Basic and Applied Dryland Research 1 (2007), 86-99
© Arbeitskreis Wüstenökologie, Gesellschaft für Ökologie
http://www.badr-online.de

Untersuchungen zur floristischen Diversität entlang von Großraumtransekten im Kaokoland (NW Namibia)

Thorsten Becker

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Endenicher Allee 60,
53115 Bonn, Germany
becker.communication@gmail.com

Original version accepted 19 June 2006

Abstract

Along three large-scale transects laid out in Kaokoland (NW Namibia) the abiotic factors determining the floristic diversity were analyzed. Main factor for the development of the variability of diversity patterns are the large-scale precipitation conditions in the semi-arid to arid study area. On a regional scale landscape features (high mountain ranges) can influence the precipitation conditions superposing the large-scale diversity patterns. Besides, local conditions have a strong influence on the floristic diversity. Species rich vegetation units inhabit sites showing a large fraction of coarse material which results in a better small-scale water supply. Vegetation units showing a high vegetation coverage are predominantly found on sites showing a high proportion of fine material.

Keywords: Floristic diversity, environmental factors, large-scale transects

Zusammenfassung

Entlang von drei Großraumtransekten wurde im Kaokoland (NW Namibia) die Abhängigkeit der floristischen Diversität von abiotischen Umweltfaktoren untersucht. Hauptfaktor für die Herausbildung unterschiedlich artenreicher Vegetationstypen sind die großräumigen Niederschlagsbedingungen in dem semi-ariden bis ariden Untersuchungsgebiet. Regional können die Niederschlagsbedingungen beeinflussende Oberflächenformen (Gebirgszüge) das großräumige Diversitätsmuster stark überprägen. Auch die lokalen Standortbedingungen weisen einen starken Einfluss auf die floristische Diversität auf. So haben sich artenreiche Vegetationseinheiten vor allem auf Standorten etablieren können, die durch einen hohen Anteil an grobem Oberflächenmaterial eine kleinräumig bessere Wasserversorgung aufweisen. Die Vegetationsbedeckung erreicht vor allem auf feinmaterialreichen Standorten hohe Werte.

Schlüsselbegriffe: Floristische Diversität, Umweltfaktoren, Großraumtransekte

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

Einleitung

Die Analyse floristischer Diversität gehört weltweit zu den Grundbestandteilen von Projekten mit vegetationsökologischer Ausrichtung. Eine besondere Bedeutung erhalten Diversitätsanalysen in Gebieten, in denen durch den Einfluss der menschlichen Nutzung eine Veränderung der floristischen Diversität absehbar ist. Im Kaokoland (NW Nambia) unterliegt die Vegetation dem Nutzungseinfluss der halbnomadisch wirtschaftenden Viehhalter des Volkes der Himba. Vor dem Hintergrund des für weite Teile dieser Region postulierten Desertifikationsrisikos bieten Analysen der floristischen Diversität die grundlegende Möglichkeit, besonders schützenswerte Bereiche zu erkennen und protektive Managementmaßnahmen zu entwickeln. Die hier vorgestellte Untersuchung ist Bestandteil des an der Universität Köln etablierten Sonderforschungsbereichs „ACACIA“ (Arid Climate, Adaptation and Cultural Innovation in Africa).

Untersuchungsgebiet

Mit einer Größe von ca. 50.000 qkm liegt das Kaokoland im nordwestlichen Teil Namibias. Die durchschnittlichen jährlichen Niederschläge erreichen im Osten des Gebietes 400 mm und sinken auf einer Distanz von ca. 200 km auf 75 mm im westlichen Teil ab. Der Hauptteil der Niederschläge fällt mit starker interannueller Variabilität vom Dezember bis zum März (Sander & Becker 2002). In physiogeographischer Hinsicht lässt sich das Kaokoland in drei Einheiten untergliedern: Der östliche Teil des Kaokolandes wird vom Randschwellen-Bergland mit Höhen von 1000 bis 1500 NN geprägt. Nach Westen geht diese mittelgebirgsartige Einheit in die stark reliefierte Escarpment-Zone über, die ihren westlichen Abschluss in der z.T. markant herausgebildeten Großen Randstufe hat (vgl. Abel 1954, Brunotte & Spönemann 1997). Der westliche Teil des Kaokolandes wird von der Küstenabdachung gebildet, die die Vor-Namib und die Nördliche Namib umfasst. Der bis an die Nördliche Namib reichende Teil des Kaokolandes ist dem Paläotropischen Florenreich zuzuordnen, wobei der östliche Raum der Sudano-Sambesischen Florenregion angehört. Bei etwa 13° östl. L. erfolgt mit abnehmenden jährlichen Niederschlagsmengen der Übergang zur Nama-Karoo-Florenregion (Werger 1978, White 1993, Jürgens 1997). Hilton-Taylor (1994), Maggs et al. (1994, 1998) und Cowling & Hilton-Taylor (1997) beschreiben das Kaokoland als ein Diversitäts- und Endemitenzentrum innerhalb des südafrikanischen Subkontinents. Vor allem die Savannenvegetation des Randschwellen-Berglands und der Escarpment-Zone werden von den Himba in halbnomadischer Nutzungsweise bewirtschaftet. Der eigentliche Untersuchungsraum erstreckt sich von den Ortschaften Opuwo bzw. Sesfontein im Osten bis zur Vornamib im westlichen Kaokoland.

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

Material und Methoden

Die Untersuchungen zur Analyse der floristischen Diversität erfolgten entlang dreier ost-west verlaufender Transekte, die Längen zwischen 210 und 240 km aufweisen (im folgenden: nördliches Transekt, mittleres Tr., südliches Tr., vgl. Abb. 1). Nach einer modifizierten Braun-Blanquet-Skala wurden im Abstand von fünf Längenminuten Vegetationsaufnahmen auf allen vertretenen Standorttypen erfasst (Größe: 20m x 50m). Die im Bereich der Vegetationsaufnahme vorliegenden Standortfaktoren wurden dokumentiert (z. B. Korngrößenanalyse des Oberflächenmaterials, Hangneigung, Exposition). Insgesamt wurden entlang der drei Transekte 389 Vegetationsaufnahmen nach der zuvor beschriebenen Methode erfasst. Im Bereich dieser Vegetationsaufnahmen wurden 403 Arten dokumentiert – mehr als ein Drittel der Gesamtartenzahl des Kaokolandes (vgl. Craven 2002).

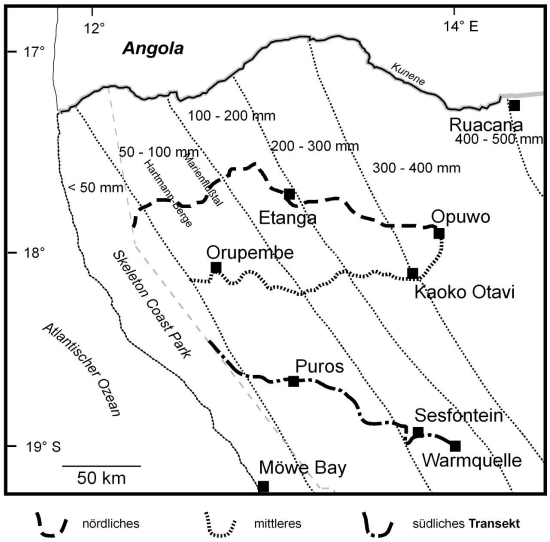

***Abb. 1**: Durchschnittlicher Jahresniederschlag im Kaokoland; Verlauf der untersuchten Transekte*

Die Arbeit entlang der Transekte erfolgte während der Regenzeiten 1996-1999. Die Abhängigkeit der Diversitätskenngrößen Artenzahl und Gesamtdeckung von Standortfaktoren wurde mittels Korrelationsanalysen (Spearman‘scher Rangkorrelationskoeffizient) analysiert. Im Hinblick auf die floristische Diversität kommt in ariden und semi-ariden Gebieten der Wasserversorgung am Standort eine entscheidende Bedeutung zu. In die Korrelationsanalyse wurden daher Standortfaktoren einbezogen, die die großräumigen und kleinräumigen Bedingungen der Wasserversorgung widerspiegeln (1. geographische Länge [niederschlagsbezogener Multifaktor, der die großräumig ost-west verlaufenden Gradienten der mit Niederschlägen verbundenen Klimaelemente subsummiert], 2. Anteile der unterschiedlichen Korngrößenfraktionen am Oberflächenmaterial [spiegeln Feldkapazität und run-off-Bedingungen wider], 3. Hangneigung [run-off-Bedingungen]).

Ergebnisse

Da die Arbeiten entlang der drei Transekte in unterschiedlichen Jahren mit entsprechend unterschiedlichen Niederschlagsmengen und damit Wuchsbedingungen für die Vegetation durchgeführt wurden, werden die Ergebnisse der floristischen Diversitätsanalyse für die drei Transekte getrennt dargestellt.

Abb. 2 (Appendix) zeigt die Artzahl und die Gesamtdeckung der im Verlauf der drei Transekte erfassten Vegetationsaufnahmen (siehe Textende). Deutlich ist sichtbar, dass

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

sich sowohl die drei Transekte als auch die von den drei Transekten durchquerten Naturräume hinsichtlich dieser Kenngrößen unterscheiden.

Nördliches Transekt

Im Hinblick auf die Gesamtdeckung und die Artenzahl der Vegetationsaufnahmen lassen sich beim Transekt Opuwo-Etanga-Skeleton Coast Park drei Abschnitte abgrenzen, die im wesentlichen den oben beschriebenen Naturräumen Vornamib, Escarpment-Zone und Randschwellen-Bergland zuzuordnen sind (Abb. 2A, Appendix). 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 deutlich 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. 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 (siehe Abb. 1, Appendix) 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. Charakteristische Arten dieser Aufnahmengruppe sind *Calicorema capitata*, *Stipagrostis hirtigluma* und auf Mittelhanglagen *Commiphora wildii*. 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.

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

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. Das Marienflußtal wird in seinem durch das Transekt dokumentierten Teil von einem artenarmen homogenen Grasland geprägt, dessen Hauptarten *Stipagrostis uniplumis* und *S. giessi* sind. Der Eintritt in den westlichen Teil der nördlichen Escarpment-Zone wird bei 12° 40‘ östl. L. am Van Zyl´s Pass vollzogen (Foto 1). Bei vergleichsweise geringen Gesamtdeckungen der Vegetationsaufnahmen liegen die Artenzahlen des nach Osten anschließenden Transektabschnitts relativ hoch. So weist eine bei 12° 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.

Die bis zum Übergang von der Escarpment-Zone zum Randschwellen-Bergland bei 13° 15' östl. L. erfassten Vegetationsaufnahmen zeigen im Schnitt die höchsten Artenzahlen und Gesamtdeckungen des gesamten Transekts. Diese Vegetationsaufnahmen dokumentieren die hohe Standortvariabilität dieses Bereichs sowie seine Eigenschaften als Niederschlagsgunstgebiet des nördlichen Transekts. Östlich des Randstufenbereichs erreicht das Transekt bei Otjitanda eine nur relativ schwach re-

***Foto 1**: Blick vom Van Zyl´s Pass nach Westen in das Marienflusstal*

liefierte Hochebene, die sich auf einer Breite von bis zu 50 Kilometern zwischen dem Komplex der Zebraberge und den Steilrandbergen über den Kunene bis nach Angola erstreckt. 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 und Gesamtdeckung weisen diesen Transektabschnitt als sich deutlich von den westlich bzw. östlich liegenden Abschnitten unterscheidend aus und erreichen hier die höchsten Werte. Prägender Vegetationstyp dieser Region ist die *Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne (vgl. Becker 2001). Östlich von 13° 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

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

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. 2B).

Tabelle 1 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.

Ein Zusammenhang zwischen der geographischen Länge als Multifaktor für die großräumig ost-west verlaufenden Klimagradienten und den beiden Kenngrößen Artenzahl und Gesamtdeckung liegt nicht vor. Dies ist als Hinweis darauf zu werten, dass die Gradienten der Klimaelemente im Verlauf des nördlichen Transekts nicht der

***Tab. 1**: 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 Signfikanzkriterien nicht)*

Korngrößengruppen	**Artenzahl**	**Gesamtdeckung (%)**
Feinmaterial (Ø < 0.2 cm)	*-0.1292*	*0.0893*
Material Ø 0.2 cm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies)	**-0.3499*** **	**-0.2036***
Material Ø 2 cm bis 6 cm (Grobgrus bzw. Grobkies)	*0.0633*	**-0.2337** **
Steine (Ø 6 cm bis 20 cm)	**0.4603*** **	**0.1774***
Blöcke (Ø 20 cm bis 60 cm)	**0.5584*** **	**0.3242*** **
Material Ø > 60 (anstehendes Gestein)	**0.5489*** **	**0.3381*** **
Kruste	*-0.1155*	**-0.2264** **
Hangneigung	**0.3848*** **	*0.0732*
Geographische Länge	*0.1094*	**0.1944***

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

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 Höhenzugs der Steilrandberge, der mit seiner Barrierefunktion das Regionalklima beeinflusst und zu abnormal niedrigen Niederschlagsmengen in seinem Regenschattengebiet führt.

Mittleres Transekt

Auch für das Transekt Opuwo-Kaoko Otavi-Orupembe-Skeleton Coast Park lassen sich hinsichtlich der Ausprägung der Parameter Artenzahl und Gesamtdeckung drei Abschnitte abgrenzen, die überwiegend mit den unterschiedlichen Naturräumen zusammenfallen (Abb. 2B). Dabei sind insgesamt von Westen nach Osten ansteigende Artenzahlen und Gesamtdeckungen der Vegetationsaufnahmen erkennbar. 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. Für den Transektverlauf zeigt sich eine positive Korrelation der Artenzahl und der Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen mit der geographischen Länge des jeweiligen Standortes (Tabelle 2).

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

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. 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.

Südliches Transekt

Die Vegetationsaufnahmen des Transekts Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park weisen insgesamt sehr geringe Artenzahlen auf, wobei sich von Westen nach Osten ein mit dem mittleren Transekt vergleichbarer Trend ergibt (Abb. 2C, Appendix). 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

***Tab. 2**: 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-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 Signfikanzkriterien nicht)*

Standortfaktoren	Artenzahl	Gesamtdeckung (%)
Feinmaterial (Ø < 0.2 cm)	*0.1077*	**0.2377****
Material Ø 0.2 cm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies)	**-0.2117****	*0.0938*
Material Ø 2 cm bis 6 cm (Grobgrus bzw. Grobkies)	**-0.3258*****	*0.1185*
Steine (Ø 6 cm bis 20 cm)	*0.0024*	**-0.2400****
Blöcke (Ø 20 cm bis 60 cm)	**0.1858***	*-0.1106*
Material Ø > 60 (anstehendes Gestein)	*0.0858*	*-0.0928*
Kruste	*0.0535*	**0.1930***
Hangneigung	**0.1889***	*-0.0700*
Geographische Länge	**0.4770*****	**0.6494*****

DOI:10.1127/badri/1/2007/80
(c) 2012 www.schweizerbart.com

Artenzahlen bzw. die Gesamtdeckung auf einen schwächer ausgeprägten Gradienten der Klimaelemente hin. So kommt der Heterogenität des Landschaftraumes 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. 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 Gomatum 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. Dies ist einerseits auf die kleinräumig besser wasserversorgten Hangstandorte zurückzuführen. Dieser Standorttyp „Tal“ tritt im Transektverlauf erst mit der Querung des Hoarusib bei Puros in Erscheinung, wo das Transekt dem Tal des Gomatum auf einer Länge von 60 km folgt. Das im Schnitt ca. 2.5 km weite Tal ist durch sandige und kiesige alluviale Sedimente gekennzeichnet. Mehr als durch die autochthonen Niederschläge wird die Wasserversorgung der in diesem Tal liegenden Standorte durch das Abflussverhalten des Gomatum geprägt. 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. Mit einer Höhendifferenz von bis zu 550 m wird das Gomatumtal von einem steil aufsteigenden Schiefergebirge eingefasst, 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 Gomatumtal hineinziehen.

Die höchsten Artenzahlen des gesamten Transekts werden im Bereich des Randschwellen-Berglandes erzielt (Abb. 2C). 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.

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

Tab. 3 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 feinkiesigem 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.

Tab. 3: *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 Warmquelle-Puros-Skeleton Coast Park*

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

Standortfaktoren	**Artenzahl**	**Gesamtdeckung (%)**
Feinmaterial (Ø < 0.2 cm)	**-0.3361****	**0.3716*****
Material Ø 0.2 cm bis 2 cm (Feingrus bis Mittelgrus bzw. Feinkies bis Mittelkies)	**-0.3224****	**-0.6845*****
Material Ø 2 cm bis 6 cm (Grobgrus bzw. Grobkies)	*0.1045*	**-0.5034*****
Steine (Ø 6 cm bis 20 cm)	**0.5328*****	*-0.1403*
Blöcke (Ø 20 cm bis 60 cm)	**0.6597*****	*-0.0340*
Material Ø > 60 (anstehendes Gestein)	**0.6157*****	*-0.0132*
Kruste	*-0.0671*	*0.1289*
Hangneigung	**0.5796*****	*-0.0007*
Geographische Länge	**0.3914*****	**0.6494*****

Schlussfolgerungen

Tabelle 4 fasst die wesentlichen Ergebnisse im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen der Ausprägung der drei vegetationsökologischen Kenngrößen Artenzahl und Gesamtdeckung und den Anteilen der unterschiedlichen Korngrößengruppen sowie der Hangneigung und der geographischen Länge der Aufnahmefläche für die drei Transekte zusammen.

Für die drei Transekte zeigen sich regelhaft folgende Zusammenhänge:

1. 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.

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

Feinkies bis Mittelkies) am Oberflächenmaterial der Aufnahmefläche.

2. 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.
3. Ein positiver Zusammenhang zwischen dem Anteil der Steinfraktion bzw. dem Anteil des anstehenden Gesteins am Oberflächenmaterial und der Artenzahl besteht beim nördliche und südlichen Transekt.
4. Die Artenzahl der Aufnahmefläche zeigt bei allen Transekten einen positiven Zusammenhang mit starken Hangneigung der Aufnahmefläche.
5. 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).
6. Die Gesamtdeckung der Aufnahmeflächen des mittleren und des südlichen Transekts wird durch einen hohen Feinmaterialanteil positiv beeinflusst.
7. 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.).
8. 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.

Tab. 4: *Zusammenfassende Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Hangneigung der Aufnahmeflächen, der geographischen Länge sowie den verschiedenen Korngrößenfraktionen des Oberflächenmaterials mit der Artenzahl und der Gesamtdeckung der Vegetationsaufnahmen für die drei Transekte*

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

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

Die sich aus der großräumigen Niedersschlagsverteilung ergebenden Diversitätsmuster können mesoskalig stark durch Reliefbedingungen überprägt werden. Kleinräumig besitzen die Feldkapaziät beeinflussende Faktoren einen erheblichen

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

Einfluss auf den Artenreichtum der Vegetation.

Danksagung

Als Teil des SFB 389 „Arid Climate, Adaptation and Cultural Innovation in Africa“ (Universität Köln) wurde das hier vorgestellt Projekt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Für die dauerhafte Unterstützung der Forschungsarbeiten im Kaokoland gebührt Dank dem National Botanical Research Institute (NBRI) und dem Ministry of Environment and Tourism (beide Windhoek). Folgende Personen haben die Geländearbeit im Kaokoland unterstützt: Barbara Eichhorn, Christian Link-Eichhorn, Sabine Feuerherd, Joachim Thiede, Wolfgang Frank, Uhanguatena Kapi, Petra Wilke.

Literatur

Abel, H., 1954. Beiträge zur Landeskunde des Kaokoveldes (Südwestafrika). - Deutsche Geographische Blätter 47(1/2), Friedrich Trüjen Verlag, Bremen.

Becker, T., 2001. Muster der Vegetation und ihre Determinanten in einem desertifikationsgefährdeten Raum im Nordwesten Namibias (Kaokoland). - Dissertation am Botanischen Institut der Universität zu Köln (http://kups.ub.uni-koeln.de/volltexte/2003/478/).

Brunotte, E. & Spönemann, J., 1997. Die kontinentale Randabdachung Nordwestnamibias: eine morphotektonische Untersuchung. Petermanns Geographische Mitteilungen 141: 3-15.

Cowling, R.M., Hilton-Taylor, C., 1997. Phytogeography, flora and endemism. In:

Cowling, R.M, Richardson, D.M., Pierce, S.M. (Eds.), Vegetation of Southern Africa. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 43-61.

Craven, P., 2002. Plant species diversity in the Kaokoveld, Namibia. In: Brunotte, E., Bollig, M. & Becker, T. (Hrsg.), Interdisziplinäre Perspektiven zu Kultur- und Landschaftswandel im ariden und semiariden Nordwesten Namibias. Kölner Geographische Arbeiten 77, S. 75-80.

Hilton-Taylor, C., 1994. The Kaokoveld. In: WWF and IUCN (Eds.), Centres of Plant Diversity. A guide and strategy for their conservation. IUCN Publication Unit, Cambridge, U.K., pp. 201-203.

Jürgens, N., 1997. Floristic biodiversity and history of African arid regions. Biodiversity and Conservation 6, pp. 495-514.

Maggs, G.L., Craven, P., Kolberg, H.H., 1998. Plant species richness, endemism, and genetic resources in Namibia. Biodiversity and Conservation 7, pp. 435-446.

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

Maggs, G.L., Kolberg, H.H., Hines, C.J.H., 1994. Botanical diversity in Namibia - an overview. In: Huntley, B.J. (Ed.), Botanical Diversity in Southern Africa. Strelitzia 1, pp. 93-104.

Sander, H., Becker, T., 2002. Klimatologie des Kaokolandes. In: Brunotte, E., Bollig, M. & Becker, T. (Hrsg.), Interdisziplinäre Perspektiven zu Kultur- und Landschaftswandel im ariden und semiariden Nordwesten Namibias. Kölner Geographische Arbeiten 77, S. 57-68.

Werger, M.J.A., 1978. The Karoo-Namib Region. In: Werger, M.J.A. (ed.), Biogeography and ecology of southern Africa. Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague, pp. 231-299.

White, F., 1993. The AETFAT chorological classification of Africa: History, methods and applications. UNESCO, Paris.

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com

Appendix

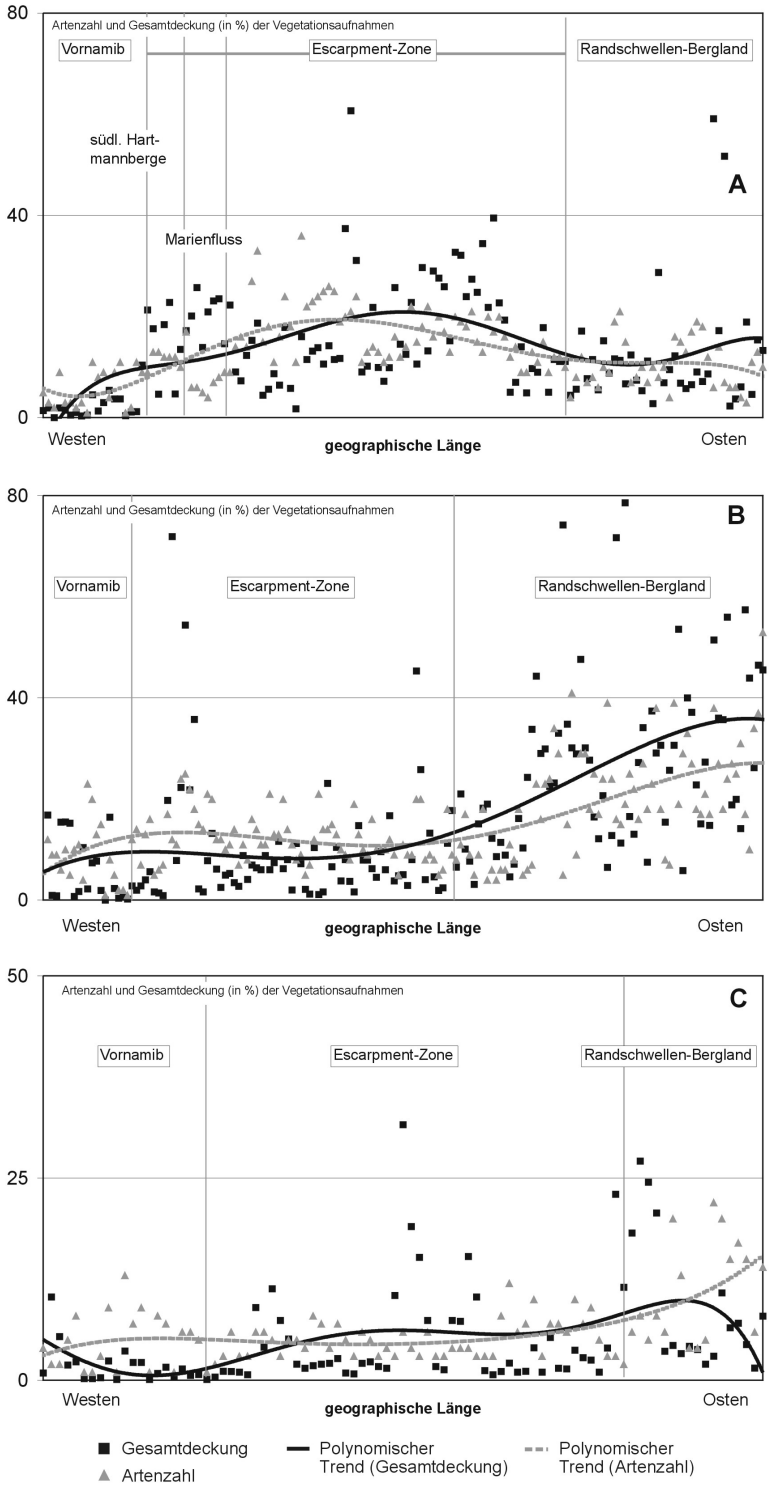

***Abb. 2**: Gesamtdeckung und Artenzahl der entlang der Transekte A) nördliches Transekt, B) mittleres Transekt, C) südliches Transekt erfassten Vegetationsaufnahmen*

DOI:10.1127/badr/1/2007/86
(c) 2012 www.schweizerbart.com