnet: das Jahr des Sterbens.

Auch wenn Dürreperioden zu den im Kaokoland häufig wiederkehrenden Phänomenen gehören, stellt die Dürreperiode 1979-1981 wegen der extrem geringen Niederschläge im gesamten Kaokoland wie auch in weiten Teilen des südlichen Afrika eine besonders stark ausgeprägte Periode unterdurchschnittlicher Niederschläge dar. Eine Schilderung der Ereignisse im Kaokoland gibt BOLLIG (1999:265ff). Der Rückgang der Rinderanzahl als eine der Folgen dieser Dürreperiode von 110000 auf 16000 (- 85.5 %) war danach größer als durch jede andere vorhergehende Dürre oder Epidemie seit dem Ausbruch der Rinderpest im Jahre 1897 (vgl. BOLLIG 2000b). Neben der Zunahme des Trockenstresses und den schlechten Bedingungen zur Samenreifung und Etablierung, ergibt sich aus einer solchen Dürreperiode auch durch die weidewirtschaftliche Nutzung des Raumes eine besonders starke Beeinträchtigung der Vegetation. So werden neben den schmackhaften auch die weniger schmackhaften Arten intensiver beweidet als in normalen Regenjahren. Selbst entlegene und schwer zugängliche Weideplätze werden auf der Suche nach Futter aufgesucht (BOLLIG 1999:267).

Im folgenden werden zunächst die für die Fragestellung wesentlichen Kernstücke der im März und April 2000 durchgeführten Interviews wiedergegeben. Die im Laufe des Interviews genannten Arten, deren Abundanz in der Wahrnehmung der Befragten bei einem Vergleich des Zeitraumes vor der Dürreperiode 1979-81 und dem anschließenden Zeitraum stark zurückgegangen ist, sind in Tab. 83 (S. 306) dargestellt. Anschließend erfolgt eine Interpretation der Informationen im Hinblick auf die Dy-

namik von Desertifikationsprozessen und die Vegetationsdynamik in den hier untersuchten Teilen des Kaokolandes.

6.4.1 Arbeitsgebiet Steilrandberge

Der südlich der Steilrandberge gelegene Siedlungsbereich Orontjitombo weist zahlreiche Merkmale auf, die bereits bei den Siedlungsbereichen Okamungudona, Omungunda und Onganga in Kap. 6.3 angesprochen wurden. So wird auch dieser Raum von einem tiefgründigen, feinmaterialreichen Sediment der dem Hoarusib tributären Riviere geprägt (vgl. Foto 51B, S. 247). Die bis ca. 2000 m NN aufsteigenden Steilrandberge stellen das Haupteinzugsgebiet des Hoarusibs dar und machen das gut grundwasserversorgte, südlich vorgelagerte Becken mit dem Siedlungsbereich Orontjitombo zu einem Gunstgebiet für die menschliche Besiedlung (Abb. 143, S. 300). Bei einer durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge, die aufgrund der modifizierenden Wirkung der Steilrandberge vermutlich unter den bei VAN DER MERWE (1983, vgl. Abb. 16, S. 52) angegebenen 300 bis 400 mm liegt, stellt sich das Gebiet heute als weitgehend vegetationslose Fläche dar (vgl. Foto 77, S. 300). Dabei hat sich von Okarikwa im Osten bis Oute im Westteil des Gebietes ein ca. 20 km langes Siedlungsband herausgebildet. Die wirtschaftliche Nutzung des Gebietes besteht aus gemischter Viehwirtschaft mit Rindern, Schafen und Ziegen. Der Anbau von Mais, Zuckerrohr, Melonen und Kürbissen als wichtigste Feldprodukte erfolgt typischerweise in eingezäunten Gärten. Entlang von Tiefenlinien und besser grundwasserversorgten Standorten finden sich *Acacia tortilis*-Bestände, die in der Fläche von einem artenarmen *Colophospermum mopane*-Bestand abgelöst werden (vgl. Abb. 143, S. 300).

In diesem Gebiet wurden drei Interviews zur Wahrnehmung von Umweltveränderungen durchgeführt.

Uatara Hepute (40 Jahre) aus Orontjitombo berichtet (Interview Nr. 1):

„Früher haben wir hier mehr Regen gehabt. Auch mein Vater und mein Großvater haben hier gelebt und als ich jung war, war das Land grün von den Bäumen und Sträuchern. Jetzt ist alles trocken. Auch Antilopen gibt es keine mehr. Durch die Dürre und die Überweidung ist hier jetzt nur noch ein flaches Land – ohne Pflanzen. Ich kann nicht sagen, ob die Gräser wieder wachsen, wenn guter Regen kommt. Ich weiß nicht, ob noch Samen im Boden sind. Aber wir werden das Vieh nicht reduzieren, denn die Dürre nimmt uns ja sowieso das ganze Vieh. Ich weiß nicht, warum es so wenig regnet, denn ich weiß nicht, woher der Regen kommt. Das weiß kein Mensch. Wir haben hier auch Gärten [Mais], aber wegen der Dürre können wir nichts ernten. So war es letztes Jahr und so ist es auch dieses Jahr. Wenn es regnet, würde vielleicht wieder etwas wachsen, aber das sind dann auch viele Unkräuter. Ob Gräser kommen weiß ich nicht. Das erste, was wächst, ist ozohongwe [*Tribulus zeyheri*]. Aber, wenn Gras kommt, dann ist es Gras, das die Rinder fressen. Ein großes Problem ist hier auch die Bodenerosion bei starkem Regen. Wenn das Gras weniger wird, reden wir nicht darüber – das sieht ja jeder. Wenn der Regen auch im nächsten Jahr schlecht ist, gehen wir woanders hin, wo noch genug Gras ist. Jetzt sind die Rinder in den Bergen. Dort gibt es noch genug Wasser und Gras. Wenn es hier wieder regnet, holen wir die Rinder zurück.“

Uhena Muharukua (38 Jahre) aus Oute berichtet (Interview Nr. 2):

„In früheren Jahren gab es hier viele Büsche und viel Gras. Soviel, daß man hier kaum gehen konnte. Da hatten wir noch viel Regen. Damals waren hier auch noch Giraffen, Elefanten, Nashörner und Zebras. Seit 1982, als die große Dürre war, gibt es hier viel weniger omuhama [*Terminalia prunioides*]. Heute findet man von omuhama nur noch wenige, kleine Büsche. Seit 1982 gibt es keinen guten Regen mehr. Wenn es trocken ist wie jetzt und hier nicht mehr genug Gras ist für die Rinder, gehen wir nach Omatitu. Aber auch in den Bergen gibt es seit der Dürre [1979-81] weniger Gras. Die Rinder fressen jetzt mehr Büsche und Bäume so wie die Ziegen

und die Schafe. Das haben die Rinder vorher nur sehr selten gemacht. Früher haben wir viel mehr Rinder gehabt. Jetzt haben wir fast keine Rinder mehr. Deshalb haben wir auch mit dem Ackerbau angefangen, weil wir nach der Dürre zu wenig Vieh hatten. Wir pflanzen Mais, Wassermelonen [omahingi], Kürbisse und Zuckerrohr. Wieviel wir aber ernten können, hängt vom Regen ab. In diesem Jahr [2000] konnten wir kaum etwas ernten. Wenn es wieder regnet, wird sich die Erde wieder erholen. Aber es wird auch viel Boden weggeschwemmt und der Boden wird unfruchtbar. Als es das letzte mal geregnet hat, war die ganze Erde grün. So war das beim letzten Regen vor 2 Monaten, da war hier alles grün. Aber danach hat es nicht mehr geregnet und es war sehr heiß. So sind alle Pflanzen wieder vertrocknet. Wohin sollen wir gehen, wenn es hier keinen Regen gibt? Dann gibt es in der ganzen Gegend keinen Regen.“

Muisauana Muharukua (40 Jahre) aus Orontjitombo gibt folgende Schilderung (Interview Nr. 3):

„Auch meine Großeltern haben hier gewohnt. Ich bin hier geboren und habe immer hier gelebt. Es hat sich viel verändert. Früher habe ich im Busch gewohnt. Heute ist alles flaches Land. Und überall zwischen den Büschen und Bäumen war Gras. Heute gibt es hier nur noch omutati [*Colophospermum mopane*], omumbango [*Croton gratissimus*], omunguindi [*Boscia albitrunca*] und otjindumba [*Pechuel-Loeschea leubnitziae*], otjinautoni [*Maerua parvifolia*] und omuhama [*Terminalia prunioides*]. Und es gab hier früher viel Wild: Elefanten, Schwarzes Nashorn, Giraffe, Oryx, Zebra, Springbock, Kudu, Strauße. Die sind wegen der Dürre verschwunden. Bevor die Dürre [1979-81] begann, haben die Leute hier das Wild gejagt. Das wurde dann aber verboten und die restlichen starben während der Dürre. Nach der Dürre [1979-81] ist der Regen immer weniger geworden. Um unsere Gärten einzuzäunen, benutzten wir omuhama [*Terminalia prunioides*]. Wir haben aber immer etwas übrig gelassen, so daß neue Sträucher wachsen konnten. Viele Bäume gibt es hier nicht mehr wegen der Dürre. Deshalb verwenden wir heute mehr omutati [*Colophospermum mopane*] als früher. Vom Mais, den wir anpflanzen, ernten wir nicht genug, denn die Sonne verbrennt alles. Aber, wenn es zuviel regnet, wird die Erde weggespült – aber nur die obere Bodenschicht, das Untere bleibt da. Wenn die Erde weggespült wird, kommt beim nächsten Regen wieder neue und deckt alles wieder zu. [...] Jetzt ist das Vieh in den Bergen. Aber da gibt es nur Knollen, die wir ausgraben können. Die Kälber dort laufen jetzt kilometerweit, weil es hier nichts mehr zu fressen gibt. Wenn es wieder regnet, bleiben sie dicht am Dorf. In der Trockenzeit [Dürre], nehme ich ein Pferd und reite woanders hin, um zu fragen, ob ich mit meinem Vieh dorthin kommen kann. Einmal bin ich nach Otjaparakaha geflohen [ca. 60 km westlich]. Ein anderes mal bin ich nach Otjiwerotjangengua [in der Nähe von Tjirunda] gegangen. Ein anderes mal nach Orerao.“

Alle drei Informanten sind damit der Auffassung, daß sich die Vegetation im Siedlungsbereich Orontjitombo durch die Dürreperiode 1979-81 und die sich anschließenden, überwiegend niederschlagsarmen Jahre deutlich verändert hat. Dabei nennen zwei der drei Informanten, *Catophractes alexandri*, *Terminalia prunioides* und *Stipagrostis hirtigluma* als Arten, die seit der Dürreperiode 1979-81 einen deutlichen Rückgang zu verzeichnen hatten (vgl. Tab. 83, S. 306).

Gleichzeitig wird übereinstimmend berichtet, daß der ackerbauliche Ertrag in diesem Zeitraum wegen der geringen Niederschlagsmenge zurückgegangen ist. In der Einschätzung der Informanten, weist das Gebiet aber nicht endgültig einen Rückgang seiner Tragfähigkeit auf: Wenn wieder Niederschlagsmengen erzielt werden, wie vor der Dürreperiode, so würde sich die Vegetation wieder erholen. Allerdings betreffen diese Aussagen eher die Regenerationsfähigkeit der für die Weidewirtschaft bedeutenden Gräser als die phanerophytischen Arten.

Die Informanten sind sich der Bedeutung der Bodenerosion für die Tragfähigkeit des Raumes bewußt. Ein über den einzelnen Haushalt hinausgehendes Weidemanagement scheint aber nicht zu bestehen. Jeder Haushalt versucht für sich in einer krisenhaften Situation einen Ausweg zu finden (vgl. dazu BOLLIG 2000b).

Anhand von Interview Nr. 1 wird eine Problematik sichtbar, die das gesamte Arbeitsgebiet betrifft: Im Verlauf einer Dürreperiode, ist ein Viehbesitzer bestrebt, einen möglichst großen Teil seiner Herde zu erhalten. Auch andere Informanten bestätigen, daß sie dieser Strategie im Vergleich zu einem möglichen Verkauf der Tiere den Vorzug geben. Hierbei mag der im Falle einer Dürreperiode zunächst geringe Marktwert der Tiere (gesättigter Markt) sowie ein traditionell geprägtes Verhalten eine Rolle spielen. Aus vegetationsökologischer Sicht bringt dies jedoch erhebliche Konsequenzen mit sich: Der Nutzungsdruck auf die unter Trockenstreß stehende Vegetation der Regenzeitweide wird erhöht und die Vegetationsbedeckung kann dort erheblich reduziert werden. Die auch während Dürreperioden auftretenden Regenfälle können so zu starken Erosionsprozessen führen. Daneben wird das Vieh bereits während der ‚Regenzeit‘ auf entfernter liegende Weideflächen (Trockenzeitweide) geführt, deren Regenerationsdynamik damit unterbrochen wird (vgl. BOLLIG 2000b). Diese Strategie kann daher gebietesweise Desertifikationsprozesse initiieren bzw. verstärken.

RAO & STAHL (2000) stellen für das kommunalwirtschaftlich genutzte Gebiet von Otjiwa (Region Otjozondjupa, Namibia) eine Strategie vor, die auch in den desertifizierten oder desertifikationsgefährdeten Gebieten des Kaokolandes eine Schonung der Ressource ‚Vegetation‘ bewirken könnte: Während Dürreperioden wird ein Teil des Viehs verkauft. Von dem Erlös wird Futter für den verbleibenden Teil der Herde erworben. Dies führt durch die Verringerung der Bestockungsdichte und der Substitution der natürlichen Nahrungsgrundlage durch Viehfutter zu einer Verringerung des auf der Vegetation lastenden Nutzungsdrucks. Das Risiko des Überschreitens Landschaftskompartiment-spezifischer Schwellenwerte und damit einer Vegetationsdynamik in Richtung einer stärkeren Degradation wird durch eine derartige Strategie verringert (vgl. Kap. 6.4.4, vgl. auch ABEL & BLAIKIE 1989, HATCH & STAFFORD SMITH 1998).

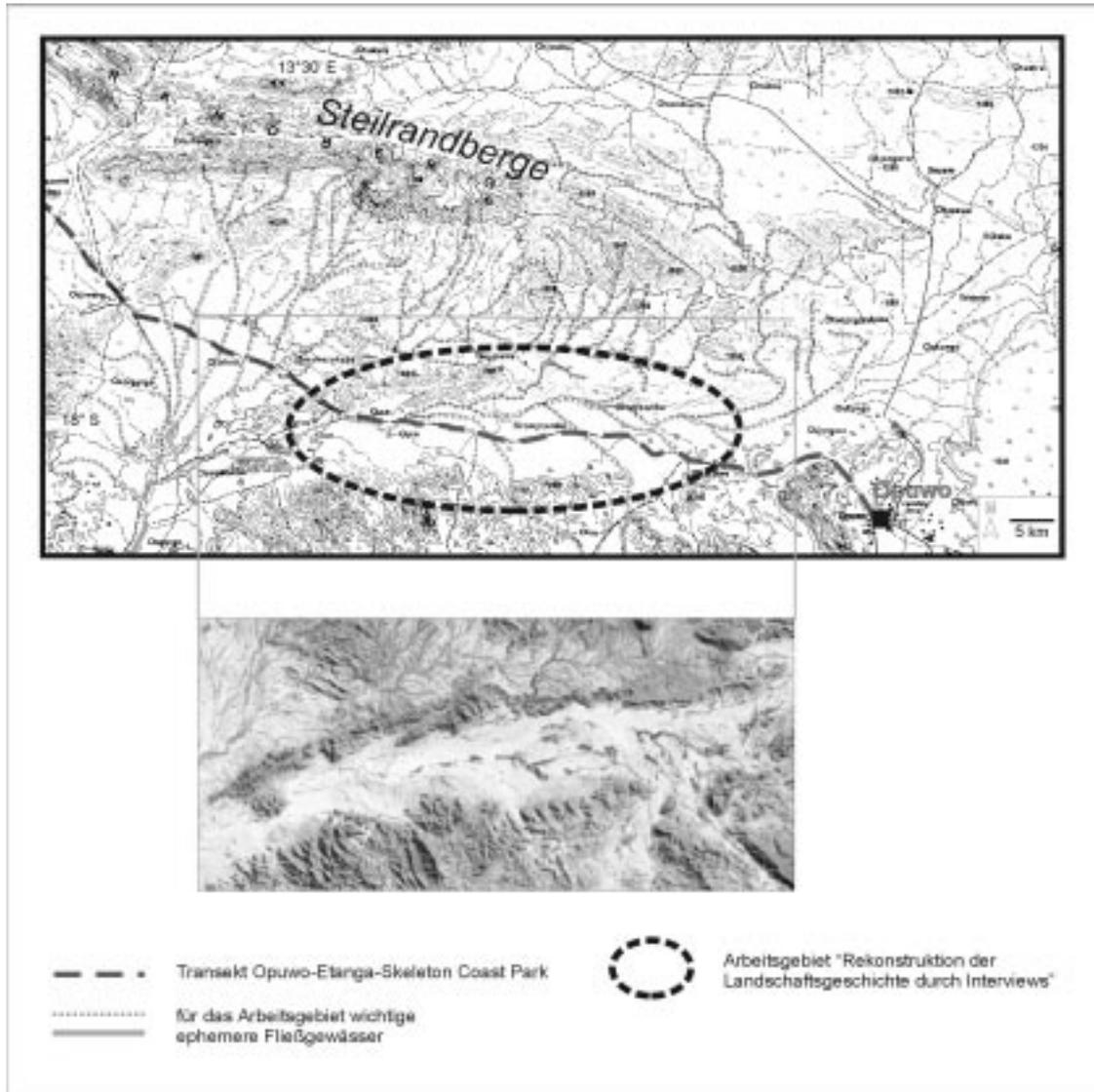


Abb. 143: Topographische Übersicht des Siedlungsbereichs Orontjumbo; Landsat5-TM-Aufnahme des Gebietes
(Falschfarben-Komposit aus der Landsat5-TM-Szene vom 10.11.1984; Bänder: 4 [Rot], 3 [Gelb], 2 [Blau])



Foto 77: Ehemaliger Brunnen im Westteil des Siedlungsbereichs Orontjumbo (A), zentraler Teil des Siedlungsbereichs (beide Aufnahmen aus der Regenzeit 1999)

6.4.2 Arbeitsgebiet Hoarusib-Becken

Das Arbeitsgebiet ‚Hoarusib-Becken‘ umfaßt die Siedlungsbereiche Okamungudona, Omungunda und Onganga. Eine eingehende Schilderung der dort vorliegenden Bedingungen erfolgte bereits in Kap. 6.3. Daher kann hier unmittelbar die Wiedergabe der Interviews erfolgen.

Eine Informantin (35 Jahre) aus Onganga berichtet:

„Die Landschaft hier ist vollkommen überweidet. Weil es nicht mehr regnet, ist alles kahl geworden. Hier in der Gegend gab es viel omuhama [*Terminalia prunioides*]. Der Ort da drüben war von hier früher nicht zu sehen. Da haben wir gewohnt. Wir selbst haben keine Gärten. Aber auch in den Gärten dahinten wächst nichts. Der Boden ist nicht fruchtbar genug. Selbst, wenn es viel regnet, können wir dort nicht viel ernten. Früher gab es hier viele Kudu, Zebra, Strauße und Springböcke. Strauße gibt es noch immer. Eine Zeitlang gab es auch Elefanten, die von woanders herkamen und nach einiger Zeit weitergezogen sind. Wir sind hier am Ende, denn es wird nicht mehr regnen. Wenn das nächste Jahr auch schlecht wird, gehen wir woanders hin, wo es geregnet hat. Wenn es regnet, wird es wieder grün und dann wächst wieder Gras. Und es gibt dann wieder genug Sauermilch für die Hunde und die Menschen. Die wichtigsten Gräser hier sind ohoke [*Aristida adscensionis* oder *A. effusa?*], okatjira konduno [*Stipagrostis hirtigluma*], ongorondji [*Schmidtia kalahariensis*]“.

Saratiel (37 Jahre) aus Onganga macht folgende Schilderung (Interview Nr. 4):

„Früher gab es hier viel omumbara [*Commiphora virgata*], aber den gibt es hier heute nur noch sehr selten. Den Baum haben wir als Parfume benutzt. In den Bergen gab es auch viele omuhako [*Sterculia africana*]. Früher hatten wir hier guten Regen. Heute regnet es nicht mehr viel. Das ist der Grund, warum diese Bäume hier nicht mehr wachsen. Aber die Bäume auf den Hügeln werden nicht so schnell trocken wie hier in der Ebene. Aber auch dort [auf den Hügeln] wachsen heute andere Arten als früher. Von den Arten, die es dort früher gab, gibt es jetzt nur noch alte Bäume. Vor der Dürre [1979-81] hat es hier aber auch mehr Gräser gegeben. Alles hat sich sehr stark verändert. Hier gab es früher auch Löwen, die ich selbst gesehen habe. Die haben unsere Rinder gefressen. Daneben hatten wir hier Nashörner, Giraffen, Oryx, Kudus und Zebras. Diese Tiere haben wir hier früher überall gehabt. Nachts konnte man damals nicht hinausgehen, weil es zu gefährlich war. Die ganzen Tiere sind wegen der Dürre ausgestorben wie unser Vieh. Wir haben auch gejagt aber wir haben nicht alle Tiere getötet. Das es jetzt keine Tiere mehr gibt, liegt an der Dürre. Wir haben jetzt viel weniger Vieh als früher.“

Uakondorua (43 Jahre) gibt die Situation in Omungunda wie folgt wieder (Interview Nr. 5):

„Hier hat sich durch die Dürre [1979-81] viel verändert. Es gibt keine Bäume und keine Büsche mehr. Die Pflanzen sind einfach vertrocknet. Die häufigsten Bäume waren damals omihama [*Terminalia prunioides*], omukaravize [*Catophractes alexandri*] und omuve [*Berchemia discolor*]. Wir hatten hier auch viel Wild. Da gab es Nashörner, Elefanten, Kudu, Impala, Springböcke, Geparden, Löwen, Oryx, Giraffen, Strauße und Zebras. Die Vegetation hat sich auch in den Bergen stark verändert. Früher hatten wir viel mehr Vieh als heute. Es gibt hier nur einen Brunnen, und der gibt nicht genug Wasser. Die Bodenerosion war früher sehr schlimm, aber seit es nicht mehr so viel regnet ist es weniger geworden. Wir bauen Mais, Wassermelonen und Kürbisse an, aber früher konnten wir viel mehr ernten. So hatten wir häufig noch etwas für das nächste Jahr. Jetzt ernten wir nicht einmal genug für ein Jahr. Manchmal fällt die Ernte auch ganz aus. Die letzte gute Ernte hatten wir vor der großen Dürre [1979-81]. Auch im Jahr nach der Dürre war der Regen sehr wenig. Bis jetzt hatten wir nicht eine Regenzeit, die mit den Regenzeiten vor der Dürre [1979-81] vergleichbar gewesen wäre. Dieses Jahr sind unsere Gärten vertrocknet. Wenn es nicht mehr gut regnet, müssen wir woanders hingehen, wo es besser ist. Wir gehen einfach in den nächsten Ort, wenn die Weide dort besser ist und fragen, ob wir dort bleiben können.“

Uaumbanua Tjambiru (70 Jahre, Okamungudona)

„Wir sind seit 1950 hier, weil es hier immer genug Wasser gegeben hat. Als wir hierher kamen, war der Platz voller Büsche – hinter den Bergen lag unser erster Garten. Als wir herkamen, gab es hier noch keine anderen Leute und so gab es genug zu fressen für das Vieh und die Gärten brachten uns genug Früchte [Mais]. Nach der Dürre [1979-81] sind viele Arten ausgestorben. Der Regen wurde seitdem immer schlechter und wir ernten viel weniger als früher. Vor der Dürre hatten wir auch mehr Vieh. Jetzt haben wir hier nur noch vier Rinder, der Rest der Herde ist in Onganga. Früher gab es hier auch viel Wild. Hier in der Nähe gab es Elefanten, Nashörner, Kudu und etwas weiter entfernt Giraffen. Springböcke gibt es hier heute noch immer. Impalas waren auch sehr häufig und es gab auch Löwen und Leoparden. Aber diese Tiere gibt es hier jetzt nicht mehr wegen der Trockenheit. In dieser Gegend gibt es jetzt nicht mehr genug Wasser.“

Analog zu den Schilderungen aus dem Arbeitsgebiet ‚Steilrandberge‘ wird der vor der Dürre 1979-81 liegende Zeitraum auch von den hier zitierten Befragten als der niederschlagsreichere Zeitabschnitt eingestuft. Übereinstimmungen zwischen den Informanten finden sich vor allem bei den nicht mehr vorkommenden Tierarten sowie in der Verschlechterung der aus dem Ackerbau erzielten Erträge. Die Ausführungen der Informantin aus Omungunda stützen die in Kap. 6.3.2 angestellten Überlegungen über den anhand von Luftbildern nachweisbaren Rückgang der ackerbaulich genutzten Fläche im zentralen Bereich des Beckens von Omungunda.

6.4.3 Arbeitsgebiet Sesfontein/Warmquelle

Bei dem Arbeitsgebiet ‚Sesfontein/Warmquelle‘ handelt es sich um zwei vom Hoanib bzw. seiner Vorfluter durchzogenen Becken, die durch einen ca. 600 m über das Gelände aufragenden Gebirgszug getrennt werden (Abb. 144). Bei den Becken handelt es sich um den ehemaligen bzw. rezenten Auenbereich des Hoanib, der durch ein feinmaterialreiches Sediment geprägt wird. Wie beim Arbeitsgebiet ‚Steilrandberge‘ weist das Gebiet eine vergleichsweise gute Grundwasserversorgung auf. Auch wegen der sechs permanent Wasser hervorbringenden Quellen gehört das Becken von Sesfontein/Warmquelle trotz durchschnittlicher jährlicher Niederschlagsmengen von nur 112 mm (vgl. Tab. 2, S. 53) zu den Gunststandorten für die Besiedlung durch den Menschen (vgl. VAN WARMELO 1951:41). Trotz der geringen Niederschlagsmengen ist auch hier an Gunststandorten Ackerbau möglich (vgl. HAHN 1910:38f).

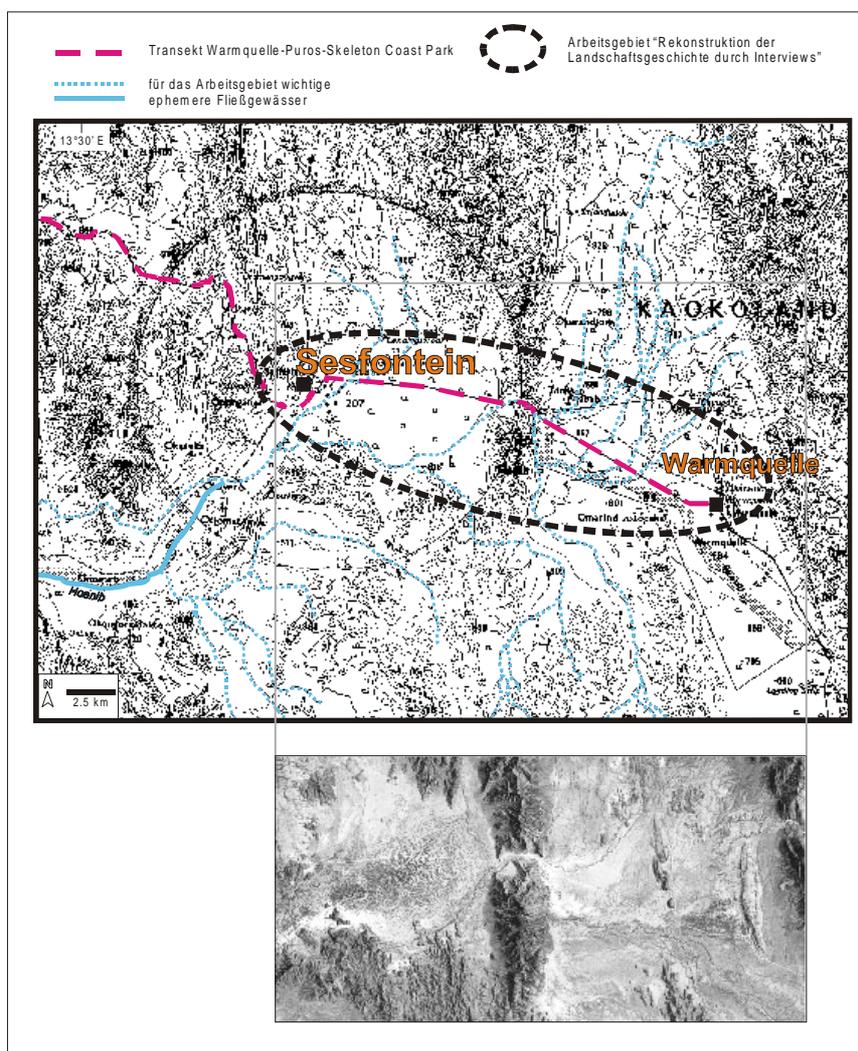


Abb. 144: Topographische Übersicht des Beckens von Sesfontein/Warmquelle; Landsat5-Aufnahme des Gebietes

(Falschfarben-Komposit aus der Landsat5-TM-Szene vom 10.11.1984; Bänder: 4 [Rot], 3 [Grün], 2 [Blau])

Auf die rezenten vegetationsökologischen Bedingungen ist bereits in Kap. 6.2.5.4.1.4 eingegangen worden.

Eine Schilderung der dürrebedingten Veränderungen der Gegebenheiten in diesem Raum liegt von Lukas Nbomboro (61 Jahre) vor:

„Die Vegetation in Sesfontein und Warmquelle hat sich sehr verändert. Besonders seit der Dürre [1979-81] ist vieles anders geworden. Seit der Dürre ist der Wind stärker geworden und der Hoanib überschwemmt das Land nicht mehr so häufig. Die Vegetation ist ausgetrocknet und wir haben starke Erosion durch den Wind. Omutati [*Colophospermum mopane*] gibt es zwar noch, aber es ist viel weniger geworden. Orusu [*Acacia tortilis*] bekommt nur in guten Regenzeiten Früchte. Diesen Baum gab es früher häufiger. Die Ziegen fressen gerne die Früchte. Langsam erholen sich die Bäume aber wieder. Wenn ein Baum stirbt, wächst jetzt wieder ein neuer Baum nach. Auch die Gräser erholen sich. Wir haben hier vor allem orueyo [*Eragrostis porosa*], ongorondji [*Schmidtia kalahariensis*] und ongumba [*Stipagrostis uniplumis*]. Zebras, Elefanten, Springböcke, Nashörner, Löwen, Kudu, Oryx und Geparden waren nach der Dürre [1979-81] verschwunden. Aber jetzt sind diese Tiere wieder zurückgekommen. Nur Kudus und Zebras gibt es weniger als vor der Dürre. Vor der Dürre, als wir noch mehr Regen hatten, hatte ich 200 Rinder. Jetzt habe ich keine Rinder mehr. Die Vegetation hat sich zwar erholt, aber sie trägt nicht mehr so viele Früchte, so daß die Tiere weniger zu fressen haben. Gott hat die Landschaft so gemacht und es gibt Stellen, wo selbst nach gutem Regen nie etwas wächst. Vor der Dürre hatten wir mehr Ertrag aus den Gärten [Wassermelonen, Mais, Kürbis]. Heute ist dort kaum noch etwas zu ernten. Häufig verbrennt die Sonne die Pflanzen, wenn es geregnet hat.“

Diesem Informanten zufolge, hat die Dürreperiode 1979-81 im Raum Sesfontein/Warmquelle zwar zu einer erheblichen Veränderung der Vegetation und der Tierwelt geführt. Allerdings soll hier trotz geringerer Niederschläge als vor der Dürreperiode in dem bis heute andauernden Zeitabschnitt eine weitgehende Regeneration der Vegetation und der Tierwelt erfolgt sein. Von besonderer Bedeutung für eine mögliche Veränderung des Regionalklimas ist die Aussage, daß der Hoanib mit seinem im Osten annähernd bis Kamanjab reichenden Einzugsgebiet seit 1982 weniger häufig die Beckenlandschaft überschwemmt, als vor der Dürreperiode.

6.4.4 Vegetationsökologische Schlußfolgerungen

Die Wahrnehmung der dürrebedingten Veränderung der Landschaft in den Arbeitsgebieten ‚Steilrandberge‘, ‚Hoarusib-Becken‘ und ‚Becken von Sesfontein/Warmquelle‘ läßt sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die während der einzelnen Regenzeiten fallenden Niederschlagsmenge erreichen nicht das Niveau wie vor der Dürreperiode 1979-81.
2. Zahlreiche Pflanzenarten sind wegen der drei Jahre andauernden Dürre verschwunden oder in ihrer Bedeutung stark zurückgegangen.
3. Eine Regeneration der Vegetation – insbesondere der Gräser – ist möglich, sollten die Niederschläge wieder in der Menge fallen, wie vor der Dürreperiode 1979-81.
4. Der durch Ackerbau zu erwirtschaftende Ertrag ist im Vergleich zum vor der Dürreperiode 1979-81 liegenden Zeitabschnitt durchweg stark zurückgegangen.
5. Bodenerosion ist in den Untersuchungsgebieten ein weit verbreitetes Phänomen.
6. Savanntypische Tierarten wie Giraffen, Elefanten, Nashörner und Zebras sind aus den betreffenden Gebieten als Folge der Dürreperiode verschwunden. Lediglich im Becken von Sesfontein/Warmquelle erfolgt eine Wiederbesiedlung des Raumes.

Insbesondere die unter den Punkten 1 bis 3 genannten Aussagen, bestätigen bei BOLLIG (2000b:146) dargestellte Befragungsergebnisse zur Degradationsproblematik im Kaokoland. Zu ähnli-

chen Ergebnissen (Punkte 1 bis 3) kommt auch SCOONES (1992) bei einer im kommunalen Weideland Zimbabwes durchgeführten Untersuchung zur Degradation kommunalen Weidelandes. Auch hier nennen die Befragten geringe bzw. im Trend abnehmende Niederschläge als Hauptursache für eine nachhaltige Veränderung der Vegetation. Während jedoch bei BOLLIG 2000b ein weide- oder klimabedingter Wandel der Vegetation auf die Zunahme annueller Gräser bei gleichzeitiger Abnahme perennierender Gräser fokussiert ist, sind in der Wahrnehmung der von SCOONES (1992) befragten Informanten insbesondere alte Bäume von sich ändernden Niederschlagsbedingungen betroffen. Für eine *Colophospermum mopane-Savanne* in der Northern Province, Republik Südafrika, beschreibt O'CONNOR (1999) die durch die Dürreperioden 1988-89 bzw. 1991-92 induzierte Dynamik. Dabei liegt innerhalb eines 15 Jahre umfassenden Zeitraumes eine deutliche Abnahme perennierender zugunsten annueller Gräser vor (perennierende Arten u.a. *Cenchrus ciliaris*, *Stipagrostis uniplumis*). Daneben zeigten vor allem *Ximena americana*, *Combretum apiculatum*, *Dichrostachys cinerea* und *Commiphora mollis* einen deutlichen Rückgang der Abundanz. Unter den Phanerophyten erwies sich allein *Colophospermum mopane* als überdurchschnittlich dürreresistent.

Tab. 83 (S. 306) gibt einen Überblick über die Pflanzenarten, die nach Angaben der Informanten seit der Dürreperiode 1979-81 aus den jeweiligen Gebieten verschwunden sind bzw. einen starken Rückgang aufweisen (Übersetzung herero-deutsch nach MALAN & OWEN-SMITH 1974, CRAVEN 1994, vgl. auch BOLLIG 2000b).

Tab. 83: Arten mit deutlichem Rückgang seit der Dürreperiode 1979-81
(Grundlage: Interviews im März/April 2000)

botanischer Name	1	2	3	4	5	Otjiherero-Name
Phanerophyten						
<i>Adansonia digitata</i>			x			omuzu
<i>Berchemia discolor</i>			x			omuve
<i>Catopractes alexandri</i>	x		x		x	omukaravize
<i>Colophospermum mopane</i>	x					omutati
<i>Commiphora glaucescens</i>				x		omutungu
<i>Commiphora multijuga</i>				x		omizumba
<i>Commiphora virgata</i>				x		omumbara
<i>Elephantorrhiza suffruticosa</i>			x			omundjoze
<i>Ficus sycomorus</i>			x		x	omukuyu
<i>Grewia flava</i>			x			omuvapu
<i>Grewia flavescens</i>			x			omuhe
<i>Grewia tenax</i>			x		x	omundjendjere
<i>Grewia villosa</i>			x			omuhamati
<i>Kirkia acuminata</i>				x		omuhoho
<i>Lonchocarpus nelsii</i>			x			omupanda
<i>Maerua schinzii</i>			x			etengu
<i>Opilia campestris</i>			x			omundumise
<i>Rhigozum brevispinosum</i>			x			omuporamapingo
<i>Sesamothamnus guerichii</i>			x			ongupati
<i>Sterculia africana</i>			x	x		omuhako
<i>Terminalia prunioides</i>	x	x			x	omihama
<i>Vangeria infaustata</i>			x			omundjenya
<i>Ximenia americana</i>			x			omumbatu
dazu omikuva (4), omingoro (4), omukuju (3), omunbetu (3), omurandjima (3), ovingenge (5), ozongumbati (4), ozonjianga (5)						
Poaceae						
<i>Aristida ssp.</i>	x					ohoke (ogombutu)
<i>Enteplocamia aristulata</i>			x	x		ombanga
<i>Eragrostis porosa</i>	x			x		orueyo
<i>Panicum ssp.</i>			x			ombuma
<i>Rhynchelytrum repens</i>			x			okainakombe
<i>Schmidtia kalahariensis</i>	x			x	x	ongorondji
<i>Stipagrostis hirtigluma</i>	x		x		x	okatjira konduno
<i>Stipagrostis uniplumis</i>			x		x	ongumba
dazu erianguari (3), kaniamatata (3), okakurahungi (3), okariamenge (5), okaruejo (3), ondinijombua (3)						
1= Interview Nr. 1 (Steilrandberge), 2= Interview Nr. 2 (Steilrandberge), 3= Interview Nr. 3 (Steilrandberge), 4= Interview Nr. 5 (Onganga), 5= Interview Nr. 6 (Omungunda)						

Für das Gebiet südlich der Steilrandberge fällt auf, daß übereinstimmend *Terminalia prunioides*, *Catopractes alexandri* und *Stipagrostis hirtigluma* als deutlich weniger häufig vorkommende Arten genannt werden. Dies führt zu der Annahme, daß der heute weitgehend vegetationslose Raum, in dem fragmenthaft Bestände von *Colophospermum mopane* auftreten, als potentiell natürliche Vegetation eine *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* aufweist. Von einer *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*, wie sie den westlich anschließenden Transektabschnitt prägt, kann als potentiell natürliche Vegetation jedoch nicht ausgegangen werden. Für diese These sprechen drei Gründe: A. *Combretum apiculatum* ist rezent nicht im Becken südlich der Steilrandberge vertreten. B. Keiner der Informanten nennt *Combretum apiculatum* als eine der Arten, die vor der Dürre 1979-81 in diesem Raum häufiger vertreten waren. C. Bereits in der vor der Dürreperiode erarbeiteten Vegetationsgliederung des Kaokolandes durch VILJOEN (1980) stellen die das Arbeitsgebiet nach Norden begrenzenden Steilrandberge

die Südgrenze der ‚*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*‘ dar (vgl. Karte III, Anlagenband).

Die Nennungen von Arten, die im Gebiet von Onganga durch die Dürre und den nachfolgenden niederschlagsarmen Zeitabschnitt einen Rückgang aufweisen, beziehen auch stark für Hangstandorte typische Arten wie *Commiphora multijuga*, *C. virgata* und *C. glaucescens* mit ein. Ein dürrebedingter Rückgang erscheint jedoch nach den Ergebnissen aus Kap. 6.2.5 besonders bei *Commiphora virgata* eher fraglich. So hat die stammsukkulente Art *Commiphora virgata* ihren Schwerpunkt im Bereich aller Transekte in den niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitten und ist damit als eine an geringe Niederschläge und eine hohe Niederschlagsvariabilität angepasste Art einzustufen. Anders verhält es sich jedoch mit *Sterculia africana*, einer im Arbeitsgebiet nur selten auftretenden stammsukkulenten Art. Im Bereich des mittleren Transekts hat *Sterculia africana* ihren Verbreitungsschwerpunkt im niederschlagsreichen, östlichen Transektabschnitt. Die rezente westliche Verbreitungsgrenze, die als Trockengrenze interpretiert werden kann, liegt etwas westlich des Siedlungsbereichs Okamungudona (vgl. Karte IV). Weiter westlich fallen jedoch häufiger abgestorbene Exemplare von *Sterculia africana* auf. Diese Beobachtung stützt die Aussage der Informanten, daß für *Sterculia africana* niederschlagsbedingt ein Rückgang dieser Art im Raum Onganga vorliegt. Ähnliche Beobachtungen liegen für *Kirkia acuminata*, einer weiteren Hangstandorte besiedelnden stammsukkulenten Art vor.

Diese Ausführungen legen die Vermutung nahe, daß es im Kaokoland während der letzten beiden Jahrzehnte großräumig zu einer dürrebedingten Veränderung der Vegetation gekommen ist. Es kann die These formuliert werden, daß in den Arbeitsgebieten ‚Steilrandberge‘ und ‚Hoarusib-Becken‘ als Folge von Dürren und unter dem Einfluß einer intensiven anthropogenen Nutzung eine von starker Bodenerosion begleitete Veränderung der Vegetation erfolgt ist. Insbesondere wegen der z.T. gravierenden Erosionsprozesse muß die Degradation von Boden und Vegetation in den hier angesprochenen Gebieten – nach der von LE HOUÉROU (1996) vorgestellten Definition – als unumkehrbar eingestuft werden. Da mit dieser, die Landschaftskompartimente ‚Boden/Substrat‘ und ‚Vegetation‘ umfassenden Degradation, eine erhebliche – durch die Interviews belegte – Verringerung der Tragfähigkeit dieser Räume einhergeht, müssen diese Beckenlandschaften von Orontjitombo, Okamungudona, Omungunda und Onganga als desertifizierte Räume aufgefaßt werden.

Dieser Prozeß kann aber nicht allein auf die Dürreperiode der Jahre 1979-81 bzw. die nachfolgenden niederschlagsarmen Jahre zurückgeführt werden. So haben ABEL (1954), VAN WARMELO (1951), VILJOEN (1980:82ff) und RUST (1982) Beschreibungen dieser Räume vorgelegt, die zu dem Schluß führen, daß die einschneidenden, landschaftsverändernden Prozesse in diesen Gebieten z.T. bereits vor der Dürreperiode von 1979-81 erfolgt sind. So gehen diese Autoren bereits auf deutliche Erosionsphänomene in den dichter besiedelten Gebieten des Kaokolandes ein.

Besonders sei dabei auf die bei ABEL (1954) zahlreich vorhandenen Fotografien hingewiesen, die während seiner geologischen Forschungsreise durch das Kaokoland im Jahre 1952 entstanden. Sie lassen vermuten, daß die Vegetation des Kaokolandes außerhalb der dicht besiedelten Siedlungsbereiche in dem hier betrachteten Zeitraum nicht einer nennenswerten Veränderung – sei es klimabedingt oder durch anthropogene Nutzung – unterlegen hat. Daß es aber in diesem Zeitraum durch geänderte Niederschlagsbedingungen zu einer Verschiebung der Trockengrenze einzelner Arten gekommen ist, wie es oben für *Sterculia africana* und *Kirkia acuminata* diskutiert wurde, kann auf der Grundlage von Fotovergleichen nicht ausgeschlossen werden. Damit kann für das Kaokoland ein ähnlicher dürrebedingter Wandel der Vegetation angenommen werden, wie es SCHULZ (1988) auf der Grundlage einer

ähnlichen Methodik für den Nordrand des Sahels im Niger beschrieben hat. Dort wurde besonders ein dürrebedingter Rückgang von *Commiphora africana* und *Maerua crassifolia* beobachtet. Während KUNTZ (1913) die Verbreitung der stammsukkulente Art *Adansonia digitata* im Kaokoland bis 19° südl. Br. beschreibt, konnte sie im Rahmen der vorliegenden Arbeit lediglich bis 18° 30' südl. Br. dokumentiert werden. Damit scheint sich im Arbeitsgebiet die Beobachtung ELLENBERG's (1981) zu bestätigen, daß stammsukkulente Arten insgesamt nur eine geringe Dürre-resistenz aufweisen. Die im Arbeitsgebiet vertretenen stammsukkulente Arten dienen zwar häufig der Herstellung von Haushaltsgeräten – dagegen werden diese Arten nicht oder nur in einem geringem Umfang vom Vieh Verbissen (MALAN & OWEN-SMITH 1974). Es wäre daher zu prüfen, inwiefern stammsukkulente Arten bei Projekten, die auf ein Monitoring von dürreinduzierten Vegetationsdynamiken abzielen, als Indikatorarten zu verwenden sein könnten (vgl. SCHIFFERS et al. 1976:98f).

KUNTZ (1910, 1911, 1913) geht bei der Darstellung seiner für die ‚Kaokoland und Mining Company, Berlin‘ durchgeführten Expedition durch das Kaokoland insbesondere auf die potentielle Nutzbarkeit einzelner Teilräume als Farmen ein. In seine Schilderung schließt er auch die Beurteilung zahlreicher Wasserstellen als Versorgungsgrundlage mit ein. Bei seiner Reise hat KUNTZ auch das Gebiet der Siedlungsbereiche westlich von Kaoko Otavi (Okamungudona, Omungunda, Onganga und Otjiheke) durchquert. Allerdings beschreibt KUNTZ diese Landschaften nicht als in ihrem Charakter von den übrigen Räumen abweichende Gebiete (Ausnahme: Omungunda, s.u.), sondern schließt sie in die weidewirtschaftlich gut nutzbaren Räume mit ein. Er hebt nicht hervor, daß die heutigen Siedlungsbereiche einer intensiveren Nutzung unterlagen als die umgebenden Gebiete. So können die Schilderungen von KUNTZ (1910, 1911, 1913) als Bestätigung der in Kap. 6.3 gemachten Angaben über den Zeitpunkt des Beginns einer intensiveren Nutzung dieser Bereiche interpretiert werden.

Der heutige Siedlungsbereich Omungunda wird von KUNTZ (1911:2) explizit erwähnt:

„Westwards from Oruwanje [Oruwanje] the road proceeds for some time in flat country, then follows a steeper stony descent to a large open steppe with a river coming from the north.“

Dies legt die Vermutung nahe, daß Teile des Beckens von Omungunda bereits 1910 den gleichen Aspekt vermittelten wie er rezent vorliegt (vgl. Kap. 6.3.2). Ob dies auf die mindestens seit 1860 vorliegende Nutzung des Gebietes durch eine mobile Weidewirtschaft oder auf die Überprägung der Vegetation durch herbivores Großwild zurückzuführen ist, kann durch die Ergebnisse dieser Arbeit nicht endgültig beurteilt werden.

KUNTZ (1911:5) schließt eine Schilderung der Gegebenheiten der im westlichen Randbereich der Escarpment-Zone gelegenen Wasserstelle von Sanitatas an:

„Grass was sufficient, however the natives are compelled on account of the lack of food in the dry years to see out other water-places.[...] The mountain sides east of Otjiu which were still thickly covered with bush and undergrowth, are here scantily covered with growth and further west are quite bare, while only along the river bed itself extends a green strip of bushes and trees, principally Mapani (Coaparifera mopane) [*Colophospermum mopane*], Tamarisken, Kamedorn and in the larger riverbeds also pine trees.“

Mit Sicherheit kommt der heute immer stärker in den Hintergrund tretenden Beachtung traditioneller Nutzungsregeln wie der Mobilität und das Einhalten von Regenerationsphasen der Weidegebiete für das Fortschreiten der desertifikationsbeschleunigenden Prozesse eine besondere Bedeutung zu. VAN WARMELO (1951:36) führt aus:

„In short, one can see in them [Himba] primitive man in the age-old dietetic equilibrium with his environment in which he has survived in Africa all these centuries. The Herero are different. They have already drunk of the cup of civilisation, and probably ought to be glad of the difficulties which put sugar, coffee and all the rest virtually out of their reach.“

Einen aus vegetationsökologischer Sicht ungünstigen Einfluß haben dabei sicher die Anlage von Brunnenstellen und die Unterstützung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln und Viehfutter während Dürreperioden (vgl. SCOONES 1992, SQUIRES et al. 1992, BOLLIG 2000b). Beide Maßnahmen können zur Aufgabe der traditionell auf mobile Viehhaltung ausgerichteten weidewirtschaftlichen Nutzung und damit zur Verschärfung der Desertifikationsproblematik in den heute schon stark betroffenen Gebieten führen. Damit würden in einem Gebiet, daß aufgrund seiner naturräumlichen Ausstattung einem Disequilibrium-Weidesystem entspricht (vgl. BOLLIG & SCHULTE 1999), verstärkt Merkmale der Equilibrium-Weidesysteme an Bedeutung gewinnen (vgl. Kap. 3.3, S. 9). Diese, in Anbetracht des Naturraumpotentials unangepaßte Nutzung, die in den heute anthropogen stark genutzten Siedlungsbereichen bereits dominiert, könnte langfristig auch in den heute weniger stark degradierten Räumen zu einer nachhaltigen und schließlich wohl unumkehrbaren Degradation der Vegetation führen. Dies soll anhand der bereits in Kap. 3.3 dargestellten Abb. 6 (S. 18) verdeutlicht werden (vgl. Abb. 145, S. 310).

In den heute stark genutzten Siedlungsbereichen des Arbeitsgebietes liegt im Hinblick auf die anthropogenen Nutzungsmuster eine weitgehende Entkoppelung von typischen Merkmalen der Disequilibrium-Systeme vor:

1. Es dominiert eine starke Bindung der Pflanze-Herbivor-Interaktionen.
2. Herbivore kontrollieren die pflanzliche Biomasse.
3. Die Räume haben eine relativ (niedrige) konstante Tragfähigkeit.
4. Die enge Bindung an die Siedlungsbereiche impliziert eine enge räumliche Ausdehnung des einzelnen wirtschaftenden Systems (Intensivwirtschaft).
5. Das System zeigt zunehmend Merkmale der Selbstkontrolle (Brunnen, externe Nahrungsmittelversorgung) und wird damit verstärkt unabhängig von äußeren, abiotischen Faktoren.

Außerhalb der Siedlungsbereiche stehen dagegen noch stärker Disequilibrium-orientierte Merkmale im Vordergrund:

1. Es dominiert eine schwache Bindung der Pflanze-Herbivor-Interaktionen.
2. Die pflanzliche Biomasse wird durch abiotische Faktoren kontrolliert.
3. Die Räume weisen eine relativ variable Tragfähigkeit auf.
4. Die traditionelle mobile Weidewirtschaft hat eine weite räumliche Ausdehnung (Extensivwirtschaft).
5. Äußere Faktoren steuern in hohem Maße das Wirtschaftssystem.
6. Unbeeinflussbare, die Tragfähigkeit steuernde äußere Faktoren, führen zu einer opportunistischen Wirtschaftsweise.

Aus vegetationsökologischer Sicht sind daraus folgende Schlußfolgerungen zu ziehen (vgl. Abb. 145):

1. Vegetationsdynamik unter Disequilibrium-Bedingungen (I): Unter der Voraussetzung einer an Disequilibrium-Bedingungen angepaßten Weidewirtschaft, kann die zonale Vegetation durch die weidewirtschaftliche Nutzung vom Zustand A in den Zustand B überführt werden. Der Zustand A symbolisiert dabei einen weitgehend ungestörten, klimanahen Zustand der Vegetation. Der Zustand B spiegelt ei-

nen durch den anthropogenen Nutzungseinfluß (Beweidung) erfolgte Wandel der Vegetation in Richtung eines gestörten, klimaxfernen Zustandes wider (Retrogression, vgl. GLENN-LEWIN & VAN DER MAAREL 1992). In Zeitabschnitten der Nutzungsunterbrechung (Regenerationsphase) kann eine zur zonalen, weniger stark gestörten Vegetation (Klimax) zurückführende progressive Sukzession über den Vektor E einsetzen. D.h., die nur extensiv genutzte Vegetation siedlungsferner Räume unterliegt einer oszillierenden, über den Vektor E verlaufenden Dynamik zwischen wenig gestörten Zuständen und stärker gestörten Zuständen. Dieser Wechsel zwischen Retrogression und progressiver Sukzession prägt durch die Anwendung traditioneller Nutzungsregeln in weiten Teilen des Arbeitsgebietes die Vegetationsdynamik. Das Modell orientiert sich am kontinuumsorientierten CLEMENT´schen ‚Range Succession Model‘ (vgl. Kap. 3.3).

(Bei der möglicherweise vorliegenden Abnahme der durchschnittlichen Niederschlagsmenge im Arbeitsgebiet, die vermutlich mit einer Erhöhung der Niederschlagsvariabilität einhergeht, ist die zonale Vegetation jedoch auch ohne anthropogenen Einfluß einem Wandel unterworfen. Das Konzept einer Klimaxvegetation setzt jedoch langfristig konstante Klimabedingungen voraus. Unter sich ändernden Niederschlagsbedingungen ist der Zustand A eine variable Größe – auch ohne anthropogenen Nutzungseinfluß.)

2. Vegetationsdynamik unter Equilibrium-Bedingungen (II): Unter der Voraussetzung einer mehr an Equilibrium-Bedingungen orientierten Weidewirtschaft in einem naturräumlich Disequilibrium-orientierten Gebiet, kann die zonale Vegetation durch die weidewirtschaftliche Nutzung vom wenig gestörten, klimaxnahen Zustand A in den stark gestörten, klimaxfernen Zustand B überführt werden (wobei sich Zustand B von dem unter 1. genannten Zustand B unterscheiden kann). Werden traditionelle Regeln wie z.B. Nutzungsunterbrechungen (Regenerationsphase) nicht befolgt, sondern unterliegt der Raum permanent einer intensiven anthropogenen Nutzung, so führt dies zu einer tiefgreifenden Degradation der Vegetation und des Bodens. Die betroffenen Gebiete sind in ein System überführt worden, für das eine progressive Sukzession in Richtung der zonalen Vegetation (A) durch das Überschreiten von Landschaftskompartiment-spezifischen Schwellenwerten (C) nicht mehr erfolgen kann (vgl. Abb. 5, S. Abb. 17). D.h., die Vegetation der intensiver genutzten Räume befindet sich permanent im nicht umkehrbaren, gestörten Zustand B, der über den Vektor D erreicht wird

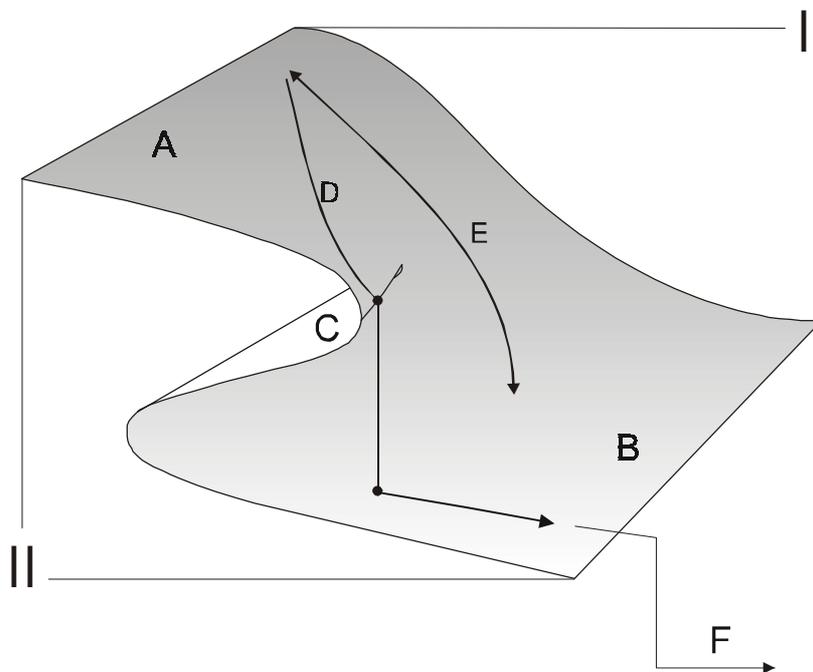


Abb. 145: Beschreibung der Vegetationsdynamik im Kaokoland anhand der „Cusp“-Katastrophe
(I=Vegetationsdynamik unter Disequilibrium-Bedingungen
II=Vegetationsdynamik unter Equilibrium-Bedingungen)

Die unter 2. geschilderte Vegetationsdynamik betrifft im Arbeitsgebiet vor allem die rezent permanent genutzten Siedlungsbereiche Okamungudona, Omungunda und Onganga (vgl. 6.3). Bei diesen Siedlungsbereichen lassen sich zwar graduelle Unterschiede im Ausmaß der Desertifikationsphänomene feststellen. Bei einem Fortbestehen des rezenten Nutzungsdrucks und bei gleichzeitigem Rückgang der Niederschlagsmengen ist jedoch für diese Bereiche ein Fortschreiten der Desertifikationsprozesse zu befürchten. Dabei könnte beim Überschreiten weitere Landschaftskompartiment-spezifischer Schwellenwerte ein noch stärker degradiertes Zustand F erreicht werden (vgl. Abb. 145, vgl. auch PUIGDEFÁBREGAS 1998). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt SCHULTE (2001) bei einem Vergleich der degradationsbedingten Vegetationsdynamik zweier Räume des nördlichen Kaokolandes und des Gebietes um den zentralen Ort Opuwo.

Das hier vorgestellte Modell zur Beschreibung der Vegetationsdynamik im Kaokoland verbindet die in Kap. 3.3 dargelegten Kontinuum- bzw. Diskontinuum-Konzepte der Vegetationsdynamik (vgl. SKARPE 1992). In Abhängigkeit von der Art weidewirtschaftlicher Nutzung (intensiv/stationär – extensiv/mobil) können beide Konzepte der Vegetationsdynamik im ariden Kaokolandes kleinräumig nebeneinander verwirklicht sein (vgl. auch SCOONES 1992). Um ein Fortschreiten der Degradations- und Desertifikationsprozesse – und damit einen tiefgreifenden Wandel der heute noch in weiten Teilen des Arbeitsgebietes vorliegenden wenig gestörten Vegetation – zu unterbinden, ist einer sich am Disequilibrium-Konzept orientierenden weidewirtschaftlichen Nutzung in diesem Raum der Vorzug zu geben (vgl. ROE 1989, BOONZAIER 1990, SCOONES 1992, MAINGUET & DA SILVA 1998, PUIGDEFÁBREGAS 1998, WARD et al. 1998, HARRISON & SHACKLETON 1999, DAHLBERG 2000).

7 Zusammenfassung

Mit dem Ziel, die räumlichen Muster der Vegetation in dem von den pastoralnomadischen Völkern der Himba und Herero besiedelten Kaokoland (nordwestliches Namibia) in ihrer Abhängigkeit von standörtlichen Eigenschaften beschreiben und vegetationsökologisch charakterisieren zu können, sind vegetationsökologische Untersuchungen durchgeführt worden, die die Arbeit durch unterschiedliche räumliche und zeitliche Maßstabsebenen in drei Schwerpunktthemen gliedern lassen.

Bei der Bearbeitung des Schwerpunktthemas „**Vegetationsökologische Transektanalyse**“ sind entlang dreier, dem großräumig ost-west-verlaufenden Niederschlagsgradienten folgenden Transekte, pflanzensoziologische Vegetationsaufnahmen mit ihren jeweiligen Standortbedingungen erfaßt worden.

Während bei der vegetationsökologischen Bearbeitung der Großraumtransekte die von anthropogenen Nutzungen weitgehend unbeeinflusste Vegetation im Mittelpunkt stand, wurden im Rahmen des Schwerpunktthemas „**Vegetationsökologie der Siedlungsplätze**“ mit dicht besiedelten Siedlungsbereichen Räume in die Untersuchung einbezogen, die einem starken anthropogenen Nutzungsdruck unterliegen.

Bei beiden zuvor genannten Schwerpunktthemen geht es um die vegetationsökologische Charakterisierung der rezent vorliegenden Vegetation. In den ereignisgesteuerten Systemen der Savanne, haben aber Phänomene wie überdurchschnittliche niederschlagsreiche Regenzeiten und Dürreperioden, eine besondere Bedeutung für die Herausbildung unterschiedlicher Vegetationsmuster. Das Schwerpunktthema „**Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews**“ widmet sich der Frage, inwieweit sich für die Vegetation einschneidende Ereignisse, wie sie z.B. die von 1979-1981 andauernde Dürreperiode darstellt, über die Auswertung historischer Quellen und durch Interviews mit Zeitzeugen rekonstruierbar sind. Es wird untersucht, inwiefern sich daraus Aussagen im Hinblick auf die Dynamik der Vegetation unter weidewirtschaftlicher Nutzung ableiten lassen.

Die im Rahmen der Bearbeitung der oben genannten Schwerpunktthemen erzielten Ergebnisse, werden im folgenden dargestellt.

Ergebnisse zum Schwerpunktthema „Vegetationsökologische Transektanalyse“

Mit seiner Lage zwischen 17° und 20° südl. Br. werden die klimatischen Bedingungen im Kaokoland durch den Einfluß der innertropischen Konvergenzzone geprägt. So kommt es in der zwischen November und April liegenden Regenzeit zu hochgradig variablen Niederschlägen, die im Osten des Arbeitsgebietes 300 bis 400 mm pro Jahr erreichen und im Westen auf 50 bis 100 mm absinken. Als Anpassung an diesen klimatischen Gradienten und die übrigen an einem Standort wirkenden Faktoren, wie z.B. bodenphysikalische und bodenchemische Eigenschaften, sind die vegetationsökologischen Kenngrößen Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness in den einzelnen Transektabschnitten unterschiedlich ausgeprägt. Folgende Bindungen der Ausprägung dieser Kenngrößen an standörtliche Eigenschaften lassen sich dabei für die Transekte belegen:

- Standort mit einem hohen Anteil der Korngrößengruppen Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies weisen eine geringe Artenzahl auf.
- Mit einem hohen Anteil an Blöcken sind hohe Artenzahlen verbunden.
- Hohe Artenzahlen sind mit einer starken Neigung der Standorte verbunden.

- Die Anzahl der Arten steigt mit zunehmenden Niederschlagsmengen und der Verringerung der interannuellen Niederschlagsvariabilität an.
- Hohe Gesamtdeckungen der Vegetationsaufnahmen liegen vorwiegend an feinmaterialreichen Standorten vor.
- Die an Standorten mit einem hohen Anteil der Korngrößengruppen Grus bzw. Kies erfaßten Vegetationsaufnahmen weisen überwiegend geringe Gesamtdeckungen auf.
- Die Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen steigt mit zunehmenden Niederschlagsmengen und der Verringerung der interannuellen Niederschlagsvariabilität an.
- An Standorten mit einem hohen Anteil der Steinfraktion werden hohe Evenness-Werte erreicht.
- Hohe Evenness-Werte sind daneben überwiegend mit einem hohen Anteil an Grobkies bzw. Grobgrus und Blöcken verbunden.
- Die Vegetation stark geneigter Standorte weist überwiegend eine hohe Evenness auf.
- Die Bestände feinmaterialreicher Standorte sind überwiegend durch eine niedrige Evenness gekennzeichnet.

In Abhängigkeit von den Standorteigenschaften, werden die einzelnen Abschnitte der Transekte von unterschiedlichen Lebensformgruppen dominiert. So werden die niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitte von dem annuellen Gras *Stipagrostis hirtigluma* geprägt. Mit der Zunahme der Niederschlagsmenge und bei gleichzeitiger Verringerung der interannuellen Niederschlagsvariabilität in den östlichen Transektabschnitten, treten die Phanerophyten mit den Hauptarten *Colophospermum mopane* und *Terminalia prunioides* stärker in den Vordergrund.

Folgende Bindungen der Lebensformgruppen an standörtliche Eigenschaften lassen sich für alle Transekte belegen:

- Hohe Artenzahlen und hohe Deckungsgrade der Chamaephyten sind an Standorte mit einem hohen Anteil an Blöcken gebunden.
- Dagegen weisen chamaephytische Arten an feinmaterialarmen Standorten geringe Deckungsgrade auf.
- Hohe Artenzahlen und hohe Deckungsgrade der stammsukkulenten Arten sind mit einem hohen Anteil der Steinfraktion, der Blockfraktion und des anstehenden Gesteins verbunden.
- Hohe Artenzahlen und hohe Deckungsgrade erzielen Stammsukkulente an Standorten mit einer starken Hangneigung.
- Standorte mit einem hohen Feinmaterialanteil sind durch geringe Deckungsgrade der stammsukkulenten Arten gekennzeichnet.
- Hohe Artenzahlen und hohe Deckungsgrade erreichen die Phanerophyten an Standorten in den niederschlagsreichen Transektabschnitten.
- Für die Artenzahlen und die Deckungsgrade der Gräser, der krautigen Arten, der blattsukkulenten Arten und der Geophyten lassen sich für das Arbeitsgebiet keine allgemeingültigen Bindungen an Standorteigenschaften beschreiben.

Die Bindung der Arten an die Ausprägungen von Standortfaktoren, führt entlang der Transekte zur Herausbildung unterschiedlicher Vegetationstypen. So werden die niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitte von einem artenarmen *ephemerem Grasland* geprägt, dessen Hauptart *Stipagrostis hirtigluma* darstellt. Mit der Zunahme der Niederschlagsmenge bei gleichzeitiger Verringerung der interannuellen Niederschlagsvariabilität geht das *ephemere Grasland* nach Osten in eine Savanne über, die sich in Abhängigkeit von standörtlichen Gegebenheiten in unterschiedliche Savanntypen und Gemeinschaften gliedern läßt. Der dominierende Savanntyp der Transekte Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park und Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park ist die

Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne, die in den niederschlagsreichsten Transektabschnitten von der *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* abgelöst wird. Mit den nach Süden abnehmenden Niederschlagsmengen, treten im Bereich des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park weitere Savannentypen hinzu. Zu nennen sind dabei die artenarme *Colophospermum mopane-Savanne*, die *Commiphora spp.-Savanne* und die auf Schwemmebenen und Trockenflußbetten beschränkte *Acacia spp.-Savanne*. Aufgrund der geringen Niederschläge im Bereich des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park, tritt die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* hier nur räumlich eng begrenzt im östlichen Transektabschnitt in Erscheinung. Die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne* konnte im Bereich des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park nicht dokumentiert werden.

Hauptdeterminanten für die Herausbildung der unterschiedlichen Vegetationseinheiten sind großräumig die Gradienten der mit den Niederschlägen verbundenen Klimaelemente. Daneben zeigt sich eine enge Bindung des Auftretens einzelner Gemeinschaften vor allem an die bodenphysikalischen Bedingungen des Standortes sowie an die Lage im Relief. Bodenchemische Eigenschaften spielen als vegetationsdifferenzierende Faktoren eine deutlich untergeordnete Rolle.

Ergebnisse zum Schwerpunktthema „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“

Während das Schwerpunktthema „Vegetationsökologische Transektanalyse“ auf die zonale, von anthropogenen Einflüssen nur gering überformte Vegetation fokussiert, steht bei der Untersuchung der Vegetation der Siedlungsplätze die von anthropogenen Nutzungseinflüssen stark überformte Vegetation im Mittelpunkt. Die an den Siedlungsplätzen auf die Vegetation einwirkenden Faktoren wie Trittbelastung, hohe Nährstoffkonzentration und Verbiß führen zu Vegetationsmustern, die sich durch die starke Dominanz annueller Arten deutlich von denen der umgebenden Matrixvegetation unterscheiden. In Abhängigkeit von der jeweiligen Flächennutzung, aber auch bedingt durch die Lage entlang des Transekts (Niederschlagsgradient), lassen sich für die einzelnen Siedlungsplätze bzw. Siedlungsstrukturen zahlreiche Pflanzengemeinschaften beschreiben.

Zahlreiche Arten sind in ihrer Verbreitung im Kaokoland auf gestörte Stellen, wie sie Siedlungsplätze darstellen, beschränkt und können so als ruderale Arten aufgefaßt werden. Zu den häufig im Bereich der Siedlungsplätze auftretenden Arten gehören *Tribulus zeyheri*, *Enneapogon desvauxii* und *Eragrostis annulata*. Diese als Störungszeiger aufzufassenden annuellen Arten dringen auch stark in die Savannen-Gemeinschaften ein. Von den typischen Savannenarten sind die Phanerophyten *Colophospermum mopane*, *Terminalia prunioides* und *Boscia foertida* als vergleichsweise störungstolerant einzustufen. Arten wie z.B. *Combretum apiculatum*, *Croton gratissimus*, *Grewia flavescens* und *Melinis repens ssp. grandiflora* können für das Arbeitsgebiet als Indikatorarten für gering gestörte Savannensysteme aufgefaßt werden.

Ergebnisse zum Schwerpunktthema „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“

Eine Annäherung an eine Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte im Arbeitsgebiet erfolgt auf der Grundlage von Interviews mit Himba und Herero über deren Wahrnehmung von Landschaftsver-

änderungen. Im Mittelpunkt der Interviews stand die Frage nach der Wahrnehmung eines durch die Dürreperiode 1979-1981 ausgelösten Wandels der Landschaft. Neben Fragen nach möglichen Veränderungen der Vegetation wurde auch der Komplex der Bodenerosion, dem im stark desertifikationsgefährdeten Raum des Kaokolandes eine besondere Bedeutung zukommt, in die Interviews einbezogen.

Der Perzeption der Informanten folgend, lassen sich im Hinblick auf einen durch die Dürreperiode 1979-1981 hervorgerufenen Landschaftswandel folgende Aussagen machen:

- Die während der einzelnen Regenzeiten fallenden Niederschlagsmenge erreichen nicht das Niveau wie vor der Dürreperiode 1979-1981.
- Zahlreiche Pflanzenarten sind wegen der drei Jahre andauernden Dürre verschwunden oder in ihrer Bedeutung stark zurückgegangen.
- Eine Regeneration der Vegetation – insbesondere der Gräser – ist möglich, sollten die Niederschläge wieder in der Menge fallen, wie vor der Dürreperiode 1979-1981.
- Der durch Ackerbau zu erwirtschaftende Ertrag ist im Vergleich zum vor der Dürreperiode 1979-1981 liegenden Zeitabschnitt durchweg stark zurückgegangen.
- Bodenerosion ist in den Untersuchungsgebieten ein weit verbreitetes Phänomen.

Mit dem Ziel, die Aussagen der Informanten zu objektivieren, wurden historische Quellen ausgewertet und für einzelne, besonders stark degradierte Teilräume ein Luftbildvergleich des Zeitraumes vor der Dürreperiode 1979-1981 mit dem nachfolgenden Zeitabschnitt vorgenommen.

Als Ergebnis läßt sich feststellen, daß die von den Informanten gemachten Aussagen hinsichtlich einer Veränderung des gesamten Landschaftsraumes durch historische Quellen und das „objektive Auge“ des Luftbildes nicht bestätigt werden können. Die heute insbesondere in den dicht besiedelten Beckenlagen sichtbaren, tiefgreifenden Degradation führenden Prozesse, sind vermutlich das Ergebnis einer seit mehreren Dekaden andauernden Übernutzung dieser Räume. In diesen Teilräumen liegt eine Entkoppelung von der das übrige Kaokoland prägenden Disequilibriums-orientierten Wirtschaftsweise vor. Die zunehmende Aufgabe der traditionellen, auf mobile Viehhaltung ausgerichteten Wirtschaftsweise, ist im Zusammenspiel mit den regelmäßig auftretenden Dürreperioden bzw. den großräumig und langfristig abnehmenden Niederschlagsmengen, Hauptfaktor für eine Ausweitung des Desertifikationsrisikos auch über die heute bereits desertifizierten Teilräume hinaus.

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, daß die Vegetation des Kaokolandes im Übergang von der Savanne zur Halbwüste trotz der pastoralnomadischen Nutzung durch die Himba und Herero als weitgehend intaktes System aufgefaßt werden kann. Im Gegensatz zu diesen überwiegend noch intakten Systemen, liegen in den eine hohe Besiedlungsdichte aufweisenden Räumen, wie sie die Gunsträume in Beckenlagen darstellen, stark gestörte Ausprägungen der Vegetation vor. Aufgrund der sich im Kaokoland im raschen Umbruch befindlichen wirtschaftlichen und sozialen Strukturen, sind nicht nur in den Siedlungsbereichen umfassende Maßnahmen zur Begrenzung des Desertifikationsrisikos notwendig. Ein Erhalt der heute noch weitgehend intakten Savannen- und Halbwüstensysteme sollte das primäre Ziel weiterer Forschungsansätze sein.

Literaturverzeichnis

- ABEL, H. (1954): Beiträge zur Landeskunde des Kaokoveldes (Südwestafrika). - Deutsche Geographische Blätter **47**(1/2), Friedrich Trüben Verlag, Bremen, 122 S.
- ABEL, N.O.J. & BLAIKIE, P.M. (1989): Land degradation, stocking rares and conservation politics in the communal rangelands of Botswana and Zimbabwe. - Land Degradation & Rehabilitation **1**: 101-123.
- ABEL, N.O.J. (1993): Reducing cattle numbers on Southern African communal Range: Is it worth it?. - In: BEHNKE, R.H., SCOONES, I. & KERVEN, C. [Hrsg.]: Range Ecology at Disequilibrium. - Overseas Development Institute, London, S. 173-195.
- ABRAMS, M.M., JACOBSEN, P.J., JACOBSON, K.M. & SEELY, M.K. (1997): Survey of soil chemical properties across a landscape in the Namib Desert. - Journal of Arid Environments **35**: 29-38.
- AGNEW, C. & A. WARREN (1996): A framework for tackling drought and land degradation. - Journal of Arid Environments **33**: 309-320.
- AGNEW, C. (1990): Spatial aspects of drought in the Sahel. - Journal of Arid Environments **18**: 279-293.
- AGNEW, C.T. & ANDERSON, E.W. (1992): Water Resources in the Arid Realm. - Routledge, London, 329 S.
- AHARONI, B. & WARD, D. (1997): A new predictive tool for identifying areas of desertification: A case study from Namibia. - Desertification Control Bulletin **31**: 12-18.
- AHMAD, Y. (1998): The socio-economics of pastoralism: a commentary on changing techniques and strategies for livestock management. - Overseas Development Institute, London, 14 S.
- ALBERTSON, F.W. & J. E. WEAVER, J.E. (1942): History of the native vegetation of Kansas during seven years of continuous drought. - Ecology Monographies **12**(1): 23-51.
- ALBERTSON, F.W. & J. E. WEAVER, J.E. (1944a): Effects of drought, dust, and intensity of grazing on cover and yield of shortgrass pastures. - Ecology Monographies. **12**(1): 3-29.
- ALBERTSON, F.W. & J. E. WEAVER, J.E. (1944b): Nature and degree of recovery of grassland from the great drought of 1933-1940. - Ecology Monographies. **14**(1): 393-479.
- ALIZAI, U.H. & HULBERT, L.C. (1970): Effects of soil texture on evaporation loss and available water in semi-arid climates. - Soil Science **110**(5): 328-332.
- ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 331 S.
- ARCHER, S. (1989): Have southern Texas savannas been converted to woodlands in recent history? - American Naturalist **134**: 25-29.
- ARGAW, M., TEKETAY, D. & OLSSON, M. (1999): Soil seed flora, germination and regeneration patterns of woody species in an *Acacia* woodland of the Rift Valley in Ethiopia. - Journal of Arid Environments **43**: 411-435.
- ARNTZ, W.E. & FAHRBACH, E. (1991): El Niño - Klimaexperiment der Natur. - Birkhäuser, Basel, 264 S.

- AUERBACH, M. & SHMIDA, A. (1987): Spatial scale and the determinates of plant species richness. - *TREE* **2**(8): 232-237.
- AUSTIN, M.P. & GAYWOOD, M.J. (1994): Current problems of environmental gradients and species response curves in relation to continuum theory. - *Journal of Vegetation Science* **5**: 473-482.
- AUSTIN, M.P. (1987): Models for the analysis of species' response to environmental gradients. - *Vegetatio* **69**: 35-45.
- AYANTUNDE, A.A., HIERNAX, P., FERNÁNDEZ-RIVERA, S., VAN KEULEN, H. & UDO, H.M.J. (1999): Selective grazing by cattle on spatially and seasonally heterogeneous rangeland in Sahel. - *Journal of Arid Environments* **42**: 261-279.
- AYOUB, A.T. (1998): Extent, severity and causative factors of land degradation in the Sudan. - *Journal of Arid Environments* **38**: 397-409.
- AYOUB, A.T. (1999): Land Degradation, Rainfall variability and food production in the sahelian zone of the Sudan. - *Land Degradation & Development* **10**: 489-500.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W., SCHUCHARD-FICHER, C. & WEIBER, R. (1987): *Multivariate Analysemethoden*. - Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 594 S.
- BADEJO, M.A. (1998): Agroecological restoration of savanna ecosystems. - *Ecological Engineering* **10**: 209-219.
- BAHRENBERG, G., GIESE, E. & NIPPER, J. (1990): *Statistische Methoden in der Geographie, Band 1*. - Teubner Verlag, Stuttgart, 233 S.
- BAHRENBERG, G., GIESE, E. & NIPPER, J. (1992): *Statistische Methoden in der Geographie, Band 2*. - Teubner Verlag, Stuttgart, 415 S.
- BARNARD, P. (1995): Scientific research traditions and collaboration in tropical ecology. - *TREE* **10**(1): 27.
- BARNARD, P. (1998): Overview of Namibia and its biological diversity. - In: BARNARD, P. [Hrsg.]: *Biological Diversity in Namibia*. - Namibian National Biodiversity Task Force, Windhoek, S. 15-55.
- BARNARD, P., BETHUNE, S. & KOLBERG, H. (1998a): Ecological diversity in Namibia. - In: BARNARD, P. [Hrsg.]: *Biological Diversity in Namibia*. - Namibian National Biodiversity Task Force, Windhoek, S. 57-78.
- BARNARD, P., BROWN, C.J., JARVIS, A.M., ROBERTSON, A. & VAN ROOYEN, L. (1998b): Extending the Namibian protected area network to safeguard hotspots of endemism and diversity. - *Biodiversity and Conservation* **7**: 531-547.
- BARNES, G.R., BRANSBY, D.I. & TANTON, N.M. (1987): Fertilization of southern tall grassveld of Natal: Effects on botanical composition and utilization under grazing. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **4**(2): 63-67.
- BARNES, G.R., RETHMAN, N.F.G., BEUKES, B.H. & KOTZE, G.D. (1984): Veld composition in relation to grazing capacity - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **1**(1): 16-19.
- BATE, C.G. & GUNTON, C. (1982): Nitrogen in the *Burkea* Savanna. - In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H. [Hrsg.]: *Ecology of tropical savannas*. - Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 498-534.

- BATTERBURY, S.P.J. & BEBBINGTON, A.J. (1999): Environmental histories, access to resources and landscape change: an introduction. - *Land Degradation & Development* **10**: 279-289.
- BECKER, T. & GETZIN, S. (2000): The Fairy Circles of Kaokoland (North-West Namibia) - origin, distribution, and characteristics. - *Journal of Basic and Applied Ecology* **2** (im Druck).
- BECKER, T. & JÜRGENS, N. (2000): Vegetation along climate gradients in Kaokoland, North-West Namibia. - *Phytocoenologia* (im Druck).
- BEHNKE, R.H. & SCOONES, I. (1993): Rethinking Range Ecology: Implications for Rangeland Management in Africa. - In: BEHNKE, R.H., SCOONES, I. & KERVEN, C. (1993): *Range Ecology at Disequilibrium*. - Overseas Development Institute, London, S. 1-30.
- BEHNKE, R.H., SCOONES, I. & KERVEN, C. [Hrsg.] (1993): *Range Ecology at Disequilibrium*. - Overseas Development Institute, London, 248 S.
- BEIERKUHNELEIN, C. (1998): Biodiversität und Raum. - *Die Erde* **128**: 81-101.
- BELL, R.H.V. (1985): Carrying capacity and offtake quotas. - In: BELL, R.H.V. & MCSHANE CALUZI, E. [Hrsg.]: *Conservation and Wildlife Management in Africa*. - US Peace Corps, Washington.
- BELNAP, J. (1995): Surface disturbances: Their role in accelerating desertification. - *Environmental Monitoring and Assessment* **37**: 39-57.
- BELSKY, A. J. (1990): Tree/grass ratios in East African savannas: a comparison of existing models. - *Journal of Biogeography* **17**: 483-489.
- BESLER, H., BLÜMEL, W.D., HEINE, K., HÜSER, K., LESER, H. & RUST, U. (1994): Geomorphogenese und Paläoklima Namibias. - *Die Erde* **125**: 139-165.
- BESTER, F.V. (1999): Major Problems - Bush species and densities in Namibia. - *Agricola* **10**: 1-3.
- BINET, P. (1981): Short-term dynamics of minerals in arid ecosystems. - In: GOODALL, D.W. & PERRY, R.A. [Hrsg.]: *Arid lands ecosystems: structure, functioning and management*- IBP, Cambridge University Press, Cambridge, S. 325-356.
- BIOT, Y. (1993): How long can high stocking densities be sustained? - In: BEHNKE, R.H., SCOONES, I. & KERVEN, C. (1993): *Range Ecology at Disequilibrium*. - Overseas Development Institute, London, S. 153-172.
- BISIGATO, A.J. & BERTILLER, M.B. (1997): Grazing effects on patchy dryland vegetation in northern Patagonia. - *Journal of Arid Environments* **36**: 639-653.
- BISWELL, H.H. (1956): Ecology of California grassland. - *Journal of Range Management* **9**(1): 19-24.
- BLENCH, R. & SOMMER, F. (1999): *Understanding Rangeland Biodiversity*. - Overseas Development Institut, Working Paper 121, London, 51 S.
- BLÜMEL, W.D., HÜSER, K. & EITEL, B. (2000): Landschaftsveränderungen in der Namib. - *Geographische Rundschau* **52**(9): 17-23.
- BOICE, F.S. (1955): A Southwestern Rancher's Viewpoint of Shrub Control. - *Journal of Range Management* **8**(3): 103-104.
- BOLLIG, M. & SCHULTE, A. (1999): Environmental change and pastoral perceptions: Degradation and indigenous knowledge in two african pastoral communities. - *Human Ecology* **27**(3): 494-514.

- BOLLIG, M. (1994): Krisenmanagement und Risikominimierung bei den pastoralnomadischen Pokot Nordwestkenias. - In: BOLLIG, M. & KLEES, F. [Hrsg.]: Überlebensstrategien in Afrika. - Heinrich-Barth-Institut, Colloquium Africanum **1**, Köln, S. 29-46.
- BOLLIG, M. (1996): Überleben in einer unsicheren Umwelt - die Himba des Kaokolandes. - Namibia Magazin **4**: 14-16.
- BOLLIG, M. (1997a): Risk and risk and minimization amongst Himba pastoralists in North-Western Namibia. - Basler Afrika Bibliographien, Working Paper **2**: 1-31.
- BOLLIG, M. (1997b): „When war came the cattle slept...“: Himba oral traditions. - Rüdiger Köppe Verlag, Köln, 337 S.
- BOLLIG, M. (1998): The colonial encapsulation of the North-Western Namibian pastoral economy. - Africa **68** (4): 506-536.
- BOLLIG, M. (1999): Risk Management in a Hazardous Environment. Habilitationsschrift, Universität zu Köln (unveröf.), 626 S.
- BOLLIG, M. (2000a): Koloniale Marginalisierung und ethnische Identität in Nordwestnamibia: Ökonomie und Gesellschaft der Himba seit dem 19. Jdht. - Kölner Geographische Arbeiten, Köln (im Druck).
- BOLLIG, M. (2000b): Produktion und Austausch: Grundlagen der pastoralen Ökonomie Nordwestnamibias. - Kölner Geographische Arbeiten, Köln (im Druck).
- BOND, W.J. (1989): Describing and conserving biotic diversity. - In: HUNTLEY, B.J. [Hrsg.]: Biotic diversity in Southern Africa. - Oxford University Press, Kapstadt, S. 1-18.
- BOONZAIER, E.A., HOFFMANN, M.T., ARCHER, F.M. & SMITH, A.B. (1990): Communal land use and the ‚tragedy of the commons‘: some problems and development perspectives with specific reference to semi-arid regions of southern Africa. - Journal of the Grassland Society of Southern Africa **7**(2): 77-80.
- BORMAN, M.M. & PYKE, D.A. (1994): Successional theory and the desired plant community approach. - Rangelands **16**(2): 82-84.
- BORNKAMM, R. & KEHL, H. (1985): Pflanzengeographische Zonen in der Marmarika (Nordwest-Ägypten). - Flora **176**: 141-151.
- BORNKAMM, R. & KEHL, H. (1990): The plant communities of the Western Desert. - Phytocoenologia **19**(2): 149-231.
- BOSCH, O.J.H. & JANSE VAN RENSBURG, F.P. (1987): Ecological status of species on grazing gradients on shallow soils of western Grassland Biome in South Africa. - Journal of the Grassland Society of Southern Africa **4**(4): 143-147.
- BOSCH, O.J.H. & KELLNER, K. (1991): The use of a degradation gradient for the ecological interpretation of condition assessments in the western grassland biome of Southern Africa. - Journal of Arid Environments **21**: 21-29.
- BOSCH, O.J.H. (1989): Degradation of the semi-arid grasslands of southern Africa. - Journal of Arid Environments **16**: 165-175.
- BOSCH, O.J.H., JANSE VAN RENSBURG, F.P. & DUT TRUTER, S. (1987): Identification and selection of benchmark sites on litholitic soils of the western grassland biome of South Africa. - Journal of the Grassland Society of Southern Africa **4**(2): 59-62.

- BOß, G. (1934): Aus dem Pflanzenleben Südwestafrikas. - J. Meinert Ltd., Windhoek, 175 S.
- BOTHA, L. (1999): History of drought in Namibia. - *Agricola* **10**: 5-12.
- BOUSMAN, B. & SCOTT, L. (1994): Climate or overgrazing?: the palynological evidence for vegetation change in the eastern Karoo. - *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Wetenskap* **90**: 575-578.
- BOYD, C. & TURTON, C., HATIBU, N., MAHOO, H.F., LAZARO, E., RWEHUMBIZA, F.B., OKUBAL, P. & MAKUMBI, M. (2000): The contribution of soil and water conservation to sustainable livelihoods in semi-arid areas of sub-saharan Africa. - Overseas Development Institute, Agricultural Research & Extension Network, Network Paper No. 102, London, 20 S.
- BRADBURY, M. (1990a): The effect of water stress on growth and dry matter distribution in juvenile *Sesbania sesban* and *Acacia nilotica*. - *Journal of Arid Environments* **18**: 325-333.
- BRADBURY, M. (1990b): The effect of water stress on diurnal changes in photosynthesis and water relations of *Sesbania sesban* and *Acacia nilotica*. - *Journal of Arid Environments* **18**: 335-342.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. - Springer Verlag, Wien, New York, 865 S.
- BREDENKAMP, G.J. & BEZUIDENHOUT, H. (1995): A proposed procedure for the analysis of large phytosociological data sets in the classification of south African grasslands. - *Koedoe* **38**(1): 33-39.
- BROMILOW, C. (1995): Problem Plants of South Africa. - Briza Publications, Kapstadt, 315 S.
- BROWN, A.L. (1950): Shrub Invasion of Southern Arizona Desert Grasslands. - *Journal of Range Management* **3**(3): 172-177.
- BRUNOTTE, E. & SANDER, H. (2000a): Bodenerosion in lößartigen Sedimenten Nordnamibias (Becken von Opuwo) hervorgerufen durch Gullybildung und Mikropedimentation. - *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.* **44**: 249-267.
- BRUNOTTE, E. & SANDER, H. (2000b): Loess accumulation and soil formation in Kaokoland (Northern Namibia) as indicators of Quaternary climatic change. - In: KRÖPELIN, S. & PETIT-MAIRE, N. [Hrsg.]: *Global and Planetary Change, Special Volume "Paleomonsoon Variations and Global Change during the Late Quaternary"* (im Druck).
- BRUNOTTE, E. & SANDER, H. (2000c): Das Alter der Auensedimente des Kunene zwischen Epupa und Ruacana (Namibia): erste ¹⁴C-Daten. - *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil I* **5/6**: 615-621.
- BRUNOTTE, E. & SPÖNEMANN, J. (1997): Die kontinentale Randabdachung Nordwestnamibias: eine morphotektonische Untersuchung. - *Petermanns Geographische Mitteilungen* **141**: 3-15.
- BUCKLEY, R., WASSON, R. & GUBB, A. (1987): Phosphorus and potassium status of arid dunefield soils in central Australia and southern africa, and biogeographic implications. - *Journal of Arid Environments* **13**: 211-216.
- BUFFINGTON, L.C. & HERBEL, C.H. (1965): Vegetation changes on a semidesert grassland range from 1858 to 1963. - *Ecology Monographies* **35**: 139-164.
- BURGESS, T.L. & SHMIDA, A. (1985): Succulent growth forms in arid environments. - In: WHITHEAD, E.E., HUTCHINSON, C.F., TIMMERMANN, B.N. & VERITY, R.G. (1986): *Arid Lands: Today and Tomorrow*. - Proceedings of an international research and development conference, Office of Arid Land Studies, Tucson, S. 383-395.

- CASIMIR, M.J., WINTER, R.P. & GLATZER, B. (1980): Nomadism and remote sensing: animal husbandry and the sagebrush community in a nomad winter area in western Afghanistan. - *Journal of Arid Environments* **3**: 231-254.
- CHAPLINE, W.R. (1966): Range Management Worldwide Introduction. - *Journal of Range Management* **19**(6): 1.
- CHOINSKI, J.S. & TUOHY, J.M. (1991): Effect of water potential and temperature on the germination of four species of African savanna trees. - *Annals of Botany* **68**: 227-233.
- CHRISTIANSSON, C. (1981): Soil erosion and sedimentation in semi-arid Tanzania. - Scandinavian Institute of African Studies, Stockholm, 206 S.
- CLEMENTS, F.E. (1905): Research methods in ecology. - The University Publishing Co., Lincoln, Nebraska.
- CLEMENTS, F.E. (1916): Plant succession: an analysis of the development of vegetation. - Carnegie Institution of Washington Publ. 242, Washington D.C.
- CLEMENTS, F.E. (1936): Nature and structure of the climax. - *Journal of Ecology* **24**: 253-284.
- COATES PALGRAVE, K. (1983): Trees of Southern Africa. - Struik Publishers, Kapstadt, 959 S.
- COETZEE, B.J. & GERTENBACH, W.P.D. (1977): Technique for describing woody vegetation composition and structure in inventory type classification, ordination and animal habitat surveys. - *Koedoe* **20**: 67-75.
- COETZEE, M.E. (2000): Agro-Ecological Zoning Programme. - Agriculture Laboratory, Windhoek, Namibia (unveröf. Manusk.).
- COLE, M.M. (1982): The influence of soils, geomorphology and geology on the distribution of plant communities in savanna ecosystems. - In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H. [Hrsg.]: Ecology of tropical savannas. - Springer Berlin, Heidelberg, New York, S. 145-174.
- COLE, M.M. (1986): The savannas: biogeography and geobotany. - Academic Press, London, 438 S.
- COLLINS, S.L. (1995): The measurement of stability in grasslands. - *TREE* **10**(3): 95-96.
- CONNELL, J.H. & SLAYTER, R.O. (1977): Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. - *The American Naturalist* **111**: 1119-1144.
- COOK, C.W., STODDART, L.A. & HARRIS, L.E. (1953): Effects of Grazing Intensity upon the Nutritive Value of Range Forage. - *Journal of Range Management* **6**(1): 51-54.
- COPPOCK, D.L. (1993): Vegetation and pastoral Dynamics in the Southern Ethiopian Rangelands: Implications for Theory and Management. - In: BEHNKE, R.H., SCOONES, I. & KERVEN, C. (1993): Range Ecology at Disequilibrium. - Overseas Development Institute, London, S. 42-61.
- CORNELIUS, R., SCHULTKA, W., WALSH, M. & SCHWARTZ, H.J. (1992): Zum Einfluß intensiver Formen der Weidenutzung auf die Ökologie einer Dornsavanne Nordkenias. - *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* **21**: 457-463.
- COSBY, H.E. (1960): Rings on the Range. - *Journal of Range Management* **13**(6): 283-288.
- COTTAM, G. & CURTIS, J.T. (1956): The use of distance measures in phytosociological sampling. - *Ecology* **37**: 451-460.

- COTZEE, M.E. (1999): Addendum to the Agricola 1998/1999. Preliminary Agro Ecological Zones. - Ministry of Agriculture, Water and Rural Development und Directorete Agricultural Research and Training, Windhoek, 69 S.
- COUGHENOUR, M.B., COPPOCK, D.L., ELLIS, J.E. (1990): Herbaceous forage variability in an arid pastoral region of Kenya: importance of topographic and rainfall gradients. - *Journal of Arid Environments* **19**: 147-159.
- COWLING, R.M. & HILTON-TAYLOR, C. (1997): Phytogeography, flora and endemism. - In: COWLING, R.M, RICHARDSON, D.M. & PIERCE, S.M. [Hrsg.]: *Vegetation of Southern Africa*. - Cambridge University Press, Cambridge, S. 43-61.
- COWLING, R.M. (1990): Diversity components in a species-rich area of the Cape Floristic Region. - *Journal of Vegetation Science* **1**: 699-710.
- COWLING, R.M., ESLER, K.J., MIDGLEY, G.F. & HONIG, M.A. (1994): Plant functional diversity, species diversity and climate in arid and semi-arid southern Africa. - *Journal of Arid Environments* **27**:141-158.
- COWLING, R.M., RICHARDSON, D.M., SCHULZE, R.E., HOFFMANN, M.T., MIDGLEY, J.J. & HILTON-TAYLOR, C. (1997): Species diversity at the regional scale. - In: COWLING, R.M, RICHARDSON, D.M. & PIERCE, S.M. [Hrsg.]: *Vegetation of Southern Africa*. - Cambridge University Press, Cambridge, S. 447-473.
- COWLISHAW, G. & DAVIES, J.G. (1997): Flora of the pro-Namib desert Swakop River catchment, Namibia: community classification and implications for desert vegetation sampling. - *Journal of Arid Environments* **36**: 271-290.
- CRAMER, W. & HYTTEBORN, H. (1987): The separation of fluctuation and long-term change in vegetation dynamics of a rising seashore. - *Vegetatio* **69**: 157-167.
- CRAVEN, P. & MARAIS, C. (1992): *Namib Flora*. - Gamsberg Macmillan Publishers, Windhoek, 128 S.
- CRAVEN, P. & MARAIS, C. (1993): *Damaraland Flora*. - Gamsberg Macmillan Publishers, Windhoek, 127 S.
- CRAVEN, P. (1994): *Hereo Names for Plants*. - National Botanical Research Institute, Windhoek (Manuskript).
- CRAVEN, P. [Hrsg.] (1999): *Checklist of Namibian Plant Species*. - Southern African Botanical Diversity Network Report No. 7 SABONET, Windhoek, 204 S.
- CROSS, N. (1990): *The Sahel: The peoples' right to development*. - The Minority Rights Group, London.
- DAHLBERG, A.C. (2000): Vegetation diversity and change in relation to land use, soil and rainfall - a case study from North-east district, Botswana. - *Journal of Arid Environments* **44**: 19-40.
- DANCKWERTS, J.E. & STUART-HILL, G.C. (1988): The effect of severe drought and management after droughts on the mortality and recovery of semi-arid grassland. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **5**(4): 218-222.
- DANIN, A. (1999a): Sandstone outcrops - a major refugium of mediterranean Flora in the xeric part of Jordan. - *Israel Journal of Plant Science* **47**:179-187.

- DANIN, A. (1999b): Desert rocks as plant refugia in the Near East. - *The Botanical Review* **65**(2): 93-170.
- DARKOH, M.B.K. (1998): The nature causes and consequences of desertification in the drylands of Africa. - *Land Degradation & Development* **9**: 1-20.
- DE PAUW, E. & COETZEE, M.E. (1999): Production of an Agro-Ecological Zones Map of Namibia (first approximation). Part I.: Condensed Methodology. - *Agricola* **10**: 27-31.
- DE RIDDER, N., BENJAMIN, R.W. & VAN KEULEN, H. (1986): Forage selection and performance of sheep grazing dry annual range. - *Journal of Arid Environments* **10**: 39-51.
- DE SOYZA, A.G., WHITFORD, W.G., HERRICK, J.E., VAN ZEE J.W. & HAVSTAD, K.M. (1998): Early warning indicators of desertification: examples of tests in the Chihuahuan Desert. - *Journal of Arid Environments* **39**: 101-112.
- DE WINTER, B. (1971): Floristic relationships between the northern and southern arid areas in Africa. - *Mitteilungen der Botanischen Staatssammlung München* **10**: 424-437.
- DEAN, W.R.J., DU PLESSIS, M.A., MILTON, S.J., ADAMS, N.J. & SIEGFRIED, W.R. (1992): An association between a stem succulent (*Euphorbia damarana*) and a leaf succulent (*Aloe asperifolia*) in the Namib Desert. - *Journal of Arid Environments* **22**: 67-72.
- DEAN, W.R.J., HOFFMAN, M.T., MEADOWS, M.E. & MILTON, S.J. (1995): Desertification in the semi-arid Karoo, South Africa: review and reassessment. - *Journal of Arid Environments* **30**: 247-264.
- DEKKER, B. & SMIT, G.N. (1996): Browse production and leaf phenology of some trees and shrubs in different *Colophospermum mopane* savanna communities. - *African Journal of Range & Forage Science* **13**(1): 15-23.
- DEKKER, B. (1998): Calculating stocking rates for game ranches: substitution ratios for use in the Mopani Veld. - *African Journal of Range & Forage Science* **14**(2): 62-67.
- DEWDNEY, R. (1996): Policy factors and desertification - analysis and proposals. - Desert Research Foundation of Namibia, Windhoek, 127 S.
- DHAR, O.N., RAKHECHA, P.R. & KULKANI, A.K. (1979): Rainfall study of severe drought years in India. - Indian National Committee for the International Hydrology Programme, New Dehli.
- DÍAZ, S. CABIDO, M., ZAK, M., MARTÍNEZ CARRETERO, E. & ARANÍBAR, J. (1999): Plant functional traits, ecosystem structure and land-use history along a climatic gradient in central-western Argentina. - *Journal of Vegetation Science* **10**: 651-660.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. - Ulmer, Stuttgart, 683 S.
- DIERSSEN, K. (1990): Einführung in die Pflanzensoziologie. - Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 241 S.
- DIJKMAN, J. (1996): Carrying capacity: outdated concept or useful livestock management tool? - Overseas Development Institute, London, 8 S.
- DINGLE, R.V., SIESSER, W.G. & NEWTON, A.R. (1983): Mesozoic and Tertiary Geology of Southern Africa. - Balkema, Rotterdam.
- DODD, J.L. (1994): Desertification and Degradation of Africa's Rangelands. - *Rangelands* **16**(5): 180-183.

- DONALDSON, C.H. (1979): Goats and/or cattle on Mopani Veld. - Proceedings of the Grassland Society of South Africa **14**: 119-123.
- DU PISANI, L.G., FOUCHÉ, H.J. & VENTER, J.C. (1998): Assessing rangeland drought in South Africa. - Agricultural Systems **57**(3): 367-380.
- DU TOIT, P.C.V. (1995): The grazing index method of range condition assessment. - African Journal of Range and Forage Science **12**(2): 61-67.
- DU TOIT, P.C.V. (1998): Description of a method for assessing veld condition in the Karoo. - African Journal of Range & Forage Science **14**(3): 90-93.
- DYE, P.J. & WALKER, B.H. (1980): Vegetation-environment relations on sodic soils of Zimbabwe Rhodesia. - Journal of Ecology **68**: 589-606.
- DYKSTERHUIS, E.J. (1949): Condition and Management of Range Land Based on Quantitative Ecology. - Journal of Range Management **2**(2): 104-115.
- DYKSTERHUIS, E.J. (1955): What is Range Management? - Journal of Range Management **8**(5): 193-196.
- ECKHARDT, H.C., VAN ROOYEN, N. & BREDENKAMP, G.J. (1992): A vegetation survey of the north-eastern Orange Free State to facilitate ecologically sound land-use planning and management. - Bulletin of the Grassland Society of Southern Africa **3**(1): 32.
- ECKHARDT, H.C., VAN ROOYEN, N. & BREDENKAMP, G.J. (1995): The grassland communities of the slopes and plains of the north-eastern Orange Free State. - Phytocoenologia **25**(1): 1-21.
- EICHHORN, B. & JÜRGENS, N. (2000): Holozäne Vegetationsgeschichte und Nutzung pflanzlicher Ressourcen im Kaokoland - Stabilität oder Wandel. - Kölner Geographische Arbeiten, Köln (im Druck).
- EICKER A., THERON G.K. & GROBBELAAR N. (1982): 'n Mikrobiologiese studie van "kaal kolle" in die Giribesvlakte van Kaokoland, S.W.A.-Namibia. - South African Journal of Botany **1**: 69-74.
- EITEL, B. & ZÖLLER, L. (1996): Soils and sediments in the basin of Dieprivier-Uitskot (Khrixas District/Namibia): Age, geomorphic and sedimentological investigation, palaeoclimatic interpretation. - Palaeoecology of Africa **24**: 159-172.
- EITEL, B., BLÜMEL, W.D., HÜSER, K. (1999): Der Uniab-Lehm: Relikt feuchttropischer Tertiärklimate in der Nördlichen Namib (Skelettküste/Namibia). - Die Erde **130**: 17-27.
- EL-AYOUTY, E.Y., GHABBOUR, S.I. & EL-SAYYED, N.A.M. (1978): Rôle of litter and the excreta of soil fauna in the nitrogen status of desert soils. - Journal of Arid Environments **1**: 145-155.
- ELLENBERG, H. (1959): Typen tropischer Urwälder in Peru. - Schweizer Zeitschrift für Fortwissenschaften **110**: 169-187.
- ELLENBERG, H. (1981): Reasons for stem succulents being present or absent in the arid regions of the world. - Flora **171**: 114-169.
- ELLIS, J.E., COUGHNOUR, M.B. & SWIFT, D.M. (1993): Climate Variability, Ecosystem Stability and the Implications for Range and Livestock Development. - In: BEHNKE, R.H., SCOONES, I. & KERVEN, C. (1993): Range Ecology at Disequilibrium. - Overseas Development Institute, London, S. 31-41.
- ELLIS, J.E. & SWIFT, D.M. (1988): Stability of African pastoral ecosystems: Alternate paradigms and implications for development. - Journal of Range Management **41**(6): 450-459.

- ENDFIELD, G.H. & O'HARA, S.L. (1999): Perception or Deception? Land degradation in post-conquest Michoacán, West Central México. - *Land Degradation & Development* **10**: 383-398.
- ENGERT, S. & JURY, M. (1997): Sommerniederschläge im Norden Namibias - Vorläufige Ergebnisse einer zirkulationsdynamischen Untersuchung. - *Würzburger Geographische Arbeiten* **92**: 285-301.
- ERKKILÄ, A. & LÖFMAN, S. (1999): Forest cover change in the Ohanwena Region, Northern Namibia: a case study based on multitemporal Landsat images and aerial photography. - *Southern African Forestry Journal* **184**: 25-32.
- ERKKILÄ, A. & SIISKONEN, H. (1992): Forestry in Namibia. - University of Joensuu, Finland, Silvia Carelica No. **20**, 244 S.
- ESCADAFAL, R., BACHA, S. & DELAÎTRE, E. (1997): Desertification watch in Tunisia: land surface changes during the last 20 years and onwards. - In: SPITERI, S. [Hrsg.]: *Remote sensing '96*. - Balkema, Rotterdam, S. 35-40.
- FAO (1987): Committee on Agriculture (Ninth session). *Improving Productivity of Dryland Areas*. - FAO, Rom.
- FLORET, C., GALAN, M.J., LEFLOC'H, E., ORSHAN, G. & ROMANE, F. (1990): Growth forms and phenomorphology traits along an environmental gradient: tools for studying vegetation. - *Journal of Vegetation Science* **1**: 71-80.
- FORBES, R.G. & TROLLOPE, W.S.W. (1991): Veld management in the communal areas of Ciskei. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **8**(4): 147-152.
- FOURIE, J.H., DE WET, N.J. & PAGE, J.J. (1987): Veld condition and trend in Kalahari duneveld under an extensive stock production system. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **4**(2): 48-54.
- FRANKENBERG, P. (1982): *Vegetation und Raum*. - Uni-Taschenbücher 1177, Schöningh, Paderborn, 245 S.
- FRANKENBERG, P. (1986): Erfassung geoökologischer Gradienten am Nord- und Südrand der Sahara bzw. des Sahel. - *Geomethodica* **11**: 27-78.
- FREY, W. & LÖSCH, R. (1998): *Lehrbuch der Geobotanik*. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- FRIEDEL, M.H. (1987): A preliminary investigation of woody plant increase in the western Transvaal and implications for veld assessment. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **4**(1): 25-30.
- FRIEDEL, M.H. (1991): Range condition assessment and the concept of thresholds: A viewpoint. - *Journal of Range Management* **44**(5): 422-426.
- FRIEDEL, M.H. (1997): Discontinuous change in arid woodland and grassland vegetation along gradients of cattle grazing in central Australia. - *Journal of Arid Environments* **37**: 145-164.
- FULS, E.R. (1991): Some important concepts and perspectives in rangeland ecosystem dynamics and their significance for rangeland science. - *Bulletin of the Grassland Society of Southern Africa* **1**(2): 21-22.
- FULS, E.R. (1992a): Ecosystem modification created by patch-overgrazing in semi-arid grasslands. - *Journal of Arid Environments* **23**: 59-69.

- FULS, E.R. (1992b): A technique for objective habitat condition assessments in rangelands. - *Journal of Arid Environments* **22**: 195-198.
- FULS, E.R., BREDEKAMP, G.J. & VAN ROOYEN, N. (1992b): Plant communities of the rocky outcrops of the northern Orange Free State, South Africa. - *Vegetatio* **103**: 79-92.
- FULS, E.R., BREDEKAMP, G.J., VAN ROOYEN, N. & THERON, G.K. (1992a): Vegetation and habitat classification as a prerequisite for ecologically-sound veld management. - *Bulletin of the Grassland Society of Southern Africa* **3**(1): 11.
- GAUCH, H.G. (1973): The relationship between sample similarity and ecological distance. - *Ecology* **54**: 618-622.
- GELLERT, J.F. (1948a): Niederschlagsschwankungen und Farmwirtschaft in Südwestafrika. - *Zeitschrift für Meteorologie* **2**(4,5): 142-145.
- GELLERT, J.F. (1948b): Klimabedingtheit und wirtschaftsgeographische Struktur der Farmwirtschaft und Farmsiedlung in Südwestafrika. - *Erdkunde* **4/6**(2): 281-302.
- GELLERT, J.F. (1950a): Regen- und Dürrekatastrophen im südlichen Afrika. - *Urania* **13**(6): 223-229.
- GELLERT, J.F. (1950b): Ein Jahrzehnt Niederschlagschwankungen und ihre Auswirkungen auf das Weideveld und die Wirtschaft. - *Erdkunde* **4**(1/2): 110-112.
- GELLERT, J.F. (1962): Wetterlagen und Niederschlagsschwankungen in Süd- und Südwestafrika. - *Zeitschrift für Meteorologie* **16**(3/4): 103-109.
- GHAZANFAR, S.A. (1997): The phenology of desert plants: a 3-year study in a gravel desert wadi in northern Oman. - *Journal of Arid Environments* **35**: 407-417.
- GIBBS RUSSEL, G.E. (1985): Analysis of the size and composition of southern African flora. - *Bothalia* **15**: 613-629.
- GIBBS RUSSEL, G.E. (1987): Preliminary floristic analysis of the major biomes in southern Africa. - *Bothalia* **17**(2): 213-227.
- GIBBS RUSSEL, G.E., WATSON, L., KOEKEMOER, M., SMOOK, L., BARKER, N.P., ANDERSON, H.M. & DALLWITZ, M.J. (1991): Grasses of southern Africa. *Memoirs of the Botanical Survey of South-Africa* No. 58, 437 S.
- GIBBS, W.J. & MAHER, J.V. (1967): Rainfall deciles as drought indicators. - *Bureau of Meteorology, Bulletin* No. **48**, Melbourne.
- GISS, W. (1968): A short report on the Namib coastal area from Swakopmund to Cape Frio.- *Dinteria*, **1**: 13-30; Windhoek.
- GISS, W. (1971): A preliminary vegetation map of South West Africa. - *Dinteria* **4**, Windhoek, 112 S.
- GISS, W. (1989): Bibliography of South West African Botany. - *S.W.A. Wissenschaftliche Gesellschaft, Wissenschaftliche Forschung* **18**, Windhoek.
- GISS, W. (1998): A preliminary vegetation map of South West Africa. - *Dinteria* **4**, 3. überarb. Auflage, Windhoek, 112 S.
- GILLET, H. (1986): Desert and Sahel. - In: LAWSON, G.W. [Hrsg.]: *Plant ecology in Westafrika*. - John Wiley & Sons, London, S. 151-181.
- GILLISON, A.N. & BREWER, K.R.W. (1985): The use of gradient directed transects or gradsects in natural resource surveys. - *Journal of Environment Management* **20**: 103-127.

- GLEASON, H.A. (1926): The individualistic concept of the plant succession. - *Torrey Botanical Club Bulletin* **53**: 7-26.
- GLENDENING, G.E. (1952): Some quantitative data on the increase of mesquite and cactus on a desert range in southern Arizona. - *Ecology* **33**: 319-328.
- GLENN-LEWIN, D.C., VAN DER MAAREL, E. (1992): Patterns and processes of vegetation dynamics. - In: Glenn-Lewin, D.C., Peet, R.K. & Veblen, T.T. [Hrsg.]: *Plant succession - theory and prediction*. - *Population and community biology series* **11**: 11-59.
- GOEL, V.L. & BEHL, H.M. (1996): Fuelwood quality of promising tree species for alkaline soil sites in relation to tree age. - *Biomass and Bioenergy* **10**(1): 57-61.
- GREENWOOD, G.R. & DE LEEUW, P. (1983): Annex 10: Natural resources management. - *The Niger Integrated Livestock Production Project Paper*, Tufts University, North Grafton, U.S.A.
- GREENWOOD, G.R. (1986): Does Sahelian pastoral development include Range Management? - *Rangelands* **8**(6): 259-264.
- GRIFFIN, G.F. & FRIEDEL, H.M. (1985): Discontinuous change in central Australia: some implications of major ecological events for land management. - *Journal of Arid Environments* **9**: 63-80.
- GRUNDY, I.M., CAMPBELL, B.M., BALEBEREHO, S., CUNLIFFE, R., TAFANGENYASHA, C., FERGUSSON, R. & PARRY, D. (1993): Availability and use of trees in Mutanda resettlement area Zimbabwe. - *Forest Ecology and Management* **56**: 243-266.
- HACHFELD, B. (1996): Vegetationsökologische Transektanalyse in der nördlichen Zentralen Namib.-Diplomarbeit, Universität Hamburg, 137 S. [unveröff.].
- HACHFELD, B. (2000): Rain, fog and species diversity of the Central Namib in the exceptional rainy season of 1999/2000. - *Dinteria* (im Druck).
- HAEUPLER, H. (1982): Evenness. - *Diss. Bot.* **65**, Cramer, Vaduz, 268 S.
- HAHN, W.A.A. (1910): Report upon Mr. Toennesen's trip II to the Kaokoveld. Grootfontein.
- HANAN, N.P., PREVOST, Y., DIOUF, A. & DIALLO, O. (1991): Assessment of desertification around deep wells in the Sahel using satellite imagery. - *Journal of Applied Ecology* **28**: 173-186.
- HARDIN, G. (1968): The tragedy of the commons. - *Science* **162**: 1243-1248.
- HARRISON, Y.A. & SHACKLETON, C.M. (1999): Resilience of South African communal grazing lands after the removal of high grazing pressure. - *Land Degradation & Development* **10**: 225-239.
- HARTMANN, G. (1903): *Meine Expedition 1900 ins nördliche Kaokofeld und 1901 durch das Ambo-land*. - Wilhelm Süsserott Verlagsbuchhandlung, Berlin.
- HATCH, G.P. & STAFFORD SMITH, D.M. (1998): The bioeconomic implications of various drought management strategies for a communal cattle herd in the semi-arid savanna of KwaZulu-Natal. - *African Journal of Range & Forage Science* **14**(1): 17-25.
- HATCH, G.P. & TAINTON, N.M. (1995): The influence of stocking rate, range condition and rainfall on residual herbage mass in the semiarid savanna of KwaZulu/Natal. - *African Journal of Range & Forage Science* **12**(2): 76-80.
- HAYASHI, I. (1996): Five years experiment on vegetation recovery of drought deciduous woodland in Kitui, Kenya. - *Journal of Arid Environment* **34**: 351-361.
- HEADY, H.F. (1958): Vegetational changes in the California annual type. - *Ecology* **39**: 402-415.

- HECK, L. (1955): Großwild im Etoshaland. - Ullstein, Berlin, Frankfurt/M, Wien, 160 S..
- HEGNER, R. (1979): Nichtimmergrüne Waldformationen der Tropen. - Kölner Geographische Arbeiten Heft 37, Köln, 410 S.
- HEINE, K. (1988): Klimavariabilität und Bodenerosion in Südafrika. - Geographische Rundschau **40**(12): 6-14.
- HEINE, K. (1990): Klimaschwankungen und klimagenetische Geomorphologie am Beispiel der Namib. - Berliner Geographische Studien **30**: 221-234.
- HEINE, K. (1995): Paläoklimatische Informationen aus südwest-afrikanischen Böden und Oberflächenformen: Methodische Überlegungen. - Geomethodica **20**: 27-74.
- HENNING, A.C. & WHITE, R.E. (1974): A study of the growth and distribution of *Colophospermum mopane* (Kirk ex Benth.) Kirk ex J. Léon.: the interaction of nitrogen, phosphorus and soil moisture stress. - The Zimbabwe Bulletin of Forestry Research No. **11**: 1-49.
- HIERNAUX, P. & GÉRARD, B. (1999): The influence of vegetation pattern on the productivity, diversity and stability of vegetation: The case of 'brouse tigrée' in the Sahel. - Acta Oecologica **20**(3): 147-158.
- HIERNAUX, P., BIELDERS, C.L., VALENTIN, C., BATIONO, A. & FERNANDEZ-RIVERA, S. (1999): Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soils in Sahelian rangelands. - Journal of Arid Environments **41**: 231-245.
- HILL, M.O. & GAUCH, H.G. (1980): Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. - Vegetatio **42**: 47-58.
- HILL, M.O. (1973): Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. - Journal of Ecology **61**: 237-249.
- HILTON-TAYLOR, C. (1994): The Kaokoveld. - In: WWF and IUCN [Hrsg.]: Centres of Plant Diversity. A guide and strategy for their conservation. - IUCN Publication Unit, Cambridge, U.K., S. 201-203.
- HOFFMANN, I. [Hrsg.] (1998): Prospects of pastoralism in West Africa. - Tropeninstitut Giessen, Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung, Reihe I, Band 25, Giessen, 299 S.
- HOFFMANN, M.T., BARR, G.D. & COWLING, R.M. (1990): Vegetation dynamics in the semi-arid eastern Karoo, South Africa: the effect of seasonal rainfall and competition on grass and shrub basal cover. - South African Journal of Science **86**: 462-464.
- HOLDRIDGE, L.R., GRENKE, W.C., HATHEWAY, W.H., LIANG, T. & ZOSI, J.A. (1971): Forest Environments in Tropical Life Zones. - Pergamon Press. Ch. **2**: 4-17.
- HOLDRIDGE, L.R. (1959): Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data. - Science **130**: 572.
- HOLLING, C.S. (1973): Resilience and stability of ecological systems. - Annual Review of Ecological Systematics **4**: 1-23.
- HUNTLEY, B.J. (1982): Southern African Savannas. - In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H. [Hrsg.]: Ecology of tropical savannas. - Springer Berlin, Heidelberg, New York, S. 101-119.
- HURT, C.R., HARDY, M.B. & TAINTON, N.M. (1993): Identification of key species under grazing in the Highland Sourveld of Natal. - African Journal of Range & Forage Science **10**(2): 96-102.

- HÜSER, K., BLÜMEL, W.D., EITEL, B. (1998): Landschafts- und Klimageschichte des südwestlichen Afrika. - *Geographische Rundschau* **50**(4): 238-244.
- HUTCHINSON, P. (1995): The Climatology of Namibia and its Relevance to the Drought Situation. - In: MOORSOM, R., FRANZ, J. & MUPOTOLA, M. [Hrsg.]: *Coping with Aridity*. - Brandes & Appel/NEPRU Frankfurt, Windhoek, S. 17-37.
- IBRAHIM, F.N. (1979): Desertifikation. Wüstenbildung - ein weltweites Problem. - Hagemann, Düsseldorf, 42 S.
- IBRAHIM, F.N. (1980): Desertification in Nord-Darfur: Untersuchungen zur Gefährdung des Naturpotentials durch nicht angepaßte Landnutzungsmethoden in der Sahelzone der Republik Sudan. - *Hamburger Geographische Studien*, Heft 35, Verlag Ferdinand Hirt, Hamburg, 170 S.
- IBRAHIM, F.N. (1992): Gründe des Scheiterns der bisherigen Strategien zur Bekämpfung der Desertifikation in der Sahelzone. - *Geomethodica* **17**: 71-93.
- INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES (IBPGR) (1984): Forage and browse plants for arid and semi-arid Africa. - Royal Botanic Gardens, Kew, 279 S.
- IRISH, J. (1994): The biomes of Namibia, as determined by objective categorisation. - *Natural Sciences* **10**(13): 549-585.
- JACOBSEN, N.H.G. & MOSS, H. (1987): A contribution to the flora of the Northern Namib.- *Dinteria*, **19**: 27-68.
- JAEGER, F. (1926): Die Frage der Austrocknung Südafrikas und die Maßregeln dagegen. - *Der Tropenpflanzer* **29** (4): 127-136.
- JAMES, C.D., LANDSBERG, J. & MORTON, S.R. (1999): Provision of watering points in the Australian arid zone: a review of effects on biota. - *Journal of Arid Environments* **41**: 87-121.
- JANOWIAK, J.E., ROPELEWSKI, C.F., & HALPERT, M.S. (1986): The precipitation anomaly classification: a method for monitoring regional precipitation deficiency and access on a global scale. - *Journal of Climate and Applied Meteorology* **25**: 265-274.
- JARDINE, J.T. & FORSLING, C.L. (1922): Range and cattle management during drought. - *USDA Bulletin* 1031, 84 S.
- JOCHIMSEN, M.E. (1993): Sukzession. - In: KUTTLER, W. [Hrsg.]: *Handbuch zur Ökologie*, Band 1: *Analytica*, Berlin, S. 418-424.
- JOHNSON, A.R., TURNER, S.J., WHITFORD, W.G., DE SOYZA, A.G. & VAN ZEE, J.W. (2000): Multivariate characterization of perennial vegetation in the northern Chihuahuan Desert. - *Journal of Arid Environments* **44**: 305-325.
- JOHNSON, H.B. & MAYEUX, H.S. (1992): A view on species additions and deletions and the balance of nature. - *Journal of Range Management* **45**(4): 322-333.
- JOHNSON, R.W. & TOTHILL, J.C. (1985): Definition and broad geographic outline of savanna lands. - In: TOTHILL, J.C. & MOTT, J.J. [Hrsg.]: *Ecology and management of the world's savannas*. - Canberra, S. 1-13.
- JONGMAN, R.H.G., TER BRAAK, C.J.F. & VAN TONGEREN, O.F.R. (1987): *Data analysis in community and landscape ecology*. - Pudoc, Wageningen, 299 S.

- JORDAAN, F.P., BIEL, L.C. & DU PLESSIS, P.I.M. (1997): A comparison of five range condition assessment techniques used in the semi-arid western grassland biome of southern Africa. - *Journal of Arid Environments* **35**: 665-671.
- JOYCE, L.A. (1993): The life cycle of the range condition concept. - *Journal of Range Management* **46**(2): 132-138.
- JÜRGENS, N. (1986): Untersuchungen zur Ökologie sukkulenter Pflanzen des südlichen Afrika. - *Mitteilungen des Instituts für Allgemeine Botanik Hamburg* **21**: 139-365.
- JÜRGENS, N. (1990): A life form concept including anatomical characters, adapted for the description of succulent plants. - *Mitteilungen des Instituts für Allgemeine Botanik Hamburg* **23a**: 321-341.
- JÜRGENS, N. (1991): A new approach to the Namib Region. I.: Phytogeographic subdivision.- *Vegetatio* **97**: 21-38.
- JÜRGENS, N. (1997): Floristic biodiversity and history of African arid Regions.- *Biodiversity and Conservation* **6**: 495-514.
- JÜRGENS, N. (1998): Aspects of botanical biodiversity in southern African arid regions - An outline of concepts and results. - In: BARTHLOTT, W. & WINIGER, M. [Hrsg.]: *Biodiversity. A challenge for development research and policy*. - Springer-Verlag, Berlin, S. 53-70.
- JÜRGENS, N., BURKE, A., SEELY, M.K. & JACOBSON, K.M. (1997): Desert. - In: COWLING, R.M., RICHARDSON, D.M. & PIERCE, S.M. [Hrsg.]: *Vegetation of Southern Africa*. - Cambridge University Press, Cambridge, S. 189-214.
- KALFF, J., DOWNING, J.A. & SMITH, T.T. (1995): Rainfall, agriculture, livestock and human density in the dry regions of Kenya. - *Journal of Arid Environments* **9**: 173-183.
- KAPP, G.B. (1987): *Agroforstliche Landnutzung in der Sahel-Sudanzone*. - Weltforum Verlag, München.
- KASSAS, M. (1995): Desertification: a general review. - *Journal of Arid Environments* **30**: 115-128.
- KASUSYA, P. (1998): Combating desertification in northern Kenya (Samburu) through community action: a community case experience. - *Journal of Arid Environments* **39**: 325-329.
- KAYSER, K. (1973): Beiträge zur Geomorphologie der Namib-Küstenwüste. - *Geomorph. N.F. Suppl. Bd. 17*: 156-167.
- KEHL, H. & BORNKAMM, R. (1993): Landscape Ecology and vegetation units of the Western Desert of Egypt. - *Catena Supplement* **26**: 155-178.
- KELLNER, K. & BOSCH, O.J.H. (1992): Dynamic vegetation changes in semi-arid grasslands of Southern Africa due to seasonal fluctuations. - *Bulletin of the Grassland Society of Southern Africa* **3**(1): 31.
- KEMPF, J. (1994): Probleme der Land-Degradation in Namibia: Ausmaß, Ursachen und Wirkungsmuster. - *Würzburger Geographische Arbeiten* **31**, Würzburg.
- KEYA, G.A. (1998a): Herbaceous layer production and utilization by herbivores under different ecological conditions in an arid savanna of Kenya. - *Agriculture, Ecosystems and Environment* **69**: 55-67.

- KEYA, G.A. (1998b): Impact of land use patterns and climate on the vegetation ecology of arid and semi-arid nomadic pastoral ecosystems of northern Kenya. - *Geographische Gesellschaft Trier/Universität Trier, Materialien zur Ostafrika-Forschung* **17**, 308 S.
- KIRUBI, C., WAMICHA, W.N. & LAICHENA, J.K. (2000): The effects of woodfuel consumption in the ASLA areas of Kenya: the case of Marsabit Forest. - *African Journal of Ecology* **38**: 47-52.
- KLAUS, D. (1981): *Klimatologische und Klima-Ökologische Aspekte der Dürre im Sahel*. - Steiner, Wiesbaden.
- KLIMM, E., SCHNEIDER, K.-G. & von HATTEN, S. (1994): *Das südliche Afrika*. - Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 288 S.
- KLÖTZLI, F. (1980): Analysis of species oscillation in tropical grasslands in Tanzania due to management and weather conditions. - *Phytocoenologia* **8**(1): 13-33.
- KNOOP, W.T. & WALKER, B.H. (1985): Interactions of woody and herbaceous vegetation in a southern African savanna. - *Journal of Ecology* **73**: 235-253.
- KOLASA, J. & ROLLO, D.C. (1991): The Heterogeneity of Heterogeneity: A glossary. - In: KOLASA, J. & ROLLO, D.C. [Hrsg.]: *Ecological Heterogeneity*. - Springer Verlag, New York, Berlin, S. 1-23.
- KOOIJ, M.S., BREDEKAMP, G.J. & THERON, G.K. (1990): Classification of the vegetation of the B land type in the north-western Orange Free State. - *South African Journal of Botany* **56**(3): 309-318.
- KÖPPEN, W. (1936): Das geographische System der Klimate. - In: KÖPPEN, W. & GEIGER, R. [Hrsg.]: *Handbuch der Klimatologie, Band 1, Teil C*. - Borntraeger, Berlin.
- KOVACS, J.M. (2000): Perceptions of environmental change in a tropical coastal wetland. - *Land Degradation & Development* **11**: 209-230.
- KRAHN, J. (2000): Die Welten fremder Kulturen für die Entwicklung nutzen. - *Welternährung* **2/2000**: 13.
- KREBS, C.J. (1985): *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. - Harper and Row Publishers, New York.
- KROLL, T. & KRUGER, A.S. (1998): Closing the gap: bringing communal farmers and service institutions together for livestock and rangeland development. - *Journal of Arid Environments* **39**: 315-323.
- KUNTZ, J. (1910): Report by J. Kuntz on the Kaokoveld Expedition No. 9. - Kaoko Land and Mining Company, Berlin, 9 S.
- KUNTZ, J. (1911): Report by J. Kuntz on the Kaokoveld Expedition No. 11. - Kaoko Land and Mining Company, Berlin, 15 S.
- KUNTZ, J. (1913): Die geographischen Resultate der Kaokofeld-Expedition 1910/12. - *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde* **6**: 436-450.
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & SCHWERDTFEGGER, G. (1988): *Bodenkunde*. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 568 S.
- KUTIEL, P., LAVER, H. (1999): Effect of slope aspect on soil and vegetation properties along an aridity transect. - *Israel Journal of Plant Sciences* **47**: 169-178.

- LANCASTER, J., LANCASTER, N. & SEELY, M.K. (1984): Climate of the central Namib Desert. - *Madoqua* **14**(1): 5-61.
- LANDSBERG, J., LAVOREL, S. & STOL, J. (1999): Grazing response groups among understory plants in arid rangelands. - *Journal of Vegetation Science* **10**: 683-696.
- LANGE, O.L., MEYER, A., ULLMANN, I. & ZELLNER, H. (1991): Mikroklima, Wassergehalt und Photosynthese in der küstennahen Nebelzone der Namib-Wüste: Messungen während der herbstlichen Witterungsperiode. - *Flora* **185**: 233-266.
- LAWTON, J.H. (1997): The role of species in Ecosystems: Aspects of ecological complexity and biological diversity. - In: ABE, T., LEVIN, S.A. & HIGASHI, M. [Hrsg.]: *Biodiversity. An ecological perspective*. - Springer, New York, S. 215-228.
- LAYLOCK, W.A. (1991): Stable states and thresholds of range condition on North American rangelands: A viewpoint. - *Journal of Range Management* **44**(5): 427-433.
- LE HOUÉROU, H.N. (1976): The nature and causes of desertification. - *Arid Lands Newsletter* **3**: 1-7.
- LE HOUÉROU, H.N. & HOSTE, C.H. (1977): Rangeland production and annual rainfall relations in the Mediterranean Basin and in the African Sahelo-Sudanian Zone. - *Journal of Range Management* **30**(3): 181-189.
- LE HOUÉROU, H.N. (1989): Interannual variability in rainfall and its ecological and managerial consequences on natural vegetation, crops and livestock. - In: DI CASTRI, F., FLORET, C. & ROY, J. [Hrsg.]: *Time, scale and water stress*. - *Proceedings of the 5th International Conference on Mediterranean Ecosystem (MEDECOS V)*, International Union of Biological Sciences, Paris, S. 323-346.
- LE HOUÉROU, H.N. (1996): Climate change, drought and desertification. - *Journal of Arid Environments* **34**: 133-185.
- LE HOUÉROU, H.N., BINGHAM, R.L. & SKERBEK, W. (1985): Relationship between the variability of primary production and the variability of annual precipitation in world arid lands. - *Journal of Arid Environments* **15**: 1-18.
- LESER, H. & NAGEL, P. (1998): Landscape diversity - a holistic approach. - In: BARTHLOTT, W. & WINIGER, M. [Hrsg.]: *Biodiversity. A challenge for development research and policy*. - Springer-Verlag, Berlin, S. 129-143.
- LESER, H. (1976): Anthropogene Beeinflussung des Faktors Boden in Ökosystemen der Westlichen Kalahari (Südwestafrika). - *Wissenschaftliche Gesellschaft S.W.A., Windhoek, Journal* **30**: 25-37.
- LESER, H. (1982): *Namibia*. - Klett, Stuttgart, 259 S.
- LESER, H. (1986a): Arbeitstechnische und methodische Probleme geoökologischer Forschungen in Extremklimaten. - *Geoökodynamik* **7**(1, 2): 275-304.
- LESER, H. (1986b): Methodische Probleme großmaßstäbiger geoökologischer Felddaufnahmen in Entwicklungsländern Afrikas. - *Geomethodica* **11**: 5-25.
- LESER, H., HAAS, H.D., MOSIMANN, T. & PAESLER, R. (1987): *Wörterbuch der Geographie, Band 1*. - dtv/Westermann, München, Braunschweig, 422 S.
- LIVINGSTON, I. (1991): Livestock management and 'overgrazing' among pastoralists. - *Ambio* **20**: 80-85.

- LOCKWOOD, D.R. & LOCKWOOD, J.A. (1991): Rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) population dynamics: insights from catastrophe theory. - *Environmental Entomology* **20**: 970-980.
- LOCKWOOD, J.A. & LOCKWOOD, D.R. (1993): Catastrophe Theory: A unified paradigm for rangeland ecosystem dynamics. - *Journal of Range Management* **46**(6): 282-288.
- LOGAN, R.F. (1969): Geography of the Central Namib Desert. - In: MCGUINNIES, G.W. [Hrsg.]: *Arid lands in perspective*. - University of Arizona Press, Tucson, S. 129-143.
- LÖSCH, R. (1986): Plant water relations. - *Progress in Botany* **48**: 56-79.
- LOUW, A.J. & GRUNOW, J.O. (1969): Insameling van standgegewens vir ordening. - *Hand. Weidingsver. S. Afr.* **4**: 70-77.
- LOXTON, R.F., HUNTING & VENNOTE (1974): Report on a reconnaissance survey of the Natural Resources of Kaokoland. - Die Departement van Samewerking en Ontwikkeling, South Africa, 39 S.
- MAACK, R. (1958): Vorläufige Ergebnisse einer Forschungsreise durch Südafrika zum Problem der tangentialen Krustenverschiebung der Erde. - *Die Erde* **89**(3/4): 284-305.
- MAACK, R. (1963): Vorläufiger Bericht über eine Forschungsreise durch das Kaokoveld - Ein Beitrag zur Frage der tangentialen Krustenverschiebung. - *Die Erde* **94**(3/4): 247-264.
- MACDONALD, I.A.W. & NOTT, T.B. (1987): Invasive alien organisms in central South West Africa/Namibia: Results of a reconnaissance survey conducted in November 1984. - *MADOQUA* **5**(1): 21-34.
- MACHE, B. (1994): The management of communal grazing lands. - *Bulletin of the Grassland Society of Southern Africa* **5**(1): 22.
- MACKAY, C.H. & ZIETSMAN, H.L. (1996): Assessing and monitoring rangeland condition in extensive pastoral regions using satellite remote sensing and GIS techniques: an application to the Ceres Karoo region of South Africa. - *African Journal of Range & Forage Science* **13**(3): 100-112.
- MAGGS, G.L., CRAVEN, P. & KOLBERG, H.H. (1998): Plant species richness, endemism, and genetic resources in Namibia. - *Biodiversity and Conservation* **7**: 435-446.
- MAGGS, G.L., KOLBERG, H.H. & HINES, C.J.H. (1994): Botanical diversity in Namibia - an overview. - In: B.J. HUNTLEY (ed.): *Botanical Diversity in Southern Africa*. *Strelitzia* **1**: 93-104.
- MAINGUET, M. & DA SILVA, G.G. (1998): Desertification and dryland development: What can be done? - *Land Degradation & Development* **9**: 375-382.
- MALAN, J.S. & OWEN-SMITH, G.L. (1974): The ethnobotany of Kaokoland. - *Cimbebasia Ser. B.* **2**(5): 132-178.
- MALAN, J.S. (1999): *Peoples of Namibia*. - Rhino Publishers, Pretoria, 152 S.
- MALO, A.R. & NICHOLSON, S.E. (1990): A study of rainfall and vegetation dynamics in the African Sahel using normalized difference vegetation index. - *Journal of Arid Environments* **19**: 1-24.
- MAPAURE, I. (1994): The distribution of *Colophospermum mopane* (Leguminosae - *Caesalpinioideae*) in Africa. - *Kirkia* **15**(1): 1-5.
- MARTIN, H. (1968): Paläomorphologische Formelemente in den Landschaften Südwest-Afrikas. - *Geol. Rdsch.* **58**: 121 - 128.

- MATTICK, F. (1970): Flechtenbestände der Nebelwüste und Wanderflechten der Namib. - Namib und Meer **1**(1): 35-44.
- MAY, R.M. (1977): Thresholds and breakpoints in ecosystems with a multiplicity of stable states. - Nature **269**: 471-477.
- MCAULIFFE, J.R. (1990): A rapid survey method for the estimation of density and cover in desert plant communities. - Journal of Vegetation Science **1**: 653-656.
- MCCABE, J.T. (1990): Turkana pastoralism: a case against the tragedy of the commons. - Human Ecology **18**: 81-103.
- MCINTYRE, S., LAVOREL, S., LANDSBERG, J. & FORBES, T.D.A. (1999): Disturbance reponse in vegetation - towards a global perspective on functional traits. - Journal of Vegetation Science **10**: 621-630.
- MEEKER, D.O. & MERKEL, D.L. (1984): Climax Theories and a Recommendation for Vegetation Classification - A Viewpoint. - Journal of Range Management **37**(5): 427-430.
- MENSCHING, H.G. (1990): Desertifikation. Ein weltweites Problem der ökologischen Verwüstung in den Trockengebieten der Erde. - Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 170 S.
- MENSCHING, H.G. (1994): Desertifikation in Afrika - Ein ungelöstes Problem. - In: BOLLIG, M. & KLEES, F. [Hrsg.]: Überlebensstrategien in Afrika. - Heinrich-Barth-Institut, Colloquium Africanum 1, Köln, S. 29-46.
- MENTIS, M.T. (1984): Optimising stocking rate under commercial and subsistence pastoralism. - Journal of the Grassland Society of Southern Africa **1**(1): 20-24.
- MERXMÜLLER, H. [Hrsg.] (1972): Prodrömus einer Flora von Südwestafrika. - Cramer, Lehre.
- MEURER, M. (1996): Vegetationsgeographie - eine antiquierte physisch-geographische Fachdisziplin? - Geographische Rundschau **48**(11): 618-625.
- MEURER, M., REIFF, K. & STURM, H.-J. (1992): Savanntypen im Nordwesten Benins und ihr weidewirtschaftliches Nutzpotalential - Floristische und weideökologische Analysen als Basis standortgemäßer Nutzungsstrategien. - Geobotanisches Kolloquium H. **8**: 3-18.
- MILCHUNAN, D.G. & LAUENROTH, W.K. (1993): Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. - Ecological Monographs **63**(4): 327-366.
- MILLIGAN, K. (1982): Aerial Survey of Human, Livestock and Environmental Conditions in a Central Region of the pastoral Zone of Niger. - Final Report for USAID/Niger, International Livestock Centre for Africa, Kaduna, Nigeria.
- MILLIN, R.B. (1956): Problems of Climatic Changes. - Journal of Range Management **9**(1): 4-5.
- MILTON, S.J. & HOFFMANN, M.T. (1994): The application of state-and-transition models to rangeland research and management in arid succulent and semi-arid grassy Karoo, South Africa. - African Journal of Range & Forage Science **11**(1): 19-26.
- MILTON, S.J. (1991): Plant spiniscence in arid southern Africa: does moisture mediate selection by mammals? - Oecologia **87**: 279-287.
- MILTON, S.J., DEAN, W.R.J., DU PLESSIS, M.A. & SIEGFRIED, W.R. (1994): A conceptual model of arid rangeland degradation. - BioScience **44**(2): 70-76.
- MILTON, S.J., DEAN, W.R.J., MARINCOWITZ, C.P. & KERLEY, G.I.H. (1995): Effects of the 1990/91 drought on rangeland in the Steytlerville Karoo. - South African Journal of Science **91**: 78-84.

- MINCHIN, P. (1987): An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. - *Vegetatio* **69**: 89-107.
- MINISTRY OF MINES AND ENERGY (1980): Geological Map of Namibia. - Windhoek.
- MOLEELE, N.M. & PERKINS, J.S. (1998): Encroaching woody plant species and boreholes: is cattle density the main driving factor in the Olifants Drift communal grazing lands, south-eastern Botswana?. - *Journal of Arid Environments* **40**: 245-253.
- MOLEELE, N.M. (1998): Encroacher woody plant browse as feed for cattle. Cattle diet composition for three seasons at Olifants Drift, south-east Botswana. - *Journal of Arid Environments* **40**: 255-268.
- MOLL, E. (1994): Fairy rings in Kaokoland. - In: SEYNAL, J.H. & CHIKUNI, A.C. [Hrsg.]: Proceedings of the 13th Plenary Meeting AETFAT, Zomba, Malawi, S. 1203-1210.
- MONOD, T. (1957): Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique. - C.S.A./C.C.T.A. Publications No. **24**: 1-150.
- MONOD, T. (1986): The Sahel Zone north of the equator. - In: EVENARI, M., SHMIDA, A., NOY-MEIR, I. [Hrsg.]: Hot deserts and arid shrublands. - Elsevier Science Publishers, Amsterdam, S. 203-243.
- MONTAÑA, C. (1990): A floristic-structural gradient related to land forms in the southern Chihuahuan Desert. - *Journal of Vegetation Science* **1**: 669-674.
- MONTAÑA, C., CAVAGNARO, B. & BRIONES, O. (1995): Soil water use by co-existing shrubs and grasses in the southern Chihuahuan Desert, Mexico. - *Journal of Arid Environments* **31**: 1-13.
- MOORSOM, R. (1995): Introduction. - MOORSOM, R., FRANZ, J. & MUPOTOLA, M. [Hrsg.]: Coping with Aridity. - Brandes & Apsel/NEPRU Frankfurt, Windhoek, S. 17-37.
- MOORSOM, R., FRANZ, J. & MUPOTOLA, M. [Hrsg.] (1995): Coping with Aridity - Brandes & Apsel/NEPRU Frankfurt, Windhoek, 250 S.
- MORGENTHAU, T.L. & CILLIERS, S.S. (1999): Vegetation analysis of Pedlar's Bush, Mpumalanga, and its conservation. - *South African Journal of Botany* **65**(4): 270-280.
- MÜLLER, M.A.N. (1985): Gräser Südwestafrika/Namibias. - Direktorat für Landwirtschaft und Forstwirtschaft, Departement für Landwirtschaft und Naturschutz Südwestafrika/Namibia, Windhoek, 286 S.
- MÜLLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. (1974): Aims and methods of vegetation ecology. - Wiley & Sons, New York, 547 S.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, K. (1986): Methodische Probleme vegetationskundlichen Arbeitens in semi-ariden Räumen am Beispiel des Nordjemens. - *Geomethodica* **11**: 109-143.
- MUSHOVE, P.T., PRIOR, J.A.B., GUMBIE, C. & CUTLER, D.F. (1995): The effects of different environments on diameter growth increments of *Colophospermum mopane* and *Combretum apiculatum*. - *Forest Ecology and Management* **72**: 287-292.
- MWENDERA, E.J. & SALEEM, M.M.A. (1997): Infiltration rates, surface runoff, and soil loss as influenced by grazing pressure in Ethiopian highlands. - *Soil Use and Management* **13**: 29-35.
- NAVEH, Z. (1967): Mediterranean ecosystems and vegetation types in California and Israel. - *Ecology* **48**: 445-459.

- NAVEH, Z. (1989): The challenges of desert landscape ecology as a transdisciplinary problem-solving oriented science. - *Journal of Arid Environments* **17**: 245-253.
- NEMATI, N. (1986): Pasture improvement and management in arid zones of Iran. - *Journal of Arid Environments* **11**: 27-35.
- NICHOLSON, S.E. (1978): Climatic variations in the Sahel and other African regions during the past five centuries. - *Journal of Arid Environments* **1**: 3-24.
- NICHOLSON, S.E. (1996): Environmental change within the historical record. - In: ADAMS, W.M., GOUDIE, A.S. & ORME, A.R. [Hrsg.]: *The physical geography of Africa*, S. 60 - 87.
- NICHOLSON, S.E., TUCKER, C.J. & BA, M.B. (1998): Desertification, drought, and surface vegetation: An example from the West African Sahel. - *Bulletin of the American Meteorological Society* **79**(5): 815-829.
- NILL, D., SCHWERTMANN, U., SABEL-KOSCHELLA, U., BERNHARD, M. & BREUER, J. (1996): Soil erosion by water in Africa. - *Schriftenreihe der GTZ*, Nr. 257, Roßdorf.
- NOBEL, I.R. & SLAYTER, R.O. (1980): The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbance. - *Vegetatio* **43**: 5-21.
- NOVELLIE, P. & STRYDOM, G. (1987): Monitoring the response of vegetation to use by large herbivores: an assessment of some techniques. - *South African Journal of Wildlife Research* **17**: 15-46.
- NOY-MEIR, I. (1973): Desert ecosystems: environment and producers. - *Annual Revision of Ecology and Systematics* **4**: 25-51.
- O'CONNOR, T.G. & ROUX, P.W. (1995): Vegetation changes (1949-1971) in a semi-arid, grassy dwarf shrubland in the Karoo, South Africa: influence of rainfall variability and grazing by sheep. - *Journal of Applied Ecology* **32**: 612-626.
- OBA, G. & POST, E. (1999): Browse production and offtake by free-ranging goats in an arid zone, Kenya. - *Journal of Arid Environments* **43**: 183-195.
- OBA, G. (1992): Effects of controlled grazing on degraded dwarf shrub, annual grass semi desert vegetation type of Northwestern Kenya. - *Land Degradation & Rehabilitation* **3**: 199-213.
- OBST, E. (1934): Die drohende Austrocknung Südafrikas. - *Geistige Arbeit* **3**: 3-4.
- OBST, E. (1936): Das Problem der Klimaverschlechterung in Südafrika. - *Europäische Revue* **12**: 1041-1045.
- O'CONNOR, T.G. (1999): Impact of sustained drought on a semi-arid *Colophospermum mopane* savanna. - *African Journal of Range & Forage Science* **15**(3): 83-91.
- ODENDAAL, F.H. (1964): Verslag van die Kommissie van Ondersoek na aangeleentheid van S.W.A. - R.P. 12, Staatsdukker, Pretoria, 512 S.
- OGUNTOYINBO, J. & RICHARDS, P. (1978): Drought and the Nigerian farmer. - *Journal of Arid Environments* **1**: 165-194.
- OKSANEN, J. & MINCHIN, P.R. (1997): Instability of ordination results under changes in input data order: explanations and remedies. - *Journal of Vegetation Science* **8**: 447-454.
- OKSANEN, L. & RANTA, E. (1992): Plant strategies along mountain vegetation gradients: a test of two theories. - *Journal of Vegetation Science* **3**: 175-186.

- OLIVIER, J. (1995): Spatial distribution of fog in the Namib. - *Journal of Arid Environments* **29**: 129-138.
- OLSZEWSKI, J.D.S. & MOORSOM, R. (1995): Rainfall Records and the Analysis of Drought. - In: MOORSOM, R., FRANZ, J. & MUPOTOLA, M. [Hrsg.]: *Coping with Aridity*. - Brandes & Appel/NEPRU Frankfurt, Windhoek, S. 39-49.
- OMALIKO C.P.E., MAMMAH, O.A. & AKBAKOBA, A.M. (1984): Some aspects of rangeland improvement in a derived savanna ecosystem. - *Journal of Range Management* **37**(5): 414-419.
- ORLOCI, L. (1978): *Multivariate analysis in vegetation research*. - Dr. W. Junk b.v. - Publishers, Boston, 451 S.
- ORMEROD, W.E. (1978): The relationship between economic development and ecological degradation: How degradation has occurred in West Africa and how its progress might be halted. - *Journal of Arid Environments* **1**: 357-379.
- ORSHAN, G. (1986): Plant form as describing vegetation and expressing adaption to environment. - *Annali di Botanica* **24**: 8-38.
- OSBORN, B. (1950): Some Effects of the 1946-48 Drought on Ranges in Southwest Texas. - *Journal of Range Management* **3**(1): 1-15.
- OSTERLOH, T. (2000): *Vegetationsökologische Untersuchung von Kralplätzen im Richtersveld, Republik Südafrika*. - Diplomarbeit, Universität zu Köln, 146 S.
- OWEN-SMITH, G. (1996): The Kaokoveld - southern Africa's last wilderness. - *Namibia Environment* Vol. **1**: 62-65.
- OWEN-SMITH, N. & DANCKWERTS, J.E. (1997): Herbivory. - In: COWLING, R.M, RICHARDSON, D.M. & PIERCE, S.M. [Hrsg.]: *Vegetation of Southern Africa*. - Cambridge University Press, Cambridge, S. 397-420.
- PALMER, A.R. & HOFFMANN, M.T. (1997): Nama-karoo. - In: COWLING, R.M, RICHARDSON, D.M. & PIERCE, S.M. [Hrsg.]: *Vegetation of Southern Africa*. - Cambridge University Press, Cambridge, S. 167-188.
- PALMER, A.R. & VAN DER HEYDEN, F. (1998): Patchiness in semi-arid dwarf shrublands: evidence from satellite-derived indices for elevated CO₂ assimilation rates on a geochemical mound in the Karoo National Park, South Africa. - *African Journal of Range & Forage Science* **14**(3): 75-80.
- PALMER, M. & WHITE, P.S. (1994): On the existence of ecological communities. - *Journal of Vegetation Science* **5**: 279-282.
- PALMER, M.W. & DIXON, P.M. (1990): Small-scale environmental heterogeneity and the analysis of species distributions along gradients. - *Journal of Vegetation Science* **1**: 57-65.
- PALMER, R.P. & VAN ROOYEN, A.F. (1998): Detecting vegetation change in the southern Kalahari using Landsat TM data. - *Journal of Arid Environments* **39**: 143-153.
- PAMO, E.T. (1998): Herders and wildgame behaviour as a strategy against desertification in northern Cameroon. - *Journal of Arid Environments* **39**: 179-190.
- PATTEN, R.S. & ELLIS, J.E. (1995): Patterns of species and community distributions related to environmental gradients in an arid tropical ecosystem. - *Vegetatio* **117**: 69-79.

- PERKINS, J.S. & THOMAS, D.S.G. (1993): Spreading deserts or spatially confined environmental impacts? Land degradation and cattle ranching in the Kalahari Desert of Botswana. - *Land Degradation & Rehabilitation* **4**: 179-194.
- PERKINS, J.S. (1996): Botswana: fencing out the equity issue. Cattleposts and cattle ranching in the Kalahari Desert. - *Journal of Arid Environments* **33**: 503-517.
- PEUGEOT, C., ESTEVES, M., GALLE, S., RAJOT, J.-L. & VANDERWAERE, J.P. (1997): Runoff generation processes: results and analysis of field data collected at the East Central Supersite of the HAPEX-Sahel experiment. - *Journal of Hydrology* **188/189**: 179-202.
- PFADENHAUER, J. (1993): Vegetationsökologie. - IHW-Verlag, Eching, 257 S.
- PFLAUMBAUM, H. (1994): Futterressourcen in der Butana (Rep. Sudan): Zur Problematik der Dynamik ökologischer Tragfähigkeit. - In: BOLLIG, M. & KLEES, F. [Hrsg.]: Überlebensstrategien in Afrika. - Heinrich-Barth-Institut, Colloquium Africanum 1, Köln, S. 67-80.
- PRESTON-WHYTE, R.A. & TYSON, P.D. (1988): The Atmosphere and Weather of Southern Africa. - Oxford University Press, Cape Town, 374 S.
- PRIOR, J. (1994): Pastoral Development Planning. - Oxfam Development Guidelines No. 9, Oxford, 150 S.
- PROCTOR, M.C.F. (1975): Ordination, classification and vegetational boundaries. - In: SCHMIDT, W. [Hrsg.]: Sukzessionsforschung. Berichte des Internationalen Symposiums der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde Rinteln: 1-16, Cramer, Vaduz.
- PUIGDEFÁBREGAS, J. (1998): Ecological impacts of global change on drylands and their implication for desertification. - *Land Degradation & Development* **9**: 393-406.
- PUYRAVAUD, J.-P., PASCAL, J.-P. & DUFOUR, C. (1994): Ecotone structure as an indicator of changing forest-savanna boundaries (Linganamakki Region, southern India). - *Journal of Biogeography* **21**: 581-593.
- RAO, A. & STAHL, U. (2000): Leben mit der Dürre. - *Geographische Rundschau* **52**(9): 38-45.
- RAUNKIAER, C. (1937): Plant life forms. - Clarendon, Oxford.
- REENBERG, A. (1994): Land-use dynamics in the Sahelian zone in eastern Niger - monitoring change cultivation strategies in drought prone areas. - *Journal of Arid Environments* **27**: 179-192.
- REENEN, R.J. (1925): Note on the apparent regularity of the occurrence of wet and dry years in SWA. - *South African Journal of Science* **22**: 94-95.
- RICE, B. & WESTOBY, M. (1978): Vegetative responses of some Great Basin shrub communities protected against jackrabbits or domestic livestock. - *Journal of Range Management* **31**(1): 28-34.
- RICHTER, M. (1996): Klimatologische und pflanzenmorphologische Vertikalgradienten in Hochgebirgen. - *Erdkunde* **50**: 205-237.
- RICHTER, M. (1997): Allgemeine Pflanzengeographie. - Teubner, Stuttgart, 256 S.
- RINGROSE, S., VANDERPOST, C. & MATHESON, W. (1996): The use of integrated remotely sensed and GIS data to determine causes of vegetation cover change in southern Botswana. - *Applied Geography* **16**(3): 225-242.
- ROE, E.M. (1989): Six myths about livestock rangeland development south of the Sahara. - *Rangelands* **11**(5): 217-221.

- ROE, E.M., HUNTSINGER, L. & LABNOW, K. (1998): High reliability pastoralism. - *Journal of Arid Environments* **39**: 39-55.
- ROSENSCHEIN, A., TIETMA, T. & HALL, D.O. (1999): Biomass measurement and monitoring of trees and shrubs in a semi-arid region of central Kenya. - *Journal of Arid Environments* **42**: 97-116.
- ROSIERE, R.E., BECK, R.F. & WALLACE, J.D. (1975): Cattle diets on semidesert grassland: botanical composition. - *Journal of Range Management* **28**(2): 89-93.
- RUST, U. (1982): Desertification in Kaokoland (Northern South West Africa/Namibia): Field evidence, recognition in satellite imagery, mapping of spatial distribution by satellite image interpretation (Landsat 1). - In: 2nd International Geoscience and Remote Sensing Symposium, New York, S. 41-43.
- RUST, U. (1989): (Paläo)-Klima und Relief: Das Reliefgefüge der südwestafrikanischen Namibwüste (Kunene bis 27° s.B.). - *Münchener Geographische Abhandlungen, Reihe B, Geobuch-Verlag, München*, 158 S.
- RUST, U. (1991): Klima, Klimaschwankungen und Relief in der randtropischen Namib (Lagegegebenheiten als methodisches Argument - und ein Epilog). - *Geomethodica* **16**: 123-168.
- RUTHERFORD, M.C. (1997): Categorization of Biomes. - In: COWLING, R.M, RICHARDSON, D.M. & PIERCE, S.M. [Hrsg.]: *Vegetation of Southern Africa*. - Cambridge University Press, Cambridge, S. 91-98.
- SACHS, L. (1992): *Angewandte Statistik*. - Springer-Verlag, 846 S.
- SANDER, H. & BECKER, T. (2000): *Klimatologie des Kaokolandes, NW-Namibia*. - Kölner Geographische Arbeiten, Köln (im Druck).
- SANDER, H., BOLLIG, M. & SCHULTE, A. (1998): Himba Paradise Lost. Stability, Degradation, and Pastoralist Management of the Omuhonga Basin (Namibia). - *Die Erde* **129**: 301-315.
- SAUNDERSON, M.H. (1952): Range problems of marginal farm lands. - *Journal of Range Management* **5**(1): 13-15.
- SAVORY, A. (1999): *Holistic management*. - Island Press, Washington, 616.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1986): *Lehrbuch der Bodenkunde*. - Enke, Stuttgart, 491 S.
- SCHIFFERS, H., BLOCH, H., DUBIEF, J., KAUFMANN, H., KLAUS, D., KLIMM, E., REDMER, H., REICHHOLD, W., SIMONS, P. & VON LOEBEN, W. (1976): *Nach der Dürre - Die Zukunft des Sahel*. - Weltforum Verlag, München, 370 S.
- SCHLETTWEIN, K. (1994): Bush encroachment in Namibia: An environmental and forestry perspective. - *Bulletin of the Grassland Society of Southern Africa* **5**(2): 46-51.
- SCHMIDT, A.G., THERON, G.K. & VAN HOVEN, W. (1994): A gradient analysis and selection of key ecological species for veld management in a degraded environment near Villa Nora, north-western Transvaal, South Africa. - *South African Journal of Botany* **60**(4): 202-210.
- SCHMUTZ, E.M., DWIGHT, R.C. & WARWICK, J.J. (1959): Effects of Shrub Removal on Vegetation Of a Semidesert Grass-Shrub Range. - *Journal of Range Management* **12**(1): 34-37.
- SCHOLES, R.J. (1990b): The influence of soil fertility on the ecology of southern African dry savannas. - *Journal of Biogeography* **17**: 415-419.
- SCHOLES, R.J. (1990a): The regrowth of *Colophospermum mopane* following clearing. - *Journal of the Grassland Society of South Africa* **7**(3): 147-151.

- SCHOLES, R.J. (1997): Savanna. - In: COWLING, R.M, RICHARDSON, D.M. & PIERCE, S.M. [Hrsg.]: Vegetation of Southern Africa. - Cambridge University Press, Cambridge, S. 258-277.
- SCHREIBER, K.-F., YAIR, A. & SHACHAK, M. (1995): Ecological gradients along slopes of the northern Negev Highlands, Israel. - *Advances in GeoEcology* **28**: 209-229.
- SCHULTE, A. (2000): Stabilität oder Zerstörung? Veränderung der Vegetation unter pastoralnomadischer Nutzung. - *Kölner Geographische Arbeiten*, Köln (im Druck).
- SCHULTE, A. (2001): Beweidungsökologie des Kaokolandes. Struktur, Dynamik und Diversität einer Mopane-Savanne unter pastoralnomadischer Nutzung. Dissertation (in Vorbereitung), Universität zu Köln.
- SCHULTZ, J. (1995): Die Ökozonen der Erde. - Uni-Taschenbücher 1514, Schöningh, Paderborn, 535 S.
- SCHULZ, E. & POMEL, S. (1992): Die anthropogene Entstehung des Sahel. - *Würzburger Geographische Arbeiten* **84**: 263-288.
- SCHULZ, E. (1988): Der Südrand der Sahara. - *Würzburger Geographische Arbeiten* **69**: 167-210.
- SCHULZE, R.E. & MCGEE, O.S. (1978): Climatic indices and classification in relation to the biogeography of Southern Africa. - In: WERGER M.J.A. [Hrsg.]: *Biogeography and Ecology of Southern Africa*. - Dr. W. Junk bv Publishers, Den Haag, S. 21-52.
- SCHULZE, R.E. (1997): Climate. - In: COWLING, R.H., RICHARDSON, D.M. & PIERCE, S.M. [Hrsg.]: *Vegetation of Southern Africa*. - Cambridge University Press, Kapstadt, S. 21-42.
- SCHUMANN, T.E. & THOMSON, R.W. (1934): A study of South African rain fall secular variations and agricultural aspects. - *University of Pretoria Publications* **28**: 35-43.
- SCOONES, I. (1992): Land degradation and livestock production in Zimbabwe's communal areas. - *Land Degradation & Rehabilitation* **3**: 99-113.
- SCOONES, I. (1995b): Exploiting heterogeneity: habitat use by cattle in dryland Zimbabwe. - *Journal of Arid Environments* **29**: 221-237.
- SCOONES, I. (1995a): *Living with uncertainty. New Directions in Pastoral Development in Africa*. - International Institute for Environment and Development, London.
- SCOTT, L. (1996): Palynology of Hyrax Middens: 2000 years of palaeoenvironmental history in Namibia. - *Quaternary International* **33**: 73-79.
- SEELY, M.K. (1978a): Grassland productivity: The desert end of the curve. - *South African Journal of Science* **74**: 295-297.
- SEELY, M.K. (1978b): Standing crop as an index of precipitation in the Central Namib grassland. - *Madoqua* **11**(1): 61-68.
- SEELY, M.K. (1998): Can science and community action connect to combat desertification? - *Journal of Arid Environments* **39**: 267-277.
- SEELY, M.K., HINES, C. & MARSH, A.C. (1995): Effects of Human Activities on the Namibian Environment as a Factor in Drought Susceptibility. - In: MOORSOM, R., FRANZ, J. & MUPOTOLA, M. [Hrsg.]: *Coping with Aridity*. - Brandes & Apsel/NEPRU Frankfurt, Windhoek, S. 51-61.
- SFB 389 (1994): *Kultur- und Landschaftswandel im ariden Afrika - Antrag auf einen Sonderforschungsbereich an der Universität zu Köln*. - Universität zu Köln (unveröf.), 383 S.

- SHACKLETON, C.M. (1993): Fuelwood harvesting and sustainable utilisation in a communal grazing land and protected area of the eastern Transvaal lowveld. *Biological Conservation* **63**: 247-254.
- SHACKLETON, C.M. (1998): Annual production of harvestable deadwood in semi-arid savannas, South Africa. - *Forest Ecology and Management* **112**: 139-144.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. (1976): *Mathematische Grundlagen der Informationstheorie*. - Scienta nova, Oldenbourg Verlag, München, Wien, 143 S.
- SHANNON, C.E. (1948): A mathematical theory of communication. - *Bell System Techn. J.* **27**: 379-423, 623-656.
- SHARP, L.A. & BARR, W.F. (1960): Preliminary Investigations of Harvester Ants on Southern Idaho Rangelands. - *Journal of Range Management* **13**(3): 131-134.
- SHMIDA, A. & BURGESS, T.L. (1988): Plant growth-form strategies and vegetation types in arid environments. - In: WERGER, M.J.A., VAN DER AART, P.J.M., DURING, H.J. & VERHOVEN, J.T.A. [Hrsg.]: *Plant form and vegetation structure*, Academic Publishing, Den Haag, S. 211-241.
- SHMIDA, A., EVENARI, M. & NOY-MEIR, I. (1986): Hot desert ecosystems: an integrated view. - In: EVENARI, M., SHMIDA, A., NOY-MEIR, I. [Hrsg.]: *Hot deserts and arid shrublands*. - Elsevier Science Publishers, Amsterdam, S. 379-387.
- SIMMONS, R.E., GRIFFIN, M., GRIFFIN, R.E., MARAIS, E. & KOLBERG, H. (1998): Endemism in Namibia: patterns, processes and predictions. - *Biodiversity and Conservation* **7**: 513-550.
- SINCLAIR, A.R.E. & FRYXELL, J.M. (1985): The Sahel of Africa: ecology of a disaster. - *Canadian Journal of Zoology* **63**: 989-994.
- SKARPE, C. (1986): Plant community structure in relation to grazing and environmental changes along a north-south transect in the western Kalahari. - *Vegetatio* **68**: 3-18.
- SKARPE, C. (1990): Shrub layer dynamics under different herbivore densities in an arid savanna, Botswana. - *Journal of Applied Ecology* **27**: 873-885.
- SKARPE, C. (1992): Dynamics of savanne ecosystems. - *Journal of Vegetation Science* **3**: 293-300.
- SKARPE, C. (1996): Plant functional types and climate in a southern African savanna. - *Journal of Vegetation Science* **7**: 397-404.
- SMEINS, F.E., TAYLOR, T.W. & MERRILL, L.B. (1976): Vegetation of a 25-year exclosure on the Edwards Plateau. - *Journal of Range Management* **29**(1): 24-29.
- SMIT, G.N. & RETHMAN, N. F. G. (1998a): The influence of tree thinning on the reproduction dynamics of *Colophospermum mopane*. - *South African Journal of Botany* **64**(1): 25-29.
- SMIT, G.N. & RETHMAN, N.F.G. (1998b): Root biomass, depth distribution and relations with leaf biomass of *Colophospermum mopane*. - *South African Journal of Botany* **64**(1): 38-43.
- SMIT, G.N. & RETHMAN, N.F.G. (2000): The influence of tree thinning on the soil water in a semi-arid savanna of southern Africa. - *Journal of Arid Environments* **44**: 41-59.
- SMIT, N. (1999): *Guide to the Acacias of South Africa*. - Briza Publications, Kapstadt, 223 S.
- SMIT, P. (1998): Does El Niño really affect rainfall in Namibia? - *S.W.A. Wissenschaftliche Gesellschaft, Wissenschaftliche Forschung* **46**: 67-81.
- SMITH, A.B. (1992): *Pastoralism in Africa*. - Hurst & Company, London, 288 S.

- SMITH, D.A. & SCHMUTZ, E.M. (1975): Vegetative changes on protected versus grazed grassland ranges in Arizona. - *Journal of Range Management* **28**(4): 453-458.
- SMOLIAK, S. (1956): Influence of Climatic Conditions on Forage Production of Shortgrass Rangeland. - *Journal of Range Management* **9**(2): 89-91.
- SNYMAN, H.A. (1998): Dynamics and sustainable utilization of rangeland ecosystems in arid and semi-arid climates of southern Africa. - *Journal of Arid Environments* **39**: 645-666.
- SOLBRIG, O.T. (1979): Life forms and vegetation patterns in desert regions. - In: GOODIN, J.R. & NORTHINGTON, D.K. [Hrsg.]: *Arid land plant resources*. - International Centre for arid and semi-arid land-studies, Lubbock, S. 82-95.
- SOLBRIG, O.T. (1979): Life forms and vegetation patterns in desert regions. - In: GOODIN, J.R. & NORTHINGTON, D.K. [Hrsg.]: *Arid land plant resources*. - International Centre for arid and semi-arid land-studies, Lubbock, S 82-95.
- SOLLOD, A.E. (1990): Rainfall, biomass and the pastoral economy of Niger: assessing the impact of drought. - *Journal of Arid Environments* **18**: 97-107.
- SQUIRES, V.R., MANN, T.L. & ANDREW, M.H. (1992): Problems in implementing improved range management on common lands in Africa: An Australian perspective. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **9**(1): 1-7.
- STEENEKAMP, S.J. & BOSCH, O.J.H. (1995): Construction and evaluation of condition assessment and grazing capacity models for use in grazing management in the Eastern Mixed Bushveld of southern Africa. - *Journal of Arid Environments* **30**: 351-360.
- STERK, G. & HAIGIS, J. (1998): Farmer's knowledge of wind erosion processes and control methods in Niger. - *Land Degradation & Development* **9**: 107-114.
- STERK, G. & HAIGIS, J. (1998): Farmer's knowledge of wind erosion processes and control methods in Niger. - *Land Degradation & Development* **9**: 107-114.
- STEUBING, L. (1965): *Pflanzenökologisches Praktikum*. - Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- STODDART, L.A. (1967): What is Range Management. - *Journal of Range Management* **20**(5): 304-307.
- STROHBACH, B.J. & SHEUYANGE T.P. (2000): *Vegetation Survey of Namibia*. - National Botanical Research Institute, Windhoek, Namibia (Manusk., unveröf.).
- STROHBACH, B.J. (1996): The effect of season and treatment on the survival rate and copping ability of five encroaching woody species. II. The effect of fire-girdling. - *Agricola* **8**: 61-65.
- STROHBACH, B.J., CALITZ, A.J. & COETZEE, M.E. (1996): Erosion hazard mapping: Modelling the vegetative cover. - *Agricola* **8**: 53-59.
- STRUCK, M. (1994): Flowering phenology in the arid water rainfall region of Southern Africa. - *Bothalia* **24**(1): 77-99.
- STUART-HILL, G.C. & AUCAMP, A.J. (1993): Carrying capacity of the succulent valley bushveld of the eastern Cape. - *African Journal of Range & Forage Science* **10**(1): 1-10.
- STUART-HILL, G.C. & HOBSON, F.O. (1991): An alternative approach to veld condition assessment in the non-grassveld regions of South Africa. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **8**(4): 179-185.

- STUART-HILL, G.C., AUCAMP, A.J., LE ROUX, C.J.G. & TEAGUE, W.R. (1986): Towards a method of assessing the veld condition of the Valley Bushveld in the Eastern Cape. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **3**(1): 19-24.
- SULLIVAN, S. (1998): Peoples, plants and practice in drylands: socio-political and ecological dimensions of resource-use by Damara farmers in north-west Namibia. - PhD thesis, University College London, 448 S.
- SWEET, R.J. & MPHINYANE, W. (1986): Preliminary observations on the ability of goats to control post-burning regrowth in *Acacia nigrescens/Combretum apiculatum* Savanna in Botswana. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **3**(3): 79-84.
- TAINTON, N.M. (1985): Recent trends in grazing management philosophy in South Africa. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **2**(4): 4-6.
- TALYOR, C.A., KOTHMANN, M.M., MERRILL, L.B. & ELLEDGE, D. (1980): Diet selection by cattle under high-intensity low-frequency, short duration, and merrill grazing systems. - *Journal of Range Management* **33**(6): 428-434.
- TANSLEY, A.G. (1920): The classification of vegetation and the concept of development. - *Journal of Ecology* **8**(2): 118-149.
- TAPSON, D. (1993): Biological Sustainability in Pastoral Systems: The Kwazulu Case. - In: BEHNKE, R.H., SCOONES, I. & KERVEN, C. (1993): *Range Ecology at Disequilibrium*. - Overseas Development Institute, London, S. 118-135.
- TAYLOR, D.R., AARSSSEN, L.W. & LOEHLE, C. (1990): On the relationship between r/K selection and environmental carrying capacity: a new habitat templet for plant life history strategies. - *OIKOS* **58**(2): 239-250.
- TAYLOR, H.C. (1984): A vegetation survey of the Cape of Good Hope Nature Reserve. I. The use of association-analysis and Braun-Blanquet methods. - *Bothalia* **15**(1/2): 245-258.
- TEAGUE, W.R. & SMIT, G.N. (1992): Relations between woody and herbaceous components and the effects of bush-clearing in southern African savannas. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **9**(2): 60-71.
- TER BRAAK, C.J.F. (1987): Unimodal models to relate species to environment. - GLW, Wageningen, 149 S.
- TER BRAAK, C.J.F. (1988): CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). - GLW, Wageningen, 95 S.
- THERON, G.K. (1979): Die verskynsel van kaal kolle in Kaokoland, Suidwes-Afrika. - *Journal of the South African Biological Society* **20**: 43-53.
- THOM, R (1975): *Structural stability and morphogenesis*. - Benjamin, Reading, Mass.
- THOMAS, D.S.G. & MIDDLETON, N.J. (1994): *Desertification: Exploding the Myth*. - John Wiley & Sons, New York, 194 S.
- THOMAS, D.S.G. & SHAW, P.A. (1993): The evolution and characteristics of the Kalahari, southern Africa. - *Journal of Arid Environments* **25**: 97-108.
- THORNTHWAITE, C.W. (1948): An approach towards a rational classification of climate. - *Geographical Review* **38**: 55-94.

- TIETMA, T. (1989): The possibility of management of the Mopane Woodland. - Report of the Workshop on the Management and Development of Indigenous Forests in the SADCC Region, S. 1-11.
- TIMBERLAKE, J.R. (1995): *Colophospermum mopane* - Annotated Bibliography and Review. - The Zimbabwe Bulletin of Forestry Research **11**, 49 S.
- TINLEY, K.L. (1982): The Influence of Soil Moisture Balance on Ecosystem Patterns in southern Africa. - In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H. [Hrsg.]: Ecology of tropical savannas. - Springer Berlin, Heidelberg, New York S. 175-192.
- TRASH, I. (1997): Infiltration rate of soil around drinking troughs in the Kruger National Park, South Africa. - Journal of Arid Environment **35**: 618-625.
- TRASH, I., THERON, G.K. & BOTHMA, J. du P. (1993): The impact of water provision on herbaceous plant community composition in the Kruger National Park. - African Journal of Range & Forage Science **10**: 31-35.
- TRIPPNER, C. (1996): Bodenökologische Untersuchungen in ausgewählten Modellgebieten im Etosha-Nationalpark/Nordnamibia, unter besonderer Berücksichtigung der öko-pedologischen Risiken und der Standortansprüche von *Colophospermum mopane*. - Doktorarbeit, Universität Regensburg, 259 S.
- TRODD, N.M. & DOUGILL, A.J. (1998): Monitoring vegetation dynamics in semi-arid African rangelands. - Applied Geography **18**(4): 315-330.
- TROLL, C. (1943): Thermische Klimatypen der Erde. - Petermanns Geographische Mitteilungen **89**: 81 - 89.
- TROLLOPE, W.S.W. & TROLLOPE, L.A. (1990): Veld and pasture management terminology in southern Africa. - Journal of the Grassland Society of Southern Africa **7**(1): 52-61.
- TROUPIN, G. (1966): Étude phytocénologique du Parc de l'Ákagera et du Rwanda oriental. - Publications of the Institute of Nature Research and Science Butare, Rwanda **2**: 1-293.
- TURNER, G.T. (1971): Soil and grazing influences on a salt-desert shrub range in western Colorado. - Journal of Range Management **24**(4): 397-400.
- TURNER, M.D. (1999): Spatial and temporal scaling of grazing impact on the species composition and productivity of Sahelian annual grasslands. - Journal of Arid Environments **41**: 277-297.
- TÜXEN, R. & DIEMONT, H (1937): Klimaxgruppe und Klimaxschwarm. - Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover **88/89**: 73-87.
- TÜXEN, R. (1933): Klimaxprobleme des nordwesteuropäischen Festlandes. - Nederlandse Kruidkunde Archief **43**: 293-309.
- TYSON, P.D. (1978): Rainfall changes over South Africa during the period of meteorological record. - In: WERGER M.J.A. [Hrsg.]: Biogeography and Ecology of Southern Africa. - Dr. W. Junk bv Publishers, Den Haag, S. 55-69.
- TYSON, P.D. (1981): Climate and desertification in Southern Africa. - GeoJournal Supplementary Issue **2**: 3-10.
- TYSON, P.D. (1987): Climatic change and variability in southern Africa. - Oxford University Press, Cape Town, 220 S.

- UMRANI, A.P. (1999): Sustainable approaches for rangeland management and livestock production in arid and semi arid regions of tropical countries. - Overseas Development Institute, London, 11 S.
- UNCOD (1977): World map of desertification. Report of the UN Conference on Desertification Nairobi 29.8-9.9.1977. - A/Conf. 74/2: 4-6.
- UNSO (1996): Supporting pastoral development in the world's drylands. A Programme in the Context of the UN Convention to Combat Desertification. - UNSO-Office to Combat Desertification and Drought, 27 S.
- VALENTIN, C. (1983): Effects of grazing and trampling on soil deterioration around recently drilled water holes in the Sahelian Zone. - In: EL-SWAIFY, S.A., MOLDENHAUER, W.C. & LO, A. [Hrsg.]: Soil erosion and conservation.- Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, S. 51-65.
- VAN DER MAAREL, E. (1969): On the use of ordination models in phytosociology. - *Vegetatio* **19**: 21-46.
- VAN DER MAAREL, E. (1980): On the interpretability of ordination diagrams. - *Vegetatio* **39**: 97-114.
- VAN DER MERWE, J.H. (1983): National Atlas of South West Africa.- Kapstadt.
- VAN DER MERWE, J.P.A. & KELLNER, K. (1999): Soil disturbances and increase in species diversity during rehabilitation of degraded arid rangelands. - *Journal of Arid Environments* **41**: 323-333.
- VAN DER WALT, J.J.A. (1973): A new species from the Kaokoveld (South West Africa).- *Dinteria* **9**: 23-28.
- VAN NOORDWIJK-PUIJK, K., BEEFTINK, W.G. & HOGEWEG, P. (1979): Vegetation development on salt-marsh flats after disappearance of the tidal factor. - *Vegetatio* **39**: 1-13.
- VAN OUDTSHOORN, F.P. (1992): Guide to Grasses of South Africa. - Briza Publications, Pretoria, 301 S.
- VAN OUDTSHOORN, F.P. (1999): Guide to the Grasses of Southern Africa. - Briza Publications, Pretoria, 288 S.
- VAN ROOYEN, A.F. (1998): Combating desertification in the southern Kalahari: connecting science with community action in South Africa. - *Journal of Arid Environments* **39**: 285-297.
- VAN ROOYEN, A.F. (1998): Combating desertification in the southern Kalahari: connecting science with community action in South Africa. - *Journal of Arid Environments* **39**: 285-297.
- VAN ROOYEN, N., BREDENKAMP, G.K., THERON, G.K., BOTHMA, J. DU, P. & LE RICHE, E.A.N. (1994): Vegetational gradients around artificial watering points in the Kalahari Gemsbok National Park. - *Journal of Arid Environments* **26**: 349-361.
- VAN VOORTHUIZEN, E.G. (1976): Global desertification and Range Management: an Appraisal. - *Journal of Range Management* **31**(5): 378-380.
- VAN WARMELO, N.J. (1951): Notes on the Kaokoveld (South West Africa) and its People. - Republic of South Africa, Department of Bantu Administration, Ethnological Publications No. 26, Pretoria, 68 S.
- VAN WYK, B. & VAN WYK, P. (1997): Field guide to the trees of southern Africa. - Struik Publishers, Kapstadt, 536 S.

- VEENENDAAL, E.M., ERNST, W.H.O. & MODISE, G.S. (1996): Effect of seasonal rainfall pattern on seedling emergence and establishment of grasses in a savanna in south-eastern Botswana. - *Journal of Arid Environments* **32**: 305-317.
- VILJOEN, P.J. & BOTHA, J. DU P. (1990): The influence of desert-dwelling elephants on vegetation in the northern Namib Desert, South West Africa/Namibia. - *Journal of Arid Environments* **18**: 85-96.
- VILJOEN, P.J. (1980): Veldtipes, Verspreiding van die groter Soogediere, en enkele Aspekte van die Ekologie van Kaokoland. - Pretoria (M.Sc.thesis, unveröf.), 401 S.
- VOGEL, J.C. & RUST, U. (1987): Environmental changes in the Kaokoland Namib Desert during the present millenium. - *Madoqua* **15**(1): 5-16.
- VOGELSANG, R. (1998): Archaeological survey in the Kaokoveld, Namibia. - *Nyame Akuma* **50**: 22-24.
- VOGELSANG, R. (2000): Migration oder Diffusion? - Frühe Viehhaltung im Kaokoland. - *Kölner Geographische Arbeiten*, Köln (im Druck).
- VOIGT, J.W. (1951): Vegetational Changes on a 25 Year Subserie in the Loess Hill Region of Central Nebraska. - *Journal of Range Management* **4**(4): 254-263.
- VOLK, O.H. (1966): Die Florengebiete von Südwestafrika. - S.W.A. Wissenschaftliche Gesellschaft, Wissenschaftliche Forschung **20**, Windhoek.
- VOLK, O.H. (1974): Gräser des Farmgebietes von Südwestafrika. - S.W.A. Wissenschaftliche Gesellschaft, Wissenschaftliche Forschung **13**, Windhoek, 61 S. (und Anhang).
- VON BREITENBACH, F. (1995): National list of indigenous trees. - Dendrological Foundation, Pretoria, 371 S.
- VOORTHUIZEN, E.G. (1976): The Mopane tree. - *Botswana Notes & Records* **8**: 223-230.
- WALKER, B.H. & KNOOP, W.T. (1987): The response of the herbaceous layer in a dystrophic *Burkea africana* Savanna to increased levels of nitrogen, phosphate and potassium. - *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* **4**(1): 31-34.
- WALKER, B.H. & NOY-MEIR, I. (1982): Aspects of the Stability and Resilience of Savanna Ecosystems. - In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H. [Hrsg.]: *Ecology of tropical savannas*. - Springer Berlin, Heidelberg, New York S. 556-590.
- WALKER, B.H. (1993): Rangeland ecology: understanding and managing change. - *Ambio* **22**: 80-87.
- WALKER, B.H., MATTHEWS, D.A. & DYE, P.J. (1986): Management of grazing systems - existing versus an event-orientated approach. - *South African Journal of Science* **82**: 172.
- WALTER, H. & BRECKLE, S.-W. (1991a): *Ökologie der Erde. Band 2 - Spezielle Ökologie der tropischen und subtropischen Zonen*. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 461 S.
- WALTER, H. & BRECKLE, S.-W. (1991b): *Ökologie der Erde. Band 1 - Grundlagen*. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 238 S.
- WALTER, H. & LIETH, H. (1960-67): *Klimadiagramm-Weltatlas*. - Jena.
- WALTER, H. & WALTER, E. (1953): Einige allgemeine Ergebnisse unserer Forschungsreise nach Südwestafrika 1952/53: Das Gesetz der relativen Standortskonstanz; das Wesen der Pflanzengemeinschaften. - *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* **66**: 228-236.

- WALTER, H. (1939a): Grasland, Savannen und Busch der arideren Teile Afrikas in ihrer ökologischen Bedingtheit. - *Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik* **87**: 750-860.
- WALTER, H. (1939b): Die Periodizität von Trocken- und Regenjahren in Dt. Südwestafrika auf Grund von Jahresringmessungen an Bäumen. - *Bericht der Deutschen Botanischen Gesellschaft* **54**: 608-620.
- WALTER, H. (1954): Klimax und zonale Vegetation. - *Angewandte Pflanzensoziologie* **1**: 144-150.
- WALTER, H. (1986): *Allgemeine Geobotanik*. - Eugen Ulmer, Stuttgart, 279 S.
- WALTER, H. (1990): *Vegetation und Klimazonen*. - Eugen Ulmer, Stuttgart, 382 S.
- WARD, D., NGAIRORUE, B.T., KATHENA, J., SAMUELS, R. & OFRAN, Y. (1998): Land degradation is not a necessary outcome of communal pastoralism in arid Namibia. - *Journal of Arid Environments* **40**: 357-371.
- WARD, D., OLSVIG-WHITTAKER, L. & LAWES, M. (1993): Vegetation-environment relationships in a Negev Desert erosion cirque. - *Journal of Arid Environments* **4**: 83-94.
- WARD, J.H. (1963): Hierarchical grouping to optimize an objective function. - *Journal of the American Statistical Association* **58**: 236-244.
- WARREN, A. & KHOGALI, M. (1992): An assesment of desertification and land degradation in the Sudano-Sahelian Region 1985-1991. - UNSO, New York , 250 S.
- WARREN, A., SUD, Y.C. & RAZANOV, B. (1996): The future of deserts. - *Journal of Arid Environments* **32**: 75-89.
- WARREN, P.L. & HUTCHINSON, C.F. (1983): Indicators of rangeland change and their potential for remote sensing. - *Journal of Arid Environments* **6**: 107-126.
- WEAVER, J.E. (1950): Effects of different intensities of grazing on the depth and quantity of roots of grasses. - *Journal of Range Management* **3**(2): 100-113.
- WERGER, M.J.A. & COETZEE, B.J. (1978): The Sudano-Zambeziian Region. - In: WERGER, M.J.A. [Hrsg.]: *Biogeography and Ecology of Southern Africa*. - Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague, S. 301-461.
- WERGER, M.J.A. (1974): On concepts and techniques applied in the Zürich-Montpellier method of vegetation survey. - *Bothalia* **11**(3): 309-323.
- WERGER, M.J.A. (1978a): Patterns of man-land relations. - In: WERGER M.J.A. [Hrsg.]: *Biogeography and Ecology of Southern Africa*. - Dr. W. Junk bv Publishers, Den Haag, S. 1051-1112.
- WERGER, M.J.A. (1978b): The Karoo-Namib Region. - In: WERGER, M.J.A. [Hrsg.]: *Biogeography and Ecology of Southern Africa*. - Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague, S. 231-299.
- WERGER, M.J.A. (1978c): The Sudano-Zambeziian Region. - In: WERGER, M.J.A. [Hrsg.]: *Biogeography and Ecology of Southern Africa*. - Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague, S. 301-462.
- WERGER, M.J.A. (1983): Tropical grasslands, savannas, woodlands: natural and manmade. - In: HOLZNER, W., WERGER, M.J.A. & IKUSIMA, I. (1983): *Man's impact on vegetation*. - Dr. W. Junk Publishers, The Hague, S. 107-137.
- WEST, N.E. (1981): Nutrient cycling in deserrt ecosystems. - In: GOODALL, D.W. & PERRY, R.A. [Hrsg.]: *Arid lands ecosystems: structure, functioning and management*. - IBP, Cambridge University Press, Cambridge, S. 301-324.

- WEST, N.E., PROVENZA, P.S. & OWENS, M.K. (1984): Vegetation change after 13 years of livestock grazing exclusion on sagebrush semidesert in west central Utah. - *Journal of Range Management* **37**(3): 262-264.
- WESTOBY, M., WALKER, B. & NOY-MEIR, I. (1989a): Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. - *Journal of Range Management* **42**(4): 266-274.
- WESTOBY, M., WALKER, B. & NOY-MEIR, I. (1989b): Range management on the basis of a model which does not seek to establish equilibrium. - *Journal of Arid Environments* **17**: 235-239.
- WHITE, F. (1965): The savanna woodlands of the Zambezi and Sudanian Domains. - *Webbia* **19**: 651-681.
- WHITE, F. (1971): The taxonomic and ecological basis of chorology. - *Mitteilungen der Botanischen Staatssammlung München* **10**: 91-112.
- WHITE, F. (1976): The vegetation map of Africa - The history of a completed project. - *Boissiera* **24**: 659-666.
- WHITE, F. (1983): The vegetation of Africa, a descriptive memoir to accompany the UNESCO-AETFAT-UNSO vegetation map of Africa. - UNESCO, Paris, 365 S.
- WHITE, F. (1993): The AETFAT chorological classification of Africa: history, methods and applications. - UNESCO, Paris, 365 S.
- WHITTAKER, R.H. (1951): A criticism of plant association and climatic climax concepts. - *Northwestern Science* **25**: 17-31.
- WHITTAKER, R.H. (1953): A consideration of climax theory: The climax as a population and pattern. - *Ecology Monographs* **23**: 41-78.
- WHITTAKER, R.H. (1967): Gradient analysis of vegetation. - *Biological Reviews* **49**: 207- 264.
- WHITTAKER, R.H. (1972): Convergences of ordination and classification. - In: VAN DER MAAREL, E. & TÜXEN, R. [Hrsg.]: *Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie*. - *Berichte des Internationalen Symposiums der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde* Rinteln: 39-57, Dr. W. Junk b.v. - Publishers, Den Haag
- WHITTAKER, R.H. (1974): Climax concepts and recognition. - In: KNAPP, R. [Hrsg.]: *Vegetation dynamics*. - *Handbook of Vegetation Science* **8**: 137-154, Junk, Den Haag.
- WHITTAKER, R.H. (1975): *Communities and ecosystems*. - Macmillian Publishing, New York, 377 S.
- WHITTAKER, R.H. (1978): *Ordination of plant communities*. - Dr. W. Junk b.v. - Publishers, Den Haag, 233 S.
- WICKENS, G.E. (1997): Has the Sahel a future?. - *Journal of Arid Environments* **37**: 649-663.
- WIEGAND, T., MILTON, S.J. & WISSEL, C. (1995): A simulation model for a shrub ecosystem in the semiarid Karoo, South Africa. - *Ecology* **76**(7): 2205-2221.
- WIEGLEB, G. (1986): *Grenzen und Möglichkeiten der Datenanalyse in der Pflanzenökologie*. - *Tuexenia* **6**: 365-377, Göttingen.
- WIGHT, R.J. & NICHOLS, J.T. (1966): Effects of Harvester Ants on Production of a Saltbush Community. - *Journal of Range Management* **19**(2): 68-71.
- WILDI, O. (1986): *Analyse vegetationskundlicher Daten*. - Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich, Stiftung. Rübel, Band **90**.

- WILHITE, D. & GLANTZ, M. (1987): Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. - In: WILHITE, D. & EASTERLING, W. [Hrsg.]: Planning for Drought. - Westview Press, London, S. 11-30.
- WILSON, T.B. & WITKOWSKI, E.T.F. (1998): Water requirements for germination and early seedling establishment in four African savanna woody plant species. - Journal of Arid Environments **38**: 541-550.
- WISSEL, C. (1984): A universal law of the characteristic return time near thresholds. - Oecologia **65**: 101-107.
- WITKOWSKI, E.T.F. & O'CONNOR, T.G. (1996): Topo-edaphic, floristic and physiognomic gradients of woody plants in a semi-arid African savanna woodland. - Vegetatio **124**: 9-23.
- WMO (1975): Drought in Agriculture. - Technical note No. 138, WMO No. **392**, Genf.
- WOLFSON, M.M. & CAETANO, J. (1992): Growth and physiological responses of *Cenchrus ciliaris* and *Cloris gayana* to salinity stress. - Bulletin of the Grassland Society of southern Africa **3**(1): 26.
- WONDZELL, S.M., CORNELIUS, J.M. & CUNNINGHAM, G.L. (1990): Vegetation patterns, microtopography, and soils on a Chihuahuan desert playa. - Journal of Vegetation Science **1**: 403-410.
- WYANT, J.G. & REID, R.S. (1992): Determining the age of *Acacia tortilis* with ring counts for South Turkana, Kenya: a preliminary assessment. - African Journal of Ecology **30**: 176-180.
- YOUNG, V.A. (1956): The Effect of the 1949-1954 Drought on the Ranges of Texas. - Journal of Range Management **9**(3): 139-142.
- ZACHARIAS, P.J.K. (1994): Bush encroachment and control in Southern Africa. - Bulletin of the Grassland Society of Southern Africa **5**(2): 51-54.
- ZEEMAN, E.C. (1978): A dialogue between a mathematician and a biologist. - Bioscience Communications **4**: 225-240.
- ZONNEFELD, I.S. (1989): Landscape survey and evaluation. - Journal of Arid Environments **17**: 255-264.

Anhang

Tab. A: Übersicht über die im Zuge der Bearbeitung der Schwerpunktthemen „Vegetationsökologische Transektanalyse“ und „Vegetationsökologie der Siedlungsplätze“ dokumentierten Taxa

(X = Art wurde dokumentiert, Fortsetzung der Tab. XVII bis Seite 361)

Artname / taxonomische Zuordnung	Lebensform	Arten Vegetations-ökologische Transekt-analyse	Arten Vegetations-ökologie der Siedlungs-plätze
PTERIDOPHYTA			
Ophioglossaceae			
Ophioglossum spec.	Geophyt		X
Pteridaceae			
Actiniopteris radiata	Geophyt	X	
Pteridaceae 103883	Geophyt	X	
GYMNOSPERMAE			
Welwitschiaceae			
Welwitschia mirabilis	Phanerophyt	X	
ANGIOSPERMAE			
Monocotyledonae			
Poaceae			
Brachiaria deflexa	Gras (annuell)	X	
Urochloa brachyra	Gras (annuell)	X	X
Panicum coloratum	Gras (annuell)		X
Panicum novemnerve	Gras (annuell)		X
Setaria verticillata	Gras (annuell)		X
Melinis repens ssp. grandiflora	Gras (annuell)	X	X
Anthephora schinzii	Gras (annuell)	X	X
Cenchrus ciliaris	Gras (perennierend)	X	X
Stipagrostis hirtigluma	Gras (annuell/perennierend)	X	X
Stipagrostis hochstetteriana	Gras (perennierend)	X	
Stipagrostis namaquensis	Gras (perennierend)	X	
Stipagrostis uniplumis	Gras (annuell/perennierend)	X	X
Stipagrostis 103803	Gras	X	
Stipagrostis 103887	Gras	X	
Stipagrostis 103984	Gras	X	
Stipagrostis 104009	Gras	X	
Stipagrostis 104012	Gras	X	
Stipagrostis 107159	Gras	X	
Stipagrostis 107565	Gras	X	
Aristida effusa	Gras (annuell)	X	X
Aristida parvula	Gras (annuell)	X	
Tragus bertorianus	Gras (annuell)	X	X
Tragus racemosus	Gras (annuell)		X
Monelytrum luederitzianum	Gras (annuell/perennierend)	X	X
Sporobolus engleri	Gras (annuell)		X
Eragrostis annulata	Gras (annuell)	X	X
Eragrostis aspera	Gras (annuell)	X	
Eragrostis crassinervis	Gras (perennierend)	X	
Eragrostis cylindriflora	Gras (annuell)		X
Eragrostis echinochloidea	Gras (perennierend)	X	X
Eragrostis nindensis	Gras (perennierend)		X
Eragrostis pilgeriana	Gras (annuell)	X	X
Eragrostis porosa	Gras (annuell)		X

Anhang

Eragrostis superba	Gras (perennierend)	X	
Eragrostis trichophora	Gras (perennierend)		X
Microchloa caffra	Gras (perennierend)	X	
Enteoplocamia aristulata	Gras (annuell)	X	X
Dactyloctenium aegyptium	Gras (annuell)		X
Pogonarthria fleckii	Gras (annuell)	X	X
Pogonarthria squarrosa	Gras (perennierend)		X
Enneapogon cenchroides	Gras (annuell)	X	X
Enneapogon desvauxii	Gras (annuell)	X	X
Schmidtia kalahariensis	Gras (annuell)	X	X
Schmidtia pappophoroides	Gras (perennierend)		X
Fingerhutia africana	Gras (annuell)	X	
Poaceae 103771	Gras	X	
Poaceae 103804	Gras	X	
Poaceae 103858	Gras	X	
Poaceae 103881	Gras	X	
Poaceae 103882	Gras	X	
Poaceae 103900	Gras	X	
Poaceae 103932	Gras (annuell)	X	
Poaceae 107199	Gras	X	
Poaceae 107229	Gras	X	
Poaceae 107230	Gras	X	
Poaceae 107565	Gras	X	
Poaceae 107570	Gras	X	
Poaceae 107575	Gras	X	
Poaceae 119964	Gras		X
Poaceae 119965	Gras		X
Cyperaceae			
Cyperaceae 103772	Gras	X	
Cyperaceae 103856	Gras	X	
Arecaceae			
Hyphaena ventricosa	Phanerophyt		X
Commelinaceae			
Commelina benghalensis	Annuelle	X	
Asphodelaceae			
Aloe dinteri	Blattsukkulente	X	
Eriospermaceae			
Eriospermum roseum	Geophyt	X	
Eriospermum 119967	Geophyt		X
Sansevieriaceae			
Sansevieria aethiopica	Blattsukkulente	X	
Asparageceae			
Asparagus spec.	Chamaephyt/Phanerophyt	X	X
Amaryllidaceae			
Nerine cf. laticoma	Geophyt		X
Velloziaceae			
Xerophyta squarrosa	Phanerophyt	X	
unbestimmte Monocotyle			
Gen spec. 107183	Geophyt	X	
Gen spec. 119117	Geophyt		X

Anhang

Gen spec. 119124	Geophyt		X
Gen spec. 119125	Geophyt		X
Gen spec. 119126	Geophyt		X
Gen spec. 119128	Geophyt		X
Gen spec. 119130	Geophyt		X
Gen spec. 119146	Geophyt		X
Gen spec. 119147	Geophyt		X
Gen spec. 119968	Geophyt		X
Gen spec. 119969	Geophyt		X
Dicotyledonae			
Urticaceae			
Forsskaolea viridis	Annuelle	X	
Loranthaceae			
Oncocalyx welwitschii	Epiphyt	X	
Tapinanthus oleifolius	Epiphyt	X	
Olaceae			
Ximenia americana	Phanerophyt	X	X
Polygonaceae			
Polygonaceae 103987	Annuelle	X	
Chenopodiaceae			
Salsola tuberculatiformis	Chamaephyt	X	
Salsola spec.	Chamaephyt		X
Amaranthaceae			
Amaranthus schinzianus	Annuelle		X
Amaranthus thunbergii	Annuelle		X
Sericorema sericea	Annuelle	X	X
Marcellioopsis welwitschii	Annuelle	X	X
Nelsia quadrangula	Annuelle	X	X
Leucosphaera bainesii	Chamaephyt	X	X
Pupalia lappacea	Annuelle/Chamaephyt	X	X
Aerva leucura	Annuelle	X	
Calicorema capitata	Chamaephyt	X	
Achyranthus aspera	Annuelle	X	
Alternanthera pungens	Annuelle	X	
Amaranthaceae 107390	Chamaephyt	X	
Amaranthaceae 107465	Chamaephyt	X	
Nyctaginaceae			
Commicarpus fallacissimus	Chamaephyt		X
Commicarpus squarrosus	Chamaephyt	X	
Boerhavia hereroensis	Annuelle	X	
Boerhavia repens	Annuelle	X	
Boerhavia deserticola	Annuelle	X	
Phaeoptilum spinosum	Phanerophyt	X	
Gisekiaceae			
Gisekia africana	Annuelle	X	X
Molluginaceae			
Limeum argute-carinatum	Blattsukkulente/Annuelle	X	X
Limeum dinteri	Blattsukkulente	X	
Limeum pterocarpum	Annuelle		X
Limeum sulcatum	Blattsukkulente	X	
Limeum viscosum	Blattsukkulente	X	

Anhang

Corbichonia decumbens	Annuelle	X	
Aizoaceae			
Sesuvium sesuvioides	Annuelle		X
Trianthema triquetra	Annuelle	X	X
Aizoanthemum dinteri	Annuelle		X
Aizoanthemum galenioides	Annuelle		X
Aizoon virgatum	Blattsukkulente/Chamaephyt	X	X
Portulacaceae			
Talinum cafferum	Geophyt	X	
Talinum 107321	Geophyt	X	
Talinum 119000	Geophyt	X	X
Ceraria longipedunculata	Blattsukkulente	X	
Portulaca oleracea	Blattsukkulente/Annuelle	X	X
Portulaca quadrifida	Blattsukkulente	X	
Portulacaceae 107525	Blattsukkulente	X	
Caryophyllaceae			
Spargularia daemia	Annuelle		X
Brassicaceae			
Erucastrum arabicum	Annuelle	X	
Menispermaceae			
Tinospora fragosa	Stammsukkulente	X	
Capparaceae			
Cleome angustifolia subsp. petersiana	Annuelle	X	
Cleome diandra	Annuelle		X
Cleome elegantissima	Annuelle	X	
Cleome foliosa	Annuelle	X	X
Cleome foliosa var. foliosa	Annuelle	X	
Cleome suffruticosa	Annuelle	X	X
Cleome 107547	Annuelle	X	
Boscia albitrunca	Phanerophyt	X	X
Boscia foetida	Phanerophyt	X	X
Boscia microphylla	Phanerophyt	X	X
Cadaba schroepelii	Phanerophyt	X	
Maerua parvifolia	Phanerophyt	X	
Maerua schinzii	Phanerophyt	X	X
Moringaceae			
Moringa ovalifolia	Stammsukkulente	X	
Crassulaceae			
Kalanchoe lanceolata	Blattsukkulente	X	
Kalanchoe 103864	Blattsukkulente	X	
Montiniaceae			
Montinia caryophyllacea	Phanerophyt	X	X
Myrothamnaceae			
Myrothamnus flabellifolius	Chamaephyt	X	
Fabaceae			
<u>Unterfamilie: Mimosoideae</u>			
Albizia brevifolia	Phanerophyt	X	
Albizia tanganyicensis	Phanerophyt	X	
Acacia ataxacantha	Phanerophyt	X	

Anhang

Acacia erioloba	Phanerophyt	X	
Acacia erubescens	Phanerophyt	X	
Acacia fleckii	Phanerophyt	X	
Acacia hebeclada	Phanerophyt	X	
Acacia mellifera	Phanerophyt	X	
Acacia nilotica	Phanerophyt	X	X
Acacia reficiens	Phanerophyt	X	X
Acacia senegal ssp. rostrata	Phanerophyt	X	X
Acacia tortilis	Phanerophyt	X	
Dichrostachys cinerea	Phanerophyt	X	X
Elephantorrhiza suffruticosa	Phanerophyt	X	
<u>Unterfamilie: Caesalpinioideae</u>			
Colophospermum mopane	Phanerophyt	X	X
Adenolobus garipensis	Phanerophyt	X	
Adenolobus pechuelii	Phanerophyt	X	
Senna italica	Annuelle	X	X
Parkinsonia africana	Phanerophyt	X	
Peltophorum africanum	Phanerophyt	X	
<u>Unterfamilie: Papilionoideae</u>			
Crotalaria podocarpa	Annuelle		X
Crotalaria 103867	Annuelle	X	
Crotalaria 103986	Annuelle	X	
Indigastrium argyraeum	Annuelle	X	X
Indigastrium argyroides	Annuelle		X
Indigastrium 103755	Annuelle	X	
Indigastrium 103788	Annuelle	X	
Indigastrium 103802	Annuelle	X	
Indigastrium 103805	Annuelle	X	
Indigastrium 103814	Annuelle	X	
Indigastrium 103904	Annuelle	X	
Indigastrium 103910	Annuelle	X	
Indigastrium 103962	Annuelle	X	
Indigastrium 103995	Annuelle	X	
Indigastrium 107367	Annuelle	X	
Indigofera heterotricha	Chamaephyt	X	X
Indigofera teixeirae	Annuelle		X
Indigofera trita ssp. subulata	Chamaephyt		X
Indigofera 107400	Annuelle	X	
Indigofera 107464	Annuelle	X	
Indigofera 107467	Annuelle	X	
Indigofera 107518	Annuelle	X	
Indigofera 107535	Annuelle	X	
Indigofera 115999	Annuelle	X	
Indigofera 115301	Annuelle	X	
Indigofera 119127	Annuelle		X
Indigofera 119303	Annuelle	X	
Ptychlobium biflorum	Chamaephyt	X	X
Tephrosia oxygona	Annuelle	X	X
Tephrosia 103796	Annuelle	X	
Tephrosia 107402	Annuelle	X	
Tephrosia 107537	Annuelle	X	
Mundulea sericea	Phanerophyt	X	
Pterocarpus lucens	Phanerophyt	X	
Sesbania sphaerosperma	Chamaephyt	X	X
Neorautanenia mitis	Annuelle	X	
Rhynchosia totta	Chamaephyt	X	
Rhynchosia 103914	Chamaephyt	X	
Fabaceae 107398	Annuelle	X	

Anhang

Geraniaceae			
Monsonia senegalensis	Annuelle	X	X
Monsonia umbellata	Annuelle	X	
Sarcocaulon marlothii	Chamaephyt	X	
Geraniaceae 107350	Annuelle	X	
Zygophyllaceae			
Zygophyllum cylindrifolium	Blattsukkulente	X	
Zygophyllum simplex	Blattsukkulente/Annuelle	X	X
Zygophyllum stapfii	Blattsukkulente	X	
Tribulus terrestris	Annuelle	X	
Tribulus zeyheri	Annuelle	X	X
Tribulus 107202	Annuelle	X	
Balanitaceae			
Balanites welwitschii	Phanerophyt	X	
Rutaceae			
Zanthoxylum ovatifoliatum	Phanerophyt	X	
Thamnosma africanum	Chamaephyt	X	
Simaroubaceae			
Kirkia acuminata	Phanerophyt	X	
Burseraceae			
Commiphora africana	Stammsukkulente	X	
Commiphora anacardiifolia	Stammsukkulente	X	
Commiphora angolensis	Stammsukkulente	X	
Commiphora crenato-serrata	Stammsukkulente	X	
Commiphora dinteri	Stammsukkulente	X	
Commiphora glaucescens	Stammsukkulente	X	
Commiphora krauseliana	Stammsukkulente	X	
Commiphora mollis	Stammsukkulente	X	
Commiphora multijuga	Stammsukkulente	X	X
Commiphora oblanceolata	Stammsukkulente	X	
Commiphora pyracanthoides	Stammsukkulente	X	X
Commiphora saxicola	Stammsukkulente	X	
Commiphora tenuipetiolata	Stammsukkulente	X	
Commiphora virgata	Stammsukkulente	X	
Commiphora wildii	Stammsukkulente	X	
Commiphora 103785	Stammsukkulente	X	
Pteroxylaceae			
Ptaeroxylon obliquum	Phanerophyt	X	
Polygalaceae			
Polygala guerichiana	Chamaephyt	X	
Polygala pallida	Annuelle	X	
Euphorbiaceae			
Phyllanthus maderaspatensis	Annuelle	X	
Phyllanthus pentandrus	Annuelle	X	
Bridelia tenuifolia	Annuelle	X	
Croton gratissimus	Phanerophyt	X	X
Croton menyartii	Phanerophyt	X	
Acalypha fruticosa	Phanerophyt	X	X
Acalypha indica	Chamaephyt	X	
Dalechampia scandens	Chamaephyt	X	
Spirostachys africana	Phanerophyt	X	

Anhang

<i>Euphorbia damarana</i>	Stammsukkulente	X	
<i>Euphorbia gariiepina</i>	Stammsukkulente	X	
<i>Euphorbia glanduligera</i>	Annuelle	X	X
<i>Euphorbia guerichiana</i>	Stammsukkulente	X	
<i>Euphorbia inaequilatera</i>	Annuelle	X	X
<i>Euphorbia phylloclada</i>	Blattsukkulente	X	
<i>Euphorbia prostrata</i>	Annuelle	X	
<i>Euphorbia virosa</i>	Stammsukkulente	X	
<i>Euphorbia 103866</i>	Annuelle	X	
Celastraceae			
<i>Gymnosporia senegalensis</i>	Phanerophyt	X	
Rhamnaceae			
<i>Ziziphus mucronata</i>	Phanerophyt	X	
<i>Berchemia discolor</i>	Phanerophyt	X	
<i>Helinus integrifolius</i>	Phanerophyt	X	
Vitaceae			
<i>Cissus nymphaeifolia</i>	Stammsukkulente	X	
<i>Cyphostemma uter</i>	Stammsukkulente	X	
Tiliaceae			
<i>Grewia avellana</i>	Phanerophyt	X	
<i>Grewia bicolor</i>	Phanerophyt	X	
<i>Grewia flava</i>	Phanerophyt	X	X
<i>Grewia flavescens</i>	Phanerophyt	X	
<i>Grewia tenax</i>	Phanerophyt	X	
<i>Grewia villosa</i>	Phanerophyt	X	X
<i>Grewia 103889</i>	Phanerophyt	X	
Malvaceae			
<i>Abutilon fruticosum</i>	Annuelle	X	
<i>Abutilon 119919</i>	Annuelle		X
<i>Pavonia burchellii</i>	Chamaephyt	X	
<i>Pavonia 103825</i>	Chamaephyt	X	
<i>Pavonia 107121</i>	Chamaephyt	X	
<i>Hibiscus caesius</i>	Phanerophyt	X	
<i>Hibiscus micranthus</i>	Phanerophyt	X	
<i>Hibiscus 103793</i>	Phanerophyt	X	
<i>Gossypium anomalum</i>	Phanerophyt	X	
<i>Gossypium triphyllum</i>	Phanerophyt/Chamaephyt	X	X
Malvaceae 107178	Annuelle	X	
Malvaceae 107184	Annuelle	X	
Malvaceae 107409	Annuelle	X	
Bombacaceae			
<i>Adansonia digitata</i>	Stammsukkulente	X	
Sterculiaceae			
<i>Melhania damarana</i>	Chamaephyt	X	
<i>Hermannia amabilis</i>	Annuelle	X	
<i>Hermannia gariiepina</i>	Annuelle	X	
<i>Hermannia modesta</i>	Annuelle	X	X
<i>Hermannia 107192</i>	Annuelle	X	
<i>Hermannia 107372</i>	Annuelle	X	
<i>Hermannia 107455</i>	Annuelle	X	
<i>Hermannia 107517</i>	Annuelle	X	
<i>Hermannia 107568</i>	Annuelle	X	
<i>Hermannia 119929</i>	Annuelle		X

Anhang

Waltheria indica	Annuelle	X	
Sterculia africana	Stammsukkulente	X	
Passifloraceae			
Adenia repanda	Stammsukkulente	X	
Combretaceae			
Combretum apiculatum	Phanerophyt	X	
Combretum wattii	Phanerophyt	X	
Terminalia prunioides	Phanerophyt	X	X
Ebenaceae			
Euclea divenorum	Phanerophyt	X	X
Euclea pseudebenus	Phanerophyt	X	
Salvadoraceae			
Salvadora persica	Phanerophyt	X	
Apocynaceae			
Adenium boehmianum	Stammsukkulente	X	
Pachypodium lealii	Stammsukkulente	X	
Strophanthus amboensis	Phanerophyt	X	
Periplocaceae			
Curroria decidua	Phanerophyt	X	X
Asclepiadaceae			
Hoodia currorii	Stammsukkulente	X	
Stapelia 104018	Stammsukkulente	X	
Stapelia 119988	Stammsukkulente	X	X
Stapelia 115555	Stammsukkulente	X	X
Fockea multiflora	Stammsukkulente	X	
Asclepiadaceae 107617	Annuelle	X	
Convolvulaceae			
Evolvulus alsinoides	Annuelle	X	X
Seddera schizantha	Annuelle	X	
Merremia multisecta	Chamaephyt	X	
Ipomoea adenoides	Stammsukkulente	X	
Ipomoea verbascoidea	Stammsukkulente	X	
Ipomoea 103924	Stammsukkulente	X	
Boraginaceae			
Ehretia rigida	Phanerophyt	X	
Heliotropium giessii	Chamaephyt	X	
Heliotropium hereroense	Chamaephyt	X	X
Heliotropium nelsonii	Annuelle		X
Heliotropium ovalifolium	Annuelle		X
Heliotropium subulatum	Annuelle	X	X
Heliotropium tubulosum	Annuelle	X	X
Heliotropium 103821	Annuelle	X	
Heliotropium 103903	Annuelle	X	
Heliotropium 103996	Annuelle	X	
Heliotropium 104000	Annuelle	X	
Heliotropium 107198	Annuelle	X	
Heliotropium 107646	Annuelle	X	
Heliotropium 107571	Annuelle	X	
Heliotropium 119939	Annuelle		X
Verbenaceae			

Anhang

Chascanum pinnatifidum	Annuelle	X	
Lamiaceae			
Clerodendrum 103859	Chamaephyt	X	
Tinnea rhodesiana	Phanerophyt	X	
Acrotome inflata	Annuelle	X	
Leonotis nepetifolia	Annuelle	X	
Leucas martinicensis	Annuelle	X	
Leucas pechuelii	Chamaephyt	X	
Ocimum americanum var. americanum	Annuelle	X	
Ocimum filamentosum	Annuelle	X	
Lamiaceae 107200	Annuelle	X	
Lamiaceae 115302	Annuelle	X	
Solanaceae			
Lycium oxycarpum	Phanerophyt	X	
Lycium prunus-spinosa	Phanerophyt	X	
Solanum delagoense	Annuelle	X	
Solanum multiglandulosum	Annuelle	X	
Solanum 107180	Annuelle	X	
Solanaceae 107526	Annuelle	X	
Solanaceae 115304	Annuelle	X	
Scrophulariaceae			
Aptosimum angustifolium	Chamaephyt		X
Aptosimum lineare	Annuelle/Chamaephyt	X	X
Aptosimum 107949	Chamaephyt		X
Peliostomum leucorrhizum	Chamaephyt	X	
Peliostomum 103886	Chamaephyt	X	
Lindernia clavata	Geophyt	X	
Hiernia angolensis	Annuelle/Chamaephyt	X	X
Scrophulariaceae 103831	Chamaephyt	X	
Scrophulariaceae 103853	Chamaephyt	X	
Scrophulariaceae 119134	Annuelle		X
Bignoniaceae			
Rhigozum brevispinosum	Phanerophyt	X	
Catophractes alexandri	Phanerophyt	X	X
Pedaliaceae			
Pterodiscus aurantiacus	Annuelle	X	
Sesamothamnus guerichii	Stammsukkulente	X	
Sesamum rigidum	Annuelle	X	
Sesamum 103830	Annuelle	X	
Sesamum 103977	Annuelle	X	
Acanthaceae			
Petalidium bracteatum	Chamaephyt	X	
Petalidium cirrhiferum	Chamaephyt	X	
Petalidium coccineum	Chamaephyt	X	
Petalidium luteo-album	Chamaephyt	X	
Petalidium rossmannianum	Chamaephyt	X	
Petalidium variabile	Chamaephyt	X	X
Petalidium 103751	Chamaephyt	X	
Petalidium 103752	Chamaephyt	X	
Petalidium 103852	Chamaephyt	X	
Petalidium 103959	Chamaephyt	X	
Ruellia diversifolia	Chamaephyt	X	
Barleria prionitis ssp. prionitoides	Phanerophyt	X	
Barleria senensis	Phanerophyt	X	

Anhang

Blepharis gigantea	Annuelle	X	
Blepharis grossa	Annuelle	X	
Blepharis 107194	Annuelle	X	
Blepharis 107334	Annuelle	X	
Peristrophe 103791	Annuelle	X	
Hypoestes forskalii	Annuelle	X	
Megalochlamys marlothii	Chamaephyt	X	
Justicia guerkeana	Phanerophyt	X	
Justicia platysepala	Phanerophyt	X	
Monechma cleomoides	Chamaephyt	X	X
Monechma genistifolium	Chamaephyt	X	
Monechma tonsum	Chamaephyt	X	
Acanthaceae 103896	Chamaephyt	X	
Acanthaceae 107158	Chamaephyt	X	
Rubiaceae			
Amphiasma merenskianum	Chamaephyt/Phanerophyt	X	X
Kohautia angolensis	Annuelle	X	X
Oldenlandia capensis	Annuelle	X	
Vangueria infaustata	Phanerophyt	X	
Pavetta zeyheri	Phanerophyt	X	
Rubiaceae 104008	Chamaephyt	X	
Cucurbitaceae			
Dactyliandra welwitschii	Annuelle	X	
Corallocarpus welwitschii	Annuelle	X	
Momordica humilis	Annuelle	X	
Citrullus lanatus	Annuelle		X
Cucumis africanus	Annuelle	X	
Cucumis sagittatus	Annuelle	X	X
Cucurbitaceae 107196	Annuelle	X	
Cucurbitaceae 107197	Annuelle	X	
Asteraceae			
Baccharoides anthelmintica	Annuelle	X	
Tarchonanthus camphoratus	Phanerophyt	X	
Pechuel-Loeschea leubnitziae	Chamaephyt/Phanerophyt	X	X
Helichrysum 119959	Annuelle		X
Helichrysum 103978	Annuelle	X	
Helichrysum 103988	Annuelle	X	
Antiphonia fragans	Chamaephyt	X	
Geigeria acaulis	Annuelle	X	X
Geigeria alata	Annuelle	X	X
Geigeria ornativa	Annuelle	X	X
Acanthospermum hispidum	Annuelle	X	
Bidens 103930	Annuelle	X	
Kleinia longiflora	Stammsukkulente	X	
Osteospermum muricarpum	Chamaephyt		X
Osteospermum 103818	Annuelle	X	
Osteospermum 107190	Annuelle	X	
Osteospermum 107524	Annuelle	X	
Hirpicium gorterioides	Annuelle	X	X
Dicoma tomentosa	Annuelle	X	X
Asteraceae 103832	Annuelle	X	
Asteraceae 103860	Annuelle	X	
Asteraceae 103899	Annuelle	X	
Asteraceae 103929	Annuelle	X	
Asteraceae 103964	Annuelle	X	
Asteraceae 107157	Annuelle	X	
Asteraceae 107469	Annuelle	X	

Anhang

Asteraceae 107552	Annuelle	X	
Asteraceae 107613	Annuelle	X	
Asteraceae 107643	Annuelle	X	
Asteraceae 119143	Annuelle		X
unbestimmte Taxa			
Gen spec. 103901	Annuelle	X	
Gen spec. 103909	Annuelle	X	
Gen spec. 107182	Blattsukkulente	X	
Gen spec. 107223	Phanerophyt	X	
Gen spec. 107231	Annuelle	X	
Gen spec. 107261	Phanerophyt	X	
Gen spec. 107283	Chamaephyt	X	
Gen spec. 107285	Chamaephyt	X	
Gen spec. 107348	Chamaephyt	X	
Gen spec. 107567	Chamaephyt	X	
Gen spec. 107593	Chamaephyt	X	
Gen spec. 107612	Chamaephyt	X	
Gen spec. 107638	Phanerophyt	X	
Gen spec. 119119	Annuelle		X
Gen spec. 119120	Annuelle		X
Gen spec. 119135	Annuelle		X
Gen spec. 119141	Annuelle		X

Bodenprofile am Transekt Opuwo – Kaoko Otavi-Orupembe – Skeleton Coast Park

Erläuterungen zu den Profilbeschreibungen

Die Farbensprache erfolgte mittels der Munsell-Farbtafeln (MUNSELL Color Company Inc., Baltimore, USA).

Die Ansprache der übrigen Merkmale erfolgte nach der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982). Im einzelnen wurden folgende Merkmale erfaßt:

Skelett: Raumprozent (geschätzt)

Bodenfarbe: s.o.

Bodenart: „Fingerprobe“

Effektive Lagerungsdichte mit

Ld 1	sehr gering
Ld 2	gering
Ld 3	mittel
Ld 4	hoch
Ld 5	sehr hoch

Wurzeldichte (Durchwurzelungsintensität) mit

W 1	sehr schwach (1-2 Feinwurzeln/dm ²)
W 2	schwach (3-5 Feinwurzeln/dm ²)
W 3	mittel (6-10 Feinwurzeln/dm ²)
W 4	stark (11-20 Feinwurzeln/dm ²)
W 5	sehr stark (21-50 Feinwurzeln/dm ²)
W 6	extrem stark bis Wurzelfilz (> 50/dm ²)

Labordaten

Skelett: Gewichtsprozent

Carbonatgehalt mit

C 0	carbonatfrei
C 1	sehr carbonatarm, Carbonatgehalt < 0.5 Gew.-%
C 2	carbonatarm, Carbonatgehalt < 0.5 - 2 Gew.-%
C 3.2	schwach carbonathaltig, Carbonatgehalt 2 - 4 Gew.-%
C 3.3	mittel carbonathaltig, Carbonatgehalt 4 - 7 Gew.-%
C 3.4	stark carbonathaltig, Carbonatgehalt 7 - 10 Gew.-%
C 4	carbonatreich, Carbonatgehalt 10 - 25 Gew.-%
C 5	sehr carbonatreich, Carbonatgehalt, 25-50 Gew.-%
C 6	extrem carbonatreich, Carbonatgehalt > 50 Gew.-%

(zu den Methoden vgl. Kap. 4.3)

Bodenprofil 1

Aufnahmedatum: 15.11.97

Geographische Lage: 18° 11' 191" südl. Br.
13° 49' 831" östl. L.

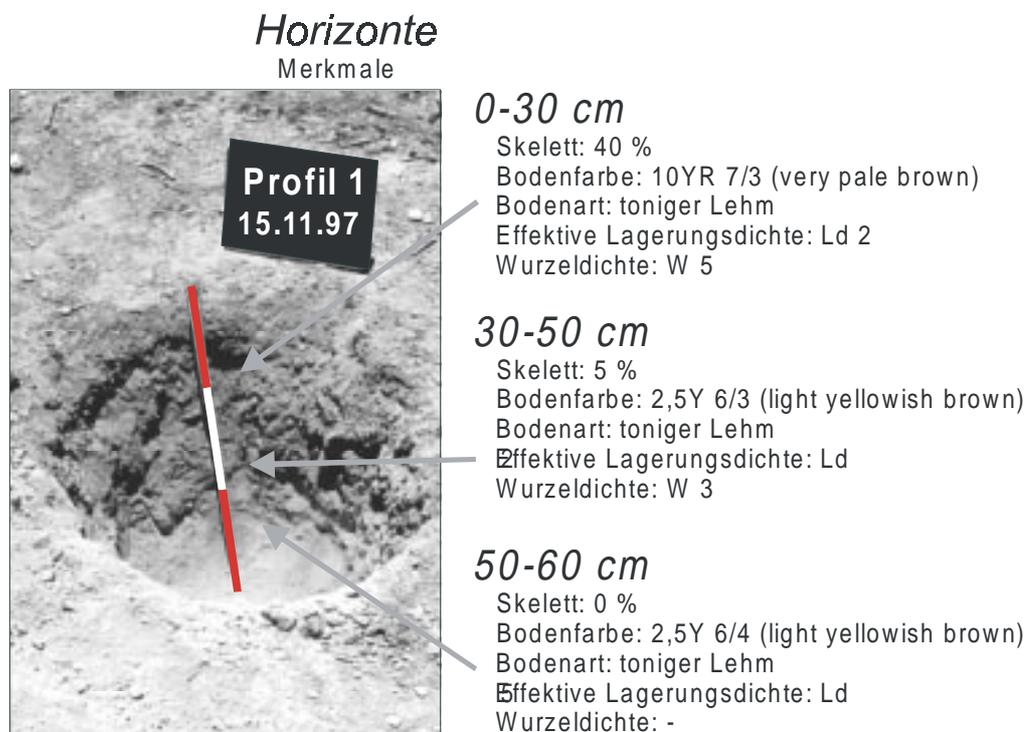
Vegetationseinheit: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 195 km

Höhe ü.d.M.: 1480 m

Inklination: 5 %

Exposition: 100°



Bodenprofil 1

Labordaten Bodenprofil 1				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-30 cm	62.5	C 4	8.7	0.06
30-50 cm	54.4	C 5	8.8	0.05
50-60 cm	29.8	C 3.3	9.2	0.07
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 2

Aufnahmedatum: 15.11.97

Geographische Lage: 18° 15' 144" südl. Br.
13° 44' 958" östl. L.

Vegetationseinheit: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 185 km

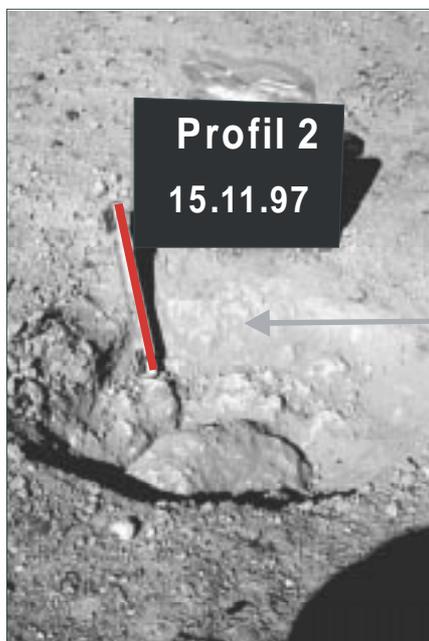
Höhe ü.d.M.: 1500 m

Inklination: 0 %

Exposition: -

Horizonte

Merkmale



0-10 cm

Skelett: 20 %
Bodenfarbe: 2,5Y 7/1 (light grey)
Bodenart: schluffiger Lehm
Effektive Lagerungsdichte: Ld 5
Wurzeldichte: W 2

Bodenprofil 2

Labordaten Bodenprofil 2				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-10 cm	39.8	C 4	8.6	0.07
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 3

Aufnahmedatum: 15.11.97

Geographische Lage: 18° 15' 041" südl. Br.

13° 44' 918" östl. L.

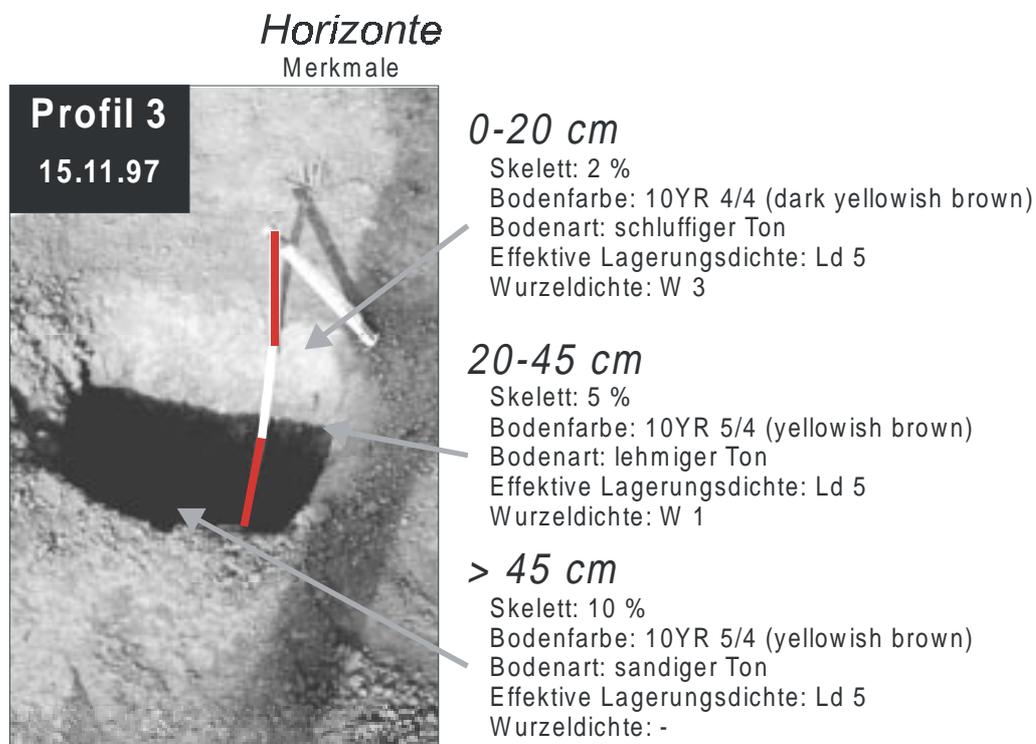
Vegetationseinheit: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 184 km

Höhe ü.d.M.: 1480 m

Inklination: 0 %

Exposition: -



Bodenprofil 3

Labordaten Bodenprofil 3				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-20 cm	44.7	C 4	8.5	0.07
20-45 cm	44.0	C 5	8.6	0.07
> 45 cm	78.8	C 5	8.7	0.08
Anstehendes: nicht erschlossen				

Bodenprofil 4

Aufnahmedatum: 16.11.97

Geographische Lage: 18° 17' 992" südl. Br.
13° 40' 250" östl. L.

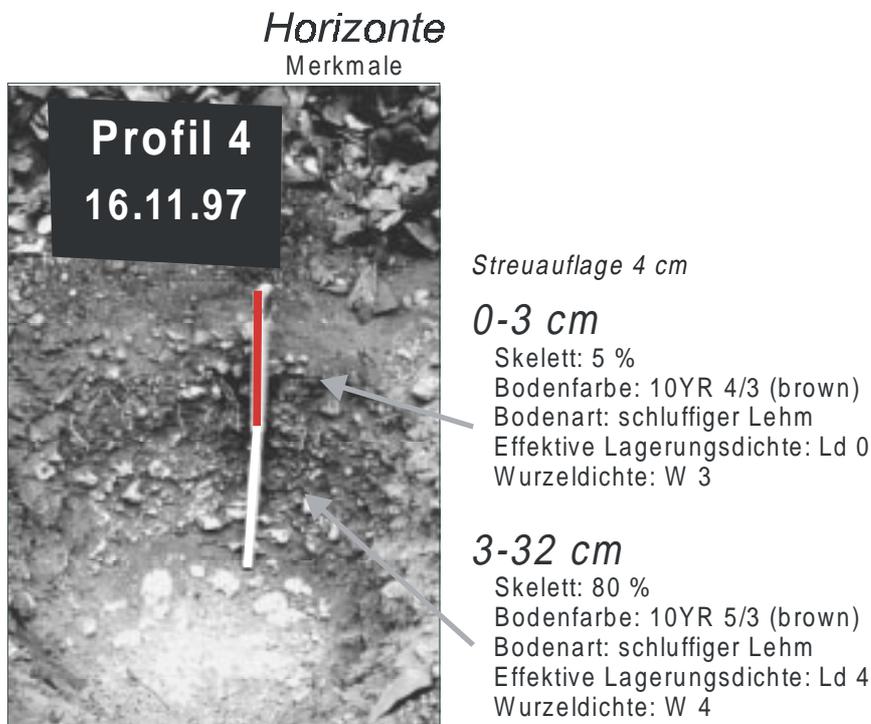
Vegetationseinheit: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 177.5 km

Höhe ü.d.M.: 1500 m

Inklination: 9 %

Exposition: 250°



Bodenprofil 4

Labordaten Bodenprofil 4				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-3 cm	11.8	C 3.4	8.0	0.15
3-32 cm	56.0	C 4	8.5	0.09
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 5

Aufnahmedatum: 16.11.97

Geographische Lage: 18° 17' 276" südl. Br.
13° 35' 018" östl. L.

Vegetationseinheit: artenreiche *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne* und
Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne

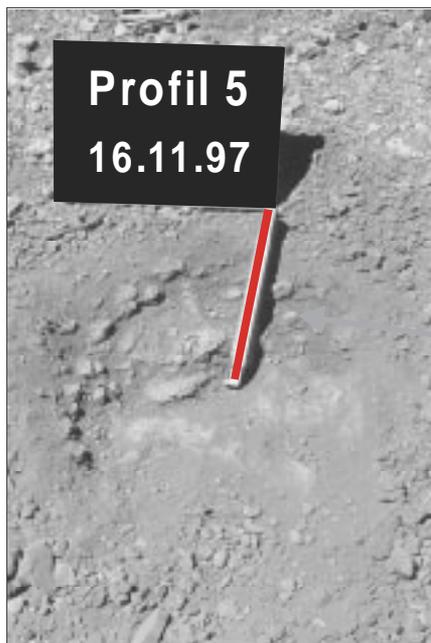
Meeresentfernung: 172.5 km

Höhe ü.d.M.: 1410 m

Inklination: 0 %

Exposition: -

Horizonte Merkmale



0-20 cm

Skelett: 65 %
Bodenfarbe: 10YR 5/4 (yellowish brown)
Bodenart: sandiger Lehm
Effektive Lagerungsdichte: Ld 2
Wurzeldichte: W 3

Bodenprofil 5

Labordaten Bodenprofil 5				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-20 cm	51.4	C 3.3	8.3	0.07
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 6

Aufnahmedatum: 16.11.97

Geographische Lage: 18° 15' 215" südl. Br.
13° 29' 839" östl. L.

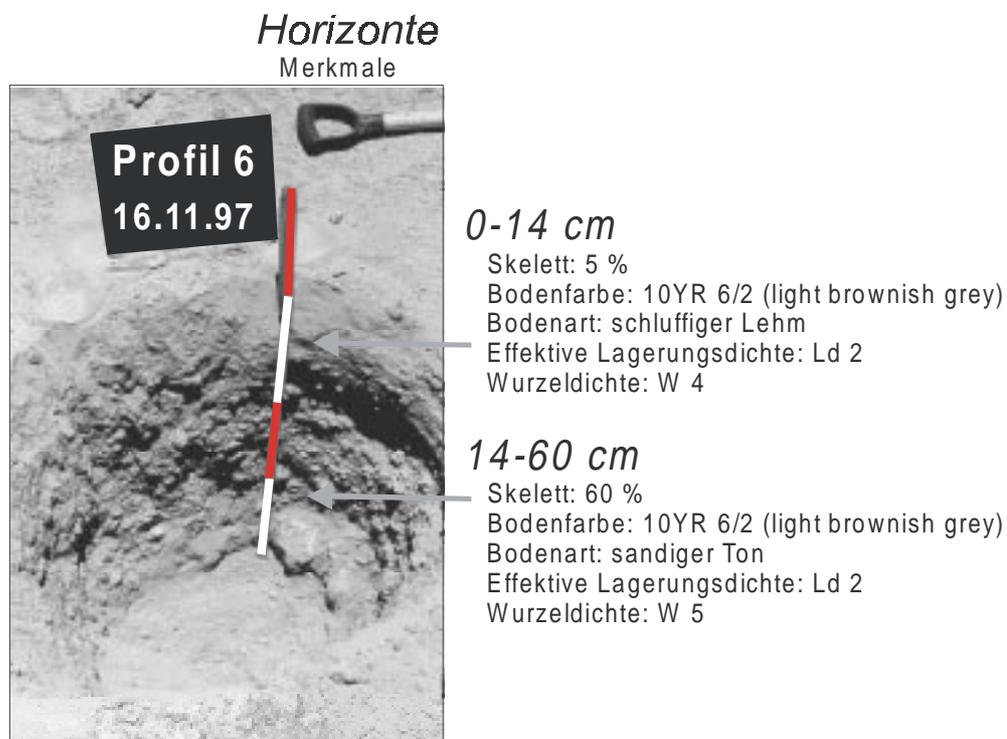
Vegetationseinheit: *artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 160 km

Höhe ü.d.M.: 1150 m

Inklination: 0 %

Exposition: -



Bodenprofil 6

Labordaten Bodenprofil 6				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-14 cm	11.7	C 3.4	8.7	0.04
14-60 cm	42.6	C 4	8.8	0.15
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 7

Aufnahmedatum: 16.11.97

Geographische Lage: 18° 15' 959" südl. Br.
13° 23' 728" östl. L.

Vegetationseinheit: artenreiche *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 152.5 km

Höhe ü.d.M.: 830 m

Inklination: 0 %

Exposition: -

Horizonte Merkmale



0-3 cm

Skelett: 80 %
Bodenfarbe: 10YR 7/2 (light grey)
Bodenart: schluffiger Ton
Effektive Lagerungsdichte: Ld 1
Wurzeldichte: W 1

3-20 cm

Skelett: 2 %
Bodenfarbe: 10YR 7/2 (light grey)
Bodenart: lehmiger Ton
Effektive Lagerungsdichte: Ld 5
Wurzeldichte: W 2

Bodenprofil 7

Labordaten Bodenprofil 7				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-3 cm	35.7	C 3.2	8.7	0.06
3-20 cm	42.6	C 3.2	8.8	0.05
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 8

Aufnahmedatum: 16.11.97

Geographische Lage: 18° 15' 173" südl. Br.
13° 20' 173" östl. L.

Vegetationseinheit: *artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 142.5 km

Höhe ü.d.M.: 780 m

Inklination: 0 %

Exposition: -

Horizonte Merkmale



Bodenprofil 8

Labordaten Bodenprofil 8				
Horizon	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-10 cm	16.7	C 3.3	8.4	0.05
10-35 cm	29.2	C 3.3	8.7	0.05
35-60 cm	63.6	C 3.4	9.1	0.07
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 9

Aufnahmedatum: 16.11.97

Geographische Lage: 18° 18' 185" südl. Br.
13° 15' 482" östl. L.

Vegetationseinheit: *artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

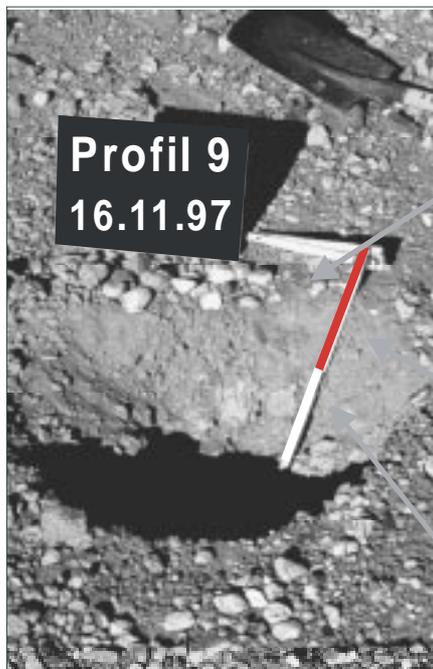
Meeresentfernung: 136.5 km

Höhe ü.d.M.: 760 m

Inklination: 0 %

Exposition: -

Horizonte Merkmale



Quarzkiesauflage 2 cm

0-2 cm

Skelett: 5 %
Bodenfarbe: 2,5Y 5/4 (light olive brown)
Bodenart: toniger Lehm
Effektive Lagerungsdichte: Ld 1
Wurzeldichte: W 1

2-11 cm

Skelett: 80 %
Bodenfarbe: 2,5Y 5/3 (light olive brown)
Bodenart: toniger Lehm
Effektive Lagerungsdichte: Ld 1
Wurzeldichte: W 5

11-35 cm

Skelett: 95 %
Bodenfarbe: 2,5Y 5/4 (light olive brown)
Bodenart: schluffiger Lehm
Effektive Lagerungsdichte: Ld 1
Wurzeldichte: W 4

Bodenprofil 9

Labordaten Bodenprofil 9				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-2 cm	92.7	C 3.2	8.2	0.06
2-11 cm	81.8	C 3.2	8.6	0.05
11-35 cm	74.9	C 3.4	8.8	0.05
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 10

Aufnahmedatum: 16.11.97

Geographische Lage: 18° 17' 770" südl. Br.

13° 09' 546" östl. L.

Vegetationseinheit: *artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 122.5 km

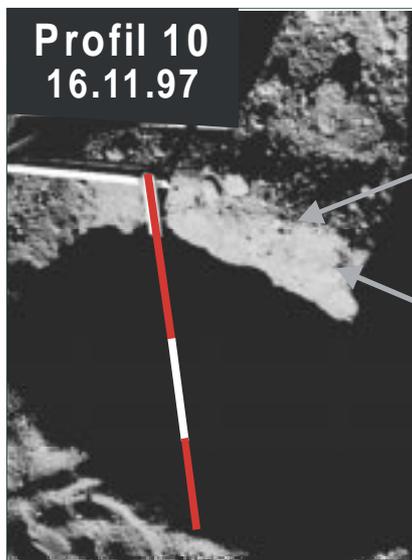
Höhe ü.d.M.: 720 m

Inklination: 1 %

Exposition: 35°

Horizonte

Merkmale



0-1 cm

Skelett: 60 %
 Bodenfarbe: 10YR 4/4 (dark yellowish brown)
 Bodenart: lehmiger Sand
 Effektive Lagerungsdichte: Ld 1
 Wurzeldichte: -

1-9 cm

Skelett: 20 %
 Bodenfarbe: 7,5YR 5/6 (strong brown)
 Bodenart: lehmiger Sand
 Effektive Lagerungsdichte: Ld 1
 Wurzeldichte: W 5

9-42 cm

Skelett: 45 %
 Bodenfarbe: 7,5YR 4/6 (strong brown)
 Bodenart: lehmiger Sand
 Effektive Lagerungsdichte: Ld 1
 Wurzeldichte: W 6

> 42 cm

Skelett: 80 %
 Bodenfarbe: 7,5YR 4/6 (strong brown)
 Bodenart: lehmiger Sand
 Effektive Lagerungsdichte: Ld 2
 Wurzeldichte: W 5

Bodenprofil 10

Labordaten Bodenprofil 10				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-1 cm	94.7	C 1	8.4	0.03
1-9 cm	20.4	C 1	8.4	0.03
9-42	41.5	C 1	8.4	0.03
>42 cm	0.9	C 0	8.4	0.03
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 11

Aufnahmedatum: 17.11.97

Geographische Lage: 18° 19' 066" südl. Br.
13° 05' 001" östl. L.

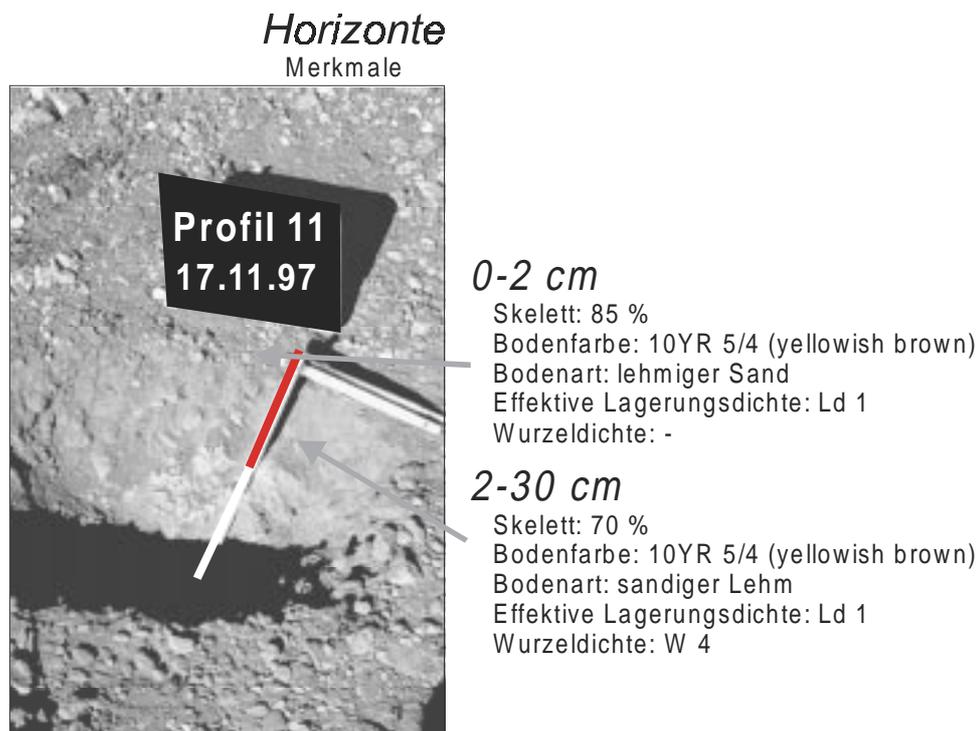
Vegetationseinheit: *artenarme Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 111.3 km

Höhe ü.d.M.: 690 m

Inklination: 5.5 %

Exposition: 170°



Bodenprofil 11

Labordaten Bodenprofil 11				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-2 cm	80.1	C 3.3	8.4	0.05
2-30 cm	74.5	C 3.4	8.1	0.09
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 12

Aufnahmedatum: 17.11.97

Geographische Lage: 18° 19' 247" südl. Br.
13° 00' 009" östl. L.

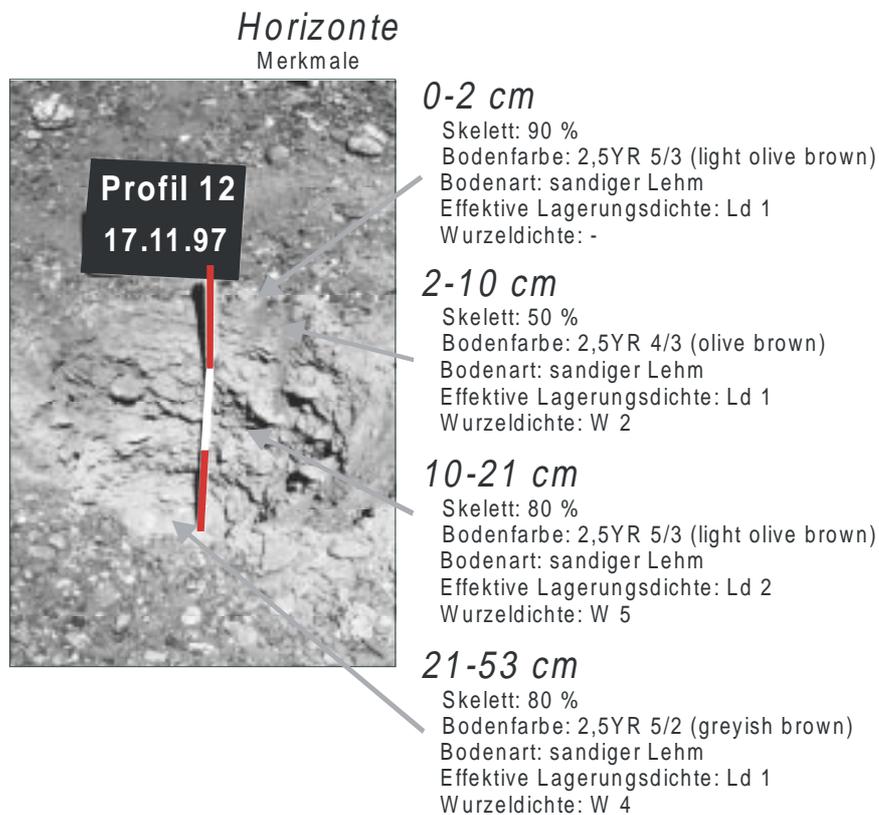
Vegetationseinheit: *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 105 km

Höhe ü.d.M.: 630 m

Inklination: 1 %

Exposition: 340



Bodenprofil 12

Labordaten Bodenprofil 12				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-2 cm	72.4	C 3.4	8.3	0.06
2-10 cm	55.1	C 3.3	9.0	0.04
10-21 cm	66.6	C 3.4	8.8	0.05
21-53 cm	73.9	C 3.2	8.8	0.04
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 13

Aufnahmedatum: 17.11.97

Geographische Lage: 18° 16' 827" südl. Br.
12° 55' 063" östl. L.

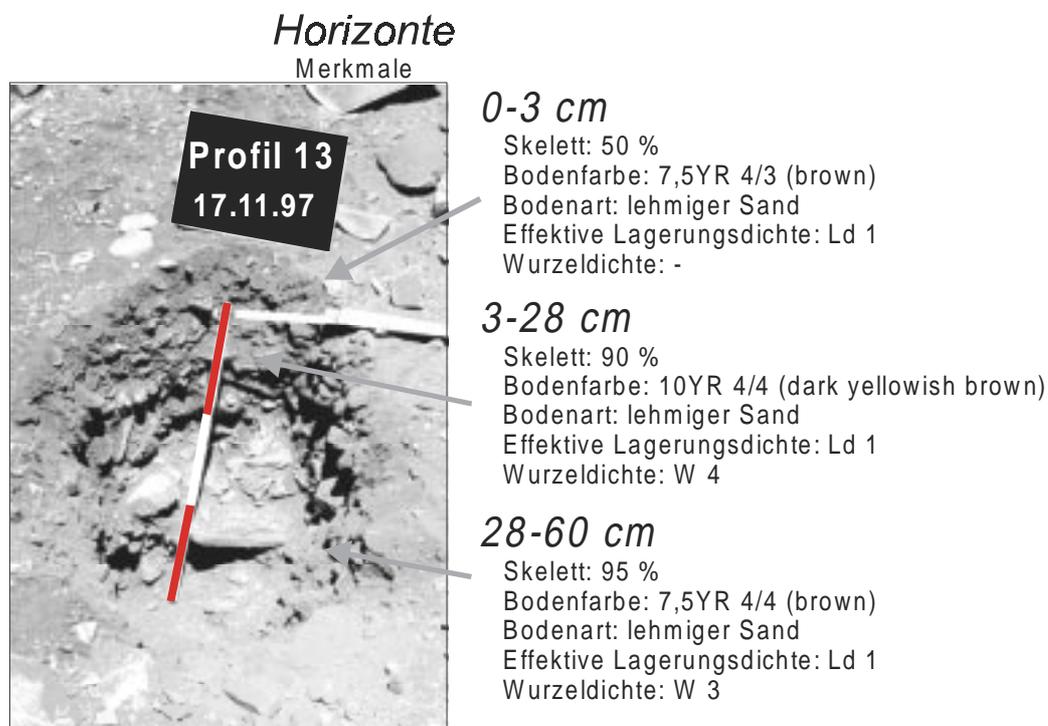
Vegetationseinheit: *artenreiche Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 97.5 km

Höhe ü.d.M.: 610 m

Inklination: 0 %

Exposition: -



Bodenprofil 13

Labordaten Bodenprofil 13				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-3 cm	55.9	C 0	8.8	0.07
3-28 cm	65.9	C 3.3	8.8	0.04
28-60 cm	66.1	C 3.4	8.7	0.05
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 14

Aufnahmedatum: 17.11.97

Geographische Lage: 18° 14' 078" südl. Br.

12° 50' 026" östl. L.

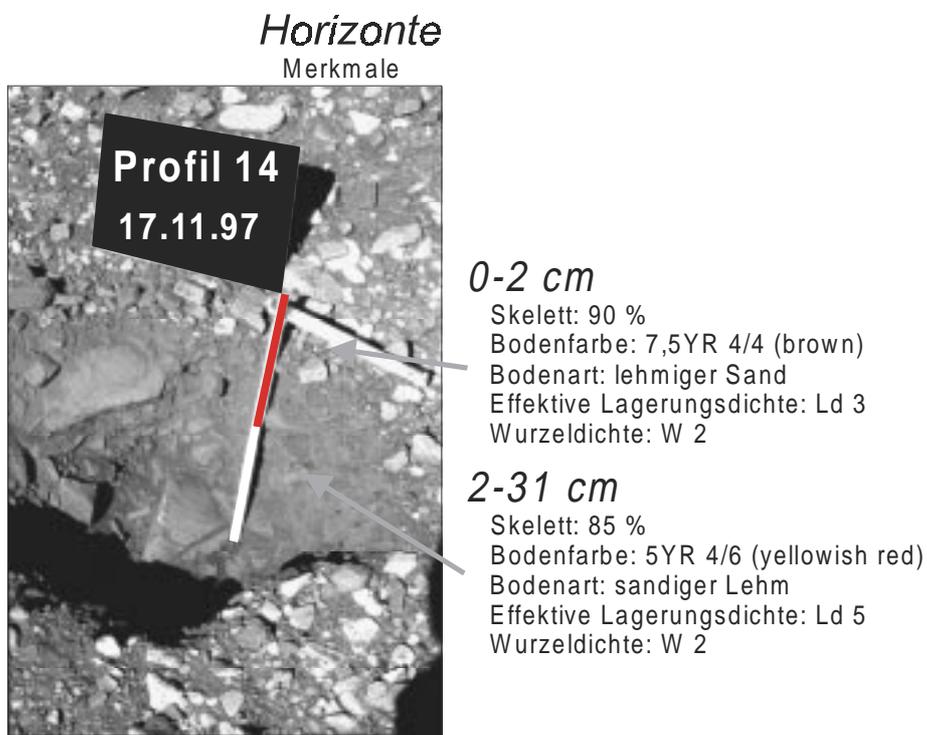
Vegetationseinheit: *artenreiche Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

Meeresentfernung: 92.5 km

Höhe ü.d.M.: 690 m

Inklination: 5 %

Exposition: 360°



Bodenprofil 14

Labordaten Bodenprofil 14				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-2 cm	89.5	C 3.3	7.5	0.05
2-31 cm	69.0	C 3.3	8.2	0.03
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 15

Aufnahmedatum: 17.11.97

Geographische Lage: 18° 10' 974" südl. Br.
12° 45' 040" östl. L.

Vegetationseinheit: artenreiche *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*

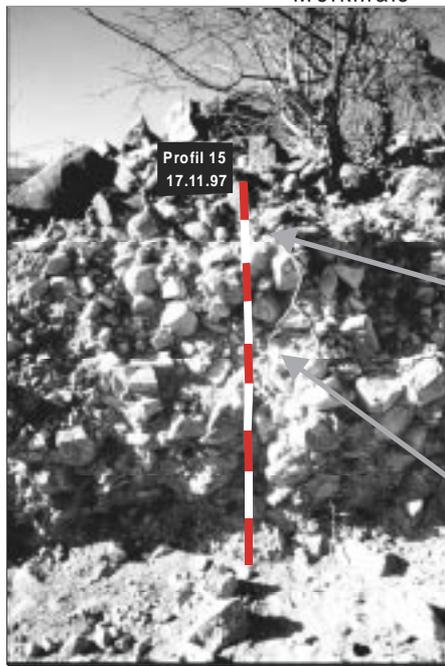
Meeresentfernung: 85 km

Höhe ü.d.M.: 1020 m

Inklination: 5 %

Exposition: 170°

Horizonte Merkmale



0-40 cm

Skelett: 85 %
Bodenfarbe: 10YR 5/4 (yellowish brown)
Bodenart: sandiger Ton
Effektive Lagerungsdichte: Ld 1
Wurzeldichte: W 2

40-160 cm

Skelett: 85 %
Bodenfarbe: 2,5YR 5/3 (light olive brown)
Bodenart: lehmiger Sand
Effektive Lagerungsdichte: Ld 4
Wurzeldichte: W 1

Bodenprofil 15

Labordaten Bodenprofil 15				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-40 cm	64.4	C 3.3	8.2	0.16
40-160 cm	72.0	C 3.3	8.2	0.14
Anstehendes: nicht erschlossen				

Bodenprofil 16

Aufnahmedatum: 18.11.97

Geographische Lage: 18° 14' 404" südl. Br.
12° 39' 984" östl. L.

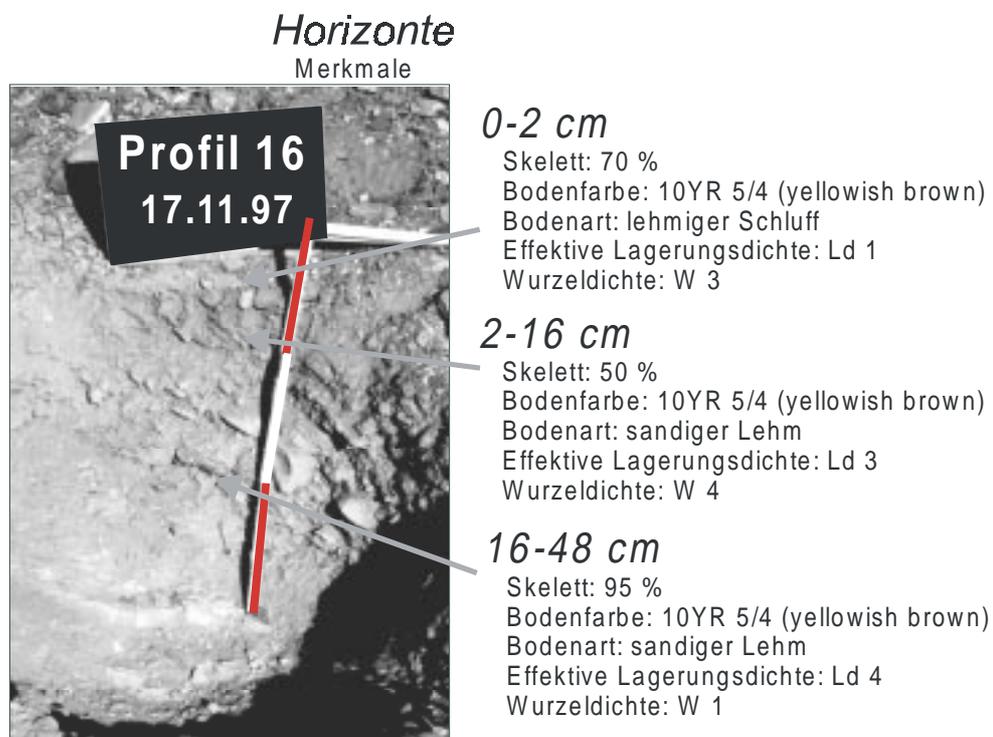
Vegetationseinheit: Ephemeres Grasland

Meeresentfernung: 79 km

Höhe ü.d.M.: 920 m

Inklination: 6.5 %

Exposition: 180°



Bodenprofil 16

Labordaten Bodenprofil 16				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-2 cm	75.8	C 3.4	8.6	0.03
2-16 cm	52.9	C 4	8.8	0.04
16-48 cm	72.1	C 3.4	8.8	0.05
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 17

Aufnahmedatum: 15.11.97

Geographische Lage: 18° 10' 388" südl. Br.
12° 34' 946" östl. L.

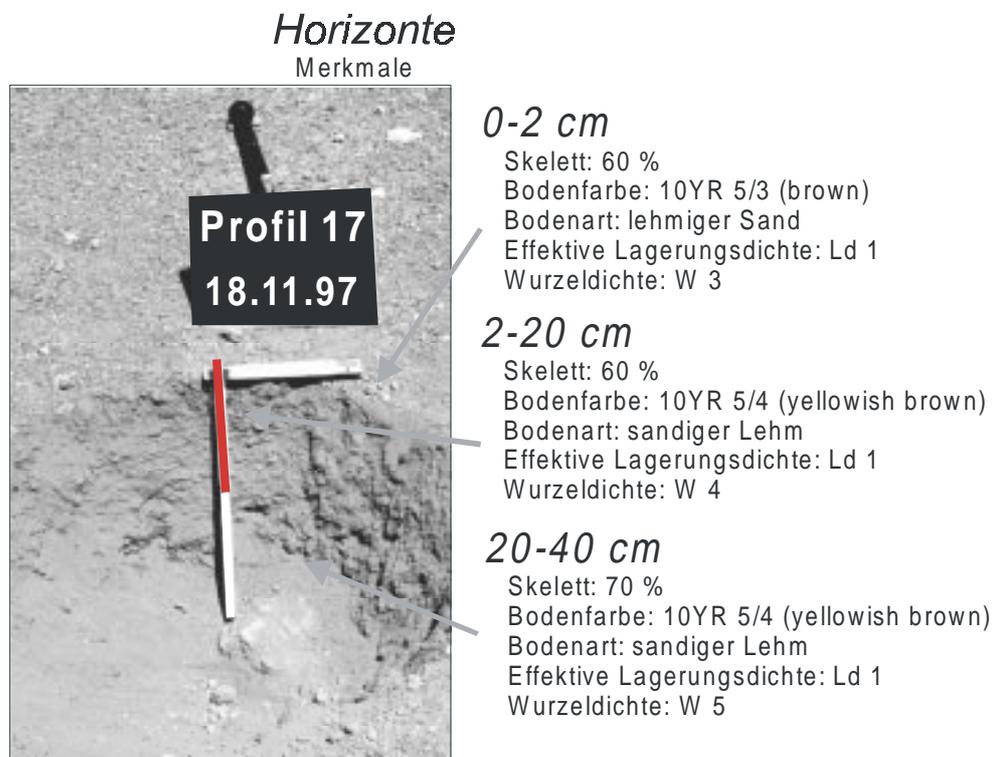
Vegetationseinheit: Ephemeres Grasland

Meeresentfernung: 72. 5 km

Höhe ü.d.M.: 740 m

Inklination: 0 %

Exposition: -



Bodenprofil 17

Labordaten Bodenprofil 17				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-2 cm	66.2	C 5	8.4	0.07
2-20 cm	48.1	C 4	8.8	0.06
20-40 cm	48.6	C 5	8.9	0.06
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 18

Aufnahmedatum: 18.11.97

Geographische Lage: S 18° 13' 076"

E 12° 29' 893"

Vegetationseinheit: Ephemeres Grasland

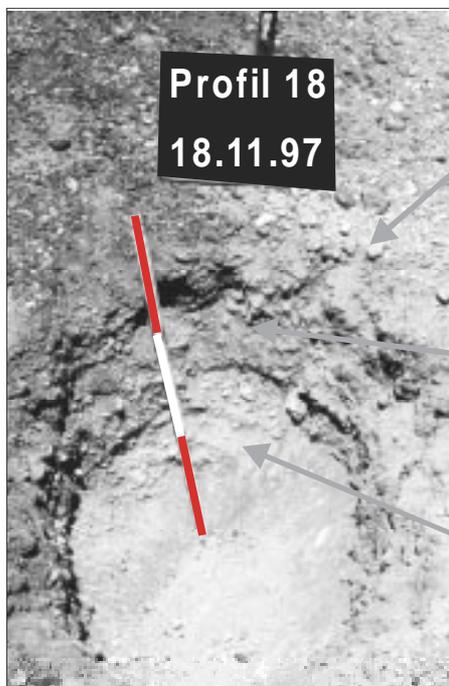
Meeresentfernung: 65 km

Höhe ü.d.M.: 700 m

Inklination: 6 %

Exposition: 130°

Horizonte Merkmale



0-2 cm

Skelett: 95 %
Bodenfarbe: 2,5YR 5/3 (light olive brown)
Bodenart: lehmiger Sand
Effektive Lagerungsdichte: Ld 1
Wurzeldichte: -

2-30 cm

Skelett: 60 %
Bodenfarbe: 10YR 5/3 (brown)
Bodenart: lehmiger Sand
Effektive Lagerungsdichte: Ld 1
Wurzeldichte: W 4

30-55 cm

Skelett: 85 %
Bodenfarbe: 10YR 6/3 (pale brown)
Bodenart: sandiger Lehm
Effektive Lagerungsdichte: Ld 2
Wurzeldichte: -

Bodenprofil 18

Labordaten Bodenprofil 18				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-2 cm	75.6	C 3.3	8.7	0.05
2-35 cm	40.6	C 3.3	9.1	0.25
35-55 cm	0.9	C 4	9.3	0.2
Anstehendes: Kalk				

Bodenprofil 19

Aufnahmedatum: 18.11.97

Geographische Lage: 18° 10' 785" südl. Br.
12° 24' 296" östl. L.

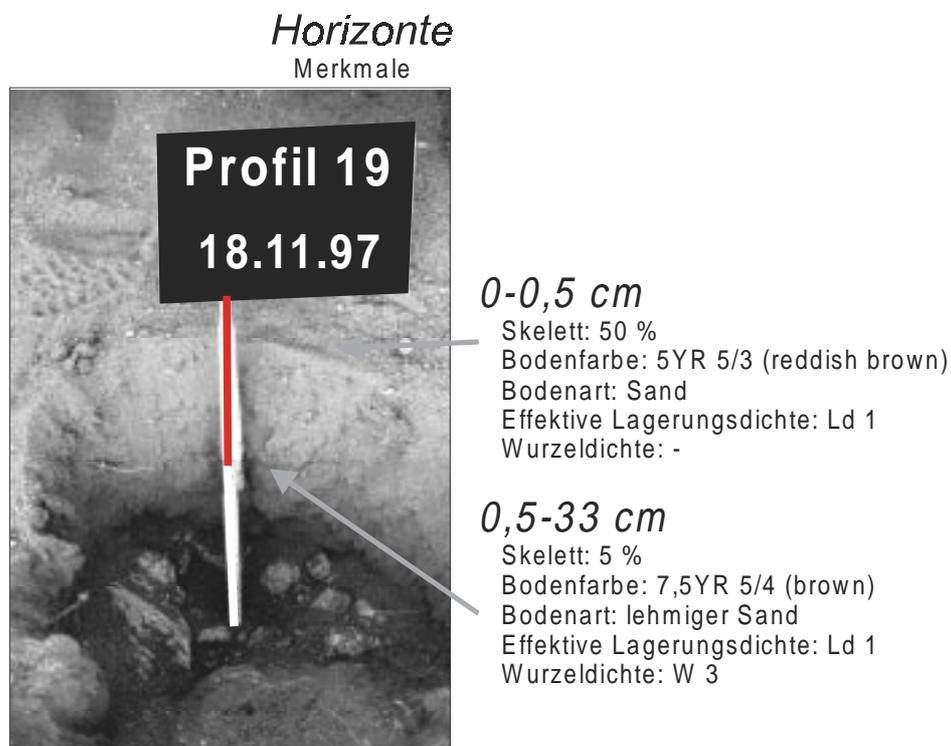
Vegetationseinheit: Ephemeres Grasland

Meeresentfernung: 45 km

Höhe ü.d.M.: 650 m

Inklination: 6 %

Exposition: 130°



Bodenprofil 19

Labordaten Bodenprofil 19				
Horizont	Skelett (%)	Carbonat (Gew.-%)	pH	LF (mS/cm)
0-0.5 cm	9.3	C 0	8.7	0.04
0.5-33 cm	2.1	C 1	9.0	0.03
Anstehendes: Quarzit				

Nachwort

An dieser Stelle sei allen Personen herzlich gedankt, die durch Diskussionsbeiträge, Anregungen und praktische Hilfestellungen in Deutschland und Namibia zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt:

Herrn Prof. Dr. N. Jürgens für die Überlassung des Themas und die guten Arbeitsbedingungen in der Arbeitsgruppe am Botanischen Institut der Universität zu Köln.

Herrn Prof. Dr. E. Brunotte für die Bereitschaft, trotz zahlreicher Verpflichtungen das Koreferat zu übernehmen.

Herrn Prof. Dr. M. Bollig für die Anregung, das Thema „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews“ weiter zu verfolgen.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung des Sonderforschungsbereichs 389 „ACACIA“, in dessen Rahmen diese Arbeit entstanden ist.

Den Mitarbeitern des National Botanical Research Institute (NBRI), Windhoek, für die freundliche Unterstützung bei den im NBRI ausgeführten Bestimmungsarbeiten. Ein besonderer Dank richtet sich an Frau Patricia Craven für die Unterstützung bei den gemeinsamen Geländeaufenthalten und die Identifikation kritischer Arten des Kaokolandes.

Dem Ministry of Environment and Tourism, Windhoek, für die gute Kooperation und die Erlaubnis, meine Untersuchungen in Namibia durchführen zu dürfen.

Meinen Feldassistenten Wolfgang Frank, Sabine Teichreb, Humbu Nderura und Uhangatenua Kapi.

Frau Anke Kuper, durch deren ethnologische Arbeit im Kaokoland ich viel über das Volk der Himba gelernt habe.

Allen Kollegen im Sonderforschungsbereich 389 „ACACIA“.

Herrn Dietmar Falk für die CamCorder-Dokumentation der im Zuge dieser Arbeit geführten Interviews im Kaokoland.

Meiner Freundin Frau Berit Hachfeld für die gemeinsamen Reisen ins Kaokoland und die ständige Bereitschaft, mich bei der Fertigstellung dieser Arbeit zu unterstützen.

Meiner Familie, deren Verständnis für mein wissenschaftliches Interesse für mich sehr wichtig war.

Widmen möchte ich diese Arbeit meiner Oma, Frau Maria Stark, mit der ich die Begeisterung für die Schönheit der Natur teile.

Kurzzusammenfassung

Mit dem Ziel, die räumlichen Muster der Vegetation in dem von den pastoralnomadischen Völkern der Himba und Herero besiedelten Kaokoland (nordwestliches Namibia) in ihrer Abhängigkeit von standörtlichen Eigenschaften beschreiben und vegetationsökologisch charakterisieren zu können, sind vegetationsökologische Untersuchungen durchgeführt worden, die sich durch unterschiedliche räumliche und zeitliche Maßstabebenen in drei Schwerpunktthemen gliedern lassen.

Bei der Bearbeitung des Schwerpunktthemas „**Vegetationsökologische Transektanalyse**“ sind entlang dreier, dem großräumig ost-west-verlaufenden Niederschlagsgradienten folgenden Transekte, pflanzensoziologische Vegetationsaufnahmen mit Standortbedingungen erfaßt worden. Als Anpassung an diesen Klimagradienten und andere am Standort wirkenden Faktoren, sind die vegetationsökologischen Kenngrößen Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness sowie die Lebensformspektren in den einzelnen Transektabschnitten unterschiedlich ausgeprägt. Hohe Artenzahlen sind verbunden mit starken Neigungen der Standorte und einem hohen Anteil an Blöcken. Der Artenreichtum und die Gesamtdeckung zeigen einen positiven Zusammenhang mit hohen Niederschlagsmengen und mit einer geringen interannuellen Niederschlagsvariabilität. Hohe Gesamtdeckungen werden vor allem an feinmaterialreichen Standorten erreicht. Ähnlich wie die Artenzahlen, sind hohe Evenness-Werte mit geneigten Standorten und einem hohen Anteil an grobem Material verbunden. Während der niederschlagsarme, westliche Teil des Arbeitsgebietes von ephemeren Arten dominiert wird, stehen im niederschlagsreicheren, östlichen Teil des Arbeitsgebietes Phanerophyten im Vordergrund. Hohe Artenzahlen und Deckungsgrade der Chamaephyten und stammsukkulente Arten sind beschränkt auf stein- und blockreiche Standorte. Für Gräser, krautige Arten, Geophyten und Blattsukkulente können keine für das gesamte Arbeitsgebiet geltenden Standortbindungen beschrieben werden. Entlang der Transekte sind verschiedene Vegetationseinheiten auszugliedern: Während das *ephemere Grasland* die niederschlagsarmen, westlichen Transektabschnitte kennzeichnet, werden die niederschlagsreicheren Transektabschnitte von verschiedenen Savanntentypen dominiert (*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanne*, *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanne*, *Colophospermum mopane-Savanne*). Im Bereich des südlichen Transekts treten die *Commiphora spp.-Savanne* und *Acacia spp.-Savanne* hinzu.

Im Gegensatz zu der vegetationsökologischen Transektanalyse, die auf die zonale, anthropogen nur gering überformte Vegetation fokussiert, steht bei dem Schwerpunktthema „**Vegetationsökologie der Siedlungsplätze**“ die von anthropogenen Nutzungseinflüssen stark überformte Vegetation im Mittelpunkt. Die an den Siedlungsplätzen auf die Vegetation einwirkenden Faktoren wie Trittbelastung, hohe Nährstoffkonzentration und Verbiß führen zu Vegetationsmustern, die sich durch die starke Dominanz annueller Arten deutlich von denen der umgebenden Matrixvegetation unterscheiden.

Eine Annäherung an eine „**Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews**“ im Arbeitsgebiet erfolgt auf Grundlage der Wahrnehmung von Landschaftsveränderungen durch die Himba und Herero. Im Mittelpunkt der Interviews steht die Frage nach einem durch die Dürreperiode 1979-1981 ausgelösten Wandel der Landschaft. Neben Fragen nach möglichen Veränderungen der Vegetation, wird auch der Komplex der Bodenerosion, dem im stark desertifikationsgefährdeten Raum des Kaokolandes eine besondere Bedeutung zukommt, in die Interviews einbezogen.

Summary

With the to analyse the spatial patterns of the vegetation of Kaokoland (NW-Namibia) – an area inhabited by the pastoral nomadic Himba and Herero people – and their dependency on abiotic factors, three major themes at different spatial and temporal scales are included in this study.

With the theme “**Vegetationsökologische Transektanalyse**” (vegetation ecological transect analysis) vegetation sociological sites were documented together with important abiotic factors along three east west leading transects following the major rainfall gradient. With respect to the high variability of rainfall events and quantity, the parameters species richness, vegetation cover, evenness, as well as the composition of life forms show a distinct pattern. High species numbers are either found on habitats with a strong inclination and/or a large percentage of blocks. Both, species richness and vegetation cover increase with an increase in precipitation amount and reliability. High cover values of the vegetation area mainly correlate with habitats dominated by fine-grained soils. Similar to the species richness, high evenness values link to strongly inclined sites with a high percentage of stones and coarse soil material. Whereas in the dry western parts of the Kaokoland mainly ephemeral species (grasses, forbs) dominate, towards the more humid east of Kaokoland phanerophytes become more important. High diversity and cover in chamaephytic and stem succulent species are restricted to habitats with a great percentage of stones and blocks. In contrast, no generalisation in the preferences of grasses, forbs, geophytes, and leaf succulent species for certain habitat properties can be stated for the study area. For the three transects analysed, several vegetation units can be differentiated, comprising an “*ephemeres Grasland*” (ephemeral grassland) situated at the border to the Skeleton Park and a number of savanna types. These are typically dominated by *Colophospermum mopane*, the most important woody species of the Kaokoland (*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Savanna*, *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum-Savanna*, *Colophospermum mopane-Savanna*). Along the southern transect, with decreasing rainfall quantities, other savanna types also occur, i.e. *Commiphora spp-Savanna* and *Acacia spp.- Savanna*.

In contrast to the vegetation ecological transect analysis the theme “**Vegetationsökologie der Siedlungsplätze**” (Vegetation ecology of the settlements) focusses on areas strongly influenced by pastoralism and other human impacts. Here, a number of settlements were analysed concentrating on the documentation of vegetation patterns in relation to the distance to the centre of the settlements as well as to the age of the same. With respect to the type of use and the position within the rainfall gradient several vegetation units could be documented showing distinct differences to the surrounding matrix vegetation. Several species restricted to disturbed sites were found.

As another aspect the theme “**Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte durch Interviews**” (reconstruction of the landscape history by interviews) involves the perception of Himba and Herero of changes of the landscape of Kaokoland. Focus was laid on the great drought of 1979-1981, which in their opinion marks a major turning point with respect to rainfall quantity, quality, soil erosion and species composition. However, comparison of these interview results with aerial photographs and historic information shows a different picture. Today's degradation processes are rather the result of an over-utilization of parts of the Kaokoland over several decades. In these areas the normally disequilibrium-orientated pastoralism typical for the Kaokoland, is not applied anymore. Furthermore, the giving-up of the traditional pastoral nomadic lifestyle together with drought periods and decreasing rainfall amounts can be seen as the main factor for an increasing risk of desertification in Kaokoland.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Geburtsdatum und –ort: 15. 02. 1965 in Köln
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: ledig

Schulbildung

1971 – 1975 Grundschole in Neukirchen-Vluyn
1975 - 1984 Julius-Stursberg-Gymnasium in Neukirchen-Vluyn, Abschluß: Abitur

Berufsausbildung

Sep. 1984 - Feb. 1987 Ausbildung zum Gärtner, Fachbereich Garten- und Landschaftsbau Grünflächenamt Stadt Moers)

Studium und Praktika

April 1987 - Feb. 1996 Studium der Geographie an der Universität Köln, Nebenfächer: Botanik, Städtebau (Universität Bonn)

Abschluß: Dipl. Geograph

Gesamtnote: sehr gut mit Auszeichnung

8. 10. - 16. 11. 1990 Berufspraktikum beim Landschaftsverband Rheinland, Referat Umweltschutz/Landespflege

Praktikumsinhalte: Kulturlandschaftswandel, Ausschreibungen, kartographische Arbeiten

26. 11. 1990 - 18. 01. 1991 Berufspraktikum bei der Stadt Köln, Amt für Stadtentwicklungsplanung

Praktikumsinhalte: Organisation und Aufbau einer Datenbank im Rahmen einer Sanierungsmaßnahme, Altlastenproblematik, ÖPNV-Planung

Berufspraxis

Jan. 1991 Leiter eines Projektes zur statistischen Auswertung einer Bewohnerbefragung im Rahmen einer Städtebaulichen Sanierungsmaßnahme (Stadt Köln, Amt für Stadtentwicklungsplanung)

Ansprechpartner bei Hard- und Softwarefragen für Verwaltungsmitarbeiter

- Feb. 1992 Mitarbeit bei Rammkernsondierungen von Altlasten-Verdachtsflächen in Döbeln und Torgau (ECO-Umweltlabor, Köln)
- Jun. 1992 - Sep. 1992 Lichenologische Untersuchungen im Stadtgebiet Köln im Auftrag der Stadt Köln, Amt für Umweltschutz
- Sep. 1990 - März 1994 Biotopkartierungen und vegetationskundliche Untersuchungen im Stadtgebiet Köln im Auftrag der Stadt Köln, Amt für Umweltschutz, Biotopmanagementberatung
- Aug. 1991 - Dez. 1996 Umweltgutachter und -berater bei Projekten des Landschaftsverbandes Rheinland und des Planungsbüros C + S Consult, Wachtberg-Niederbachem
- Aug. 1995 - Feb. 1996 Studentische Hilfskraft am Botanischen Institut der Universität zu Köln
- seit März 1996 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Botanischen Institut der Universität Köln

Köln, den 9. 12. 2000

Erklärung

Ich versichere, daß ich die von mir vorgelegte Dissertation selbständig angefertigt, die benutzten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben und die Stellen der Arbeit - einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen -, die anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, in jedem Einzelfall als Entlehnung kenntlich gemacht habe; daß diese Dissertation noch keiner anderen Fakultät oder Universität zur Prüfung vorgelegen hat; daß sie - abgesehen von unten angegebenen Teilpublikationen - noch nicht veröffentlicht worden ist sowie, daß ich eine solche Veröffentlichung vor Abschluß des Promotionsverfahrens nicht vornehmen werde. Die Bestimmungen dieser Promotionsordnung sind mir bekannt. Die von mir vorgelegte Dissertation ist von (Prof. Dr. Jürgens) betreut worden.

Köln, den 9.12.2000

