

Vegetationsökologie und Vegetationsdynamik im Richtersveld (Republik Südafrika)

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Inge Hildegard Gotzmann
aus Troisdorf
Köln 2002

Berichterstatter:
Prof. Dr. Michael Melkonian
PD Dr. Christoph Wallossek
Prof. Dr. Reinhard Bornkamm
Tag der mündlichen Prüfung: 28. Juni 2002

Meinen Eltern gewidmet

Do you know where the high diversity of the Richtersveld comes from ?

“When god created the earth the last thing to do was the Richtersveld. He really didn’t know what to do with it. So he clapped his hands and down fell all the dust of his previous work. That’s why we find a little bit of everything in the Richtersveld.”

(told by Paddy Gordon, Park manager of the Richtersveld National Park)



Aloe pillansii im Morgenlicht (Abiquavlake, Richtersveld National Park)

Danksagung

Für die Betreuung der Arbeit danke ich ganz herzlich Herrn Prof. Dr. M. Melkonian.
Für die Bereitschaft, die Begutachtung zu übernehmen, gilt mein besonderer Dank Herrn Priv.-Doz. Dr. C. Wallossek und Herrn Prof. Dr. R. Bornkamm.

Die mehrmonatigen Forschungsreisen nach Südafrika wären in den ersten Jahren des Projektes ohne spezielle Finanzierungen nicht möglich gewesen. Hier danke ich sehr für die freundliche Unterstützung durch die Schimper-Stiftung, die Johanna und Fritz Buch-Gedächtnis-Stiftung, die Merensky-Stiftung und die meiner Eltern. Bedanken möchte ich mich insbesondere auch bei Stefanie Nußbaum. Nur durch die gemeinsame Beantragung und Nutzung der (episodisch fließenden) Gelder konnten wir unseren Lebensunterhalt und die Reisekosten bestreiten.

Mein Dank gilt der Graduiertenstiftung des Landes Nordrhein-Westfalen, die das Projekt für zwei Jahre von 1997 bis 1999 förderte.

Ab 1999 war das Projekt in den Sonderforschungsbereichs 389 „Kultur- und Landschaftswandel im ariden Afrika“ eingebunden. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) danke ich für die Finanzierung der Stelle und der Reisen. Herrn Prof. Dr. N. Jürgens danke ich für die Bereitstellung dieser Stelle sowie für die Einführung in das Untersuchungsgebiet.

Die Mitarbeiter der südafrikanischen Behörden und Institutionen habe ich durch ihr immer freundliches Entgegenkommen in guter Erinnerung. Nature Conservation (Northern Cape) danke ich für die Sammel- und Ausfuhrgenehmigungen für die Pflanzen. South African National Parks sei für die Unterstützung der Forschungen im Richtersveld und die Bereitstellung der Zäune für die Beweidungsausschlußexperimente besonders gedankt.

In den Jahren der Doktorarbeit haben mich viele Menschen über kürzere oder längere Zeiträume hinweg begleitet. Diese Begegnungen waren für mich in vielerlei Hinsicht wichtig. Ohne ihre Unterstützung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Während meiner Reisen durfte ich die großzügige Gastfreundschaft der Südafrikaner genießen. Ich danke hier besonders Jill und Paddy Gordon, die im Richtersveld jederzeit ansprechbar waren und deren Haus und Dusche manchen Tag rettete. Familie Moses in Kapstadt hat uns wie ihre eigenen Kinder aufgenommen. Mike und Jackie Solomon hatten in guten wie in schwierigen Zeiten ein offenes Haus für mich. Mike Solomon gilt auch mein besonderer Dank dafür, daß er in Brandkaros einen Arbeitsraum zur Verfügung stellte. Hanny Pool gilt mein besonderer Dank für die immer wieder strapazierte Bereitschaft, bei organisatorischen Dingen zu helfen und für ihr offenes Ohr bei drängenden Problemen.

Bei den Mitarbeitern von South African National Parks möchte ich mich herzlich bedanken. Hugo Bezuidenhout hat das Projekt immer sehr wohlwollend und unterstützend aus dem fernen Kimberley begleitet und durch seine unkomplizierte Art vieles erleichtert. Paddy Gordon hat als Park Manager und Freund uns – und auch unsere Autos – aus mancher Klemme befreit. Howard Hendricks danke ich für seine Unterstützung und besonders für die Vermittlungen bei der nicht immer einfachen

Aktion des Zäuneziehens. Johan Taljaard, Parkmanager ab 1999, war immer freundlich und kooperativ. Den Angestellten des Richtersveld Nationalparks danke ich für ihre freundliche Hilfe und für die Erkenntnis, daß man Autoreparaturen Zeit geben muß und vielen anderen Dingen auf dieser Welt auch.

Für die tatkräftige Unterstützung bei der Feldarbeit bedanke ich mich herzlich bei Bernd Kraft, Tanja Osterloh, Iris Oguz, Frank Darius und Dr. Stephan Anhalt. Mein besonderer Dank gilt dem Durchhaltevermögen und der Genauigkeit von Stefanie Nußbaum. Bei Susanne Berzborn bedanke ich mich für die gute Zusammenarbeit bei der Hirtenbefragung.

Im Bodenlabor hat Helga Tiebel kräftig mitgeholfen. Für wichtige Hinweise in bezug auf die Bodenkunde danke ich Prof. Dr. Günter Miehl und Dr. Alexander Gröngröfft. Etliche Hinweise bei der Bestimmung der Pflanzenarten erhielt ich von Annelise le Roux, Pascale Chesselet, Prof. Dr. N. Jürgens, Ute Schmiedel und von Stefanie Nußbaum.

Für die hilfreichen Diskussionen über meine Arbeit danke ich besonders Frank Darius, Anja Schulte, Prof. Dr. Christian Wissel und Björn Reineking.

Den Mitarbeitern des Botanischen Instituts Köln danke ich für die mir entgegengebrachte Hilfe. Insbesondere Dr. Karl-Heinz Linne von Berg hat durch seine freundliche und unkomplizierte Art manches Problem tatkräftig aus dem Weg geräumt. Siggie Werth leistete so manches Mal phototechnische Soforthilfe. Hans Zimmer und seine Mitarbeiter in der Gärtnerei haben selbst tote Pflanzen wieder zum Leben erweckt.

Meine Freundinnen und Freunde wie auch meine Familie haben mit ihrer moralischen Unterstützung sowie der großen Anteilnahme an meiner Arbeit und deren Unwegsamkeiten zum Gelingen einen wesentlichen Beitrag geleistet. Ihnen allen danke ich ganz herzlich.

Anja Schulte und besonders Stefanie Nußbaum möchte ich meinen Dank für die sehr intensive Kooperation sowie für die Unterstützung bei entscheidenden Schritten dieser Arbeit aussprechen.

Bernd Kraft hat mir während des Projektes stets hilfreich mit Rat und Tat zur Seite gestanden. Für seine große Hilfe und sein Interesse an meiner Arbeit möchte ich mich ganz herzlich bedanken.

Meinen Eltern, die mich während des Studiums und der Promotion stets unterstützt haben, danke ich sehr herzlich. Ganz besonders gefreut hat mich ihre Begleitung bei der Feldforschungsphase 2001.

Mein besonderer Dank gilt Dr. Stephan Anhalt, über dessen Begleitung auf der letzten Reise ins Richtersveld im Jahr 2001, sein daraus resultierendes Interesse und die Diskussionsbereitschaft bei der Klärung einiger Fragen ich mich sehr gefreut habe.

Allerbesten Dank

Thank you very much

Baie baie dankie

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	10
2 Das Untersuchungsgebiet	12
2.1 Naturraum	12
2.2 Klima	14
2.3 Geologie.....	16
2.4 Böden	16
2.5 Flora und Vegetation	17
2.6 Fauna.....	19
2.7 Besiedlung und Bevölkerung.....	20
2.8 Nationalpark.....	21
2.9 Nutzung.....	22
2.9.1 Viehzucht.....	22
2.9.2 Ackerbau.....	22
2.9.3 Weitere Pflanzennutzung.....	22
2.9.4 Fischerei	22
2.9.5 Bodenschätze.....	23
3 Methodik	24
3.1 Erfassung der Vegetation.....	24
3.1.1 Anlage der Dauerbeobachtungsflächen.....	24
3.1.2 Dokumentation der Vegetation.....	26
3.1.3 Individuenbasierte Dokumentation	27
3.1.4 Bestimmung der Arten	28
3.1.5 Lebensformen	29
3.1.6 Strategietypen	30
3.2 Erfassung des Beweidungseinflusses.....	30
3.2.1 Beweidungsausschlußexperimente.....	30
3.2.2 Hirteninterviews	31
3.3 Manipulationsexperimente.....	32
3.4 Bewässerungsexperimente.....	32
3.5 Klimadaten.....	33
3.6 Erfassung der Bodenparameter	34
3.6.1 Bodenoberfläche.....	34
3.6.2 Bodenprofil.....	35
3.6.3 Bodenprobenanalyse.....	35
3.7 Auswertungsmethoden.....	37
3.7.1 Korrelationsanalyse	37
3.7.2 Faktorenanalyse.....	38
3.7.3 Clusteranalyse.....	38
3.7.4 Indirekte Ordination (DCA).....	38
3.7.5 Kanonische Ordination (CCA).....	39

4 Standortökologie	40
4.1 Charakterisierung der Standorte	40
4.1.1 Ergebnisse der Korrelationsanalyse	40
4.1.2 Ergebnisse der Faktorenanalyse	42
4.1.3 Ergebnisse der Clusteranalyse	44
4.2 Charakterisierung der Vegetation	44
4.2.1 Vegetation und Standort	44
4.2.2 Floristische und strukturelle Charakterisierung der Vegetation	47
5 Vegetationsdynamik.....	53
5.1 Dynamik eines artenreichen Hangstandortes.....	53
5.2 Dynamik einer <i>Cheiridopsis robusta</i> -Population	62
5.3 Ergebnisse der Manipulationsexperimente	63
5.4 Ergebnisse der Bewässerungsexperimente	67
5.5 Weitere vegetationsbestimmende Faktoren	69
5.6 Erosion	71
6 Beweidungsökologie	75
6.1 Beweidungsausschlußexperimente	75
6.2 Interviews mit Hirten	83
7 Abschließende Diskussion und Ausblick.....	90
7.1 Diskussion.....	90
7.2 Ausblick	97
8 Literatur und Kartenwerke	99
8.1 Kartenwerke.....	99
8.2 Literaturverzeichnis	100
9 Anhang	109
10 Zusammenfassung.....	133
11 Abstract.....	134

Erklärung der verwendeten Abkürzungen und Begriffe

Invader – Pflanzenarten, die im Gebiet nicht heimisch sind, in die natürliche Vegetation eindringen und dort unter Umständen zur Dominanz gelangen.

Rivier – episodisch nur nach Regenfällen wasserführendes Flußbett.

SANP – South African National Parks, Verwaltungsstruktur aller Nationalparks Südafrikas

SAWS – South African Weather Service

Stockpost – Wohnort der halbnomadischen Hirten mit der Herde. Ein bewohnter Stockpost ist gekennzeichnet von einer Wohnhütte (Matjieshuis) und einer Umzäunung für die Lämmer, gegebenenfalls auch für die gesamte Herde. Verlassene Stockpostflächen sind oft noch jahrelang anhand der veränderten Vegetation zu erkennen.

Abkürzungen zur Beschreibung der Lebensformen

A Annuelle Therophyten (einjährige Kräuter)

B Bienne Therophyten (zweijährige Kräuter)

G Geophyten (ausdauernde krautige Pflanzen mit periodisch oberirdisch absterbenden Sprossen, Überdauerungsorgane mit Speicherorganen im Boden)

H Hemikryptophyten (ausdauernde krautige Pflanzen mit periodischer Sproßreduktion bis zur Bodenoberfläche)

Chamaephyten (Zwergsträucher bis zu einer Höhe von 50 cm), unterteilt in:

NCh Nanochamaephyten 0–5 cm Höhe

MiCh Mikrochamaephyten 5–15 cm

MCh Meso- bis Megachamaephyten 15–50 cm

Phanerophyten (Sträucher oder Bäume mit einer Höhe größer als 50 cm), unterteilt in:

NP Nanophanerophyten 0,5–2 m

MiP Mikrophanerophyten 2–5 m

MP Megaphanerophyten >5 m

SG Sukkulenzgrad einer Art

ST Sukkulenztyp einer Art

S Stamm- bzw. achsensukkulente Art

B Blattsukkulente Art

1 Einleitung

Das Richtersveld ist ein Trockengebiet im Nordwesten der Republik Südafrika und bildet den südlichen Teil der Namibwüste. Das Gebiet gliedert sich in eine Küstenebene und das daran anschließende Bergland. Die Vegetation ist durch niedrigwüchsige, meist sukkulente Pflanzenarten charakterisiert. Aufgrund seiner landschaftlichen Reize und der hohen Biodiversität ist der Nordteil des Richtersveldes im Jahre 1991 zum Nationalpark erklärt worden.

Das Richtersveld weist Besonderheiten auf, die eine Untersuchung der Vegetation und ihrer Dynamik in diesem Gebiet besonders interessant machen. Zum einen handelt es sich – insbesondere in Hinblick auf den geringen Niederschlag von meist unter 100 mm/Jahr – um eine ungewöhnlich artenreiche Vegetation mit bis zu 350 Arten/km². Zum anderen findet sich hier noch ein weitgehend intaktes pastoralnomadisches Nutzungssystem, bei dem die Hirten zudem zwischen zwei Klimaregimen und damit zwei Florenregionen migrieren.

Allerdings ist dieses Nutzungssystem durch einen rezenten Wertewandel und durch die Änderung von Wirtschaftsweisen großen Veränderungen unterworfen. Dies wirkt sich auch auf die Vegetation aus. Es zeichnet sich lokal bereits Übernutzung mit darauffolgender Degradation ab. Deshalb gilt es den derzeitigen Stand zu dokumentieren, Veränderungen aufzuzeigen und zu analysieren sowie zukünftige Folgen der Veränderungen abzuschätzen.

Die Erforschung der Vegetation und ihrer Dynamik wurde anhand von Dauerbeobachtungsflächen durchgeführt. In Europa, Australien und den USA sind Langzeituntersuchungen zur Vegetationsdynamik bereits etablierte Werkzeuge zur Vegetationsforschung und gewinnen in den letzten Jahren insbesondere durch den Einsatz im Monitoring zunehmend an Bedeutung. In anderen Teilen der Erde und gerade auf dem afrikanischen Kontinent bilden längerfristige Vegetationsuntersuchungen bisher jedoch die Ausnahme. Der Handlungsbedarf auf diesem Wissenschaftsgebiet äußert sich deutlich in den Worten ELLENBERGS (1996) S. 5: „Die wichtigste Aufgabe der heute aktiven Vegetationskundler und Ökologen wäre es (...), auf festgelegten Probestellen die fortdauernden Änderungen im Artengefüge möglichst vieler Pflanzengesellschaften in allen Regionen zu verfolgen. Wenigstens auf einigen repräsentativen Dauerflächen wären zusätzlich Messungen wichtiger Klima- und Bodenfaktoren erforderlich“.

Die Mehrzahl der Untersuchungen zu der Vegetation und ihrer Dynamik im südlichen Afrika beziehen sich auf die in landwirtschaftlicher Hinsicht ertragreicheren Savannen. Der Stand der Forschung in Hinblick auf die Vegetation der Sukkulente-Karoo befindet sich dagegen noch in einer Pionierphase und wurde erst in den letzten zehn Jahren intensiviert (DEAN *et al.* 1995; DEAN & MILTON 1999; MILTON *et al.* 1997; WIEGAND *et al.* 1995). Untersuchungen zur Vegetationsdynamik der Sukkulente-Karoo haben überwiegend in der feuchteren weiter südlich gelegenen Karoo stattgefunden (MILTON *et al.* 1997; O'CONNOR & ROUX 1995; YEATON & ESLER 1990). Diese Ergebnisse mit

den dort vorkommenden Arten sind jedoch nur bedingt auf die Arten der sehr viel trockeneren südlichen Namib übertragbar. Im Richtersveld gibt es bislang nur einzelne Untersuchungen. ECCLES *et al.* (1999) berücksichtigten bei Dynamikuntersuchungen im Sandveld nur zwei aufeinanderfolgende Vegetationsperioden.

Für die trockenste Ausprägung der Sukkulentenkaroovegetation liegen hiermit die ersten umfassenden Analysen der Vegetationsdynamik über einen längeren Zeitraum (von bis zu sieben Jahren) vor. Die Besonderheit in der Aufnahmemethodik liegt in der individuenbasierten Dokumentation der Untersuchungsflächen. Damit konnten Dynamiken in der Vegetation detailliert beschrieben und analysiert werden.

Als Haupteinflußfaktoren für Vegetationsänderungen in Trockengebieten werden Klima – insbesondere Niederschläge – und Beweidung angesehen (MILTON 1995; MILTON *et al.* 1995; O'CONNOR & ROUX 1995). Diese Faktoren bildeten in dieser Arbeit den Schwerpunkt in der Ursachenanalyse für Vegetationsänderungen. Sie haben zudem große Aktualität hinsichtlich des diskutierten globalen Klimawandels und der Desertifikation hervorgerufen durch Nutzungsänderungen.

Die Bedeutung einer hohen Biodiversität für die Stabilität der Vegetation gegenüber variierenden Umweltfaktoren wird diskutiert und die Indikatorfunktion für Umweltveränderungen geprüft. Ursachenanalyse sowie Prognosen für Vegetationsveränderungen sind Ziel der vorliegenden Arbeit.

Es werden die folgenden Fragestellungen bearbeitet:

- Was sind die Charakteristika der Vegetation der südlichen Namib (Richtersveld)?
- Welche typischen Vegetationsveränderungen sind in dieser Wüstenvegetation festzustellen?
- Sind Niederschlag und Beweidung die Haupteinflußfaktoren der beobachteten Dynamiken?
- Auf welche weiteren Faktoren lassen sich die beobachteten Dynamiken zurückführen?
- Was sind geeignete Indikatoren für die Beurteilung von Vegetationsveränderungen?
- Wie verhalten sich die beobachteten Dynamiken im Vergleich zu denen in anderen Trockengebieten?
- Befindet sich die Vegetation des Gebietes in einem stabilen Zustand, und welches sind die Prognosen für zukünftige Vegetationsveränderungen?

2 Das Untersuchungsgebiet

2.1 Naturraum

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit fanden im Richtersveld statt. Der Name „Richtersveld“ leitet sich her von Dr. E. Richter, einem deutschen Inspektor der Rheinischen Missionsgesellschaft, der 1830 das Gebiet bereiste.

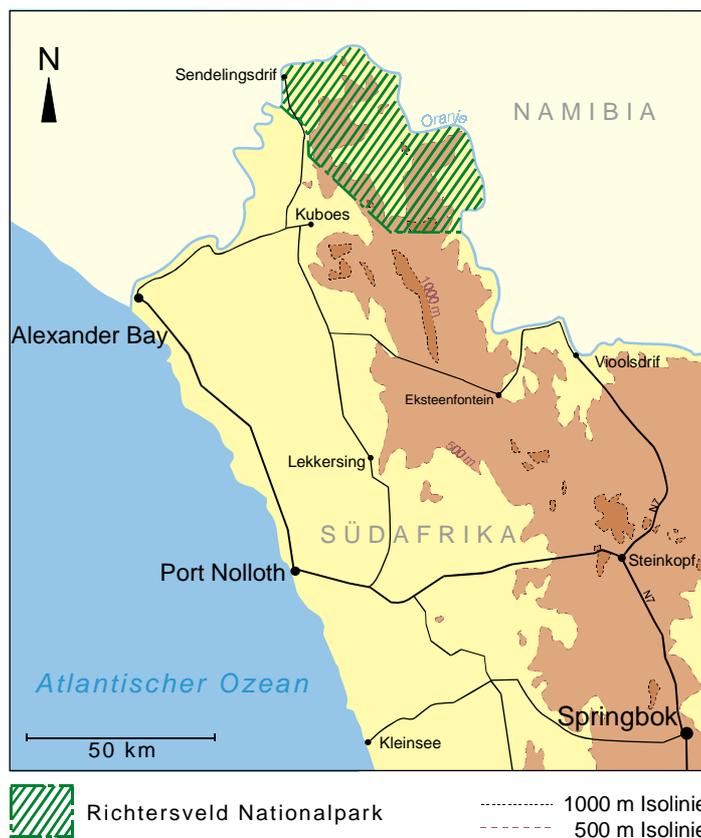
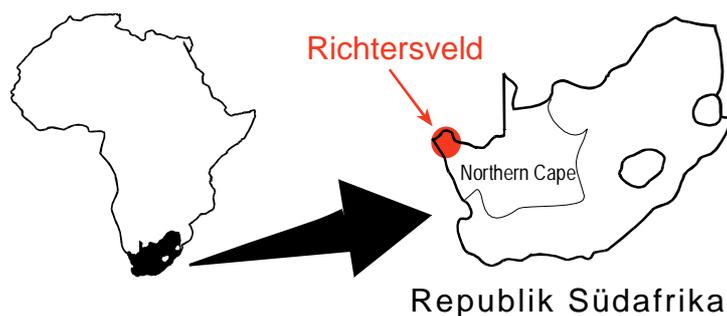


Abbildung 2.1: Lage des Untersuchungsgebietes. Das Richtersveld liegt im Nordwesten der Republik Südafrika (Provinz Northern Cape) an der Grenze zu Namibia.

2 Das Untersuchungsgebiet

Das Richtersveld bildet den südlichen Teil der Namibwüste und liegt im Nordwesten der Republik Südafrika in der Provinz Northern Cape. Es reicht vom Atlantik bis zu 90 km ins Landesinnere und hat eine maximale Nord-Süd-Erstreckung von 120 km. Im Norden des Gebietes wird die Grenze vom Oranje gebildet, der zugleich Grenzfluß zwischen Südafrika und Namibia ist. Im Osten stellt die Nationalstraße N7 in der Verbindung Steinkopf–Vioolsdrif, im Süden die Verbindungsstraße 382 zwischen Steinkopf und Port Nolloth die Abgrenzung des Richtersveldes dar. Der Atlantische Ozean bildet den westlichen Abschluß des Gebietes.

Während vom Atlantik aus das Gelände allmählich auf 300 m Höhe ü. NN ansteigt, bildet das sogenannte Escarpment mit seinem abrupten Anstieg auf über 1000 m ü. NN zur zentralafrikanischen Hochebene einen deutlichen Einschnitt. Eine Unterbrechung dieses Reliefs bildet das tief eingeschnittene Oranjetal.

Die Küstenebene (Sandveld) erstreckt sich bis zu 40 km weit ins Landesinnere und ist gekennzeichnet durch Dünenbildung. Während die weißen und gelben Dünen mit einer Genese aus dem Meer Küstendünen darstellen, liegt bei der nach Osten anschließenden roten Düne, die das Sandveld durchzieht, eine Inlanddüne vor. An das Dünengebiet schließt sich küstenparallel eine etwa 10 km breite Lößebene an. Die darauffolgende Gebirgskette führt zum Stau des äolischen Schlufffraktionstransportes, so daß sich das Feinmaterial größtenteils vor dem Gebirge ablagert, während es allerdings auch in den Ebenen, die in das Gebirge eingeschaltet sind, zu finden ist.



Abbildung 2.2: Blick auf die Koeroegabvlakte, eine Ebene des zentralen Richtersveldes, mit Sukkulenkaroo-Vegetation (Winterregengebiet)

Die Gebirgskette, die das Richtersveld durchzieht, wird – von Norden nach Süden gesehen – gebildet von Vandersterrberg, Ploegberg, Cornellsberg und den Stinkfonteinbergen. Bei Steinkopf schließt sich das Steinkopfplateau an. Die Berge des Escarpments erreichen eine Höhe von etwa 1000 m ü. NN; die höchste Erhebung im Richtersveld bildet der Cornellsberg mit 1374 m ü. NN.

Der Oranje, der das Escarpment durchschneidet, durchfließt das Richtersveld als Fremdlingsfluß, d.h. er wird im Gebiet nicht durch perennierende Gewässer gespeist. Der einzige Fluß im Richtersveld, der wenigstens im Oberlauf permanent Wasser führt, ist der Gannakuriep; er entspringt auf dem Vandersterrberg auf ca. 1200 m Höhe.

2.2 Klima

Das Richtersveld wird von zwei bedeutenden Klimaregimen beeinflusst, dem Winterregensystem und dem Sommerregensystem. Das von Nordwest nach Südost durchziehende Gebirge bildet die Klimagrenze zwischen beiden. Westlich dieser Scheide herrscht das Winterregenregime vor, östlich davon dringt das Sommerregenregime vor. Hierbei ist jedoch keine absolute Grenze festzustellen, denn beide Klimaregime überlappen zuweilen. Die Niederschläge reichen bei Lagen bis 600 m ü. NN von 10–150 mm durchschnittlichem Jahresniederschlag. In den Hochlagen des Gebirges werden die Niederschläge auf 300 mm pro Jahr geschätzt (WILLIAMSON 2000).

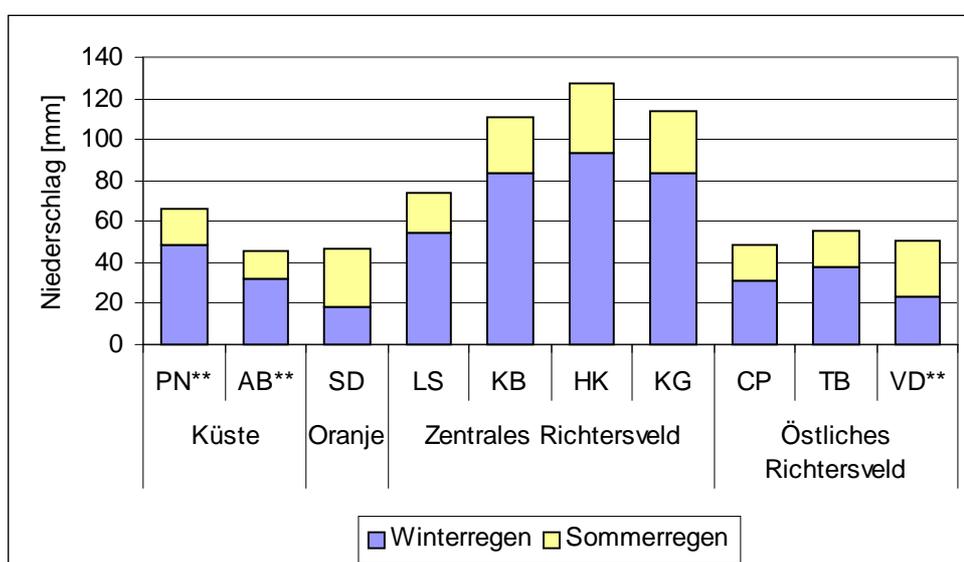


Abbildung 2.3: Darstellung der Jahresniederschläge an den Meßstationen im Richtersveld. Die mit ** gekennzeichneten Stationen liefern ein langjähriges Mittel von mehr als 30 Jahren. Die übrigen Stationen sind erst in den Jahren 1995 eingerichtet worden. Abkürzungen: PN: Port Nolloth, AB: Alexander Bay, SD: Sendelingsdrift, LS: Lekkersing, KB: Khubus, HK: Hellskloof, KG: Koeroegab, CP: Claim Peak, TB: Tatasberg, VD: Vioolsdrif.

Die Niederschlagsvariabilität des Sommerregens, welcher durch thermische Konvektion entsteht, ist größer als die des Winterregens, welcher durch die zyklonale Westwinddrift

advektiv bedingt ist. Während ersterer durch kurze heftige Regenereignisse in den Sommermonaten gekennzeichnet ist, fällt letzterer in der kühlen Winterjahreszeit als länger andauernder Sprüh- oder Nieselregen. Die Winterregenfälle fallen verhältnismäßig zuverlässig in jedem Winter, und die Variabilität ist – im Vergleich zum Sommerregengebiet – gering (COWLING *et al.* 1998). Die beiden unterschiedlichen Niederschlagsregime haben einen erheblichen Einfluß auf die Vegetationsausprägung (siehe Kapitel 2.5).

An der Küste sowie im Oranjetal treten Nebel auf. Er entsteht als Seenebel in der Nacht, begünstigt durch den kalten Benguelastrom. Mit den meist morgens einsetzenden Westwinden wird er landeinwärts getragen. Im Oranjetal kommt er besonders weit, da er hier nicht durch Berge aufgehalten werden kann. Der Treibnebel ist häufig noch in den Vormittagsstunden persistent und löst sich erst bei zunehmender Sonneneinstrahlung auf, gegebenenfalls mit einer Zwischenstufe als Hochnebel.

Nebeldaten liegen nur für die Küstenorte vor. Hier werden eine durchschnittliche Anzahl von 89 Nebeltagen für Alexander Bay und 140 Nebeltagen pro Jahr für Port Nolloth angegeben. Die Abhängigkeit des Nebels von der Küstenentfernung ist von mehreren Autoren beschrieben worden (BESLER 1972; LANCASTER & LANCASTER 1984; LOGAN 1960).

OLIVIER (1995) zeigt anhand der Auswertung von Satellitenbildern der Namib eine Abnahme der Nebelhäufigkeit (Anzahl der Tage mit Nebel) mit zunehmender Küstenentfernung und Höhenlage. Zudem stellt OLIVIER (1995) eine jahreszeitliche Veränderung der Nebelhäufigkeit fest. In den Sommermonaten treten die meisten Nebeltage auf.

Die Temperaturen im Richtersveld können Werte von über 45° C und unter 0° C erreichen. Typisch sind hohe Tagesamplituden, die mehr als 20° C Differenz erreichen können (VON WILLERT 1986). Das langjährige Temperaturmittel an der Küste beträgt in Alexander Bay 14,9 °C, in Port Nolloth 17,3 °C (Angaben des SAWS 2001). An der Station im Inland in Sendelingsdrift liegt das Mittel mit 24°C deutlich höher (Angaben von SANP 1999).

Im Gebiet sind Ostwinde und Westwinde vorherrschend. Die Westwinde entstehen aufgrund eines strahlungsbedingten Druckgradienten zwischen Festland (lokales Hitze-tief) und dem Meer (lokales Hoch).

Die daraus resultierende Westwindthermik mit kühlen Luftmassen entwickelt sich i.d.R. am Vormittag und kann bis in die Nacht andauern; sie überlagert lokal die vom Sub-tropenhoch gebildeten Winde aus süd-südwestlicher Richtung.

Winde aus östlicher Richtung treten überwiegend in den Wintermonaten auf. Wenn die Inlandswinde die Kammlinie erreicht haben, werden die Luftmassen gezwungen abzu-steigen, wobei es zur trockenadiabatischen Erwärmung (1° C/100 m) sowie zur Wolkenauflösung kommt. In Alexander Bay wurden durch diese Fallwinde in Sommermonaten Temperatur-Spitzenwerte von 52° C gemessen. Im Bereich der Oranje-mündung kommt es durch die Kanalwirkung des Flußtales zu hohen Windge-schwindigkeiten, so daß Sandstürme keine Seltenheit sind.

Im Oranjetal herrschen besondere Klimabedingungen. Einerseits dringt salzreiche, kaltfeuchte Meeresluft, oft verbunden mit Seenebel, über das Oranjetal weit ins Landesinnere vor. Andererseits erwärmt sich das Tal durch die geschützte Lage und die z.T. tiefen Schluchten bei Sonneneinstrahlung sehr stark. Beides bedingt eine für das Oranjetal besondere Vegetation (siehe Kapitel 2.5), die sogenannte Westgariep-Vegetation (JÜRGENS 1991).

2.3 Geologie

Das Richtersveld spiegelt eine große Vielfalt erdgeschichtlich-geologischer Prozesse wider. Es ist geprägt von Bergbildung, Erosion, Deformation und vulkanischen Aktivitäten, die zu einer großen Vielfalt lithologischer Typen geführt hat. Es finden sich Kalkablagerungen, eiszeitliche Ablagerungen (Tillite), mafische und felsische Laven, Granite, Ganggesteine, basische und diskordante Intrusionen. Durch wiederholte Hebungen der afrikanischen Platten in den vergangenen 500–600 Millionen Jahren, verbunden mit erodierenden Prozessen, treten sehr alte Gesteine an die Oberfläche, die meist präkambrischen Ursprungs sind (DE VILLIERS & SÖHNKE 1959).

Zu den ältesten Formationen zählt das drei Mrd. Jahre alte Kheis-System mit vulkanischen Gesteinen und Sedimenten. Ältere Sequenzen werden von jüngeren Granitintrusionen durchbrochen, zu denen auch der Tatasbergkomplex zählt (DE VILLIERS & SÖHNKE 1959). Die in Verwitterungsprozessen entstandenen Ablagerungsschichten werden – von alt nach neu – eingeteilt in Gariep, Stinkfontein, Numees, Nama und Karoo, sowie frühtertiäre bis rezente Ablagerungen (DE VILLIERS & SÖHNKE 1959).

Das Richtersveld ist sehr mineralienreich, wobei die meisten Mineralien nur in Spuren oder kleinen Mengen vorkommen (siehe auch Kapitel 2.9.5). Zu den Bodenschätzen zählen Gold, Graphit, Eisenerz, Molybdän, Salz, Kupfer und Blei. Lediglich Diamanten kommen in abbauwürdigen Mengen vor.

2.4 Böden

In Trockengebieten ist die Bodenbildung meist schwach ausgeprägt. Die chemische Verwitterung tritt, aufgrund von Wassermangel, hinter die physikalische Verwitterung zurück. Zumeist fehlt eine Profilbildung und es liegen Rohböden vor. Der Humusanteil ist gering und beträgt meist weniger als 1 %. Die Basensättigung in ariden Böden ist, selbst bei sauren Ausgangsgesteinen, generell hoch.

Typisch sind Krustenbildungen durch lokale Lösungs- und Konkretionsprozesse. In Küstennähe überwiegen Gipskrusten, im Inland liegen dagegen vermehrt Kalkkrusten vor (BESLER 1992). Während die Gipskrusten auch unter den heutigen Klimaverhältnissen entstehen können (WATSON 1988), wird die Kalkkrustenbildung als fossile Bildung in einer pedogenen Phase aufgefaßt (BESLER 1992). An der Bodenoberfläche finden sich häufig millimeterdünne Mineral- und Biokrusten. Diese

Krusten schützen den Boden einerseits vor Erosion, andererseits wird der Oberflächenabfluß erhöht.

Die Infiltration von Wasser wird allerdings auch dadurch erschwert, daß bei ausgetrockneten Böden die Porenluft nur langsam entweicht (Luftkisseneffekt). Die höchste Infiltrationsrate wird bei Substraten homogener Korngröße und geringem Feinmaterialanteil erreicht (BESLER 1992).

Die küstennahen weißen Sande werden zum Inland hin von gelben und roten Sanden abgelöst. Der Farbunterschied rührt her von einer zum Inland hin zunehmenden Eisenauflagerung auf dem Quarz, die in Küstennähe durch das Meeressalz verhindert wird. Die Böden haben meist einen hohen Basengehalt und sind mit einer Tiefe von meist mehr als 30 cm tiefgründig (Bodenkarte, ELLIS & SCHLOMS 1986, siehe Kartenwerke).

An die Sandebene schließt sich eine sogenannte Lößebene mit schluffigen Sanden an. Im darauffolgenden Gebirgszug sind immer wieder weitläufige Ebenen eingeschaltet. Diese sind im winterregengeprägten westlichen Teil mit schluffreichen Feinsanden verfüllt, im östlichen, sommerregengeprägten Teil mit grusreichen Sanden. Die Bodentiefe beträgt hier meist weniger als 30 cm. Die Berghänge weisen wenig Bodenmaterial auf (Bodenkarte, ELLIS & SCHLOMER 1986).

Untersuchungen der Böden im Richtersveld wurden im Rahmen einiger Diplomarbeiten vorgenommen. JÄHNIG (1993) untersuchte einige ausgewählte Bodenkatenen, BOENIGK (1998) und OSTERLOH (2000) analysierten Stockpoststandorte (englisch „stockpost“, afrikaans „veepos“ = Viehposten), OGUZ (1999) und STÖCKER (1999) bearbeiteten Böden im Sandveld, und ROTH (2002) analysierte die Böden auf Hangsequenzen.

2.5 Flora und Vegetation

Florenhistorische Untersuchungen deuten anhand von Großdisjunktionen von Pflanzenarten und -gattungen auf eine früh entwickelte Wüste an der Westküste Südafrikas hin. Das Winterregenklima existiert jedoch erst seit ca. 4 Millionen Jahren. Die ersten Aizoaceen sind vor 12 000 Jahren aufgetreten, Fossilfunde sind jedoch sehr spärlich (SCOTT *et al.* 1997; SCOTT *et al.* 1995).

Archäologische Funde von WEBLEY *et al.* (1993) weisen darauf hin, daß vor 2000 Jahren das Richtersveld gras- und baumreicher war als heute.

Das Richtersveld ist aufgrund seiner hohen Standortvariabilität ausgesprochen arten- und endemitenreich. Bislang sind 1615 Arten (WILLIAMSON 2000) für das Gebiet bekannt, Flechten wurden dabei noch nicht berücksichtigt. Ein großer Teil der Arten (586 Arten) ist sukkulent, zumeist blattsukkulent. Im Gebiet stark vertreten sind die Aizoaceae (255 Arten aus 50 Gattungen), Asteraceae (200 Arten aus 27 Gattungen) und die Crassulaceae (88 Arten aus 4 Gattungen). Als Endemiten des Richtersveldes sind bislang 140 Arten bekannt (WILLIAMSON 2000). Der Großteil dieser Arten ist in den hohen Gebirgslagen sowie am Oranjeunterlauf (Gariiep) zu finden.

Nach der Einteilung der Vegetation nach Veldtypen Südafrikas (ACOCKS 1988) werden vier Typen für die Richtersveldregion ausgewiesen. In küstenparalleler Anordnung

folgen Strandveld-Vegetation, Succulent Karoo-Vegetation und Namaqualand Broken Veld-Vegetation aufeinander. In den hohen Gebirgslagen wird "Western Mountain Karoo-Vegetation" ausgewiesen (s.a. Karte „Veldtypes van Suid-Afrika“, ACOCKS 1951). Die Veldtypen-Einteilung nach Acocks richtet sich nach der Vegetation in Hinblick auf die Landnutzung.

Eine weitere Vegetationsklassifizierung wurde von RUTHERFORD & WESTFALL (1986) vorgenommen. Die Überarbeitung der genannten Einteilungen erfolgte durch BREDEKAMP *et al.* (1998). Hiernach zählt das Richtersveld zum Succulent Karoo Biome, mit einer von der Küste zum Inland zonierten Unterteilung in Strandveld Succulent Karoo, Lowland Succulent Karoo und Upland Succulent Karoo.

Die für das Richtersveld differenzierteste Einteilung der Vegetation in Hinblick auf die floristische Zusammensetzung stammt von JÜRGENS (1991). Es werden die phytographischen Regionen Sukkulenten Karoo-Region und die Nama Karoo-Region unterteilt. Die Flora dieser Gebiete zählt zu zwei sehr unterschiedlichen Florenregionen. Erstere weist die Kapflora im weiteren Sinne auf, letztere beinhaltet Arten der Paläotropis. Der Westteil des Richtersveldes bis in die Gebirge hinein zählt zur Sukkulenten Karoo Region, die, weiter differenziert, als Namaqualand-Namib Domain-Untergruppe charakterisiert wird. Die Vegetation des unteren Oranjetals wird als „Western Gariep Centre“, als eine weitere Untergruppe dieser Domäne ausgewiesen. Die Nama Karoo Region, die nordöstlich der Gebirgskette beginnt, wird im Richtersveld der Namib Subdomain zugeordnet und weiter als Eastern Gariep District differenziert (JÜRGENS 1991). Im Folgenden wird dieser Einteilung gefolgt. Die Winterregenregion im Westen zählt zur Sukkulentenkaroo, die vom Sommerregen beeinflusste Region im Osten zur Namakaroo, und das untere Oranjetal (ab Sendelingsdrift flußabwärts) trägt mit der Westgariiep-Vegetation eine Sonderform der Sukkulentenkaroo-Vegetation.



Abbildung 2.4: Das Richtersveld ist für seinen Endemitenreichtum bekannt. Das Photo zeigt *Stapelia gariepensis* (Asclepiadaceae).

Sukkulenkaroo-Vegetation im Winterregengebiet („Greater Cape Flora“)

Die Sukkulenkaroovegetation ist typisch für das gesamte Namaqualand im Südwesten Südafrikas. Sie ist charakterisiert durch niedrige Sukkulenbüsche mit v.a. blattsukkulen, aber auch stammsukkulen Arten. Auffällig sind zwei baumförmige sukkulente Endemiten der Richtersveldregion, *Aloe pillansii* und *Pachypodium namaquanum*.

Die Sukkulenkaroovegetation des Namaqualandes ist trotz der niedrigen Jahresniederschläge ungewöhnlich üppig und artenreich. Im Vergleich zu anderen nebelreichen Winterregewüsten (Mexikos nordwestliche Baja California, Chiles südliche Atacama, Marokkos südliche Küstenlinie) finden sich im Namaqualand vier- bis sechsmal so viele Pflanzenarten (COWLING & PIERCE 1999). Dies läßt sich zurückführen auf die verhältnismäßig zuverlässigen Winterregenfälle in den kühlen, verdunstungsarmen Wintermonaten. Die Sommertrockenheit wird zumindest in Küstennähe gemildert durch milde Temperaturen und relative Nebelhäufigkeit.

Westgariep-Vegetation der Sukkulenkaroo

Das Oranjetal trägt eine von der Umgebung abgegrenzte Vegetation, bedingt durch besondere Klimate (siehe Kapitel 2.2). Abgesehen von den flußbegleitenden Galeriewäldern ist im trockenheißen, aber nebelreichen Oranjetal eine floristisch charakteristische Vegetation ausgebildet, die von JÜRGENS (1991) als Westgariep-Vegetation abgegrenzt wird. Zu den charakteristischen Arten zählen *Euphorbia melanohydrata*, *Portulacaria pygmaea* und *Euphorbia herrei* (JÜRGENS 1991).

Nama Karoo-Vegetation im Sommerregengebiet (Paläotropis)

Für die Nama Karoo-Vegetation sind stammsukkulente Arten wie *Euphorbia virosa*, *Euphorbia gregaria* und *Aloe dichotoma* typisch. Die perennierende Vegetation ist sehr schütter und wird nur nach Regenfällen durch viele anuelle Arten üppiger.

Expositionsbedingte Vegetationsunterschiede

Im Untersuchungsgebiet zeigen sich oft deutlich expositionsbedingte Vegetationsunterschiede. Im Einflußbereich des Nebels sind Nordosthänge relativ trocken, da sich der Nebel durch die morgendliche Besonnung rasch auflöst; die trockenen Ostwinde verstärken diesen Effekt. Hier ist die Vegetation schütter und trägt die zonal weiter östlich vorkommenden Arten (Gesetz der relativen Standortskonstanz). Hingegen haben Südwesthänge einen günstigeren Wasserhaushalt, da sie morgens im Schatten liegen und daher der Nebel länger als Feuchtigkeitsquelle genutzt werden kann. Hier ist die Vegetation deutlich üppiger ausgebildet, mit Arten, die sonst in feuchteren, südwestlich gelegenen Gebieten auftreten.

2.6 Fauna

Im Richtersveld ist eine für ein Trockengebiet verhältnismäßig reiche Fauna von Mollusken, Arthropoden, Insekten und Wirbeltieren anzutreffen, darunter auch einige seltene und endemische Arten. Unterstützt wird der faunistische Artenreichtum durch

den ganzjährig wasserliefernden Oranje. Bemerkenswert ist die hohe Anzahl an Vogelarten. Im Richtersveld Nationalpark sind bislang 194 Vogelarten erfaßt worden, darunter viele seltene Greifvögel (SANP 1997). Die Oranjemündung ist aufgrund ihrer großen Bedeutung für (durchziehende) Vogelarten ein international bedeutendes RAMSAR-Schutzgebiet.

Wie im übrigen südlichen Afrika auch, sind die Wildtierpopulationen stark dezimiert worden. In einem historischen Bericht von W. Paterson aus dem Jahr 1779 wird für das Richtersveld noch das Vorkommen von Flußpferden, Giraffen, Nashörnern, Elefanten und diversen Antilopenarten belegt (WILLIAMSON 2000). Die Mehrzahl der Wildtiere ist jedoch durch Siedler, insbesondere durch den Betrieb einer Biltong-Farm, ausgerottet worden.

Im Nationalpark sind 56 Säugetierarten belegt, 6 Arten davon sind endemisch im südlichen Afrika, 8 stehen auf der roten Liste. Bis auf den Klippspringer (*Oreotragus oreotragus*) sind Ungulaten wenig verbreitet. In kleinen Beständen, mit teils nur wenigen Individuen, treten folgende Huftierarten auf: Grey Rhebock (*Pelea capreolus*), Ducker (*Sylvicapra grimmia*), Steinbock (*Rapicercus campestris*), Oryxantilopen (*Oryx gazella*), Kudu (*Tragelaphus strepsiceros*) und die sehr seltenen Hartmann-Bergzebras (*Equus zebra hartmannae*) (SANP 1997).

2.7 Besiedlung und Bevölkerung

Die archäologischen Funde, die auf eine Besiedlung der Richtersveldregion hinweisen, reichen bis 3400 Jahre vor heute zurück. Es handelte sich um Gruppen von Jägern und Sammlern. Den frühesten Hinweis auf Haustierhaltung gibt eine Grabung bei „Die Toon“ im nordwestlichen Richtersveld. Hierbei wurde ein Schafknochen gefunden, der auf 2200 Jahre vor heute datiert wird (WEBLEY *et al.* 1993).

Die Ureinwohner des Richtersveldes sind die Nama (Khoikhoi), die eine Lebensweise als traditionelle Pastoralnomaden führten. Heute lebt die Mehrzahl der Einwohner des Richtersveldes in den Ortschaften. Lediglich die Viehhirten haben zumeist eine semi-nomadische Lebensweise behalten.

Durch die Abgeschiedenheit und die landwirtschaftliche Unattraktivität war das Richtersveld lange Zeit Rückzugsgebiet der Khoikhoi und anderen aus der Kapregion vertriebenen Gruppen, unbeeinflusst von weißen Siedlern. Anfang des 19. Jahrhunderts kamen Missionare der London Missionary Society ins Namaqualand, die 1840 die Arbeit an die Rheinische Missionsgesellschaft übergaben. Die Missionsstationen sicherten der lokalen Bevölkerung den Zugang zu dem Land rings um die Missionsstationen zu. Dadurch waren die Nama vor der Landokkupation geschützt, die in vielen Gegenden des Westkaps stattfand. Im Jahre 1842 wurde die Missionsstation Richtersveld gegründet, die zur Entstehung des Dorfes Khubus führte (BERZBORN 2001). Durch die frühe Missionierung ist der christliche Glaube im Richtersveld weit verbreitet. Die meisten Einwohner gehören der Reformierten Kirche an. Der Glaube hat bei der einheimischen Bevölkerung einen hohen Stellenwert und äußert sich auch in der Beurteilung ihrer Lebenssituation (s.a. Kapitel 6.2).

Nach der Trennung von Kirche und Staat wurde das Richtersveld 1930 zum „Coloured Reserve“ erklärt. Im Laufe der Apartheidszeit wurden Bevölkerungsgruppen aus dem Süden ins Richtersveld zwangsumgesiedelt. Diese leben heute vorwiegend in den Ortschaften Eksteenfontein und Lekkering. Die Ortschaften Khubus und Sanddrift werden überwiegend von Nama besiedelt (BERZBORN 2001).

Die Ortschaft Port Nolloth wurde von portugiesischen Seeleuten gegründet. Alexander Bay ist eine Diamantenminenstadt. Die kleine Ortschaft Sendelingsdrift ist durch eine dort betriebene Diamantenmine entstanden und ist heute Sitz der Nationalparkverwaltung des Richtersveld Nationalparks.

Die häufigste im Richtersveld gesprochene Sprache ist Afrikaans. In den Schulen wurde das Sprechen der ursprünglichen Sprache Nama in der Apartheidszeit untersagt, so daß es heute von vielen – vor allem von der jüngeren Bevölkerung – nicht mehr gesprochen wird. Im Zuge der allgemeinen Rückbesinnung auf Traditionen wird Nama seit 1999 an der Schule in Khubus als Sprache unterrichtet (BERZBORN 2003).

2.8 Nationalpark

Nach einer etwa 20 Jahre währenden Planungs- und Verhandlungsphase wurde 1991 der Richtersveld Nationalpark mit einer Größe von 162 445 ha eingerichtet. Schutzgründe sind die hohe Biodiversität mit einem ungewöhnlichen Reichtum an Sukkulenten, die besonderen landschaftlichen Reize und die geologischen Besonderheiten.

Dieser Park hat Modellcharakter für das südliche Afrika, da hier die ansässige Bevölkerung, die Nama, sozial und mit ihrer (herkömmlichen) Wirtschaftsweise in die Nationalparkgestaltung eingebunden ist. Dies bedeutet, daß SANP (South African National Parks) das Land für eine Mindestlaufzeit von 30 Jahren von der Richtersveld-Community gepachtet hat. Die ansässige Bevölkerung hat das Nutzungsrecht im Park, allerdings ist die Beweidung reglementiert. Insgesamt 26 Hirten mit ihren Familien haben die Erlaubnis, im Park ihre Herden weiden zu lassen. Die Anzahl an Vieh darf insgesamt 6600 Kleinvieheinheiten (1 Kleinvieheinheit = 1 Ziege oder 1 Schaf, 1 Rind = 5 Kleinvieheinheiten) nicht überschreiten. Das Naturschutzmanagement erfolgt unter Mitsprache der einheimischen Bevölkerung. Allerdings treten Probleme dort auf, wo Naturschutzkonzepte der Nationalparkseite mit Nutzungswünschen der Bevölkerungseite kollidieren.

Ungewöhnlich für südafrikanische Nationalparks ist das – bis auf vereinzelt auftretende Tiere (siehe Kapitel 2.6) – fast vollständige Fehlen von wildlebenden Großsäugern im Richtersveld Nationalpark. Allerdings ist – in Absprache mit der einheimischen Bevölkerung – eine Wiedereinführung von Wildtierherden (Antilopen, Zebras usw.) im Gespräch (SANP 1996).

Als Problem hingegen wird die große Zahl verwilderter Esel angesehen, die den Weidedruck auf die Vegetation erhöhen. Pläne, die Tiere zu fangen oder abzuschließen, sind bislang jedoch nicht erfolgreich umgesetzt worden.

2.9 Nutzung

2.9.1 Viehzucht

Die vorherrschende landwirtschaftliche Nutzung ist die Viehwirtschaft mit Ziegen, in geringerem Maße durch Rinder- und Schafbewirtschaftung. Der größte Teil des Richtersveldes ist in kommunalem Besitz. Lediglich im südlichen Richtersveld und am Oranje gibt es einige Privatfarmen. Der gesamte Küstenstreifen zwischen Alexander Bay und Port Nolloth mit bis zu 10 km Breite ist Diamantensperrgebiet und landwirtschaftlich ungenutzt.

Die Viehwirtschaft in den Kommunalgebieten erfolgt in einer meist halbnomadischen Wirtschaftsweise. Dabei ist die Nutzung des Kommunalgebietes nicht willkürlich (es besteht also kein „open access“). Der gleichberechtigte Zugang für legitime Nutzer wird durch Institutionen („local government“) geregelt. Die Regeln erstrecken sich auch auf die saisonale Migration, auf einzuhaltende Mindestabstände zu Wasserstellen und zwischen Viehposten, sowie auf Sonderregelungen bei Trockenheit (BERZBORN 2001). Besondere Regelungen gelten im Nationalpark (siehe oben).

Die Bevölkerung der Communities des Richtersveldes gehört vorwiegend den vier Dörfern Khubus, Sanddrift, Eksteenfontein und Lekkersing an. Die Viehhirten leben jedoch zumeist außerhalb ihres Dorfes mit den Herden auf einem Viehposten. Je nach Weidequalität und beeinflusst von organisatorischen, infrastrukturellen Gegebenheiten verweilen die Hirten mit den Herden auf diesen Stockposts zwischen einem Monat bis zu mehr als vier Monaten und ziehen dann zum nächsten Platz. Die Herdengröße reicht von einigen wenigen Tieren bis zu Herden von 900 Tieren. Insbesondere bei großen Herden handelt es sich zumeist um zusammengelegte kleinere Einzelherden mehrerer Besitzer, die aber von einem meist angestellten Hirten betreut werden.

2.9.2 Ackerbau

Ackerbau findet sich nur in Form von Bewässerungsfeldbau am Oranje, wo vorwiegend Zitrusfrüchte und Futterpflanzen angebaut werden. Allerdings ist das Richtersveld in dieser Hinsicht noch wenig erschlossen, so daß es zu den wenigen naturbelassenen Abschnitten des Oranje zählt.

2.9.3 Weitere Pflanzennutzung

Die Nutzung von Brennholz erfolgt nur für den Eigenbedarf. Zumeist werden bereits abgestorben aufgefundene Pflanzenteile genutzt.

Pflanzennutzung der einheimischen Flora zu Ernährungszwecken oder für den medizinischen Gebrauch ist stark zurückgegangen und findet nicht mehr in nennenswertem Umfang statt. (Quelle siehe Hirtenbefragung Kapitel 6.2)

2.9.4 Fischerei

Fischfang erfolgt vom Fischerdorf Port Nolloth aus. In dem Diamantenminenort Alexander Bay wird eine staatliche Austernfarm betrieben. Sie gilt als Pilotprojekt und ist an den Wasserkreislauf der Diamantenmine gekoppelt. Fischfang im Oranje findet in nur sehr geringem Maße und nur für den Eigenbedarf statt (GORDON, pers. Mitteilung 1998).

2.9.5 Bodenschätze

Das Richtersveld weist eine Vielzahl an Bodenschätzen auf, die aber – bis auf Diamanten – nicht in abbauwürdigen Mengen vorkommen. In der Vergangenheit wurde nach Bodenschätzen, wie z.B. Kupfer, prospektiert, die auch in geringem Umfang abgebaut worden sind. Der Kalk- und Gipsabbau schien in den 50er Jahren noch attraktiv (DE VILLIERS & SÖHNIGE 1959). Heute sind ausschließlich die Diamantenvorkommen abbauwürdig. An der Küste des Richtersveldes wurden 1926 die ersten Diamanten gefunden. Damit begann die Erschließung des Richtersveldes für den Diamantenabbau. Die Diamantenvorkommen konzentrieren sich auf den Meeresgrund und die Oranjeterassen. Die größten Minen befinden sich in Alexander Bay an der Küste und bei Sanddrift am Oranje. Kleinere Minen befinden sich entlang des Oranje. Die Bevölkerung des Richtersveldes besitzt ebenfalls Schürfrechte, so daß auch einige Privatleute (sogenannte klymmyners) Diamanten schürfen.

3 Methodik

3.1 Erfassung der Vegetation

3.1.1 Anlage der Dauerbeobachtungsflächen

Die Untersuchung der Vegetation und ihrer Dynamik auf Dauerbeobachtungsflächen ist eine bewährte Methodik der Vegetationsökologie. BAKKER *et al.* (1996, S. 5) betonen die Relevanz von Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen für die Grundlagenforschung sowie für den Umwelt- und Naturschutz: „Insight into the underlying mechanisms in the functioning of ecosystems is the best guarantee for long-term survival of these ecosystems. This knowledge of the ecosystem allows a flexibility in necessary management practices for preservation. To obtain this knowledge on vegetation succession, long-term permanent plot monitoring is an appropriate research tool.“

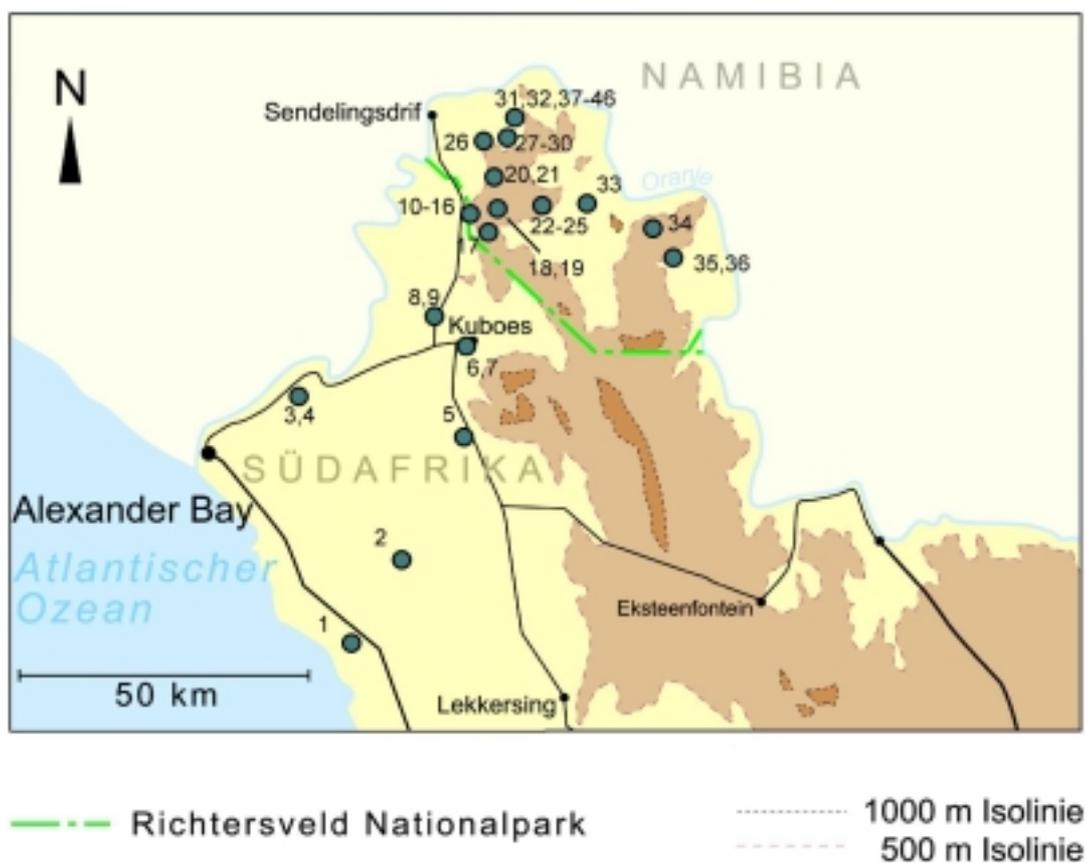


Abbildung 3.1: Lage der Untersuchungsflächen im Richtersveld

Für die Untersuchung der Vegetation und ihrer Dynamik wurden insgesamt 46 Dauerbeobachtungsflächen bearbeitet (siehe Anhang, Tabelle 9.1). Davon sind 12 Flächen von Prof. Dr. N. JÜRGENS (Institut für Allgemeine Botanik, Universität Hamburg) im Laufe der Jahre 1980–1993 ausgewählt worden; sie wurden in der vorliegenden Arbeit übernommen und mit einer verfeinerten Methodik weiterbearbeitet. Die von JÜRGENS erhobenen Daten wurden, da diese im Vergleich zu den hier erfassten Daten nur unvollständig vorlagen, nicht in dieser Arbeit berücksichtigt. Eine Ausnahme bildet die Untersuchungsfläche 10 (Numees 1), bei der auf Ergebnisse aus der Publikation JÜRGENS *et al.* (1999) zurückgegriffen wurde. Die weiteren 34 Flächen wurden von der Bearbeiterin überwiegend bereits auf einer ersten explorativen Reise im Jahr 1995 angelegt. In den darauffolgenden Jahren 1996 bis 1998 wurden einzelne Flächen hinzugefügt, um Lücken im Untersuchungsraaster zu schließen sowie um zerstörte Flächen zu ersetzen.

Die Anlage der Flächen zeichnet einen Küste-Inland-Transekt nach, mit einem Übergang vom Winterregen- zum Sommerregenregime. Die Flächen im Transekt sind in den typischen Vegetationseinheiten der Ebenen angelegt. Eine Konzentration der Flächen befindet sich im zentralen nördlichen Richtersveld, wo Winterregen dominiert und der Einfluß der speziellen Küstenklimate und der Sommerregenklimate in den Hintergrund treten.

Das zentrale Richtersveld ist sehr bergig, daher wurden hier zusätzlich einige Hangstandorte untersucht. Die Vegetation der Hangstandorte weist aufgrund der – gerade im Richtersveld besonders hohen – standörtlichen Diversität (Neigung, Exposition, Gestein, Felsanteil, Kleinklima etc.) eine Vielfalt verschiedenster Einheiten auf. Daher wurden exemplarisch einzelne Untersuchungsflächen an Hangstandorten ausgewählt.

Ein Teil der Dauerbeobachtungsflächen diente der experimentellen Untersuchung der Vegetationsdynamik. Um den Einfluß der Beweidung zu untersuchen, wurden Beweidungsausschlußexperimente angelegt. Für die Untersuchung von Regenerationspotentialen wurden Manipulationsexperimente durchgeführt.

Der Untersuchung des Keimungsverhaltens dienten Bewässerungsexperimente. Diese Flächen wurden wiederholt innerhalb des jeweiligen Beobachtungsjahres aufgesucht, aber nicht als Dauerbeobachtungsflächen über mehrere Jahre hinweg angelegt.

Die detaillierte Beschreibung der Experimente folgt unten.

Die Dauerbeobachtungsflächen haben eine Größe von 10 m × 10 m. Eine Fläche (Nr. 16, „Cheiridopsis-Fläche“), auf der besonders detaillierte Untersuchungen der Individuentwicklung vorgenommen wurden, hat eine Größe von 5 m × 5 m. Acht Flächen, auf denen Manipulationsexperimente (Nr. 37–41, „Manipulation alt“, Nr. 42–46 „Manipulation neu“) vorgenommen wurden, sind 4 m × 4 m groß.

Die dauerhafte Markierung der Untersuchungsflächen mit Metallstäben (an den vier Ecken, sowie an den Seiten im Abstand von 2 m) und Steinen (an den Ecken) sichert die Fortsetzung der Langzeituntersuchungen auch über das hier vorgestellte Projekt hinaus. Die Position wurde für den Mittelpunkt der Flächen mit dem GPS (Garmin II+, Firma Garmin, USA) ermittelt, mit einer Genauigkeit von etwa 8 m. Diese Messung erfolgte

im Oktober 2000, also nach Aufhebung der „Internationalen Positionsstörung“ („Selective Availability“) von GPS-Daten am 1.5.2000.

Von den Topographischen Karten wurden die Küstenentfernung (Maßstab 1: 250 000, siehe Kartenverzeichnis) und die Höhe ü. NN (Maßstab 1: 50 000, siehe Kartenverzeichnis) abgelesen. Die Exposition wurde mit dem Kompaß ermittelt, die Inklination mit dem Neigungsmesser (Firma Suunto, Vantaa, Finnland).

3.1.2 Dokumentation der Vegetation

In den Jahren 1995 bis 2001 wurden jährlich mehrmonatige Forschungsreisen in das Richtersveld unternommen. Dabei wurden einmal pro Jahr die Dauerbeobachtungsflächen nach einer detaillierten, individuenbasierten Methode bearbeitet. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich auf die Monate August bis Oktober. Zu dieser Zeit ist schon der größte Teil der Winterregenfälle gefallen. Somit hatten die Pflanzen bereits junge Triebe ausgebildet, die Pflanzen befanden sich in der Reproduktionsphase und Keimlinge waren ausgekeimt. Es wurde darauf geachtet, daß die Flächen von Jahr zu Jahr an vergleichbaren phänologischen Zeitpunkten bearbeitet wurden. Dies galt insbesondere für die Flächen, auf denen die Reproduktionsorgane erfaßt wurden. Im Jahr 2001 fand im Februar eine zusätzlich Reise ins Richtersveld statt, um den Zustand der Vegetation in der Trockenzeit während des Südsommers zu dokumentieren. Hierzu wurden die Flächen fotografiert und der Zustand der Vegetation in Notizen beschrieben. Auf der, im Rahmen dieser Untersuchungen letzten, nur einmonatigen Reise im September 2001, konnte nur eine begrenzte Auswahl von – als besonders relevant erachteten – Flächen und Parametern bearbeitet werden.

Die Vegetation wurde wie im Folgenden beschrieben aufgenommen. Die Anzahl der auf den Flächen erhobenen Parameter variiert in Hinsicht auf die Zielsetzung der Flächenanlegung.

Auf jeder Fläche wurden Vegetationsaufnahmen gemacht, mit einer Deckungsschätzung der Arten in einer Skala von Prozentschritten, s.a. TRAXLER (1998). Um auch die Deckungsdynamik der Arten mit sehr geringer Deckung über Jahre hinweg nachzeichnen zu können, wurde bis zu dem Minimalwert von 0,01 % geschätzt. Für die schütterere Vegetation von Trockengebieten ist die sonst gängige Braun-Blanquet-Skala (BRAUN-BLANQUET 1964) zu undifferenziert. Zudem sind kleinere Vegetationsveränderungen, wie sie gerade bei Dauerbeobachtungsflächen von Bedeutung sind, mit dieser Skala nicht darstellbar (LONDO 1976; PFADENHAUER *et al.* 1986).

Beobachtungen

Für jede Fläche wurde ein Beobachtungsprotokoll angelegt. Es diente der Registrierung biotischer, anthropogener und abiotischer Einwirkungen oder Besonderheiten. Hierzu zählten beobachtete Beweidungseinflüsse (z.B. Fraß- und Trittsuren), Auftreten von Kleinsäuger-, Ameisen- oder Termitenpopulationen, Erosionsphänomene und „phytogenic mounds“. Bei letzteren handelt es sich um kleine hügelartige Boden-erhebungen an Pflanzenindividuen, die durch angewehtes Material oder auch durch organisches Material der Pflanze selbst gebildet werden.

Photodokumentation

Alljährlich wurden die Flächen photographiert. Dies erfolgte bildfüllend von jeder der vier Ecken aus mit einem 24 mm-Weitwinkel-Kleinbildobjektiv. Zusätzlich wurden bei einigen Untersuchungsflächen regelmäßig auch kleinere Teilflächen sowie Pflanzenindividuen dokumentiert.

3.1.3 Individuenbasierte Dokumentation

Die perennierenden Pflanzen wurden in ihrer Individualentwicklung detailliert dokumentiert. Bei jeder Fläche wurden Zeichnungen angefertigt, die die perennierenden Pflanzen in ihrer Position und flächenhaften Ausdehnung darstellen. Diese Zeichnungen wurden einmal jährlich aktualisiert. Hierzu war es hilfreich, die Handzeichnungen einzuscannen, sodann in dem (Zeichen-) Programm Freehand, Version 8.0, nachzuzeichnen und mit den so immer wieder aktualisierten Zeichnungen die Felderhebungen durchzuführen.

Die annuellen und biennen Pflanzen wurden ebenfalls berücksichtigt. Ihre Anzahl wurde pro 2 m × 2 m-Quadrant bestimmt. Bei den Biennen wurde hierbei differenziert in diesjährige und letztjährige Individuen. Wurden besondere Verteilungsmuster festgestellt, so etwa bei Aggregationen von Annuellen oder Bindung an „Ammenpflanzen“ („nurse plants“), so wurden diese in die Flächenzeichnungen eingetragen. Als Ammenpflanzen werden Individuen bezeichnet, die anderen Schutz bieten, etwa vor Beweidung oder Strahlung.

Individuengröße

Die Größenbestimmung der perennierenden Individuen erfolgte durch Ausmessen der maximalen Höhe und maximalen Breite mit dem Zollstock. Die Höhe wurde ab der Position des Sproßaustrittes der Pflanze aus dem Boden gemessen. In den Fällen, in denen der Sproß durch Materialanwehungen, sogenannten „phytogenic mounds“, bedeckt war oder aber Wurzeln durch Unterspülung freigelegt waren, wurde das rekonstruierte Niveau der umgebenden ursprünglichen Bodenoberfläche zugrundegelegt.

Blattzählungen

Als Fallbeispiel für eine differenzierte Dokumentation der Individualentwicklung wurden auf der Dauerbeobachtungsfläche Nr. 16 („Cheiridopsis-Fläche“) bei der perennen, dominierenden Art *Cheiridopsis robusta* die Blattpaare gezählt. Dies ist wegen der Kompaktheit und Übersichtlichkeit der Pflanze gut möglich.

Phänologie und Reproduktion

Für Perenne und Annuelle wurde für den Zeitpunkt der Aufnahme pro Art der vorherrschende phänologische Zustand notiert (knospend, blühend, fruchtend, nicht reproduktiv).

Die Reproduktionsleistung der perennierenden Individuen wurde durch Zählung der Anzahl von Knospen, Blüten und Früchten ermittelt. Bei den Früchten wurde unterschieden in „Neue Früchte“ (im Untersuchungsjahr ausgebildet) und „Alte Früchte“ (im Vorjahr oder in den Vorjahren entwickelt). Die Anzahl der Reproduktionsorgane konnte

mehrere Tausend erreichen. Eine Zählung der Anzahl der Reproduktionsorgane pro Individuum wurde unpraktikabel, wenn diese mehr als 20 betrug. In diesen Fällen wurde über Teilzählungen die Anzahl extrapoliert.

3.1.4 Bestimmung der Arten

Die Artenliste der in der vorliegenden Arbeit betrachteten Pflanzen ist in Tabelle 9.3 (Anhang) aufgeführt. Sofern die Arten bei der Feldarbeit nicht sicher zu bestimmen waren, wurden zu Identifikationszwecken sowohl Lebendpflanzen als auch Herbarpflanzen und bei den Aizoaceae zusätzlich Früchte gesammelt. Duplikate der Herbarexemplare werden an das Herbarium des SANP, Kimberly, RSA und an das Herbarium des McGregor Museums Kimberley (KMG; Nature Conservation, Northern Cape Province, RSA) weitergegeben. Lebendpflanzen wurden zur Kultur der Gewächshaussammlung dem Institut für Allgemeine Botanik der Universität Hamburg zugeführt. Die Pflanzenarten wurden zusätzlich zu Identifikationszwecken fotografiert.

Die Bestimmung der Arten erfolgte anhand von Bestimmungsliteratur sowie mittels der Vergleichssammlungen von Herbarien. Arten wurden bestimmt im Compton Herbarium (NBG) am National Botanical Institute in Kapstadt. Außerdem wurde die bei Nature Conservation in Stellenbosch (Republik Südafrika) von A. le Roux angelegte Vergleichssammlung der Pflanzen des Namaqualandes hinzugezogen. Die *Ruschia*- und *Drosanthemum*-Arten wurden anhand der bei H. HARTMANN im Institut für Allgemeine Botanik Hamburg – z.T. nur vorübergehend – gelagerten Herbar- und Typus-Exemplare bestimmt.

Die verwendete allgemeine Bestimmungsliteratur stammt von MERXMÜLLER (1972), LE ROUX & BOUCHER (1993) und LE ROUX & SCHELPE (1988).

Für die folgenden Familien und Gattungen wurde die angegebene Literatur hinzugezogen: Poaceae (GIBBS RUSSELL *et al.* 1990), Aizoaceae (HARTMANN 1998a; HARTMANN 1998b; HARTMANN 2002; HARTMANN & STÜBER 1993), *Psilocaulon* (KLAK & LINDER 1998), *Brownanthus* (PIERCE & GERBAULET 1997), *Drosanthemum* (BRUCKMANN 1997), *Conophytum* (HAMMER 1993), *Pelargonium* (VAN DER WALT 1977; VAN DER WALT & VORSTER 1981; VAN DER WALT & VORSTER 1988); *Trachyandra* (MANNING 1990); *Zygophyllum* (MANNING 1990).

Die Nomenklatur richtet sich nach der vom National Botanical Institute (Republik Südafrika) ständig aktualisierten Artenliste „PRECIS“ (botanical research institute herbarium data bank), die im Juni 2000 im Programm Turbowin (HENNEKENS 2000) veröffentlicht wurde. Die Nomenklatur der Aizoaceae richtet sich nach HARTMANN (2002), deren Nomenklatur z.Zt. ebenfalls in PRECIS eingearbeitet wird.

Die Zuordnung zu den Pflanzenfamilien folgt MABBERLEY (1997).

3.1.5 Lebensformen

Die bei den Untersuchungen behandelten Arten wurden nach ihren Lebensformen in Hinsicht auf Überdauerung, Wuchs und Sukkulenz charakterisiert (siehe Anhang, Tabelle 9.3). Die Einteilung der Lebensformen nach dem klassischen RAUNKIAER'schen Lebensformenkonzept (RAUNKIAER 1907) ist vielfach bearbeitet und nach den jeweiligen Notwendigkeiten modifiziert worden (BARKMAN 1988; ELLENBERG & MÜLLER-DOMBOIS 1965; ORSHAN 1953).

Die hier vorgenommene Lebensformeneinteilung orientiert sich an dem von (JÜRGENS 1990) vorgeschlagenen Lebensformenkonzept, das für die speziellen Eigenschaften der Sukkulenkaroovegetation entwickelt wurde. Phanerophyten und insbesondere Chamaephyten, die die Mehrzahl der Pflanzenarten dieser Vegetation ausmachen, wurden gemäß ihrer Wuchshöhe weiter unterteilt. Von der Bearbeiterin wurden die Therophyten in Annuelle und Bienne differenziert. Durch diese Unterteilung läßt sich in den Ergebnissen der Dauerbeobachtungsflächen herausarbeiten, in welchem Jahr die Keimung der Therophyten erfolgt ist.

Einteilung nach **Wuchsform**:

- A Annuelle Therophyten (einjährige Kräuter)
- B Bienne Therophyten (zweijährige Kräuter)
- G Geophyten (ausdauernde krautige Pflanzen mit periodisch oberirdisch absterbenden Sprossen, Überdauerungsorgane mit Speicherorganen im Boden)
- H Hemikryptophyten (ausdauernde krautige Pflanzen mit periodischer Sproßreduktion bis zur Bodenoberfläche)

Chamaephyten (Zwergsträucher bis zu einer Höhe von 50 cm), unterteilt in:

- | | | |
|------|----------------------------|-------------|
| NCh | Nanochamaephyten | 0–5 cm Höhe |
| MiCh | Mikrochamaephyten | 5–15 cm |
| MCh | Meso- bis Megachamaephyten | 15–50 cm |

Phanerophyten (Sträucher oder Bäume mit einer Höhe über 50 cm), unterteilt in:

- | | | |
|-----|--------------------|---------|
| NP | Nanophanerophyten | 0,5–2 m |
| MiP | Mikrophanerophyten | 2–5 m |
| MP | Megaphanerophyten | >5 m |

Der **Sukkulenzgrad** der Arten wird in drei Stufen angegeben:

- 1 nicht sukkulent
- 2 schwach sukkulent
- 3 deutlich sukkulent

Einteilung nach **Sukkulenztyp**:

Desweiteren wird angegeben, welche Teile der Pflanze den maßgeblich sukkulenten Teil ausmachen, also, ob die Art ganz oder überwiegend stammsukkulente bzw. ganz oder überwiegend blattsukkulente ist.

- S stamm- bzw. achsensukkulente Art
- B blattsukkulente Art

3.1.6 Strategietypen

Das System der Strategietypen eignet sich besonders bei der Beschreibung von Vegetationsveränderungen, da bei dieser Einteilung nach GRIME (1979) zitiert nach DIERSCHKE (1994) der zeitliche Aspekt sich verändernder Vegetation berücksichtigt wird.

Konkurrenz-Strategen

Arten mit hoher Konkurrenzkraft, die bei guter Ressourcennutzung dichte Bestände ausbilden. Sie kommen vor allem auf günstigen Standorten mit geringer Störung vor.

Ruderal-Strategen

Einjährige bis kurzlebige Pflanzen mit raschem Wachstum, großer Samenproduktion, hoher Reproduktionsrate sowie der Fähigkeit, rasch neue günstige Standorte oder Vegetationslücken zu besiedeln.

Streßtoleranz-Strategen

Meist langlebige, aber kleinwüchsige Arten auf Standorten mit ungünstigen Bedingungen (Streß – z.B. Salzstreß oder Trockenstreß). Produktivität und Reproduktionsrate sind niedrig.

Des Weiteren sind Übergänge zwischen allen diesen Typen möglich.

3.2 Erfassung des Beweidungseinflusses

3.2.1 Beweidungsausschlußexperimente

Um den Einfluß der Beweidung auf die Vegetation zu untersuchen, wurden Beweidungsausschlußexperimente angelegt. Es wurden elf Flächen ausgewählt, die eingezäunt und somit nicht mehr beweidet wurden. Diesen Flächen wurden benachbarte, gleichartige, weiterhin beweidete Vergleichsflächen zugewiesen. Die Auswahl der Flächen erfolgte 1995. Da durch falsche Einzäunung durch die Nationalparkverwaltung ein Teil der Flächen zerstört wurde, mußten 1996 diese Flächen neu ausgewählt werden. Die endgültige Einzäunung erfolgte im August 1997. Die Fläche Nr. 6 („Khubus A“) wurde erst im Jahr 1998 eingezäunt. Es handelt sich bei den Zäunen um Drahtzäune mit einer Höhe von 2 Metern, womit den Haustieren und auch den Wildtieren das Überspringen der Zäune verwehrt wird. Die Größe der Untersuchungsflächen beträgt $10\text{ m} \times 10\text{ m}$. Die Zäune umfassen eine Fläche von $18\text{ m} \times 18\text{ m}$, so daß zwischen Fläche und Zaun ein Abstand von 4 m vorliegt. Damit werden Effekte auf die Vegetation, die durch den Zaun bedingt sind, minimiert. So wurde beobachtet, daß Viehspuren entlang des Zaunes verliefen, was als Neugierde der Tiere interpretiert wurde. Angenommen wurde auch, daß der Zaun als Samenfänger wirkt, z.B. indem Vögel, die die hohen Zaunstangen als Aussichtspunkt nutzen, dort vermehrt Kot, der Samen enthält, hinterlassen. Auch das Aufhalten von „Steppenrollern“, also von Pflanzen, die ganz oder in Teilen vom Wind verdriftet werden, an Zäunen ist möglich. In den Beobachtungsjahren wurde an den Zäunen jedoch keine auffällig andersartige Vegetation beobachtet.

Die Aufnahme der Vegetation auf diesen Untersuchungsflächen erfolgte in gleicher Weise wie bei den oben beschriebenen Dauerbeobachtungsflächen.

Die Beweidungsintensitäten konnte aufgrund der nicht verfügbaren Daten über die Tierzahl pro Fläche und Zeiteinheit nicht quantifiziert werden. Eine Abschätzung der Beweidungsintensität wurde jedoch vorgenommen, die sich an der beobachteten Häufigkeit von Herden und deren Größe, an der Wahrnehmung von Tier- und Fraßspuren und an der Stockpostdichte orientiert.

Die Beweidungsintensität wurde nach diesen Beobachtungen subjektiv in folgende Klassen unterteilt:

- 1 unbeweidet
- 2 gering beweidet
- 3 regelmäßig beweidet
- 4 stark beweidet
- 5 sehr stark beweidet

3.2.2 Hirteninterviews

Im Oktober 2000 und im September 2001 erfolgte jeweils eine Hirtenbefragung in Zusammenarbeit mit der Ethnologin Frau BERZBORN (Institut für Völkerkunde, Universität zu Köln) im Rahmen des Sonderforschungsbereiches SFB 389.



Abbildung 3.2: Hirteninterview (2000). Die Hirten wurden nach ihrer Beurteilung des Weidewertes bestimmter Pflanzenarten befragt.

Drei Hirten (im Alter von 69, 75 und 77 Jahren) wurden nach sorgfältiger Vorauswahl von Frau BERZBORN für die Interviews gewonnen. Es handelte sich um besonders erfahrene Hirten, die im Richtersveld aufgewachsen waren. Die Hirten wurden auf ihren Stockposts aufgesucht und für jeweils einen Tag mit ihren Ziegen- und Schafherden begleitet. Die aufgesuchten Stockposts lagen zwischen Khubus und Numees. Die Hirten wurden zu unterwegs angetroffenen Pflanzenarten in Hinblick auf deren Weidebedeutung befragt. Darüberhinaus wurden die Hirten interviewt zum Beweidungsverhalten der Tiere, zum Herdenmanagement und zur Wahrnehmung und Einschätzung der Hirten selbst zu Umweltveränderungen. Die Befragung erfolgte auf Afrikaans unter der Übersetzung durch Frau Berzborn. Im Anschluß an die Interviews wurden die wissenschaftliche und die emische Sichtweise verglichen.

3.3 Manipulationsexperimente

Die Manipulationsexperimente dienten der Untersuchung von Regenerationspotentialen nach erfolgter Störung der Vegetation oder des Bodens.

Als Experimentort wurde die Obere Koeroegabvlakte im Winterregengebiet ausgewählt, da diese weite Ebene die Hauptvegetationseinheit der ebenen Standorte trägt und großflächig homogen ist.

Manipulationsexperimente wurden jeweils unter identischer Anlage in den Jahren 1996 (Flächen Nr. 37-41) und 1997 (Flächen Nr. 42-46) gestartet. Es wurden jeweils fünf Flächen in der Größe von 4 m × 4 m ausgewählt.

Fläche A: verblieb als Vergleichsfläche unverändert

Auf den übrigen vier Flächen wurden sämtliche Pflanzen zusammen mit ihrem Wurzelwerk entfernt. Zusätzlich wurden folgende Manipulationen vorgenommen:

Fläche B: die perennen Pflanzen dieser Fläche wurden mit den Wurzeln nach oben mit Draht an ihrem ehemaligen Wuchsort befestigt (Schaffung von „safe sites“)

Fläche C: keine weitere Manipulation

Fläche D: 1 cm Bodenoberfläche wurde entfernt (Simulation von Erosion)

Fläche E: 5 cm Bodenoberfläche wurde entfernt (Simulation von Erosion)

In den darauffolgenden Jahren wurde die Vegetation dieser Flächen detailliert aufgenommen, gemäß der Methodik auf den anderen Dauerbeobachtungsflächen.

3.4 Bewässerungsexperimente

Um die Niederschlagsabhängigkeit bei der Keimung von Pflanzen zu prüfen, wurden Bewässerungsexperimente durchgeführt. Aus den im vorigen Abschnitt genannten Gründen fanden auch die Bewässerungsexperimente in der Koeroegabvlakte statt. Für diese Experimente boten sich die Trockenjahre 1998 und 1999 an, da in beiden Jahren

bis zum Versuchsbeginn nur geringfügiger Winterregen (weniger als 20 mm, verteilt auf fünf Monate) gefallen war und somit die gegossenen Wassermengen die einzige nennenswerte Wasserzufuhr darstellten. Für die Experimente wurden Flächen von 1 m² Größe ausgewählt, mit einem jeweiligen Abstand von 1 m zu den nächstgelegenen Flächen. Diese Flächen wurden bewässert mit Wassermengen, die einem Niederschlag von 10 mm, 20 mm, 30 mm usw. bis maximal 90 mm entsprechen. Vergleichsflächen wurden nicht bewässert. Das verwendete Wasser war Trinkwasser aus Brandkaros. Destilliertes Wasser, das dem Regenwasser besser entspricht, war – besonders in den benötigten großen Mengen – nicht erhältlich. Bewässert wurde mit einer Gießkanne mit Gießaufsatz und möglichst langsam, um den oberflächlichen Abfluß zu verhindern. Es wurde Wert darauf gelegt, in möglichst gleichmäßigen Intervallen (von mehreren Tagen) jeweils eine dem Niederschlag von 10 mm entsprechende Menge zu gießen (also 10 l/m²). Bewässert wurde möglichst in den Abendstunden, da dann die Verdunstung am geringsten ist. Aus rein logistischen Gründen ließen sich diese Vorgaben jedoch nicht immer einhalten. Daher sind diese Experimente nur als vorläufige Studie zu verstehen.

3.5 Klimadaten

Im Richtersveld liegen bedauerlicherweise nur wenige Langzeit-Klimamessungen vor. Die besonders interessanten Niederschlagsdaten wurden erst ab 1995 von der Nationalparkverwaltung erhoben.

Klimadaten für das Richtersveld wurden freundlicherweise von SANP sowie dem SAWS zur Verfügung gestellt.

Die Daten von SANP beinhalten tägliche Messungen von Maximal- und Minimaltemperatur in Sendelingsdrift, sowie Niederschlagsdaten von fünf Regenmessern. Aufstellungsorte dieser manuellen Regenmesser sind, von West nach Ost:

Sendelingsdrift	(Süd 28° 07', Ost 16° 54')
Paradieskloof	(Süd 28° 18', Ost 16° 59')
Koeroegab	(Süd 28° 11', Ost 17° 03')
Claimpeak	(Süd 28° 19', Ost 17° 12')
Springbokflakte	(Süd 28° 21', Ost 17° 14').

Der SAWS stellte Durchschnittswerte von Niederschlags- und Temperaturdaten für die Orte Alexander Bay und Port Nolloth, sowie von Niederschlagsdaten für die Orte Khubus, Lekkersing und Violdsdrif zur Verfügung.

Nebeldaten liegen nur für die Küstenorte vor. Hier wird eine durchschnittliche Anzahl von 89 Nebeltagen für Alexander Bay und 140 Nebeltagen pro Jahr für Port Nolloth angegeben (siehe Kapitel 2.2). Die Abhängigkeit des Nebels von der Küstenentfernung ist von mehreren Autoren beschrieben worden.

Anhand der Auswertung von Satellitenbildern der Namib zeigt OLIVIER (1995) eine Abnahme der Anzahl von Nebeltagen mit zunehmender Küstenentfernung und

Höhenlage. Zudem verändert sich die Nebelhäufigkeit jahreszeitlich bedingt – in den Sommermonaten treten die meisten Nebeltage auf (OLIVIER 1995).

Da Nebel einen Einfluß auf das Pflanzenwachstum hat (BORNMAN *et al.* 1973; LANGE *et al.* 1990; LOUW & SEELY 1980; RUNDEL & MAHU 1976; SEELY 1981), wurden die Untersuchungsflächen entsprechend ihrer Lage in drei verschiedene Zonen der Nebelhäufigkeit eingruppiert. Die grobe Einschätzung der Nebelhäufigkeit richtet sich nach Küstenentfernung und Höhenlage und orientiert sich an den Untersuchungsergebnissen von OLIVIER (1995) und HACHFELD (1996), HACHFELD & JÜRGENS (2000) in der Namib.

- 1 selten oder kein Nebel
- 2 gelegentlich Nebel
- 3 häufig Nebel

3.6 Erfassung der Bodenparameter

Die Böden aller Untersuchungsflächen wurden hinsichtlich ihrer physikalischen, chemischen und biologischen Parameter untersucht. Proben und Profile wurden in wenigen Metern Entfernung zu den Untersuchungsflächen entnommen, um die Vegetationsdynamik auf den Flächen nicht zu beeinflussen. Bei direkt benachbarten Flächen, wie das v.a. bei den Beweidungsausschlußexperimenten der Fall war, wurde nur eine gemeinsame Erhebung von Bodenproben und Profil vorgenommen.

3.6.1 Bodenoberfläche

Bodenerosion

Im Untersuchungsgebiet wurde Bodenerosion beobachtet, sowohl in Form von Windabtrag als auch als Wasserabtrag. Bei letzterem ist ein flächenhafter Abtrag bei Schichtfluten (nach Starkregenereignissen im Sommer) und ein lokal konzentrierter Abtrag in Erosionsrinnen möglich. Erosionsrinnen wurde auf den Untersuchungsflächen dokumentiert, indem sie in ihrer Lage kartiert wurden mit Angabe der maximalen Breite und Tiefe.

Anhand der folgenden Überlegungen wird eine grobe Abschätzung des mengenmäßigen Bodenverlustes vorgenommen. Es wird von der Annahme ausgegangen, daß der ursprüngliche Zustand der heute noch erosionsrinnenfreien Bodenoberfläche entspricht. Aus den maximalen Rinnentiefen eines Jahres wurde das arithmetische Mittel gebildet. Die im Folgejahr an selber Stelle erhobenen Maximaltiefen wurden ebenfalls gemittelt. Durch eine visuelle Abschätzung vor Ort wird zugrundegelegt, daß die mittlere Tiefe der Erosionsrinnen bei der Hälfte der maximalen durchschnittlichen Rinnentiefe liegt. Anhand von ausgewogenen Bodenproben wurde für 1 cm³ Boden ein Gewicht von 1,4 g ermittelt. Wenn man dies zu Grunde legt und den Flächenanteil der Rinnen anhand der Zeichnungen ermittelt, läßt sich der Bodenverlust pro Fläche angeben.

Oberflächenkrusten

Oberflächliche Bodenkrusten waren sowohl in Form von Mineralkrusten als auch als biogen entstandenen Krusten vorzufinden. Der Anteil der Mineralkrusten war schwierig zu bestimmen, da diese schlecht sichtbar waren, zudem sie z.T. von Feinmaterial überweht und vermutlich auch witterungsbedingt vom Feuchtegrad des Boden abhängig waren. Daher wurde hierzu keine Abschätzung vorgenommen.

Die Abschätzung des Anteils biogener Krusten (Algen und Flechten) war einfacher, da diese Krusten optisch (aufgrund ihrer meist dunklen Färbung) klarer abzugrenzen waren. Es erfolgte eine Schätzung in Deckungsprozent.

3.6.2 Bodenprofil

Bodenprofile wurden bis zu einer maximalen Tiefe von 60 cm oder aber bis zum anstehenden Gestein bzw. anstehender Kruste gegraben. Die Profile wurden charakterisiert hinsichtlich Horizontierung und Bodenart. Letztere wurde durch die Fingerprobe angesprochen (AG-BODENKUNDE 1994). Der Skelettgehalt des Bodens wurde in Raumprozent abgeschätzt. Jedes Profil wurde fotografiert.

3.6.3 Bodenprobenanalyse

Probennahme

Die Entnahme von Bodenproben erfolgte aus den oberen 10 cm des Bodens, da dies für die überwiegende Zahl der Pflanzen die relevante Schicht der Durchwurzelung ist. Zuvor wurde die etwa 0,5 cm dicke (organische) Bodenaufgabe bzw. Bodenkruste entfernt. Es wurden Mischproben aus jeweils vier, um die Untersuchungsflächen gelegenen, vegetationsfreien Entnahmestellen gewonnen. Die Bodenproben wurden in getrocknetem Zustand in luftdicht verschließbare Plastiktüten verpackt und im Bodenclabor des Botanischen Instituts Köln analysiert. Durch diese Behandlung sowie begründet durch die Tatsache, daß die Bodenproben aus einem Trockengebiet stammen, sind Umsetzungsprozesse (die in feuchten Böden stattfinden) unterbrochen. Dies erlaubt die Messung der unten aufgeführten Parameter auch an nicht frischen Proben. Belege für die Zulässigkeit dieser Vorgehensweise liefern hierzu unveröffentlichte Untersuchungen an ariden Böden durch das Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg (mündl. Mitteilung G. MIEHLICH, Institut für Bodenkunde, Universität Hamburg).

Durch Sieben bei Maschenweite 2 mm (Firma Retsch, Haan, Deutschland) wurde der Skelettanteil (>2 mm) bestimmt. Der Feinmaterialanteil (<2 mm) wurde für die weiteren Analysen verwendet. Hierzu zählen die Bestimmung von Bodenfarbe, pH-Wert, Leitfähigkeit und Ionengehalt.

Bodenfarbe

Die Bodenfarbe wird am trockenen Feinmaterial bestimmt anhand der Munsell-Farbtafeln (MUNSELL SOIL COLOR CHARTS 1994). Dabei werden drei Merkmale beschrieben: die Farbart (hue) mit einer Hauptfarbe (Zahlenwert) und Übergängen (Buchstaben), der Farbwert (value) mit einer Skala von 1 (dunkel) bis 10 (hell) sowie die Farbintensität (chroma) von 1 (blaß) bis 10 (leuchtend) reichend (KUNTZE *et al.* 1994).

pH-Wert

Für die pH-Wert-Messung wurden 4,0 g Feinboden mit 10 ml einer 0,01 M CaCl_2 -Lösung versetzt, mit einem Glasstab kurz gerührt und dann eine Stunde stehengelassen. Anschließend wurde mit einem geeichten pH-Meter (pMX 3000/ION, Firma WTW, Weilheim, Deutschland) der pH-Wert ermittelt. Hierzu muß sich die Elektrode auf einen stabilen Meßwert einpendeln, der daher erst nach 10minütiger Meßdauer abgelesen wurde.

Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit wurde in wässriger Lösung ermittelt. Hierzu wurden 2 g Feinmaterial in 10 ml bidestilliertem Wasser suspendiert. Nach 30 Minuten erfolgte die Messung der Leitfähigkeit mit dem geeichten Leitfähigkeitsmesser (Microprocessor-Conductivity-Meter LF537 der Firma WTW, Weilheim, Deutschland). Ein stabiler Wert stellte sich nach 5 Minuten ein.

Carbonatgehalt

Der relative Carbonatgehalt wurde nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG-BODENKUNDE 1994) ermittelt. Diese Methode bietet die Möglichkeit, den Carbonatgehalt mit einer groben Klassifizierung abzuschätzen. Hierzu wird 10 %ige Salzsäure auf den Feinboden geträufelt und die darauf folgende Bläschenbildungsintensität aufgrund von CO_2 -Freisetzung beschrieben. Dies erfolgt anhand akustisch und optisch wahrnehmbarer Reaktionen. Mit dieser Methode werden v.a. Calcit (CaCO_3) und Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) erfaßt, wobei bei letzterem die Reaktion verzögert und weniger heftig erfolgt (AG-BODENKUNDE 1994).

Ionengehalt

Der Ionengehalt der Bodenproben wurde am Ionenchromatographen analysiert. Erfaßt wurden die Kationen Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} und NH_4^+ , sowie die Anionen Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{2-} , NO_3^- und NO_2^- .

Die geschilderte Aufarbeitung der Proben richtet sich nach dem Standard, der im Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg für Wüstenböden verwendet wird. Dieses Verfahren ist abgeleitet von RHOADES (1996).

Um die Bodenionen in Lösung zu bringen, wurden je Bodenprobe 25 g Feinboden in 25 ml bidestilliertem Wasser in einem Zentrifugenröhrchen suspendiert und verschlossen. Anschließend rotierten sie langsam (bei ca. 10 Umdrehungen/Minute) über einen Zeitraum von einer Stunde. Das Zentrifugieren der Proben erfolgte dann in einer Sorvall-Zentrifuge über 25 Minuten bei 3000 U/min. Der Überstand (ca. 15 ml) mit den gelösten Ionen wurde dann mit Hilfe einer Vakuumpumpe durch Cellulose-Acetat-Filter (Porengröße 0,45 μm , Firma Sartorius, Göttingen, Deutschland) filtriert. Die Kationenextrakte wurden zur besseren Haltbarkeit mit HNO_3 angesäuert (150 μl HNO_3 auf 15 ml Extrakt). Falls Ausflockungen durch einen hohen Eisengehalt entstanden, wurden nochmals 150 μl HNO_3 auf 15 ml Extrakt zugegeben. Die Proben wurden (1:10) verdünnt. Die Extrakte waren oft durch Huminstoffe verfärbt. Da diese bei der Ionenchromatographie stören und die Säulen zusetzen, wurden die Proben standardmäßig durch OnGuard P-Cartridges von der Firma Dionex (Idstein,

Deutschland) filtriert. Hierbei wurden die Filter zunächst mit 10 ml H₂O bidest. mit einer Durchflußrate von 4 ml/min gespült. Bei 10 ml Probenauftrag wurden die ersten 3 ml der gefilterten Proben verworfen und die anschließenden 5 ml in verschließbare Vials (5 ml-Polyvials, Firma Dionex, Idstein, Deutschland) filtriert. Mit diesen wurde dann der Ionenchromatograph beschickt.

Eichung des Ionenchromatographen

Die Eichung für die Anionen- und Kationenmessung erfolgte mit den von der Firma Dionex empfohlenen Standardlösungen. Die Steuerung des Ionenchromatographen erfolgte mit dem von Dionex erstellten Programm Peaknet. In diesem Programm werden auch die Meßwerte sowohl als Chromatogramme als auch als integrierte Daten der Peaks ausgegeben. Mit Hilfe dieses Programms wurde die Eichgerade erstellt. Die Meßwerte der Proben wurden vom Programm automatisch auf diese Eichung bezogen. In den Fällen, in denen die Meßwerte außerhalb des Eichbereichs lagen, wurde entsprechend weiter verdünnt und erneut gemessen.

Messung am Ionenchromatographen

Die Messung der aufgearbeiteten Proben erfolgte im Ionenchromatographen Dionex DX 120 (der Firma Dionex, Idstein, Deutschland). Die Bodenlösung wurde zunächst über eine Vorsäule (Kationen CG12A, Anionen AG14) vorgereinigt und anschließend über eine Hauptsäule (Kationen CS12A, Anionen AS14) getrennt.

Als Eluent diente bei den Kationen 22 mM Schwefelsäure, bei den Anionen 3,5 mM Na₂CO₃ / 1,0 mM NaHCO₃.

3.7 Auswertungsmethoden

3.7.1 Korrelationsanalyse

Um Korrelationen zwischen den auf den Untersuchungsflächen erhobenen Umweltvariablen zu erkennen, wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Für die Korrelationsanalyse und Klassifikation wurde das Programm SPSS 9.01 verwendet. Zumeist lagen metrische Daten vor. Der pH-Wert wurde in die H₃O⁺-Konzentration umgerechnet. Beim Carbonatgehalt wurde das mittlere Maß des prozentualen Carbonatgehaltes (siehe AG-BODENKUNDE (1994), Tab. 19) verwendet. Die Beweidungsintensität und die Bodenart folgten einer Ordinalskala. Da die Bodenart durch die Korngrößenzusammensetzung charakterisiert ist, wurde diese in eine Ordinalskala umgewandelt, sodaß im Folgenden der Begriff Korngröße in den Auswertungen verwendet wird. Die Exposition wirkt sich – zusammen mit der Inklination – auf die Pflanze v.a. in der Intensität der Sonneneinstrahlung aus. Sie wurde diesbezüglich ebenfalls in eine dreistufige Ordinalskala umgewandelt.

Für die Korrelationsanalysen wurde die Rangkorrelation nach Spearman verwendet, die auch bei nicht normalverteilten Daten anwendbar ist. Die notwendige Voraussetzung, daß es sich mindestens um ordinal skalierte Daten handeln muß, ist erfüllt. Bei der Analyse werden den Meßwerten zugeordnete Rangplätze vergeben, auf deren Grundlage die Korrelationen errechnet werden.

Zwischen den einzelnen Umweltvariablen werden bivariate Korrelationen linearer Zusammenhänge hergestellt. Der Korrelationskoeffizient wird mit dem dazugehörigen Signifikanzniveau errechnet. Der Korrelationskoeffizient nimmt Werte zwischen -1 und $+1$ an. Ein negatives Vorzeichen kennzeichnet negativ miteinander korrelierte Variablen. Beträge der Größenordnung $0 \leq x \leq 0,4$ geben einen niedrigen Zusammenhang an, bei Beträgen $0,4 \leq x \leq 0,7$ besteht ein mittlerer Zusammenhang, bei Beträgen über $0,7$ besteht ein hoher Zusammenhang (BARTELS 1983).

3.7.2 Faktorenanalyse

Da meist mehrere Umweltvariablen miteinander korrelieren, ist es für die Standort- und Vegetationsanalyse sinnvoll, solche Variablen zu Gruppen zusammenzufassen. Dies wird durch die Faktorenanalyse erreicht. Aus einer Gruppe von miteinander korrelierenden Variablen wird ein Umweltfaktor errechnet. Hierbei kommt die Hauptkomponentenanalyse (PCA – Principal Component Analysis) zum Einsatz.

Grundlage der PCA ist eine Korrelationsmatrix. Hierzu werden Eigenwerte und zugehörige Eigenvektoren bestimmt. Über eine sekundäre Ähnlichkeitsmatrix werden neue, voneinander unabhängige Dimensionen errechnet, die einen Varianzanteil der Variablen enthalten. Die Hauptkomponenten sind charakterisiert durch eine Richtung (Eigenvektor) und den größten Anteil erklärbarer Varianz (Eigenwert). Die Elemente der Eigenvektoren heißen Ladungen und dienen der Deutung der errechneten Hauptkomponenten (ZÖFEL 2001).

Ordinationsverfahren sind ursprünglich für Gradienten entwickelt worden, sie können jedoch auch bei diskontinuierlichen Daten angewendet werden (GLAVAC 1996).

3.7.3 Clusteranalyse

Bei der Clusteranalyse erfolgt durch Berechnung eines Ähnlichkeitsmaßes mittels eines Algorithmus eine Zusammenfassung von Fällen zu Gruppen (Clustern). Sie wurde verwendet, um untereinander ähnliche Standorte (Untersuchungsflächen) zu bündeln und voneinander deutlich abgrenzbare Standortgruppen zu bilden. Bei der Analyse wurde als Proximitätsmaß die Quadrierte Euklidische Distanz gewählt. Es wurde der Algorithmus nach Ward verwendet und die in die Clusteranalyse einfließenden Parameter einer z-Transformation unterzogen.

3.7.4 Indirekte Ordination (DCA)

Mit Hilfe der Ordination lassen sich Beziehungen von Vegetationsaufnahmen in bezug auf zugrundeliegende Gradienten aufdecken. Die Korrespondenzanalyse reduziert den multidimensionalen Artvariablenraum. Im Gegensatz zu der Hauptkomponentenanalyse wird hier von einer unimodalen Reaktion der Arten auf Umweltveränderungen ausgegangen. Dies entspricht den in der Natur meist beobachteten Reaktionen in Optimalbereichen.

Das Programm CANOCO – CANONical Community Ordination (TER BRAAK 1988) – bietet die Möglichkeit, die im folgenden angegebenen Ordinationsverfahren durchzuführen. Zu weiteren Angaben zu den Verfahren sei auf die zitierte Literatur verwiesen.

Die indirekte Ordination erfolgt mit dem Algorithmus der DCA (Detrended Correspondence Analysis) nach HILL (1973) und HILL & GAUCH JR. (1980). Die Ergebnisse werden in einem Ordinationsdiagramm dargestellt.

In die Analyse gehen der Artenbesatz und der Deckungsgrad der Arten ein. Pflanzenaufnahmen werden als ähnlich betrachtet, wenn ein weitgehend ähnlicher Artenbesatz vorliegt und wenn die Arten an vielen Standorten jeweils gemeinsam vertreten sind (FRANKENBERG 1982). Das Ergebnis einer Korrespondenzanalyse wird in einem Koordinatensystem dargestellt, wobei die Achsen voneinander unabhängig sind. Innerhalb dieses Ordinierungsraumes werden die Aufnahmen, als Punkte, unter dem Aspekt der Ähnlichkeit angeordnet, so daß ähnliche Aufnahmen nahe beieinander stehen.

Bei der indirekten Ordination ist es der Interpretation des Bearbeiters überlassen, den errechneten Gradienten geeignete Umweltgradienten zuzuordnen, die die Ähnlichkeitsverteilung der Aufnahmen erklären.

3.7.5 Kanonische Ordination (CCA)

Bei dem Verfahren der kanonischen Ordination (CCA: Canonical Correspondence Analysis) werden zwei unabhängige Datensätze gleichzeitig analysiert: die Vegetationsaufnahmen sowie die erhobenen Umweltvariablen. Somit lassen sich die Abhängigkeiten der Aufnahmen von Umweltgradienten prüfen (VAN GROENEWOUD 1992).

4 Standortökologie

4.1 Charakterisierung der Standorte

Die Untersuchungsflächen sind einem Küste-Inland-Transekt folgend angelegt, innerhalb dessen typische Vegetationseinheiten abgedeckt sind. Die Mehrzahl der Flächen befindet sich auf den Standorten im zentralen winterregenbeherrschten Richtersveld (siehe Abbildung 3.3), wo weder der Einfluß der Küste im Westen noch der des Sommerregengebietes im Osten dominant sind. Die meisten der Flächen sind in den Ebenen angelegt, einige ausgewählte Flächen repräsentieren Hangstandorte. Für jede der Flächen ist eine Reihe von Umweltdaten erfaßt worden. Diese charakterisieren den Standort der Pflanzen. Die Standorteigenschaften sind ihrerseits vegetationsbestimmend.

Im Folgenden werden diese Standorte charakterisiert und zusammenfassend zu Typen gruppiert. Bestehende Umweltgradienten werden aufgezeigt. Ziel ist es, die Haupteinflußfaktoren für die Vegetation herauszuarbeiten, um damit die Grundlage für die Interpretation der dokumentierten Vegetationsmuster und Vegetationsdynamiken zu schaffen.

Die für die Pflanzen essentiellen Einflußgrößen sind Nährstoffe, Wasser und Licht. Sonnenlicht ist in der offenen Wüstenlandschaft mit der nur selten auftretenden Bewölkung kein limitierender Faktor. Dieser Faktor darf in dieser Diskussion somit vernachlässigt werden. Es bleiben die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit als zu betrachtende Größen. Diese stehen unter dem Einfluß einer Vielzahl von Umweltfaktoren, die in ihren Bedeutungen im Folgenden diskutiert werden.

4.1.1 Ergebnisse der Korrelationsanalyse

Um die Abhängigkeiten der Umweltparameter untereinander zu prüfen, wurden diese einer Korrelationsanalyse nach Spearman (Programm SPSS 9.01) unterzogen. Insgesamt wurden 18 Parameter berücksichtigt, die die klimatischen, topographischen und edaphischen Gegebenheiten sowie die Beweidungsintensität auf den Untersuchungsflächen umfassen. Die Parameter, die berücksichtigt wurden, sind in den Tabellen 9.1 und 9.2 (Anhang) wiedergegeben. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse sind mit detaillierten Werten in der Tabelle 9.5 (Anhang) aufgeführt. Tabelle 4.1 stellt einen Überblick über die signifikanten Korrelationen dar.

Tabelle 4.1: Ergebnis der Rangkorrelation nach Spearman (N=38) mit den Standortvariablen (vergleiche auch Tabelle 9.5, Anhang).

Legende: (-) Negative Korrelationen; (*) Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant; (**) Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

	Küstenentfernung	Inklination	Exposition	Höhe ü. NN	Bodentiefe	Korngröße	Skelettgehalt	Biokruste	H ₃ O ⁺ -Ionenkonzentration	Leitfähigkeit	Carbonat	Beweidungsintensität	Chlorid	Phosphat	Sulfat	Niederschlag	Nebelhäufigkeit	Niederschlagsvariabilität
Küstenentfernung		- *		**				- **				- *	- *		- **	*	- **	**
Inklination	- *		- *		- **		**		**									
Exposition		- *							- **									
Höhe ü. NN	**				- *	- **									- **	**	- **	
Bodentiefe		- **			- *	**			- *				*		- **			**
Korngröße				- **	**		- *	- *		- *		- *			- **			
Skelettgehalt		**				- *		*										
Biokruste	- **					- *											**	- **
H ₃ O ⁺ -Ionenkonz.		**	- **		- *		*			- **	- **							
Leitfähigkeit						- *			- **	**	**	**	**		*			- *
Carbonat									- **	**		**						
Beweidungsintens.	- *					- *				**	**		**		*		*	- **
Chlorid	- *									**		**			**			
Phosphat					*													
Sulfat	- **			- **					*		*	**			- **	**		
Niederschlag	*			**	- **	- **									- **		- *	- **
Nebelhäufigkeit	- **			- **				**				*		**	- *			- **
Niederschlagsvar.	**				**			- **	- **		- **				- **	- **		

Die Korrelationsanalyse spiegelt den Küste-Inland-Gradienten der Umweltparameter deutlich wider. Er ist klimatisch-topographisch durch zunehmende Niederschläge, zunehmende Niederschlagsvariabilität, abnehmende Nebelhäufigkeit und zunehmende Höhe geprägt. Das Zustandekommen dieses Gradienten ist bereits in Kapitel 2.2 beschrieben. Der, wenn auch nur niedrige, negative Zusammenhang von Küstenentfernung und Inklination beruht auf der geringen Auswahl von Flächen auf Hangstandorten, die im Vergleich zu der Mehrzahl der Flächen in relativ kürzerer Küstenentfernung liegen. Hier liegt also eine Scheinkorrelation vor. Die Korrelation von Küstenentfernung und Biokrusten läßt sich mit der gleichfalls positiv korrelierten Nebelhäufigkeit zusammenfassend interpretieren. Die Algen und Flechten, die die Biokrusten bilden, sind in der Lage, ihren Wasserbedarf aus der, durch den Nebel bedingten, hohen Luftfeuchtigkeit zu decken und finden daher in Küstennähe bevorzugte Lebensbedingungen. Der mit Küstenentfernung abnehmende Sulfat- und Chloridgehalt läßt sich durch die Herkunft der Ionen aus dem Meer erklären.

Die pH-Werte sind zur Berechnung in H_3O^+ -Ionenkonzentrationen umgerechnet worden. Da der pH-Wert aber die gebräuchliche Angabe ist, werden im Folgenden die Korrelationen auf den pH-Wert bezogen, der die umgekehrte Korrelation der H_3O^+ -Ionenkonzentrationen darstellt, da der pH-Wert der negative dekadische Logarithmus der H_3O^+ -Ionenkonzentrationen ist.

Positiv korreliert mit der Inklination sind ein hoher Skelettgehalt und die geringe Bodenmächtigkeit an Hangstandorten, pH-Werte sind negativ korreliert.

Die mit der Exposition positiv korrelierten pH-Werte lassen sich, auch anhand von Literatur, nicht interpretieren.

Mit zunehmender Höhe nimmt die Niederschlagsmenge zu, was klimakundlich mit Steigungsregen zu erklären ist. Die negative Korrelation von Küstenentfernung und Höhe mit der Nebelhäufigkeit ist durch die Abschätzung der auftretenden Küstennebel (s. Kapitel 3.5) vorgegeben.

Bei den edaphischen Größen zeigt sich eine deutliche Korrelation von Chlorid- und Sulfatgehalt, die, wie oben besprochen, mit der Küstenentfernung erklärt werden kann. Dieser Faktor beinhaltet auch die mit dem Sulfatgehalt positiv korrelierte Nebelhäufigkeit und die negative Korrelation mit der Niederschlagsmenge. Der Phosphatgehalt zeigt lediglich eine schwache Korrelation mit der Bodentiefe, darüber hinaus wurden keine Zusammenhänge errechnet. Der Chloridgehalt spiegelt sich als leichtlösliches NaCl-Salz deutlich in der Leitfähigkeit wider.

Die H_3O^+ -Ionenkonzentrationen sind mit dem Carbonatgehalt und der Leitfähigkeit negativ korreliert.

Mit der Beweidungsintensität sind eine Reihe von Umweltparametern mit einem niedrigen Zusammenhang korreliert. Negative Korrelationen mit ihr treten auf mit zunehmender Küstenentfernung, Niederschlagsvariabilität, Korngröße; positiv korreliert zu ihr sind Leitfähigkeit, Carbonatgehalt, Chloridgehalt und Nebelhäufigkeit.

4.1.2 Ergebnisse der Faktorenanalyse

Wie im vorherigen Abschnitt deutlich wurde, gibt es miteinander korrelierende Umweltvariablen, die sinnvollerweise für weitere Analysen zusammengefaßt werden sollten. Dies erfolgt mit Hilfe der Faktorenanalyse (Tabelle 4.2). Dadurch werden voneinander unabhängige Faktoren, bestehend aus Variablenbündeln, gebildet. Die angewandte Methode der Hauptkomponentenanalyse (PCA) mit Rotationsmethode ermittelte sieben Hauptkomponenten, die gemeinsam 88 % der Gesamtvarianz erklären.

Tabelle 4.2: Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse mit Rotationsmethode. Die komplette Komponentenmatrix ist im Anhang, Tabelle 9.6 aufgeführt.

Umweltvariable	Faktor	Ladung	% der Varianz
Leitfähigkeit	1	0,96	19,2
Chlorid	1	0,96	
Sulfat	1	0,81	
Höhe ü. NN	2	0,90	18,0
Küstenentfernung	2	0,80	
Korngröße	2	0,78	
Niederschlag	2	0,70	
Nebelhäufigkeit	2	0,56	
Niederschlagsvariabilität	3	0,95	13,5
Bodentiefe	3	0,59	
Beweidungsintensität	3	0,56	
Skelettgehalt	4	0,83	11,8
Inklination	4	0,80	
Exposition	4	0,59	
Phosphat	5	0,89	9,4
Carbonat	5	0,51	
Biokruste	6	0,96	7,9
H ₃ O ⁺ -Ionenkonzentration	7	0,93	7,9

1) Der erste Faktor erklärt 19,2 % der Gesamtvarianz. Er wird aus den drei edaphischen Variablen Leitfähigkeit, Chlorid- und Sulfatgehalt gebildet.

2) Der zweite Faktor spiegelt v.a. den topographisch-klimatischen Gradienten wider. Er vereinigt die Variablen Höhe ü. NN, Küstenentfernung, Korngröße, Niederschlagsmenge und Nebelhäufigkeit. Der Faktor erklärt 18,0 % der Gesamtvarianz.

3) Der dritte Faktor bezieht sich auf die Niederschlagsvariabilität und die Bodentiefe, die sich beide auf die Wasserverfügbarkeit auswirken, sowie die Beweidungsintensität. Ihm werden 13,5 % der Erklärung der Gesamtvarianz zugeordnet.

4) Der vierte Faktor zeigt die kleinräumige Topographie mit Skelettgehalt, Inklination und Exposition. Der Erklärungswert beträgt 11,8 %.

5) Der fünfte Faktor bezieht sich auf den Nährstoffgehalt des Bodens mit der Berücksichtigung von Phosphatgehalt und Carbonatgehalt. Er erklärt 9,4 % der Gesamtvarianz.

6) Der sechste Faktor enthält die Variable Biokruste mit einem Erklärungswert von 7,9 %.

7) Der siebte Faktor enthält die Variable pH-Wert und erklärt ebenfalls 7,9 % der Gesamtvarianz.

In die weitere Analyse (Ordination) gehen fünf Variablen ein, die auf die ersten vier Faktoren laden, da bei ihnen die Erklärungswerte mit über 10 % an der Gesamtvarianz am größten sind.

4.1.3 Ergebnisse der Clusteranalyse

Um die standörtlichen Ähnlichkeiten der Untersuchungsflächen untereinander zu vergleichen, wurde mit allen Variablen eine Clusteranalyse durchgeführt. Die in die Analyse einfließenden Parameter wurden einer z-Transformation unterzogen. Danach läßt sich eine Standortbündelung in fünf Hauptcluster vornehmen. Sie spiegeln die edaphischen und klimatisch-topographischen Charakteristika der Standorte wider. Insgesamt wurden 38 Standorte in die Clusteranalyse einbezogen. Bei den Manipulationsflächen wurden von den jeweils fünf zusammengehörigen Einzelflächen mit gleichen Standortparametern die Vergleichsfläche zur Analyse herangezogen, also Nr. 37 und Nr. 42. Das Clusterdiagramm ist im Anhang, Abbildung 9.1 dargestellt.

1) Cluster 1 (Flächen-Nr. 11, 15, 16, 18–32, 37, 42)

Dieser Cluster ist der größte Cluster und vereinigt 20 Untersuchungsflächen. Er enthält die ebenen Standorte des zentralen Winterregengebietes mit feinmaterialreichen Böden. Eine Flächengruppe (Nr. 18–21) bildet eine Untergruppe, diese sind Standorte in kleinräumigen Ebenen.

2) Cluster 2 (Flächen-Nr. 10, 12–14, 17)

Der zweite Cluster bündelt die Hangstandorte des zentralen Winterregengebietes mit flachgründigen, skelettreichen Böden (5 Flächen).

3) Cluster 3 (Flächen-Nr. 33–36)

Dieser Cluster weist die vier Flächen des Sommerregengebietes aus, mit tiefgründigen Böden.

4) Cluster 4 (Flächen-Nr. 8, 9)

Der vierte Cluster enthält nur zwei Flächen. Sie sind Ebenenstandorte in relativer Küstennähe und zeichnen sich durch einen auffällig hohen Chlorid- und Sulfatgehalt aus.

5) Cluster 5 (Flächen-Nr. 1–7)

Dieser Cluster weist die küstennahen Standorte aus (7 Flächen). Es sind Ebenenstandorte auf tiefgründigen Sanden mit wenig Feinmaterialanteil. Die Flächen 5–7 bilden eine Untergruppe. Sie weisen eine größere Küstenentfernung auf und besitzen einen größeren Feinmaterialanteil als die übrigen Flächen des Clusters.

4.2 Charakterisierung der Vegetation

4.2.1 Vegetation und Standort

Die Vegetation des Richtersveldes weist – bedingt durch die Aridität des Gebietes – eine niedrigwüchsige offene Buschvegetation mit zahlreichen sukkulenten Arten auf. Eine deutliche Dichotomie zeigt sich mit der Sukkulentenkaroo-Vegetation im Westen des Gebietes und der Namakaroo-Vegetation im Nordostteil des Richtersveldes. Der westliche Teil kann zudem noch unterteilt werden in die Strandveld-Vegetation in

Küstennähe und in die daran zum Landesinneren anschließende Karoovegetation. Somit liegt im Untersuchungsgebiet eine deutliche küstenparallele Zonierung der Vegetation vor.

Die Standortgliederung im vorigen Kapitel hat ebenfalls einen Küste-Inland-Gradienten der Umweltvariablen nachgezeichnet. Im Folgenden sollen nun die an den Dauerbeobachtungsflächen untersuchten Vegetationstypen charakterisiert werden in Hinblick auf die Vegetationsmerkmale und zugehörigen Standorteigenschaften.

Vegetationstypisierung

Mit Hilfe der direkten Ordination lassen sich Ähnlichkeiten zwischen Vegetationsaufnahmen darstellen und Bezüge zu linearen Umweltgradienten herausarbeiten. Bei der direkten Ordination werden die erhobenen Umweltvariablen in die Ähnlichkeitsberechnung einbezogen.

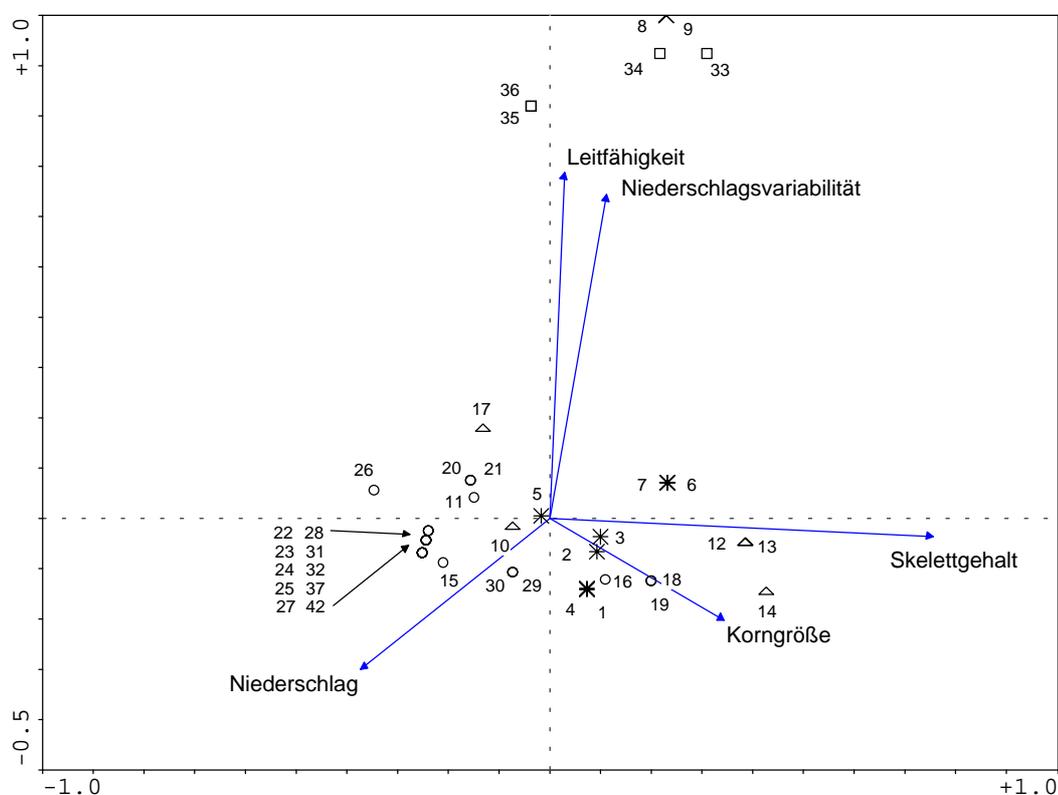


Abbildung 4.1: Direkte Ordination der Vegetationsaufnahmen aus dem Jahr 1998.

Legende: Kreis: Cluster 1; Dreieck: Cluster 2; Quadrat: Cluster 3; Kreuz: Cluster 4; Stern: Cluster 5; die Zahlen geben die Nummerierung der Dauerbeobachtungsflächen an.

In der direkten Ordination wurden die Beziehungen der Vegetationsaufnahmen zu den erhobenen Umweltparametern untersucht (Abbildung 4.1). Hierfür wurden Umweltvariablen ausgewählt, die in der Faktorenanalyse einen hohen Erklärungswert aufwiesen und möglichst wenig miteinander korrelierten. Diese Variablen wurden zusammen mit den Vegetationsaufnahmen aus dem Jahr 1998 ordiniert. Die Auswahl der Daten aus diesem Jahr wurde als sinnvoll erachtet, da die sehr variable Annuellenvegetation in

dem Trockenjahr 1998 auf allen Flächen nur einen geringen Anteil hatte. Bei der Fläche Nr. 5, die erst im Jahr 1999 angelegt wurde, sind die Daten aus jenem Jahr verwendet worden, das aber ebenfalls ein Trockenjahr und daher mit 1998 vergleichbar war.

In der Abbildung 4.1 ist das Ergebnis der Ordination dargestellt. Darin sind die Aufnahmeflächen den in der Clusteranalyse (Kapitel 4.1.3) ermittelten Clustern zugeordnet, welche auf Basis der Standortbedingungen ermittelt worden waren. Es zeigt sich, daß die Separierung der Vegetationsaufnahmen der Untersuchungsflächen gut mit den in der Clusteranalyse ermittelten Standorttypen übereinstimmt. Das heißt, daß die ermittelten Standorttypen einen guten Erklärungswert für die Vegetationszusammensetzung liefern.

Aus den in der Faktorenanalyse gebildeten Faktorenbündeln wurden Variablen der ersten 4 Hauptfaktoren in die Ordination einbezogen. Die einbezogenen edaphischen und klimatischen Variablen a) Leitfähigkeit, b) Skelettgehalt, c) Korngröße, d) Niederschlagsmenge und e) Niederschlagsvariabilität erklären den größten Teil der Varianz der Vegetation auf den Untersuchungsflächen. Dabei wird die Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen nicht nur durch den Niederschlag, sondern auch durch die edaphischen Bedingungen bestimmt. So sind in Trockengebieten sandige Böden mit geringem Ton- und Schluffanteil Böden mit guter Wasserversorgung, allerdings auch mit geringen Nährstoffgehalten. Skelettreiche Böden haben durch einen erhöhten kleinräumigen „Runoff“ sowie einen durch die Steine bedingten erniedrigten Verdunstungsverlust zumeist eine gute Wasserversorgung in den Bodentaschen zwischen den Steinen.

Die folgenden Vegetationsgruppen lassen sich nach ihren Standort- und Vegetationscharakteristika abgrenzen:

A Küstennahe Vegetation

(Flächen-Nr. 1–7)

Hier sind die Flächen der Küstenebene (Cluster Nr. 5) zusammengruppiert und werden vor allem durch die Korngröße charakterisiert, mit Sanden mit geringem Schluff- und Tonanteil.

B Vegetation der Ebenen des zentralen Richtersveldes

(Flächen-Nr. 11, 15, 20–32, 37, 42)

Die Flächen, die als Cluster 1 zusammengefaßt worden waren, sind auch hier aufgrund ähnlicher Vegetationszusammensetzung und Standorteigenschaften zusammengruppiert worden. Sie orientieren sich am Gradienten der Niederschlagsmenge. Sie weisen in der Regel Feinsande mit hohem Schluff- und gegebenenfalls Lehmanteil aus. Charakterart dieser Einheit ist die stamm- und blattsukkulente Art *Brownanthus pseudoschlichtianus*.

C Hangvegetation des zentralen Richtersveldes

(Flächen-Nr. 10, 12–14, 16–19)

Die Flächen der Hangstandorte des Clusters Nr. 2 weisen untereinander recht unterschiedliche Artenzusammensetzungen auf. Sie sind jedoch durch hohe Deckungswerte und hohe Biodiversität gekennzeichnet. Wohl aufgrund der unterschiedlichen Artenzusammensetzung sind diese Flächen im Ordinationsdiagramm z.T. getrennt dargestellt.

Beieinanderliegende Flächen erklären ihre Ähnlichkeit durch den hohen Skelettgehalt des Bodens. Die Flächen Nr. 16, 18 und 19 aus dem Cluster 1 sind durch ihre besondere Artenzusammensetzung und Artenvielfalt in der Ordination separiert worden. Sie werden hingegen mit Flächen des Clusters 2 zusammengestellt. Da es sich um Flächen mit einer Inklination zwischen 5° und 8° und zudem skelettreichen Böden handelt, werden sie in dieser Einheit eingruppiert.

D Vegetation des durch Sommerregen beeinflussten Gebietes und der Salzstandorte

(Flächen-Nr. 8, 9, 33–36)

Eine von den anderen Aufnahmen klar abgegrenzte Gruppe bilden die Flächen der Cluster 3 und 4. Sie liegen in Richtung hoher Leitfähigkeit und großer Niederschlagsvariabilität. Es handelt sich um die Flächen des durch den Sommerregen beeinflussten Nordwesten des Gebietes, sowie um die eher küstennahen Flächen Nr. 8/9 bei Khubus. Floristisch gesehen bestehen große Ähnlichkeiten zwischen den Flächen Nr. 8/9 und Nr. 35/36, da alle diese einen hohen Gräseranteil mit *Stipagrostis* spp.-Arten aufweisen. Dennoch sollten die Flächen 8/9 aufgrund ihrer Umweltbedingungen, die von denen der Sommerregenstandorte abweichen, als eigene Untergruppe betrachtet werden.

Die hier vorgenommene Klassifizierung in vier Einheiten beruht auf einer kleinen Auswahl von Flächen – mit den 38 berücksichtigten Untersuchungsflächen konnte hier nur eine grobe Einteilung erfolgen. Eine differenzierte Vegetationsklassifizierung wurde in dem parallel angelegten Projekt von NUSSBAUM (Botanisches Institut, Universität zu Köln) vorgenommen, das eine Vegetationskartierung beinhaltet. Dabei werden auch die hier erhobenen Vegetationsaufnahmen einfließen und einer differenzierteren Vegetationsanalyse zugeführt (NUSSBAUM in prep.).

4.2.2 Floristische und strukturelle Charakterisierung der Vegetation

In den vorangegangenen Kapiteln ist die Vegetation der Untersuchungsflächen vier Haupteinheiten zugeordnet worden. Diese abgegrenzten Vegetationseinheiten lassen sich anhand ihrer floristischen und ihrer strukturellen Merkmale weitergehend charakterisieren. Die auf den Untersuchungsflächen vorkommenden Arten sind mit Angabe von Familienzugehörigkeit, Lebensform, Sukkulenztyp und Sukkulenzgrad in Tabelle 9.3 (Anhang) aufgeführt.

Floristische Charakterisierung

Insgesamt wurden auf den 46 Dauerbeobachtungsflächen 227 Arten aus 34 Familien erfaßt. Die Familie der Aizoaceae hat mit 52 Arten (22,9 %) den größten Anteil an der Gesamtartenzahl, dicht gefolgt von den Asteraceae mit 42 Arten (18,5 %). Ebenfalls häufig vertreten sind die Poaceae (18 Arten, 7,9 %), die Crassulaceae (14 Arten, 6,2 %), die Scrophulariaceae (12 Arten, 5,3 %) und die Fabaceae (11 Arten, 4,8 %).

Die Artenzusammensetzung und die Artenzahl (α -Diversität) sind jedoch je nach Standort sehr unterschiedlich. Die Manipulationsflächen (Flächen-Nr. 37–46) werden in den

folgenden Ausführungen nicht berücksichtigt, da es sich um Störflächen handelt. Für die Betrachtung der Diversität der Standorte wurde aufgrund der jährlichen Fluktuationen das Artenpotential als Bezugsgröße bestimmt. Es wurde davon ausgegangen, daß das Artenpotential, berechnet als die additive Artenzusammensetzung aus hier gewählten 3 Jahren, die Biodiversität der Standorte am besten beschreibt. Hierzu wurde die Gesamtartenzahl pro Fläche über die Untersuchungsjahre 1998 bis 2000 herangezogen. In diesem Zeitraum sind alle Untersuchungsflächen jährlich erfaßt worden. Durch die Betrachtung der kumulativen Artenzahl werden alle die Arten berücksichtigt, die nach einem Spektrum von unterschiedlichen Umweltbedingungen (v.a. unterschiedliche Winterregen- und Sommerregenfälle) auf den Standorten auftreten. Da in dem Untersuchungszeitraum auf den Dauerbeobachtungsflächen kein gerichteter Wandel in der Zugehörigkeit zu den Vegetationseinheiten stattgefunden hat, war diese Vorgehensweise zulässig. Es wäre wünschenswert gewesen, auch ein besonders winterregenreiches Jahr wie z.B. 1996 miteinzubeziehen, hier waren jedoch noch nicht alle der Untersuchungsflächen angelegt.

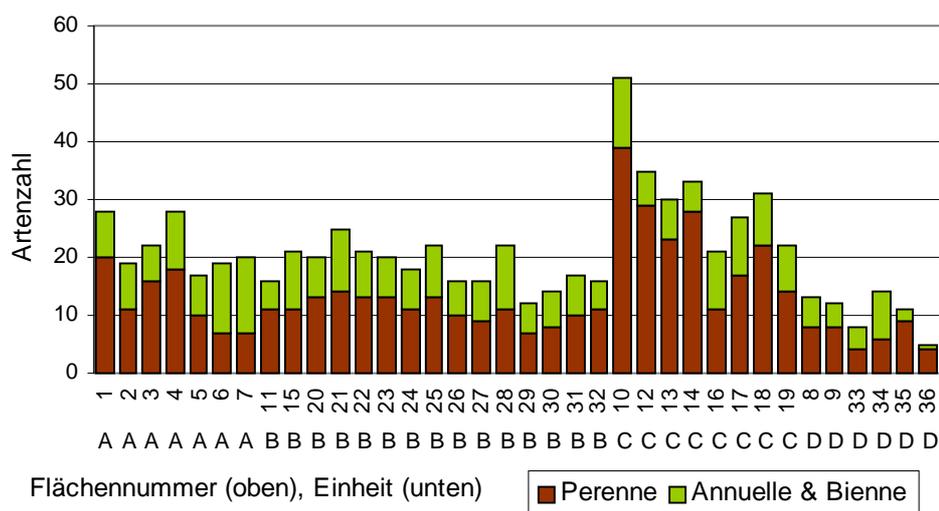


Abbildung 4.2: Artenzahl pro Untersuchungsfläche mit Angabe des Anteils perennierender Arten sowie annueller und biener Arten. Die Aufnahmeflächen sind nach den Vegetationshaupteinheiten sortiert. Einheiten (siehe auch Kapitel 4.2.1) A: Küstennahe Vegetation; B: Vegetation der Ebenen des zentralen Richtersveldes; C: Hangvegetation des zentralen Richtersveldes; D: Vegetation des durch Sommerregen beeinflussten Gebietes und der Salzstandorte.

Die Artenzahl auf den Untersuchungsflächen ist in Abbildung 4.2 dargestellt. Die höchste Diversität liegt auf den Hangstandorten vor. Der Höchstwert mit 51 Arten (39 perennierende, 12 annuelle und biene Arten) auf 100 m² Fläche wird auf der Untersuchungsfläche Nr. 10 erreicht. Die niedrigste Artenzahl weisen die Flächen des Sommerregengebietes auf. Hier hat die Fläche Nr. 36 mit nur 5 Arten (4 perennierende, 1 annuelle Art) die geringste Diversität. Die maximal erreichte α -Diversität der Flächen

der küstennahen Vegetation (Einheit A) ist mit 28 Arten geringfügig höher als die der Ebenen des zentralen Richtersveldes (Einheit 2) mit 25 Arten. Insgesamt ist zu erwarten, daß nach sehr ergiebigen Regenfällen insbesondere die Zahl der annuellen Arten noch etwas höher liegen wird als in den hier betrachteten Jahren. Die Darstellung der Gesamtartenzahl wurde differenziert in die perennierenden Arten sowie in die kurzlebigen annuellen und biennen Arten. Mit Ausnahme der Flächen Nr. 6 und 7 nehmen die perennierenden Arten mehr als 50 % der Artenzahl ein. Der Anteil der Perennen im Vergleich zu den Annuellen und Biennen ist auf den Hangstandorten meist höher als in den Ebenen.

Die hohe Diversität der Hangstandorte erklärt sich v.a. durch die große Anzahl der Mikrohabitate, die auf den meist felsigen bzw. steinigen Hängen vorliegen. In Kapitel 5.1 wird auf das Zustandekommen dieses Artenreichtums detaillierter eingegangen.

Charakterisierung nach Lebensformen

Ein aussagekräftiges Instrument für die strukturelle und funktionelle Vegetationsbeschreibung bietet die Lebensformeneinteilung. Hier wird eine auf das klassische Lebensformenkonzept aufbauende Einteilung nach Wuchsform, Wuchshöhe und Sukkulenz (siehe Kapitel 3.1.5) vorgenommen.

Auf den Dauerbeobachtungsflächen machen niedrigwüchsige Arten mit einer Wuchshöhe von unter 50 cm fast den gesamten Artenbestand aus (Abbildung 4.3, oben). Den größten Anteil an den insgesamt 227 Arten haben die Chamaephyten mit 100 Arten (44,1 %). Hierunter bilden die Megachamaephyten mit 78 Arten (34,4 % der Gesamtartenzahl) die größte Teilgruppe. Die zweitgrößte Gruppe sind annuelle Arten, die mit 69 Arten 30,4 % der Gesamtartenzahl ausmachen. Es folgen Geophyten (29 Arten, 12,8 %), Hemikryptophyten (8 Arten, 3,5 %) und Biennen (8 Arten, 3,5 %). Phanerophyten, also Pflanzen mit einer Wuchshöhe, die 50 cm übersteigt, machen mit 5,7 % einen geringen Anteil an der Gesamtartenzahl aus und bilden im Vegetationsbild die Ausnahme. Die Nanophanerophyten sind mit 12 Arten, die Mikrophanerophyten sind mit nur 1 Art vertreten.

In Trockengebieten ist Wasser der hauptsächlich limitierende Faktor. Sukkulenz ist eine Strategie, der Wasserknappheit durch Wasserspeicherung zu begegnen. Insgesamt sind knapp 50 % aller Arten sukkulent, dabei sind 43 % aller Arten (ganz oder überwiegend) blattsukkulente, 6 % sind (ganz oder überwiegend) stammsukkulente (Abbildung 4.3, oben).

Von den sukkulenten Arten zählen 26 % (29 Arten) zu den schwach sukkulenten Arten, 74 % (83 Arten) sind deutlich sukkulent (Abbildung 4.3, unten). Während die Annuellen zum überwiegenden Teil nicht sukkulent sind, und wenn sukkulent, dann meist nur schwach, so ist es bei den Chamaephyten und Phanerophyten genau umgekehrt. 68 % aller Chamaephyten und 62 % aller Phanerophyten sind deutlich sukkulent. Die Hemikryptophyten der Dauerbeobachtungsflächen sind durchweg nicht sukkulent, die Geophyten zeigen zu 40 % Sukkulenz, die bei allen als schwache Sukkulenz klassifiziert wurde.

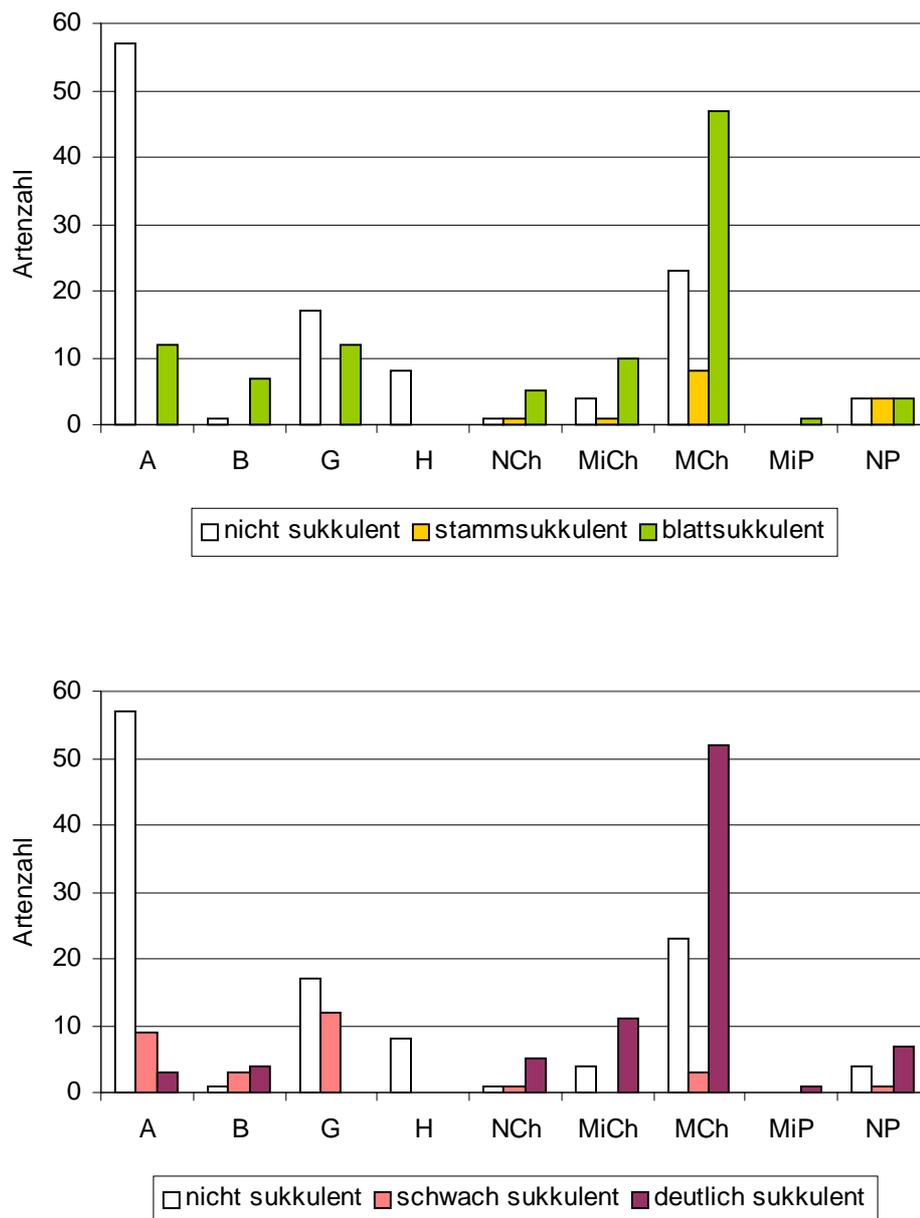


Abbildung 4.3: Anteile der Lebensformtypen bezüglich der Gesamtartenzahl aller Dauerbeobachtungsflächen, mit Angabe der Anteile a) der Sukkulenztypen (obere Abbildung) und b) der Sukkulenzgrade an den Lebensformen (untere Abbildung).

A: Annuelle, B: Bienne, G: Geophyten, H: Hemikryptophyten, NCh: Nanochamaephyten, MiCh: Mikrochamaephyten, MCh: Meso- bis Megachamaephyten, NP: Nanophanerophyten

Lebensformenverteilung in den Vegetationseinheiten

Die Vegetationseinheiten wurden hinsichtlich ihrer Lebensformenspektren analysiert. Hierzu wurden vier Untersuchungsflächen ausgewählt (Abbildung 4.4), die jeweils das typische Spektrum der vier abgegrenzten Einheiten aufweisen. Die Zusammensetzung unterliegt einer jährlichen Dynamik, darauf wird in Kapitel 5 näher eingegangen. Hier soll jedoch das Potential der Standorte beschrieben werden. Daher wurden pro Fläche die aufaddierten Gesamtartenzahlen aus den Jahren 1996 bis 2000 zugrundegelegt.

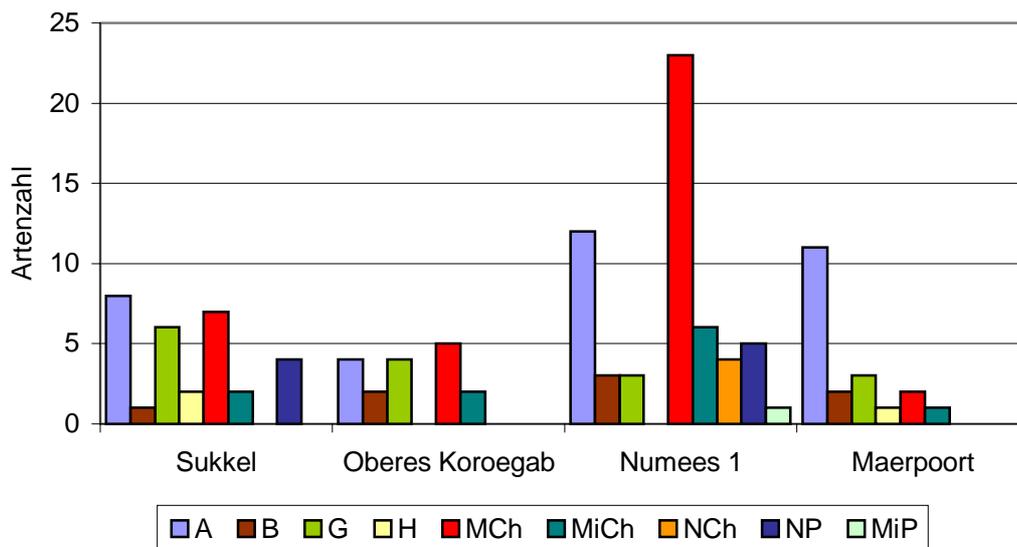


Abbildung 4.4: Lebensformenspektren der vier Vegetationseinheiten. Ausgewählt wurden vier Dauerbeobachtungsflächen, die die vier Haupteinheiten repräsentieren. Dargestellt sind die Artenzahlen pro Lebensform.

A: Annuelle, B: Bienne, G: Geophyten, H: Hemikryptophyten, NCh: Nanochamaephyten, MiCh: Mikrochamaephyten, MCh: Meso- bis Megachamaephyten, NP: Nanophanerophyten, MiP: Mikrophanerophyten.

Die Lebensformenzusammensetzung der vier Einheiten ist in Abbildung 4.4 dargestellt. Auf allen vier Flächen sind wenigstens fünf verschiedene Lebensformen vertreten. Blattsukkulente und Nichtsukkulente machen jeweils den größten Anteil der Arten aus, Stammsukkulente sind mit maximal 3 Arten (Fläche Nr. 10) vertreten, auf der Fläche 33 (Sommerregengebiet) fehlen sie ausnahmsweise ganz.

Die küstennahe Fläche Nr. 1 (Standort-Vegetationstyp A) nimmt mit sieben verschiedenen Lebensformen und einer Artenzahl von 30 eine Mittelstellung bei den Vegetationseinheiten ein. Auffällig ist der relativ hohe Geophytenanteil. Etwas mehr als die Hälfte der Arten ist nichtsukkulente, 37 % sind blattsukkulente, 3 % stammsukkulente.

Die Fläche Nr. 32 vertritt die Einheit der Ebenenstandorte des zentralen Richtersveldes. Sie weist mit 20 Arten die geringste Gesamtartenzahl auf und hat mit nur fünf Lebensformen auch das kleinste Spektrum. Blattsukkulente überwiegen mit einem Anteil von 59 %, gefolgt von Nichtsukkulenten (29 %) und Stammsukkulenten (12 %).

Die Hangstandorte nehmen eine herausragende Stellung ein. Die hier betrachtete Dauerbeobachtungsfläche weist 57 Arten mit acht Lebensformen auf. Das Lebensformenspektrum zeigt einen hohen Annuellenanteil sowie einen sehr hohen Chamaephytenanteil, wobei bei letzterem die Megachamaephyten überwiegen. Lediglich die Hemikryptophyten fehlen hier. Blattsukkulente haben auf den Hangstandorten den größten Anteil mit 62 % der Arten. Nichtsukkulente nehmen 33 % ein, Stammsukkulente lediglich 5 %.

Die Fläche Nr. 30, die die Vegetation des Sommerregengebiets repräsentiert, zeichnet sich vor allem durch einen hohen Annuellenanteil aus. Die übrigen 5 vorkommenden Lebensformen sind gleichmäßig gering vertreten. Der überwiegende Anteil der Arten ist nichtsucculent (65 %), was v.a. auf die meist nichtsucculenten annuellen Arten zurückzuführen ist. Stammsucculente fehlen auf dieser Fläche, sind aber sonst in der Vegetation des Sommerregengebietes typischerweise vertreten, wenn auch in geringer Individuenzahl.

Zusammenfassende Charakterisierung

Die Standortbedingungen spiegeln sich in den Arten- und Lebensformenspektren wider. Der hohe Anteil an Blattsucculenten und Annuellen an der Gesamtartenzahl ist typisch für die Succulentenkaroo-Vegetation. Für die Namakaroo-Vegetation des Sommerregengebietes ist der hohe Anteil annueller Arten charakteristisch.

Die Vegetationsunterschiede an den Standorten lassen sich vor allem durch die Wasserverfügbarkeit erklären. An die langen Trockenzeiten im östlichen Richtersveld mit seiner hohen Niederschlagsvariabilität sind nur wenige Arten, v.a. annuelle Arten, angepaßt, und die Artenzahl ist somit insgesamt gering. Vor allem treten die blattsucculenten Arten zurück, da sie auf regelmäßige Niederschläge angewiesen sind. HACHFELD (1996) hat in der zentralen Namib eine Minimumzone mit spärlichem Pflanzenbewuchs und geringer Artenzahl ausgewiesen, für den Bereich, in dem weder ausreichende Winterregen noch ausreichende Sommerregen fallen. Eine solche Minimumzone kann man ebenfalls für das nordöstliche Richtersveld annehmen, allerdings in wesentlich geringerem Umfang als in der zentralen Namib.

Die Arten- und Lebensformenzahlen der küstennahen Vegetation liegen etwas über denen der Ebenen des zentralen Richtersveldes. Unter ariden Bedingungen sind die tiefgründigen und z.T. grobkörnigen Sandböden, die hier bei den küstennahen Standorten vorliegen, die edaphisch feuchteren Böden im Vergleich zu den feinkörnigeren schluff- und tonreicheren Feinsandböden des zentralen Richtersveldes. Auch wird angenommen, daß die Verdunstung an der Küste durch milderes Klima und Küstennebel herabgesetzt ist. Hingegen fallen die Niederschläge im zentralen Richtersveld aufgrund der Höhenlage höher aus als an der Küste.

Die hohe Arten- und Lebensformenzahl der Hangstandorte wird durch die kleinräumige Standortdiversität erklärt, insbesondere hervorgerufen durch den Fels- und Skelettanteil, die eine Kompartimentierung des Bodens sowie eine teilweise erhöhte Wasserzufuhr durch „Runoff“ bewirken. An schattigen südexponierten Hängen ist zudem durch die Verdunstung die Wasserversorgung begünstigt. Hier werden mehr Arten vorgefunden als auf den stärker sonnenexponierten Hängen mit nördlicher Exposition.

5 Vegetationsdynamik

Den perennierenden Pflanzen in Trockengebieten wird in aller Regel ein hohes Alter von vielen Jahrzehnten bis zu einigen Jahrhunderten zugeschrieben (BOWERS *et al.* 1995; GOLDBERG & TURNER 1986). Demgemäß werden für die Vegetation von Trockengebieten generell geringe Dynamiken vorausgesagt. Für die meisten Wüsten trifft dies zu, die Sukkulenkaroo-Vegetation bildet in dieser Hinsicht jedoch eine Ausnahme. Anhand der Untersuchungen auf den Dauerbeobachtungsflächen zeigte diese Vegetation eine überraschend große Dynamik, die im Folgenden dargestellt wird. Die Vegetationsdynamik wurde detailliert auf Individuenniveau dokumentiert. Somit konnten im Untersuchungszeitraum Keimung, Etablierung, Wachstum, Reproduktion, Seneszenz und Mortalität von Individuen beobachtet und interpretiert werden.

5.1 Dynamik eines artenreichen Hangstandortes

Die Hangstandorte wurden in Kapitel 4.2.2 als besonders artenreich charakterisiert, wobei blattsukkulente Megachamaephyten den Hauptanteil der betreffenden Vegetation ausmachen. Es stellt sich die Frage nach dem Zustandekommen und der Aufrechterhaltung einer so hohen α -Diversität in diesem Trockengebiet. Die Untersuchungen auf den Dauerbeobachtungsflächen geben hierauf eine Antwort. Im Folgenden wird die 20jährige Dynamik auf einer Dauerbeobachtungsfläche dargestellt, wobei insbesondere die Dynamik ausgewählter blattsukkulenter Zwergsträucher (Megachamaephyten) analysiert wird. Die Untersuchungen bilden eine Fortführung der von JÜRGENS *et al.* (1999) dargestellten Dynamiken.

Die betrachtete Untersuchungsfläche Nr. 10 (Numees 1) liegt im Tal von Numees im zentralen Richtersveld (Abbildung 5.1). Sie wurde in SSW-exponierter Richtung angelegt, also an einem sonnenabgewandten und damit vergleichsweise feuchten Hang. Die Fläche weist eine Inklination von 29° auf und ist, vor allem auf ihrer rechten Hälfte, von Felsrippen durchzogen, die 12 % der Gesamtfläche ausmachen. Der Boden hat einen Skelettanteil von 10 %. Das Tal Numees wurde aufgrund der Aussagen und Zählungen von HENDRICKS (Mitarbeiter von SANP, Kimberley, pers. Mitteilung 1997) und der Zählung im Jahr 1999 (CLOETE, Mitarbeiter des Richtersveld Nationalparks, pers. Mitteilung 1999) als stark beweidet (Beweidungsgrad 4) eingestuft. Die Fläche wurde im Jahr 1980 von JÜRGENS angelegt, und die Vegetation wurde, mit Ausnahme der Jahre 1982, 1984 und 1985, jährlich und mit zunehmender Detailgenauigkeit dokumentiert. Die Erhebungen wurden ab 1996 von der Autorin fortgeführt, wobei ab diesem Zeitpunkt nicht nur Lage und Größe der Individuen, sondern auch die Reproduktionsleistung der perennierenden Pflanzen erfaßt wurde.

Die Anlage der Fläche erfolgte nach der starken Dürre von 1979, die das Absterben zahlreicher v.a. blattsukkulenter Arten zur Folge gehabt hatte (VON WILLERT *et al.* 1992).



Abbildung 5.1: Die Untersuchungsfläche Nr. 10 in Numees (Hangstandort); die Begrenzung der Untersuchungsfläche ist am gelben Maßband im Vordergrund zu erkennen.

Für die Interpretation der Niederschläge werden die Daten aus dem 50 km südwärts gelegenen Lekkersing herangezogen (Abbildung 5.2), da dies die einzigen Langzeitdaten für das Winterregengebiet des Richtersveldes sind. Die Winterregen treten jedoch in großräumigen Fronten auf, daher lassen sich die Daten von Lekkersing gut für die Interpretation der Trocken- und Feuchtjahre heranziehen.

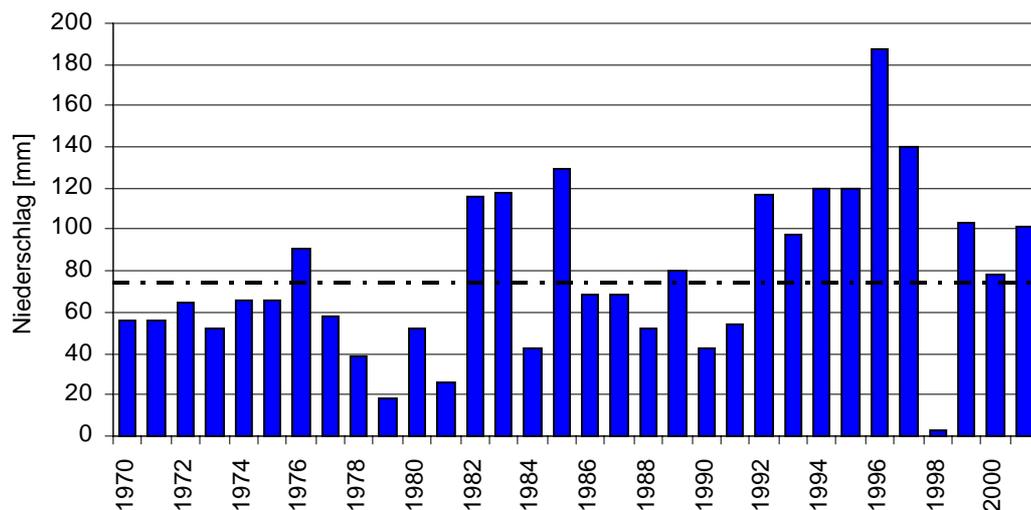


Abbildung 5.2: Niederschlagsdaten für Lekkersing. Die gestrichelte Linie gibt das langjährige Mittel von 75 mm Jahresniederschlag an.

Die Entwicklung der Artenzahl perennierender Pflanzen ab 1980 zeigt in den ersten 15 Jahren eine Zunahme von 21 Arten auf eine maximale Artenzahl von 39 im Jahr 1995, die – nach einem zwischenzeitlichen leichten Artenrückgang – im Jahr 2000 erneut erreicht wird (Abbildung 5.3). Damit ist fast eine Verdopplung der Artenzahl aufgetreten, die als Regenerationsphase nach der Dürre 1979 interpretiert werden kann. Die knapp 20 Jahre später auftretende Dürre in den Jahren 1998/99 zeigte wider Erwarten keinen deutlichen Einbruch in der Artenzahl. Der leichte Rückgang der Artenzahl hier ist v.a. darauf zurückzuführen, daß Geophyten nicht ausgetrieben haben, weniger aber darauf, daß Arten auf der Fläche abgestorben wären. Die Auswirkungen der Dürre zeigen sich jedoch bei Betrachtung der Flächenentwicklung auf Individuenebene, worauf im weiteren noch eingegangen werden wird.

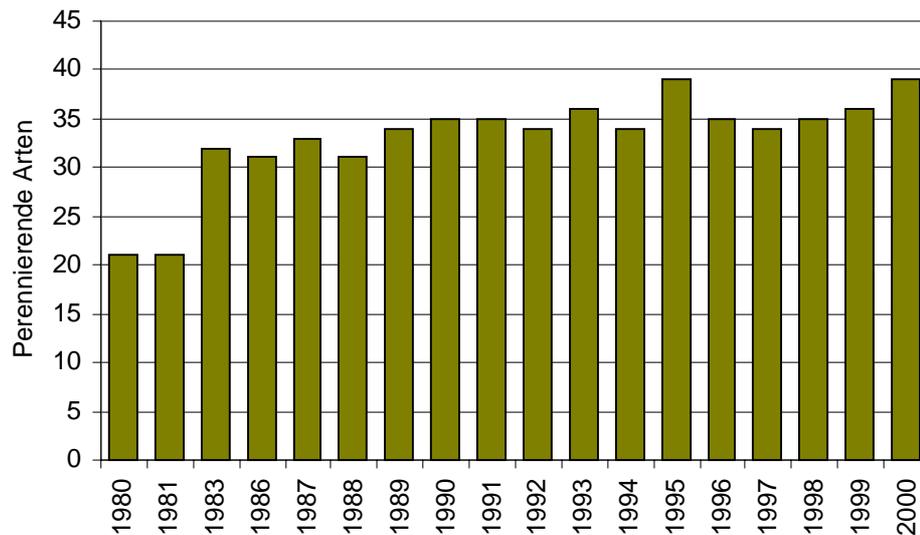


Abbildung 5.3: Entwicklung der Artenzahl der perennierenden Arten auf der Dauerbeobachtungsfläche Nr. 10 in den Jahren 1980 bis 2000. Es ist zu beachten, daß in den Jahren 1982, 1984 und 1985 keine Erhebungen durchgeführt worden sind.

Bei Betrachtung der Vegetation auf Individuenebene zeigen sich im Laufe der Untersuchungsjahre starke jährliche Dynamiken. Im Folgenden werden vier dominante Arten der Fläche ausgewählt, und es wird deren Populationsmuster dargestellt. Da die blattsukkulente Zwergsträucher den Hauptanteil der Fläche ausmachen, wurden vier blattsukkulente Megachamaephyten aus der Familie der Aizoaceae für die Untersuchung herangezogen. Sie werden in ihren Individuenzahlen, Lebensspannen und den auftretenden Populationsmustern dokumentiert.

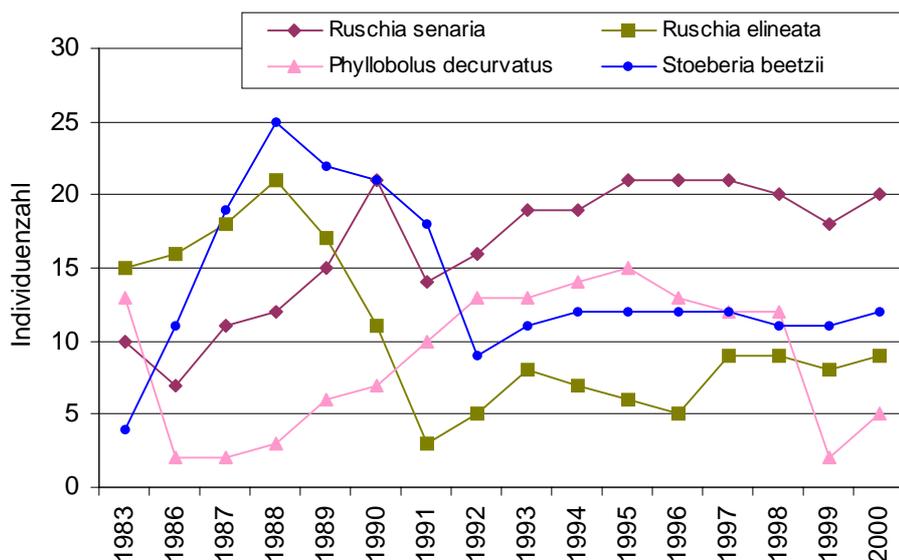


Abbildung 5.4: Individuenzahlen der vier ausgewählten blattsukkulenten Aizoaceae auf der Dauerbeobachtungsfläche Nr. 10 im Zeitraum von 1983 bis 2000.

Die Gesamtartenzahl wies eine kontinuierliche Zunahme im Zuge der Regeneration nach der Dürre auf. Der Vergleich der ausgewählten vier Blattsukkulenten zeigt dagegen keineswegs eine kontinuierliche Erholung nach der Dürre. Vielmehr sind in den zehn Beobachtungsjahren 1983 bis 1992 starke Schwankungen in den Individuenzahlen festzustellen, die zudem bei den betrachteten Arten nicht synchron verlaufen (Abbildung 5.4). Erst in den Jahren von 1993 bis 2000 bleiben die Individuenzahlen bei allen Arten auf einem weitgehend konstanten Niveau, mit Ausnahme der Art *Phyllobolus decurvatus*, die 1999 einen Einbruch der Individuenzahl aufweist. Die Individuenzahlen von *Stoeberia beetzii* und *Ruschia elineata* steigen bis 1988 stark an und gehen anschließend wieder deutlich zurück. Die Art *Ruschia senaria* zeigt einen langsameren Anstieg der Individuenzahl und erreicht erst zwei Jahre später, im Jahr 1990, ihr Maximum mit 21 Individuen. Die Individuenzahl von *Phyllobolus decurvatus* geht von anfänglich 13 Individuen zunächst rapide auf 2 Individuen im Jahr 1996 zurück, um danach wieder allmählich bis auf 15 Individuen im Jahr 1995 anzusteigen. Die Anzahl der *Phyllobolus*-Individuen sinkt im Jahr 1999 erneut auf nur noch 2 Individuen, um im Jahr 2000 wieder auf 5 anzusteigen.

Die Darstellung der Lebensspannen der Individuen (Abbildung 5.5) zeigt, daß in den meisten Beobachtungsjahren Etablierungen von Individuen stattfanden. Während bei *Phyllobolus decurvatus* und *Ruschia elineata* diese Etablierungen weitgehend kontinuierlich stattfanden, waren bei den Arten *Ruschia senaria* und *Stoeberia beetzii* prominentere Etablierungsereignisse feststellbar; bei *Ruschia senaria* besonders in den Jahren 1987, 1990 und 1994, bei *Stoeberia beetzii* besonders in den Jahren 1987, 1988 und 1993 uns also nicht synchron. Eine deutliche Lücke bei den Etablierungen zeigt sich in den Trockenjahren 1998 und 1999. In diesen Jahren wurde bei keiner der hier betrachteten Arten, aber auch bei keiner weiteren perennierenden Art auf der Fläche, eine Neuetablierung festgestellt.

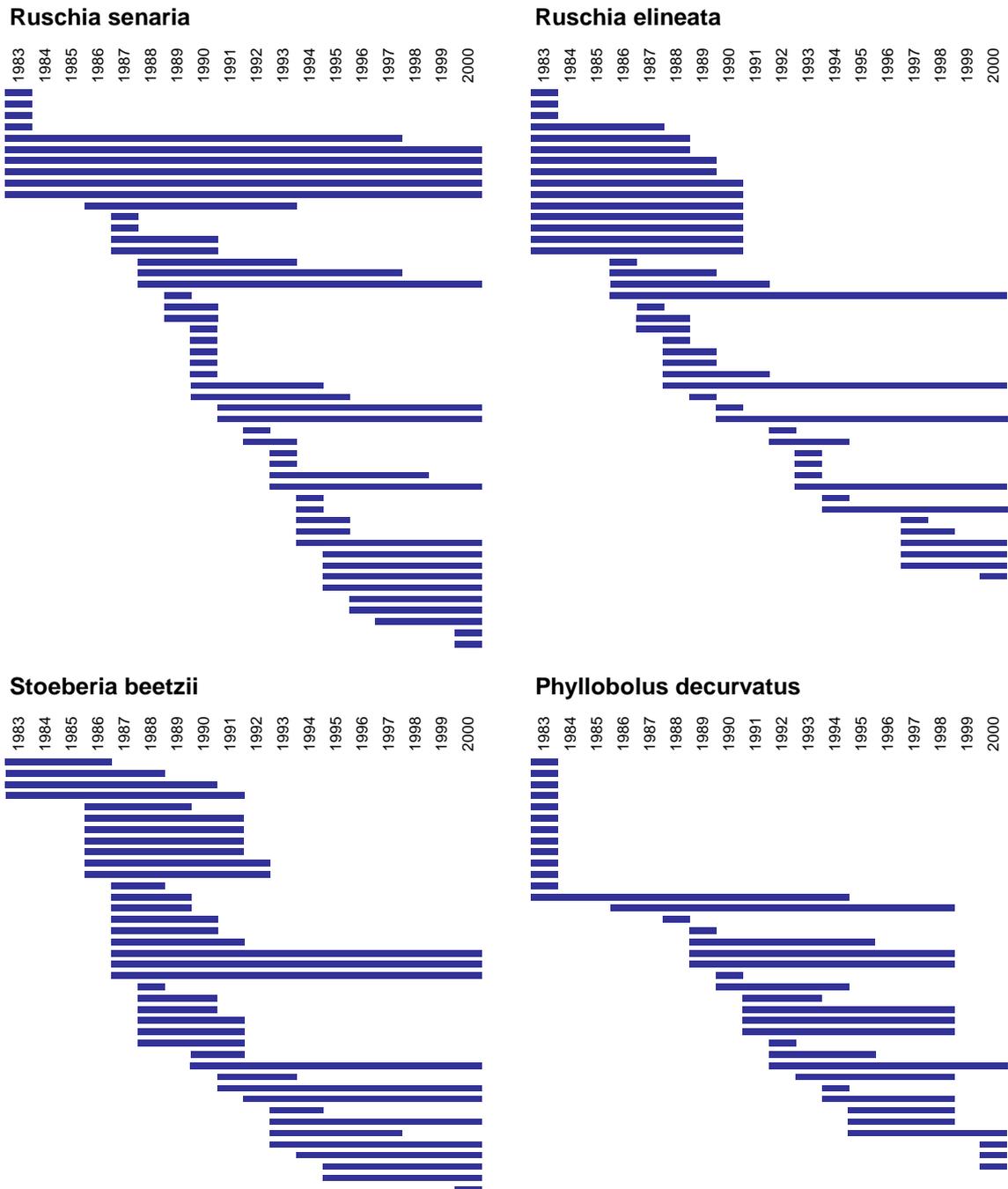


Abbildung 5.5: Lebensspannen der vier ausgewählten blattsukkulente Aizoaceae auf der Dauerbeobachtungsfläche Nr. 10 von 1983 bis 2000. Es ist zu beachten, daß in den Jahren 1984 und 1985 keine Erhebungen durchgeführt worden sind. In diesen Jahren wurden also nur diejenigen Individuen dargestellt, die sowohl 1983 als auch weiterhin im Jahr 1986 auftraten.

Die Mortalität war bei allen Arten hoch. Die beobachtete Lebensdauer betrug in der Mehrzahl der Fälle weniger als 5 Jahre. Nur wenige Individuen erreichten ein Alter von mehr als 10 Jahren. Bei *Ruschia senaria* wurde die höchste Lebensdauer beobachtet mit einem Alter von mindestens 18 Jahren bei 4 Individuen, die bereits 1983 auf der Fläche vertreten waren und auch im Jahr 2000 noch angetroffen wurden. Bei der Art *Ruschia elineata* erreichte 1 Individuum das Alter von mindestens 15 Jahren. Bei der Art *Stoeberia beetzii* sind 4 Individuen seit 13 Jahren auf der Fläche vertreten. *Phyllobolus decurvatus* erreichte in einem Fall ein Alter von mindestens 13 Jahren.

Die Individuenentwicklung auf der Untersuchungsfläche zeigte eine hohe Dynamik im Laufe der Wiederbesiedlung einer – durch Dürre – gestörten Fläche. Mit der im Laufe der Jahre zunehmenden Besiedlungsdichte darf ein steigender Konkurrenzdruck angenommen werden. Nachdem sich konkurrenzkräftige Individuen bzw. Arten etabliert haben, sind die jährlichen Fluktuationen verringert. Dennoch treten bei bestimmten Arten in Trockenjahren auffällige Dynamiken auf. Dies zeigt die Art *Phyllobolus decurvatus* besonders deutlich. Die Individuenzahl dieser Art nimmt in den Trockenjahren 1991 und 1999 stark ab. In den Jahren 1984 und 1985 sind keine Erhebungen vorgenommen worden. Allerdings wird der im darauffolgenden Jahr 1986 festgestellte Rückgang der Individuenzahl seit 1983 als Reaktion auf das Trockenjahr 1984 gedeutet. Die Art *Phyllobolus decurvatus* weist also offenbar eine geringe Dürre-resistenz auf.

Es stellt sich nun die Frage, worauf die unterschiedliche Dürre-resistenz der Arten zurückzuführen ist, da alle Arten der selben Lebensformgruppe, den blattsukkulenten Megachamaephyten, zugeordnet werden. Im weiter differenzierten Vergleich der Arten zeigt sich, daß es sich bei *Phyllobolus decurvatus* um eine Art mit mesomorpher Blattepidermis und großen Blasen-zellidioblasten handelt, die drei anderen betrachteten Arten dagegen weisen eine xeromorphe Blattepidermis auf.

Das Vorkommen dieser beiden unterschiedlichen Epidermistypen und deren mögliche ökologische Bedeutung ist bei IHLENFELDT & HARTMANN (1982) beschrieben und von JÜRGENS (1986) hinsichtlich der Blasen-zellidioblasten der Epidermis weiter differenziert worden. Die hier vorliegenden Langzeitstudien bestätigen die Annahmen hinsichtlich der ökologischen Bedeutung der Epidermisstruktur. Eine xeromorphe Epidermis weist xeromorphe Merkmale auf, wie verdickte Epidermis, dicke Cuticula, dicke Wachsaufgabe, versteckte oder versenkte Spaltöffnungen und xeromorph verdickte Idioblasten. Bei einer mesomorphen Epidermis fehlen xeromorphe Merkmale, die Blätter weisen gegebenenfalls mesomorphe Blasen-zellidioblasten auf und meist eine weiche Konsistenz (JÜRGENS 1986).

Die Arten mit diesen verschiedenen Epidermistypen kommen am selben Standort vor, verfolgen jedoch unterschiedliche Überlebensstrategien. Bei den Pflanzen mit mesomorpher Epidermis handelt es sich um schnellwüchsige Arten, die in Dürrephasen jedoch durch mangelnden Verdunstungsschutz leicht absterben. Die Arten mit xeromorpher Epidermis sind dagegen langsamwüchsig, aber durch den guten Verdunstungsschutz relativ dürre-resistent (IHLENFELDT & HARTMANN 1982). Dies trifft auf die hier betrachteten Arten zu.



Abbildung 5.6: Die blattsukkulente Aizoaceae *Phyllobolus decurvatus*. Diese schnellwüchsige Art weist eine mesomorphe Epidermis mit großen Blaszellen auf.

Bei *Phyllobolus decurvatus* mit mesomorpher Blattepidermis handelt es sich um eine schnellwüchsige Art mit geringer Dürresistenz und verhältnismäßig geringer Lebenserwartung, die drei anderen betrachteten Arten mit xeromorpher Blattepidermis weisen dagegen einen langsamen Wuchs, hohe Dürresistenz und eine relativ hohe Lebenserwartung auf.

Daraus läßt sich schließen, daß sich im Sinne von „Rentabilität“ die „Investition“ in eine xeromorphe Epidermis nur bei relativer Langlebigkeit der Individuen lohnt, da der Aufbau dieser materialreichen Epidermis ein langsames Wachstum bedingt. Die mesomorphe Epidermis kennzeichnet hingegen schnellwüchsige Arten, die das Risiko eingehen, in Trockenzeiten abzusterben und damit eher kurze Lebensspannen aufweisen. Wie sich in der vorliegenden Langzeitstudie gezeigt hat, können sie sich in darauffolgenden guten Regenjahren jedoch rasch wieder regenerieren.

Die Dokumentation der Individuenverteilung auf der Fläche erlaubt einerseits das Verfolgen von Individuen über die Dauer ihrer Lebensspannen, andererseits offenbaren sich auch typische Muster von Populationen. Es lassen sich kleinräumige Standortpräferenzen ablesen. Die Dokumentation zeigt jedoch auch, daß die Populationsmuster im Laufe der fast 20 Untersuchungsjahre einer deutlichen Dynamik unterliegen. Die Individuenmuster der vier ausgewählten Aizoaceae auf der Untersuchungsfläche sind in Abbildung 5.7 illustriert.

5 Vegetationsdynamik

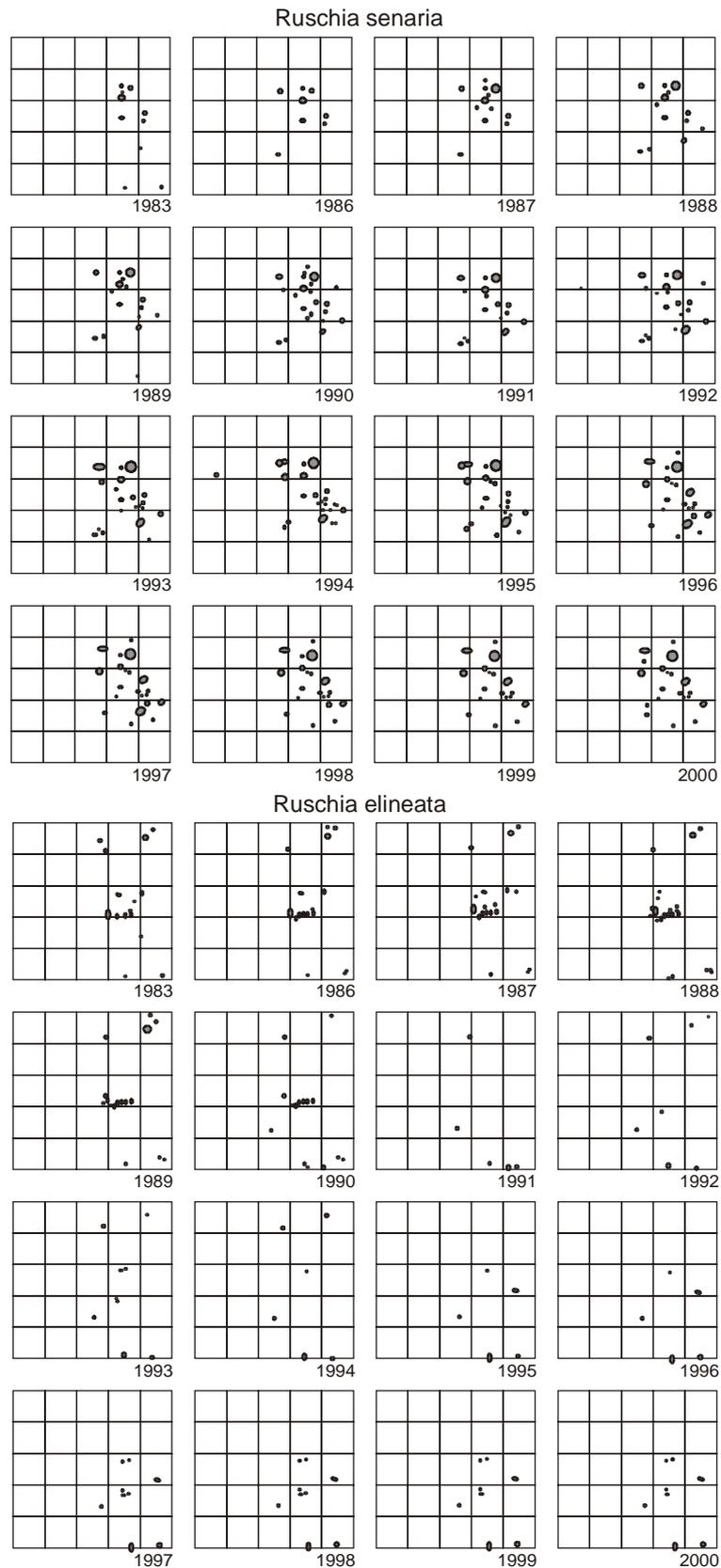


Abbildung 5.7: Individuenmuster der vier ausgewählten Aizoaceae auf der Dauerbeobachtungsfläche Nr. 10 von 1983 bis 2000. Dargestellt ist die $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ -Gesamtfläche, unterteilt in ein $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ -Gitter. Die Punkte geben die Individuen in relativer Lage und Größe wieder.

5 Vegetationsdynamik

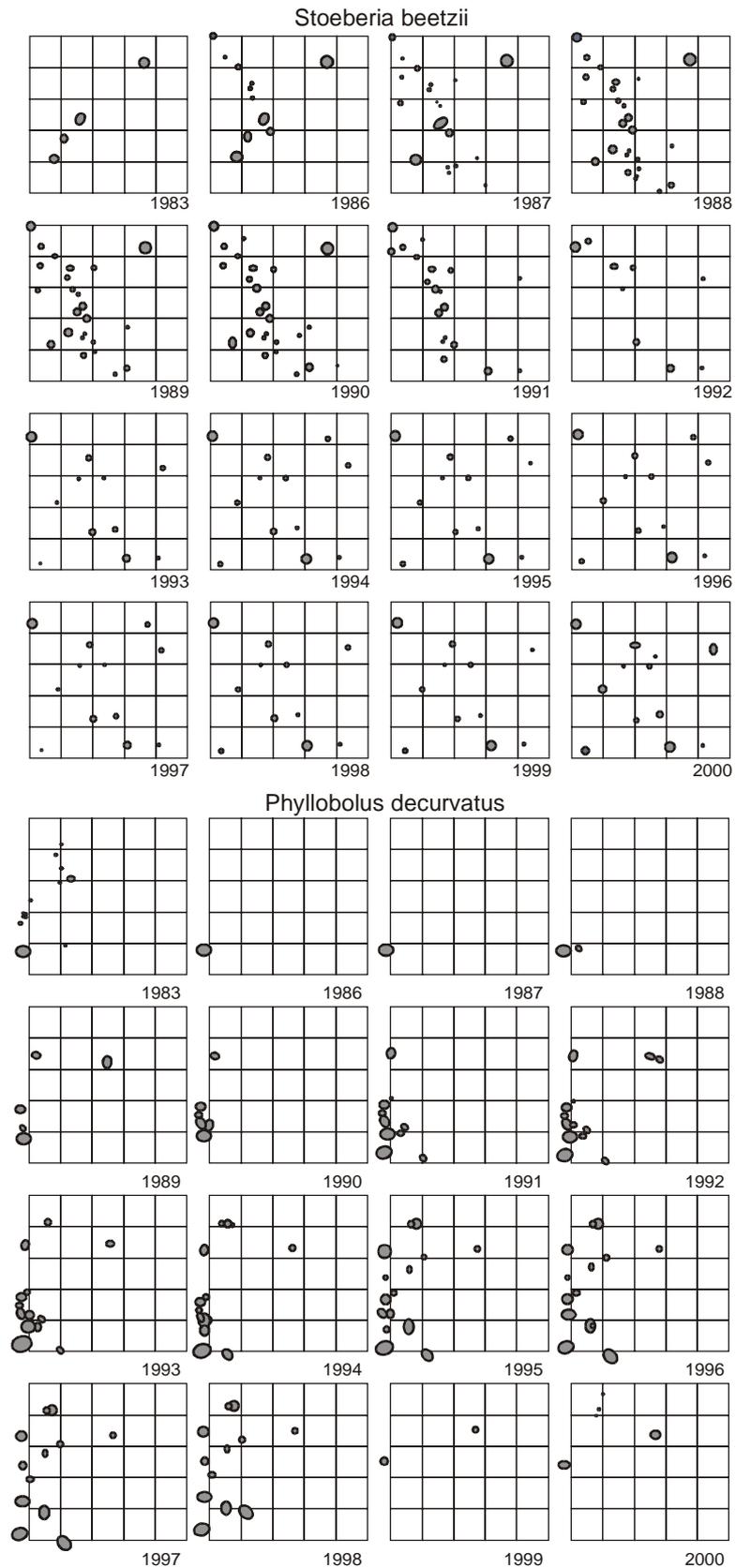


Abbildung 5.7 (Fortsetzung): Individuenmuster der vier ausgewählten Aizoaceae auf der Dauerbeobachtungsfläche Nr. 10 von 1983 bis 2000.

Bei den Individuenmustern der vier hier dargestellten Arten konzentrieren sich die *Ruschia*-Arten auf der rechten Flächenhälfte, *Phyllobolus decurvatus* tritt nur auf der linken Hälfte auf. *Stoeberia beetzii* weist dagegen, nach anfänglicher Konzentration auf der linken Seite, ab 1993 eine gleichmäßige Verteilung auf der Gesamtfläche auf.

Die Untersuchungsfläche weist auf der rechten Seite einen höheren Fels(rippen)anteil auf. Dieser bedingt zum einen einen durch Steine und Fels kompartimentierten Boden, womit Wurzelkonkurrenz vermindert ist, und zum anderen einen erhöhten „Runoff“, welcher die Wasserversorgung auf den Zwischenfelsflächen erhöht. Auf der linken Flächenhälfte sind dagegen vermehrt Schotteranteile vertreten, wodurch hier der Charakter einer Störfläche entsteht. Die Ergebnisse der Populationsmuster geben somit einen Hinweis darauf, daß sich *Phyllobolus decurvatus* auf Störflächen behaupten kann, die *Ruschia*-Arten dagegen störungsarme Standorte mit guter Wasserversorgung und verminderter Wurzelkonkurrenz bevorzugen. *Stoeberia beetzii* scheint hingegen ein indifferentes Verhalten bzw. eine weite ökologische Amplitude aufzuweisen.

Die Musterbildung von Individuen wirft die Frage nach der Ausbreitungsdistanz von Samen auf. Ein räumlich konzentriertes Auftreten von Individuen, das bei *Phyllobolus decurvatus* und bei *Ruschia elineata* beobachtet wurde, könnte auf eine besonders geringe Ausbreitungsdistanz der Samen hindeuten. Im allgemeinen wird bei den Aizoaceae von einer geringen Ausbreitungsdistanz der Samen ausgegangen (IHLENFELDT 1994; PAROLIN 2001), die als Antitelechorie bezeichnet wird (ZOHARY 1937). PAROLIN (2001) hat in Laboruntersuchungen an 52 ausgewählten Arten die Ausbreitungsdistanzen von Samen, induziert durch Wassertropfen („Beregnung“) der Früchte, bestimmt. Die mittleren Ausbreitungsdistanzen lagen zwischen 7 cm und 65 cm, die größte Distanz betrug 164 cm. Für die hier untersuchten Arten liegen jedoch keine Untersuchungen vor. Ausbreitungsdistanzen lassen sich auch nicht von vorhandenen Untersuchungen ableiten, da die Ausbreitungsdistanzen nicht auf bestimmte Fruchtformen zurückzuführen wären und auch nicht gattungsspezifisch sind (PAROLIN 2001). Es wäre also für weitere Untersuchungen interessant, die Ausbreitungsdistanzen der hier vorgefundenen Arten zu testen.

Die hier gezeigte Regeneration einer dürrebeschädigten Vegetation erfolgte trotz eines hohen Beweidungsgrades. Zumindest für diesen Vegetationstyp scheint die Beweidung also keinen elementar schädigenden Einfluß zu haben (siehe auch Kapitel 6).

5.2 Dynamik einer *Cheiridopsis robusta*-Population

Es sollte untersucht werden, inwieweit sich die Anzahl der Blattpaare als Maß zur Beschreibung der Vegetationsdynamiken eignet. Mit der Anzahl der Blätter bzw. Blattpaare wäre ein Maß gegeben, das dem Wert der Biomasse nahe kommt, welche ansonsten auf Dauerbeobachtungsflächen schwierig zu bestimmen ist. Exemplarisch wurde an einer Population von *Cheiridopsis robusta*-Individuen eine Blattpaarzahl durchgeföhrt. *Cheiridopsis robusta* ist eine niedrigwüchsige, sehr kompakte blattsukkulente Art aus der Familie der Aizoaceae.

Diese 5 m x 5 m große Untersuchungsfläche wurde ausgewählt, da sie zu Beginn der Untersuchungen im Jahr 1966 viele kleine *Cheiridopsis*-Individuen – interpretiert als

Jungpflanzen – aufwies. Es wurde für die Folgejahre ein Wachstum der Individuen erwartet, das sich an der Zunahme der Blattpaare pro Individuum ablesen läßt.

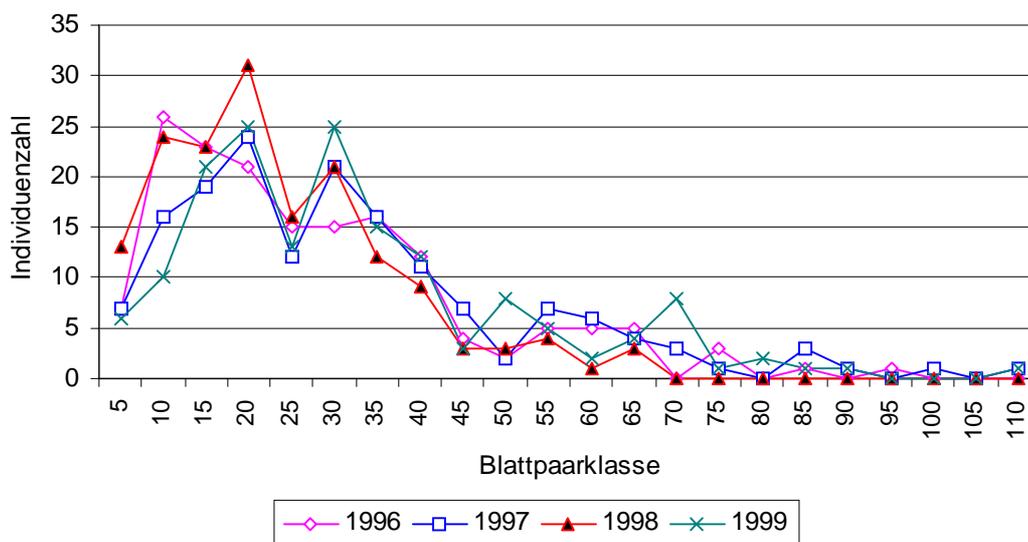


Abbildung 5.8: Zählung der Blattpaare (BP) in einer *Cheiridopsis robusta*-Population für den Zeitraum 1996–1999. In Fünferschritten (1–5 BP, 6–10 BP, usw.) wurden Blattpaar-Klassen gebildet. Die Beschriftung der Ordinate gibt die maximale Zahl der Blattpaare der jeweiligen Klasse an.

In Abbildung 5.8 sind für vier aufeinanderfolgende Jahre die Individuenzahlen pro Blattpaarklasse dargestellt. Die Blattpaarklassen sind in den Schritten 1–5 Blattpaare, 6–10 Blattpaare usw. angelegt. Es zeigte sich, daß sich in den Untersuchungsjahren keine deutliche Erhöhung in der Anzahl der Blattpaare ablesen läßt.

Dies ist vermutlich auf die geringen Niederschläge in den Jahren 1998 und 1999 zurückzuführen.

Erstaunlich war der sehr niedrige Turnover der Population. Insgesamt wurden 166 Individuen in allen Jahren aufgefunden. Drei Keimlinge konnten sich etablieren, fünf Individuen starben ab.

Die Trockenjahre überlebte diese Population also erstaunlich gut. Vermutlich kann sie aufgrund ihrer Kompaktheit die Verdunstungsfläche herabsetzen. *Cheiridopsis robusta* weist zudem eine xeromorphe Epidermis auf. Bei dieser Art kann man aufgrund der Beobachtungen davon ausgehen, daß es sich um einen Stresstoleranz-Strategen handelt. Dieser ist durch Langsamwüchsigkeit gekennzeichnet.

Es wäre jedoch wünschenswert, spätestens fünf Jahre nach der letzten Erhebung eine erneute Blatzzählung vorzunehmen, um damit langfristige Veränderungen dieser Population zu erfassen.

5.3 Ergebnisse der Manipulationsexperimente

Die hier durchgeführten Manipulationsexperimente dienen der Untersuchung von Regenerationspotentialen der Vegetation nach erfolgter Störung. Hierzu wurden auf Untersuchungsflächen die Folgen von Überweidung und von Erosion simuliert. Diese

Manipulationsexperimente wurden in der Koeroegabvlakte im nördlichen Richtersveld angelegt, also in der Einheit der Ebenenstandorte des zentralen Richtersveldes.

In den Jahren 1996 und 1997 wurde jeweils ein Manipulationsexperiment angelegt, bei dem in vier Stufen (B–E) zunehmender Manipulation Pflanzendecke und Bodenoberfläche entfernt wurde. Eine Vergleichsfläche (A) verblieb ohne Eingriffe. Die Wiederbesiedlung der manipulierten Flächen wurde auf Individuenniveau dokumentiert. Die folgenden Erwartungen wurden formuliert:

- Es erfolgt eine Wiederbesiedlung der Flächen, die mit zunehmendem Störungsgrad langsamer verläuft.
- Die Flächen D und E, auf denen – in abgestuftem Maße (1 cm, 5 cm) – der Boden und damit auch die Samenbank entfernt wurde, benötigen deutlich länger zur Regeneration als die beiden anderen Flächen B und C, auf denen nur Pflanzen entfernt wurden. Eine irreversible Störung der Vegetation auf der Fläche E wird für wahrscheinlich gehalten.
- Die Wiederbesiedlung mit Annuellen erfolgt schneller als die mit perennierenden Arten.
- Die auf der Fläche B belassenen toten Pflanzen fungieren als safe sites, so daß unter ihnen vermehrt Keimlinge, insbesondere von perennierenden Arten, zu finden sind.

Wie in Abbildung 5.9 dargestellt, erfolgt auf den im Jahr 1996 manipulierten Flächen im Folgejahr eine Wiederbesiedlung fast ausschließlich mit annuellen und biennen Arten. In den Jahren 1998 und 1999 waren bei beiden Experimenten („Manipulation alt“ und „Manipulation neu“) die Manipulationsflächen vegetationsfrei, die Vergleichsflächen wiesen nur perennierende Arten auf. Dies ist zurückzuführen auf die sehr geringen Niederschläge in diesen Jahren. Auch auf den anderen Untersuchungsflächen der Autorin blieben die Annuellen und Biennen in diesen Jahren aus, Neuetablierungen fanden kaum statt (siehe auch Kapitel 6). In den Jahren 2000 und 2001 folgte in beiden Experimentansätzen eine Wiederbesiedlung. Die Deckungswerte im Jahr 2001 waren generell höher als im Vorjahr. Der Anteil der perennierenden Arten an der Deckung lag immer noch deutlich unter dem auf der Vergleichsfläche. Im Jahr 2001 war der Anteil der Perennen jedoch im Vergleich zum Vorjahr erhöht.

Die Erwartungen in die Staffelung des Regenerationsgrades wurden weitgehend erfüllt. Überraschend war jedoch in beiden Experimenten der hohe Deckungsanteil auf den Flächen E. Erklärt wird dies damit, daß diese Flächen wie ein „Auffangbecken“ sowohl für Wasser als auch für Samen wirkten. Dies kommt dadurch zustande, daß hier das Bodenniveau 5cm tiefer liegt als in der unmittelbaren Umgebung. Somit wurden Samen und Wasser bevorzugt ein- und kaum ausgespült bzw. -geweht. Es wurde auch beobachtet, daß die annuellen Individuen auf dieser Fläche großwüchsiger waren als auf den anderen Manipulationsflächen, was für eine bessere Wasserversorgung spricht. Hier zeigt sich eine Parallele zu den Beobachtungen an Erosionsrinnen (siehe Kapitel 5.6), in denen ebenfalls Verfüllungen mit Feinmaterial, verbunden mit gutwüchsigen Pflanzen beobachtet wurden.

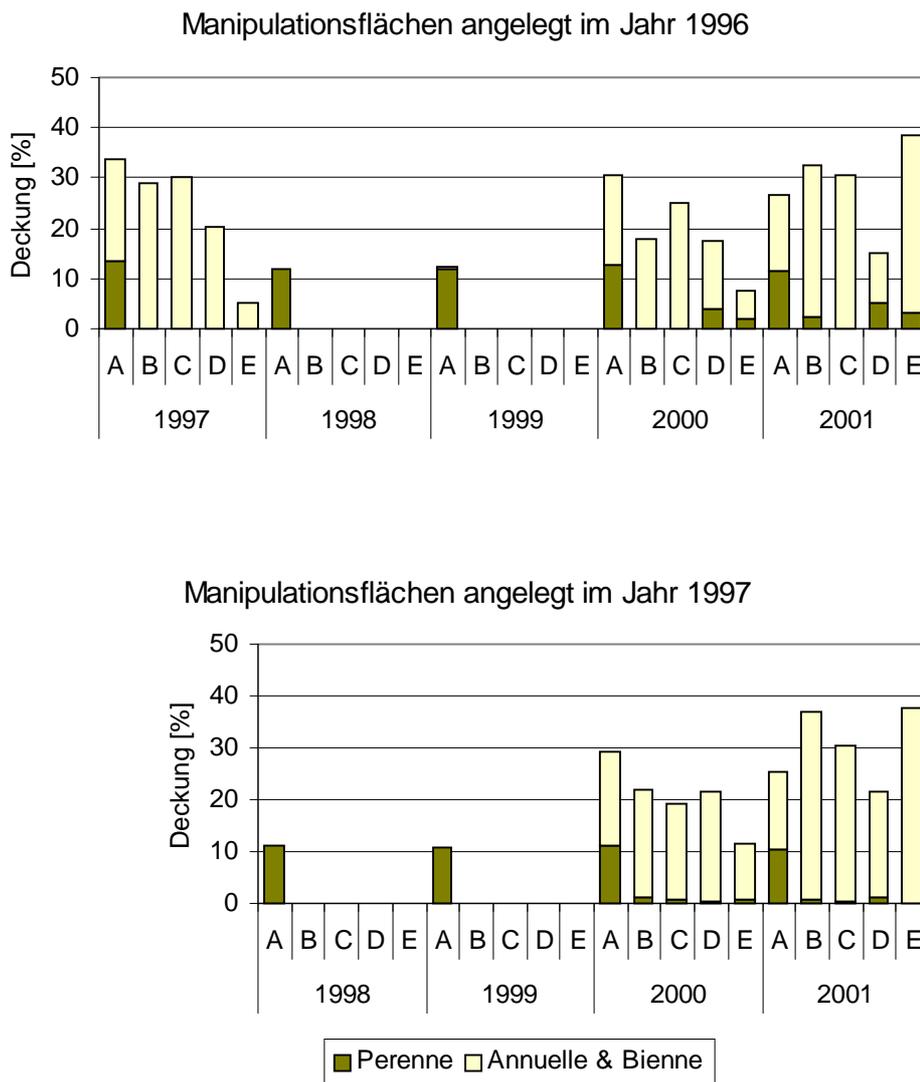


Abbildung 5.9: Wiederbesiedlung der Manipulationsflächen. Die obere Graphik zeigt die Flächen Nr. 37–41 („Manipulation alt“, Manipulation erfolgte im Jahr 1996), die untere die Flächen Nr. 42–46 („Manipulation neu“, Manipulation erfolgte im Jahr 1997). Die Flächen A–E entsprechen folgenden Eingriffen: A: unmanipulierte Vergleichsfläche, B: Pflanzen entfernt, aber tote Pflanzen belassen, C: alle Pflanzen entfernt, D: alle Pflanzen & 1 cm Boden entfernt, E: alle Pflanzen & 5 cm Boden entfernt.

Die Erstbesiedlung erfolgte mit annuellen Arten. Vor allem *Oncosiphon piluliferum* war in hoher Individuenzahl und Deckung vertreten. Mit niedriger Individuenzahl und geringer Deckung (0,01 %) waren die biennen Arten *Mesembryanthemum barklyi*, *Phyllobolus oculatus* und *Didelta carnosus*, sowie die Annuellen *Lotononis falcata*, *Mesembryanthemum hypertrophicum*, *Sesuvium sesuvioides* und *Leysera tenella* vertreten. Diese Arten entsprechen dem üblichen Arteninventar der Vegetationseinheit. Im Jahr 1997 trat auf allen Flächen mit Ausnahme der Fläche D in wenigen Exemplaren die perennierende Art *Oxalis pes-caprae* auf. Diese muß jedoch als Relikt der ursprünglichen Vegetation betrachtet werden: als Geophyten mit ihren in mehr als 5 cm

Tiefe sitzenden Speicherorganen waren sie im Zuge der Manipulationen nicht entfernt worden, da sie zum betreffenden Zeitpunkt nicht an der Oberfläche erschienen waren.

Bei den ersten neuetablierten perennierenden Pflanzen auf den Flächen im Jahr 1997 handelte es sich um Individuen von *Psilocaulon salicornioides*. Diese Art wird als typischer Ruderalstrategie angesehen.

Ab dem Jahr 2000 traten als weitere perennierende Arten *Galenia crystallina* und *Hypertelis salsoloides* hinzu, die hier ebenfalls als Ruderalstrategen eingestuft werden. Es wird zudem vermutet, daß diese Arten insbesondere infolge von Sommerniederschlägen gefördert werden, da sie auch auf anderen Untersuchungsflächen der Autorin im Jahr 2000 vermehrt auftraten.

Die erste Art, die auf den manipulierten Flächen als typischer Konkurrenzstrategie vorzufinden war, war die perennierende Art *Eberlanzia ebracteata* „Inland“. Sie ist ein charakteristischer Bestandteil der Vegetationseinheit. Sie trat mit nur einem Exemplar im Jahr 2001 auf, allerdings auf der am stärksten gestörten Fläche E der im Jahr 1996 angelegten Manipulationsexperimente. Andere als Konkurrenzstrategen angesehene und häufige Arten dieser Einheit, wie *Brownanthus pseudoschlichtianus* oder *Drosanthemum inornatum*, wurden im Untersuchungszeitraum nicht vorgefunden.

Die Bedeutung der Samenbank wurde v.a. in Hinblick auf die Annuellen und Biennen deutlich. Auf den im Jahr 1996 angelegten Manipulationsflächen wurden auf der Fläche D, auf der nur 1 cm Boden entfernt worden war, deutlich mehr Individuen als auf der Fläche E mit 5 cm Bodenabtrag vorgefunden, aber weniger als auf den Flächen ohne Bodenabtrag. Die Individuen waren zudem gleichmäßig verteilt, mit einer geringfügigen Konzentration an den Randbereichen der Fläche. Dies weist darauf hin, daß die Individuen weitgehend aus der (Rest-) Samenbank entstammen, die 1 cm unterhalb der ursprünglichen Bodenoberfläche noch vorhanden war. Auf der Fläche E waren die Etablierungen von Annuellen und Biennen vorwiegend am Rand der Fläche zu verzeichnen, was darauf hindeutet, daß diese Samen eingespült oder eingeweht wurden. Es läßt sich vermuten, daß in 5 cm Bodentiefe keine Samenbank mehr vorhanden ist. Nach spätestens zwei regenreichen Jahren waren die Samenbanken der annuellen Arten wieder aufgefüllt.

Bezüglich der Perennierenden gab es keine klaren Unterschiede bei der Besiedlung der manipulierten Flächen. Allerdings sind die als Konkurrenzstrategen angesehenen Arten, bis auf einen Keimling von *Eberlanzia ebracteata* „Inland“, bislang nicht auf der Fläche aufgetreten.

In diesem Experiment hatten die manipulierten Flächen nach fünf Jahren bezüglich der Vegetationsbedeckung in den meisten Fällen das Niveau der Vergleichsfläche erreicht und sogar übertroffen. Dennoch sind die gestörten Flächen noch weit von dem ursprünglichen Zustand entfernt, insbesondere in bezug auf die Artenzusammensetzung der perennierenden Arten.

Die Trockenjahre 1998/1999 haben die Wiederbesiedlung der Flächen verzögert. Perenne Arten traten bislang als Ruderalstrategen auf, die Besiedlung mit typischen Konkurrenzstrategen hat fünf Jahre nach erfolgter Manipulation noch nicht eingesetzt.

Auf den mit Manipulationsstufe B bezeichneten Flächen zeigte sich nicht die erwartete verstärkte Ansiedlung perennierender Pflanzen, das heißt, daß die als safe sites angebotenen Totpflanzen nicht genutzt wurden.

Die Regenerationszeit dürfte bei mindestens 10 Jahren liegen, wobei die Flächen, auf denen Boden entfernt wurde, nicht eindeutig länger brauchen.

Die schluffigen Sande dieser Vegetation sind den Bodenuntersuchungen zufolge in den oberen 0–20 cm weitgehend homogen. Eine Entfernung von mehr Bodenmaterial könnte zu stärkeren und irreversiblen Störungen führen. Beobachtungen im Feld zeigten auch, daß flache Erosionsrinnen durchaus auch (in guten Regenjahren) Vegetation tragen. Dies stützt die These, daß Vegetationsstörung und Bodenabtrag – was beides durch Beweidung (und Überweidung) bewirkt werden kann – reversibel sind, sofern sie in geringem Umfang stattfinden. Dies zeigen auch die Beobachtungen an Erosionsrinnen (siehe Kapitel 5.6) sowie die Untersuchungen von OSTERLOH (2000) auf Stockpostflächen.

5.4 Ergebnisse der Bewässerungsexperimente

Die Bewässerungsexperimente dienten der Untersuchung der Bedeutung des Niederschlages auf die Keimung von Pflanzen. Sie wurden in den Trockenjahren 1998 und 1999 durchgeführt. Zu Experimentbeginn im September war in beiden Jahren aufgrund der äußerst geringen Winterniederschläge keine Annuellenvegetation entwickelt worden, nachdem die zur Keimung ausreichenden Winterniederschläge ausgeblieben waren. Die Wassergaben reichten von 10 bis 90 mm pro Quadratmeter-Fläche. Eine Vergleichsfläche wurde nicht begossen. Die folgenden Erwartungen wurden formuliert:

- Durch künstliche Bewässerung wird die Keimung von Pflanzen angeregt, und mit zunehmender Bewässerungsmenge stellt sich eine Steigerung des Keimungserfolges ein.
- Perennierende Pflanzen keimen bevorzugt bei den größeren Bewässerungsmengen.

Die zweite Erwartung stützt sich auf die Annahme, daß bei den größeren Bewässerungsmengen die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Etablierung erhöht ist – nur bei ausreichender Wassermenge kann eine Jungpflanze ausgebildet werden, die kräftig genug ist, die Trockenzeit bis zur nächsten Vegetationsperiode zu überdauern. Im ersten Jahr wurden fünf Wochen nach Beginn des Experiments einige wenige Keimlinge (maximal 12 Keimlinge pro Fläche) auf den Flächen ab 50 mm Bewässerung festgestellt. Es handelte sich um Keimlinge der Arten *Oncosiphon piluliferum*, *Lotononis strigillosa* und um einen Geophyt „Grasblatt“. Die meisten dieser Individuen (75 %) starben im frühen Keimlingsstadium wieder ab.

Da nach den Ergebnissen im ersten Jahr vermutet wurde, daß die Wassergaben zu spät im Jahr erfolgt waren und die Keimungsphase bereits verpaßt gewesen sein könnte, wurde das Experiment im zweiten Jahr Anfang August und damit einen Monat früher gestartet.

Aber hierbei wurden keine Keimungen beobachtet. Allerdings fiel gegen Ende der Beobachtungsphase Ende September ein später Winterniederschlag in Höhe von 25 mm. Dieser führte in der gesamten Koeroegabvlakte zu einer Massenkeimung mit im Schnitt 85 Individuen pro Quadratmeter. Es keimten die Arten *Oncosiphon piluliferum*, *Mesembryanthemum hypertrophicum*, *Mesembryanthemum squamulosum* und *Lotononis falcata*, also bienne und annuelle Arten, aber keine perennierenden. In Abbildung 5.10 sind die Keimungen auf den Bewässerungsflächen in beiden Jahren dargestellt, wobei der Keimungserfolg im Jahr 1999 auf den Winterregen zurückgeführt wird. Der einzige Effekt, der im Jahr 1999 durch das Gießen bewirkt wurde, war der, daß die Individuen auf der 90 mm-Fläche größer und kräftiger wirkten als auf den übrigen Flächen. Darüberhinaus wurde – auch im Vergleich zur Vergleichsfläche sowie zur umgebenden Vegetation – kein Bewässerungseffekt wahrgenommen.

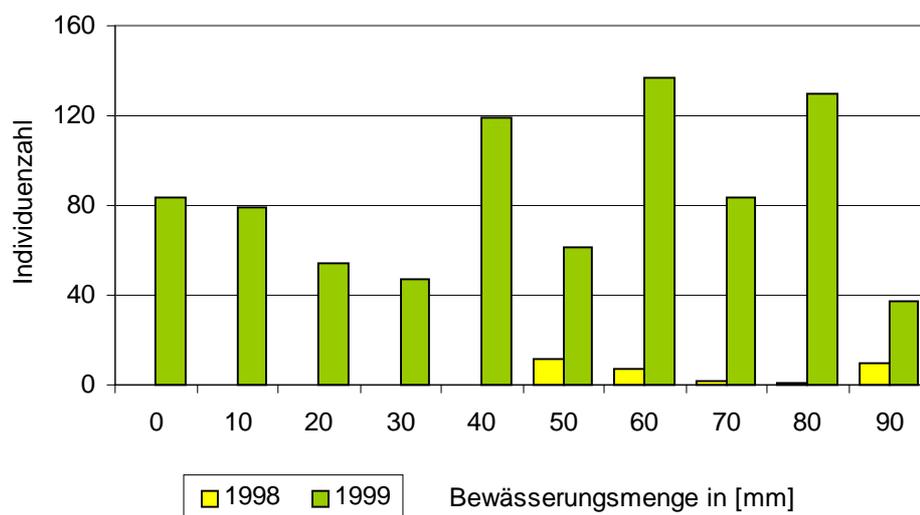


Abbildung 5.10: Anzahl der gekeimten Individuen auf den Bewässerungsflächen. Die Keimungen im Jahr 1999 werden auf das späte Winterregenereignis zurückgeführt, nicht aber auf die Bewässerung.

Zumindest im Falle der (nach dem Regen gekeimten) Annualen und Biennen sind diese also auch zu diesem späten Zeitpunkt im Jahr zur Keimung befähigt. Damit muß der nach der Bewässerung erfolgte geringe Keimungserfolg anders erklärt werden. Das Experiment läßt vermuten, daß die Keimung von der „geeigneten“ Kombination von Temperatur und Wasserzufuhr abhängig ist. Vermutlich sind zumindest einige Tage andauernde kühle Temperaturen verbunden mit ausreichender Feuchtigkeit eine Voraussetzung für den Keimungserfolg. Der ökologische Sinn läßt sich darin sehen, daß nur in dieser Kombination die Individuen die Zeit haben, die geringen Winterniederschläge zu nutzen, bevor das Wasser wieder bei hohen Lufttemperaturen und hoher Sonneneinstrahlung verdunstet.

5.5 Weitere vegetationsbestimmende Faktoren

Im Laufe der Untersuchungen sind einige biotische Einflüsse auf die Vegetation beobachtet worden, die sich in Einzelfällen auch auf das Vegetationsbild der Untersuchungsflächen ausgewirkt haben. Sie sollen daher im Folgenden dargestellt werden.

Termiten und Ameisen

Termiten und Ameisen sind ein typischer Bestandteil der südafrikanischen Ökosysteme (BECKER & GETZIN 2000; DEAN & YEATON 1993; PETAL 1978; SMITH & YEATON 1998). Einige koloniebildende Arten mit unterirdischer Nestbauweise bewirken auffällige kreisförmige Strukturen in der Vegetation. Diese können entweder durch vegetationsfreie Flächen oder aber durch Flächen mit andersartiger Vegetation gekennzeichnet sein und sich dadurch von der Matrixvegetation abheben. Im Winterregengebiet treten sogenannte „Round spots“, auch „Heweltjies“ genannt, auf, im Sommerregengebiet dagegen die sogenannten Feenkreise. Das Richtersveld, das sich im Übergang zwischen beiden Klimaregimen befindet, weist beide Strukturen auf, v.a. aber Heweltjies. Diese lassen sich auf Luftbilddaufnahmen gut erkennen und sind überwiegend in schluffreichen Ebenen vorzufinden, gelegentlich auch in Hanglagen. Bei der Auswahl der Dauerbeobachtungsflächen wurden die Heweltjies wahrgenommen, und es wurde vermieden, in ihren Einflußbereich zu gelangen. Es wurden aber gelegentlich kleinere Ameisen- und Termitenbauten auf den Flächen festgestellt. An Nesteingängen wurden Pflanzenteile von *Brownanthus pseudoschlichtianus* und *Psilocaulon salicornioides* sowie Samen von *Oncosiphon piluliferum* aufgefunden. Bei ersteren beiden handelte es sich um trockene Pflanzenteile, die die Tiere mit Sicherheit auch besser transportieren können als die frischen wasserreichen und daher schweren sukkulenten Pflanzenbestandteile. Dennoch ist nicht auszuschließen, daß die Tiere in solcher Weise auf die Pflanzen einwirken, daß sie Pflanzenteile zum Absterben bringen.

Kleinsäuger

Kleinsäuger sind im Richtersveld vertreten und treten oft in Zusammenhang mit Heweltjies auf, wie an den Spuren ihrer Grabtätigkeiten abzulesen ist. Auf den Untersuchungsflächen wurden Grabaktivitäten dokumentiert, allerdings handelte es sich in allen Fällen um oberflächliche Wühltätigkeiten, Bauten wurden nicht angelegt und wurden auch nicht in unmittelbarer Nähe zu Untersuchungsflächen festgestellt. Somit kann Pflanzenfraß durch Kleinsäuger nicht ausgeschlossen werden, ihm wird aber für die betrachteten Untersuchungsflächen keine entscheidende Bedeutung beigemessen.

Fördernde und hemmende Einflüsse durch Pflanzen

Über allelopathische Wirkungen kann auf Grundlage der Beobachtungen nur spekuliert werden. Es war jedoch auffällig, daß Bodenflächen unterhalb von Individuen der Art *Tylecodon paniculatus* wenig bewachsen waren. Nach dem Absterben dieser Pflanzen blieben tote Pflanzenreste über Jahre hinweg erhalten und verhinderten eine Wiederbesiedlung. Auch bei Arten der Gattung *Euphorbia*, insbesondere bei *E. gummifera* und *E. mauritanica*, wurde dieser Effekt beobachtet. In unmittelbarer Umgebung toter

Stümpfe wurden dauerhaft vegetationsfreie Flächen im Radius von 10 bis 20 cm festgestellt, auch nachdem die Individuen schon viele Jahre (mindestens 10 Jahre) abgestorben waren. Allelopathische Wirkungen werden daher vermutet, sind aber noch nicht untersucht worden.

Den gegenteiligen Effekt zeigten dagegen Flächen, auf denen Individuen von *Brownanthus pseudoschlichtianus* abgestorben waren. Hier zeigte sich eine bevorzugte Keimung, insbesondere der Art *Psilocalon salicornioides*. Es wird vermutet, daß hier die unterhalb der *Brownanthus*-Individuen festgestellten Anreicherungen von Feinmaterial (sogenannte „phytogenic mounds“) diesen Effekt bedingen. Hier dürfte das Feinmaterial mit Nährstoffen und Pflanzensamen angereichert sein, womit die Keimungsbedingungen verbessert sind.

5.6 Erosion

Bodenerosion wird als eines der wichtigen Kennzeichen von Degradation angesehen. Es ist kein spezifisches Problem der Trockengebiete, sondern tritt weltweit v.a. auf landwirtschaftlich genutzten bzw. übernutzten Flächen auf. In Trockengebieten wird Erosion insbesondere im Zusammenhang mit Wüstenausbreitung diskutiert (HOFFMAN & ASHWELL 2001; MENSCHING 1990). Für das Gebiet des Richtersveldes wird die Bodendegradation nach dem Soil Degradation Index (SDI) als schwach (Light) eingestuft. Der Index umfaßt vier Abstufungen (Insignificant, Light, Moderate, Severe) und ist für die Distrikte der Republik Südafrika verzeichnet (KELLNER 2000).

Im Richtersveld wurden Winderosion nach Staubstürmen und Wassererosion nach Regenfällen beobachtet. Um dem Phänomen der Erosion nachzugehen, wurde auf den Dauerbeobachtungsflächen die Erosion durch Wasserabtrag anhand der Erosionsrinnen dokumentiert. Bei der Kartierung der Erosionsrinnen wurden auf zwölf der Untersuchungsflächen deutliche Erosionsrinnen verzeichnet. Diese zählen ausnahmslos zu den Ebenenstandorten des zentralen Richtersveldes. Die Kartierung von Lage und Ausmaß der Rinnen zeigte keine Veränderung in den Jahren 1997 bis 1999. Im Jahr 2000 war im gesamten Richtersveld eine Zunahme und Vergrößerung von Erosionsrinnen zu beobachten, die auf die den starken Sommerregen zu Beginn des Jahres zurückzuführen ist. Bei den Untersuchungsflächen waren hiervon insbesondere die Ebenenstandorte des zentralen Richtersveldes betroffen.

Auf den Hangstandorten konnten keine Erosionsrinnen festgestellt werden, die Bodenoberflächen zeigten in der Regel dennoch Spuren von Wasserabfluß. Hier wird die Erosion vermutlich durch den dichten Pflanzenbewuchs (siehe Kapitel 4.2.2) und die Bodenkompartimentierung durch Felsen verringert. Auf den grobkörnigen Standorten des Sommerregengebietes und den küstennahen Standorten können die bei Starkregen auftretenden Wassermassen leichter in den Boden eindringen als auf den schluff- und lehmreichen Standorten des zentralen Richtersveldes. Hier zeigt sich also ein verstärkter Oberflächenabfluß, der Feinmaterial abschwemmt und Erosionsrinnen bildet.

Im Folgenden wird eine von Erosion besonders betroffene Dauerbeobachtungsfläche vorgestellt. Diese Fläche Nr. 20 liegt im zentralen Richtersveld in einem an dieser Stelle etwa 300 m breiten Tal und weist eine Inklination von 3° auf.

Die Abbildung 5.11 zeigt das Photo einer der Erosionsrinnen auf dieser Fläche. Es wird deutlich, daß die Rinne an größeren perennierenden Pflanzenindividuen zur Richtungsänderung gezwungen wird. Dies entspricht der allgemeine Annahme, daß die perennierende Pflanzendecke durch ihr Wurzelwerk das Erdreich festhält (MENSCHING 1990). Die erosionshemmende Wirkung wird für das Richtersveld auch von OSTERLOH (2000) berichtet. Einige kleine Pflanzenindividuen sind jedoch bei den Sommerregen im Jahr 2000 weggespült worden, insbesondere Vertreter der schwach perennierenden Art *Hypertelis salsoloides*. Bei einzelnen weiteren Pflanzenindividuen wurde das Wurzelwerk freigespült.



Abbildung 5.11: Erosionsrinne auf der Dauerbeobachtungsfläche Nr. 31 im Jahr 2000 (vgl. Abb. 5.12 unten, Erosionsrinne rechts mittig).

In der Abbildung 5.12 wird die Zunahme und Vergrößerung der Erosionsrinnen im Vergleich der Jahre 1999 und 2000 gezeigt. Dabei ist eine Rinne im rechten Teil der Fläche hinzugekommen. Vier Rinnen haben sich paarweise vereinigt zu zwei verzweigten Rinnen. Zu bestehenden Verästelungen sind weitere hinzugekommen.

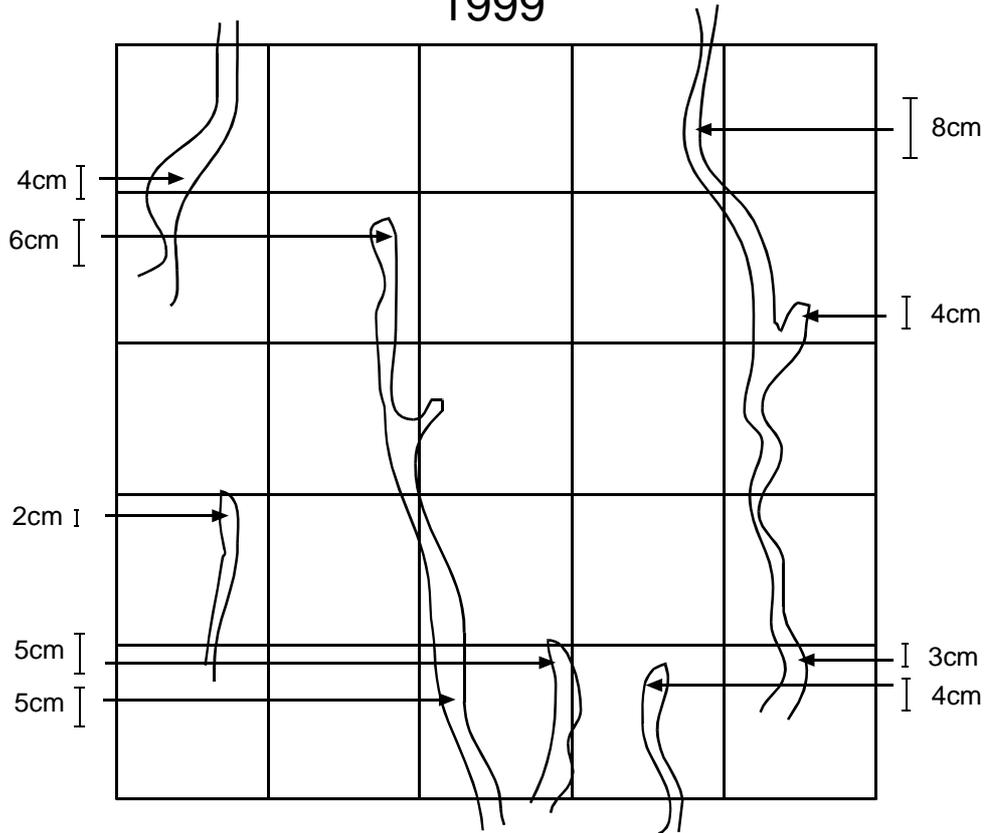
Die Erosionsrinnen haben sich nach den Sommerregen deutlich eingetieft. Lag die tiefste Auswaschung im Jahr 1997 noch bei 8 cm Tiefe, so wurden an gleicher Stelle im Jahr 2000 schon 12 cm gemessen. Im Jahr 1999 machten die Erosionsrinnen 7,4 % der Fläche aus, im Jahr 2000 waren es bereits 12,5 %.

Im Folgenden wird eine grobe Abschätzung des Bodenverlustes durch Erosion vorgenommen. Die Berechnungsgrundlagen hierzu sind in Kapitel 3.6.1 dargestellt.

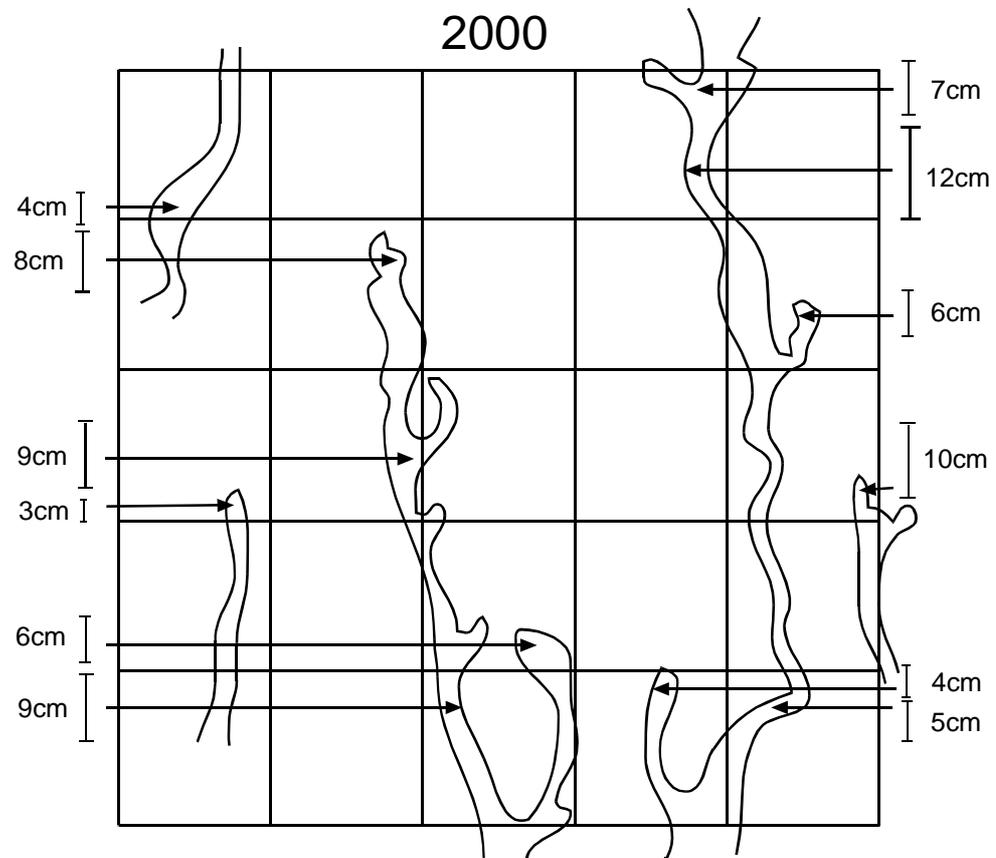
Im Jahr 1999 nahmen die Erosionsrinnen auf der 10 m × 10 m-Fläche (100 m²) eine Fläche von 7,4 m² ein und wiesen eine mittlere Rinnentiefe von 2,7 cm auf. Zu diesem Zeitpunkt waren von der als ursprünglich angesehenen Fläche bereits insgesamt 0,2 m³ Boden und damit 284 kg Boden durch Erosion verlorengegangen.

Abbildung 5.12 (folgende Seite): Kartierung von Erosionsrinnen auf der Dauerbeobachtungsfläche Nr. 31. Dargestellt ist die 10 m × 10 m-Fläche mit ihrer 2 m × 2 m-Unterteilung. Die Erosionsrinnen auf der Gesamtfläche sind im Vergleich der Situationen von 1999 (oben) und 2000 (unten) dargestellt. Die maximale Rinnentiefe von Rinnenabschnitten ist an der Seite vermerkt. Die Längen der Meßbalken sind im Vergleich zur Fläche nicht maßstabsgetreu, sondern überhöht dargestellt.

1999



2000



Im Jahr 2000 hingegen beträgt die Erosionsfläche bereits $12,5 \text{ m}^2$ und die mittlere Rinnentiefe $3,2 \text{ cm}$. Dies entspricht einem Verlust an Bodenmaterial von insgesamt $0,4 \text{ m}^3$ bzw. 568 kg Boden. Dies bedeutet, daß durch die starken Sommerregen Anfang des Jahres 2000 auf der Untersuchungsfläche $0,2 \text{ m}^3$ bzw. 284 kg Boden verlorengegangen sind, das fortgespülte Volumen wurde durch diese Regenfälle exakt verdoppelt.

Es zeigte sich, daß die starken Sommerregen einen gravierenden Einfluß auf die Erosion haben können. Der Einfluß von Winterregen wird dagegen als gering erachtet, da die Erosionsrinnen nach Winterregen keine Veränderungen aufwiesen. Beobachtungen in der Koeroegabvlakte des zentralen Richtersveldes zeigten in den Erosionsrinnen Verfüllungen mit vermutlich eingewehtem und eingespültem Feinmaterial. Zudem war in diesen Fällen ein verstärktes Pflanzenwachstum von annualen Arten in den Rinnen festzustellen. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, daß sich zusammen mit dem Abfluß von Niederschlagswasser auch mitgeführte Pflanzensamen gerade in den Erosionsrinnen sammeln und dort dadurch günstige Keimungsbedingungen entstehen. Ein Gleichgewicht zwischen Abtrag und Verfüllung scheint aber angesichts der im Gebiet beobachteten Vielzahl von Erosionsrinnen nicht vorzuliegen. Es wird vielmehr von einem Überwiegen der Bodenverluste ausgegangen.

Eine weitere Beobachtung war jene, daß Viehtriften häufig abschnittsweise in Erosionsrinnen übergangen. Hier stellt sich die Frage nach dem ursächlichen Zusammenhang. Einerseits ist anzunehmen, daß die Tiere die vegetationsfreien, von den Rinnen geschaffenen „Gassen“ bevorzugen, andererseits wird durch Tritt die Bodenoberfläche und werden insbesondere Biokrusten gestört bzw. zerstört. Dieses fördert eine erhöhte Bodenmobilität (ELDRIDGE 1998; OSTERLOH 2000). Vermutlich bedingen sich beide Aspekte gegenseitig, wobei mit zunehmender Trittbelastung zunehmende Erosion vermutet wird. Das Ausmaß des Beweidungseinflusses auf die Erosion läßt sich auf Grundlage der hier vorgenommenen Untersuchungen nicht zeigen, hierzu wären weitere Untersuchungen wünschenswert.

6 Beweidungsökologie

6.1 Beweidungsausschlußexperimente

Der Untersuchung von Auswirkungen der Beweidung auf die Vegetationsdynamik dienten Beweidungsausschlußexperimente. Hierzu wurden Untersuchungsflächen eingezäunt und damit der Beweidung entzogen. Benachbart dazu wurden Vergleichsflächen angelegt, die weiterhin der Beweidung ausgesetzt waren.

Die Untersuchungsflächen liegen in Ebenen und an Hangfüßen, da dort die höchste Beweidungsintensität besteht. Beweidet wird mit Ziegen und Schafen, seltener mit Rindern. Die Kleinviehherden umfassen meist 50 bis 300 Tiere, maximal 900 Tiere. Die Tiere fressen v.a. junge Triebe, Blüten und Annuelle.

Die Flächen wurden unter der Grundannahme eingerichtet, daß auf den eingezäunten Flächen durch den Beweidungsausschluß eine Regeneration der Vegetation, insbesondere hinsichtlich der Parameter a) Vegetationsdeckung, b) Größenentwicklung (Wachstum), c) Reproduktion und d) Etablierung von Keimlingen eintreten würde. Demnach wurden für die Paare der Vergleichsflächen (beweidet/unbeweidet) Unterschiede in der Vegetationsentwicklung postuliert. Die Hypothesen und die tatsächlichen Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

Die Entwicklungen waren auf allen Paaren von Untersuchungsflächen nahezu identisch. Für die Darstellung von detaillierten Betrachtungen wurde ein für die generell beobachteten Entwicklungen als typisch erachtetes Beispielflächenpärchen herausgegriffen. Es handelt sich um die Untersuchungsflächen Nr. 31 (Beweidungsausschlußfläche) und Nr. 32 (Vergleichsfläche). Sie sind in der Koeroegabvlakte im Norden des Richtersveldes gelegen und zählen zur Einheit der Ebenenstandorte des zentralen Richtersveldes.

- Erwartung 1: „Der Beweidungsausschluß macht sich im Vergleich zur weiterhin beweideten Fläche schon im Vegetationsbild bemerkbar.“

Ergebnis: Beim Betrachten der Flächen läßt sich kein Unterschied im Vegetationsbild zwischen der beweideten und der unbeweideten Fläche erkennen (Abbildung 6.1). In allen Beobachtungsjahren (ab der Auszäunung 1997) ließ sich auf keiner der untersuchten Flächen ein sogenannter „Fenceline-effect“ (TODD & HOFFMAN 1999) feststellen. Der „Fenceline-effect“ tritt als sichtbarer Vegetationsunterschied bei aneinandergrenzenden Gebieten auf, der durch unterschiedliche Beweidungsintensitäten oder Beweidungsmanagement auf den beiden Zaunseiten zustandekommt.

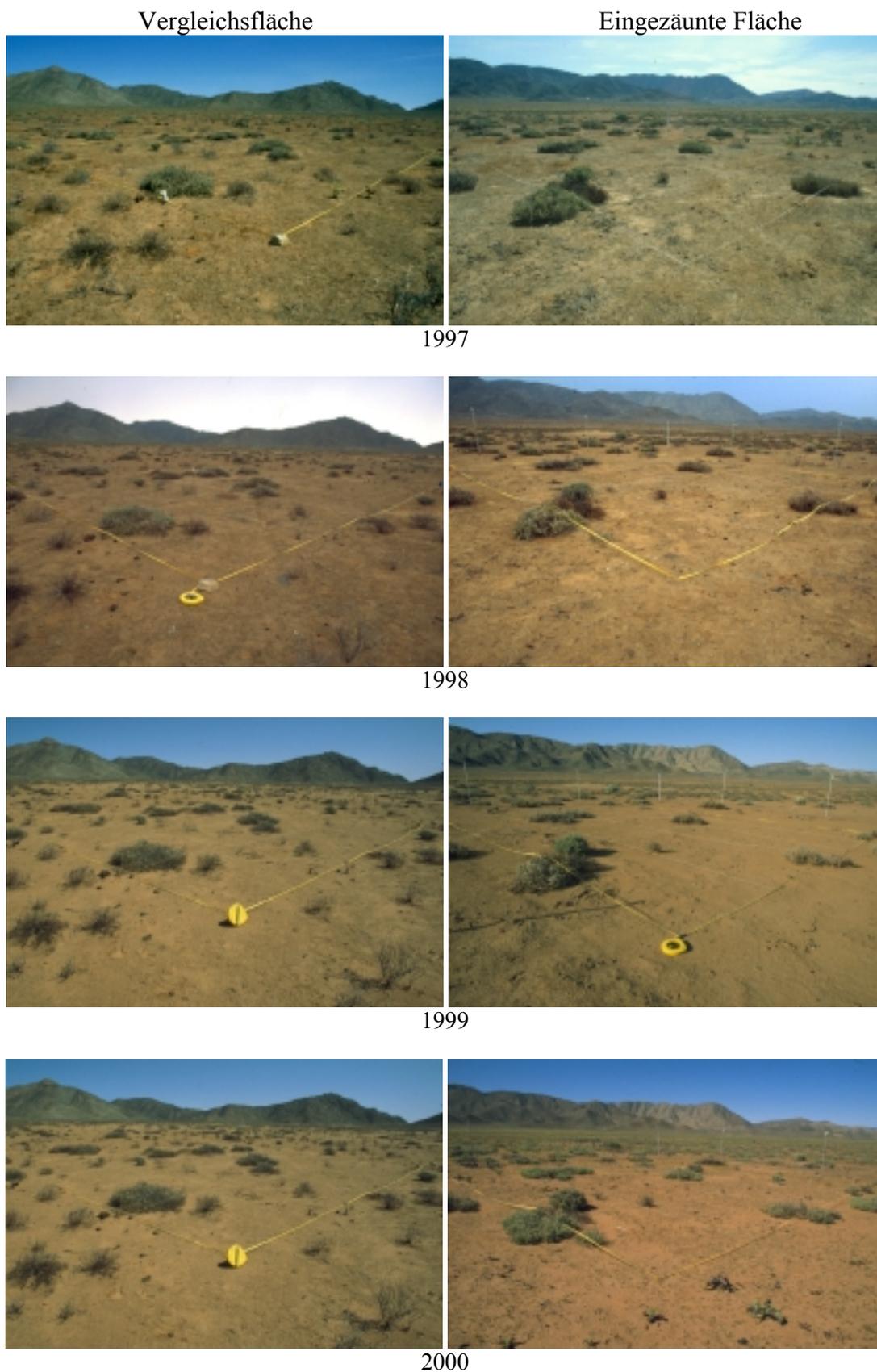


Abbildung 6.1: Vergleichsfläche Nr. 32 (links) mit Beweidungsausschlußfläche Nr. 31 (rechts) in der Koeroegabvlakte in den Jahren 1997 bis 2000. Der Beweidungsausschluß erfolgte im Jahr 1997, vier Monate vor der Dokumentation der Fläche 1997.

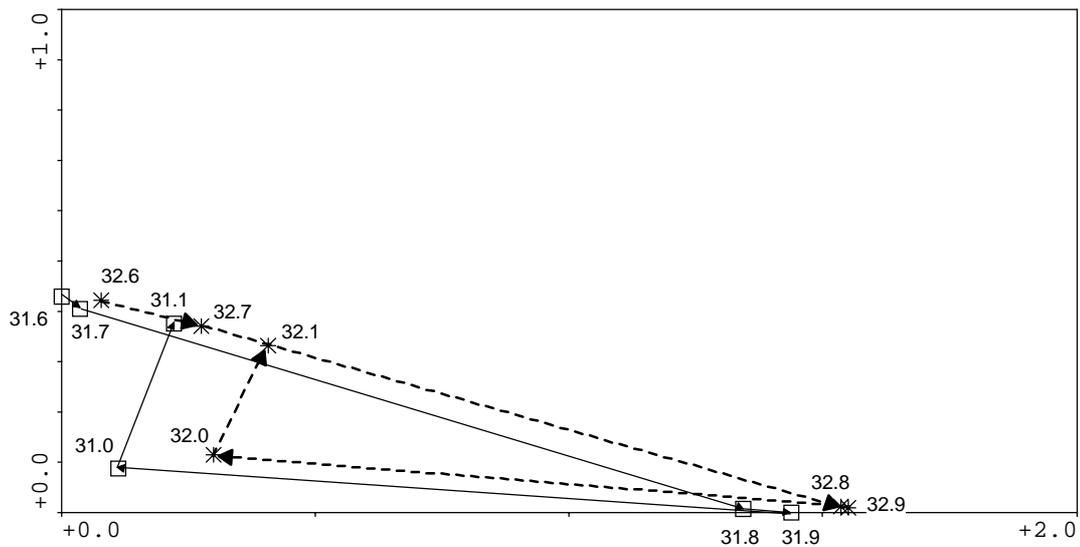


Abbildung 6.2: Indirekte Ordination – Entwicklung des Flächenpärchens über den Zeitraum 1996–2001 (Viereck: Fläche Nr. 31; Stern: Fläche Nr. 32; die Nachkommastelle gibt jeweils die letzte Ziffer der Jahreszahl wieder).

- Erwartung 2: Die Vegetationsanalyse der zwei Flächen eines Pärchens zeigt im Laufe der Jahre unterschiedliche Entwicklungen.

Ergebnis: Die Vegetationsaufnahmen des Flächenpärchens Nr. 31/32 wurden mittels der Indirekten Ordination (DCA) analysiert (Abbildung 6.2). Die Indirekte Ordination zeigt starke Oszillationen der Aufnahmen zwischen den Jahren, nicht aber eine Entwicklung der Flächen in verschiedene Richtungen. Dies bedeutet, daß Vegetationsänderungen nicht in erster Linie von Beweidung bewirkt werden. Vielmehr haben sich das Artenspektrum und die Dominanzverhältnisse in Abhängigkeit von den Niederschlägen verändert. Die starken Oszillationen entlang der ersten DCA-Achse (Ordinate) werden interpretiert als Reaktion auf die jährlich differierende Niederschlagsmenge. Entlang der Ordinate nimmt die Niederschlagsmenge ab: 1998 und 1999 waren zwei Trockenjahre. Die Veränderungen hinsichtlich der zweiten DCA-Achse (Abszisse) werden auf die Niederschlagsverteilung (Variabilität) in Hinblick auf den Winterregenanteil zurückgeführt (vgl. Abbildung 6.3). Die im Folgenden dargestellten Untersuchungen der Flächen auf Art- und Individuenniveau stützen diese Interpretation.

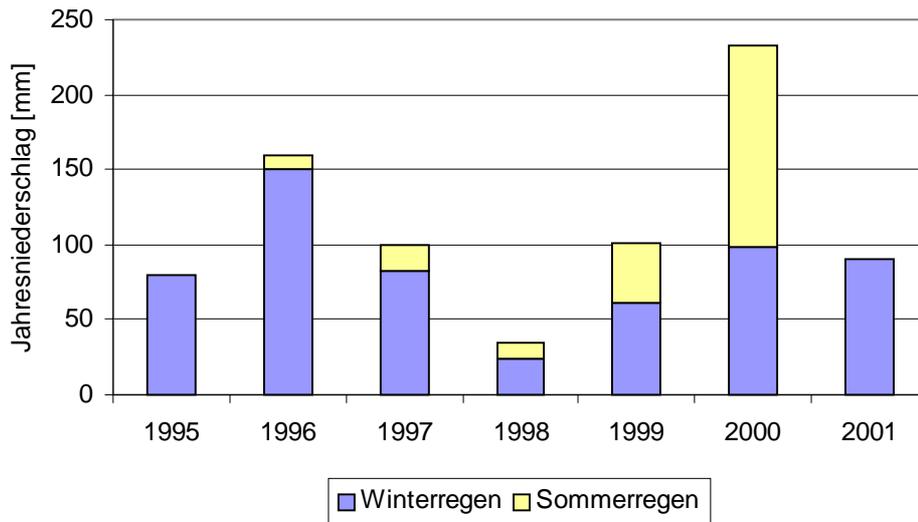


Abbildung 6.3: Niederschläge in der Koeroegabvlakte von 1995 bis 2001. Der mittlere Jahresniederschlag liegt in den vorliegenden Jahren bei 114 mm.

- Erwartung 3: „Die Vegetationsbedeckung der perennierenden Pflanzen nimmt in der Ausschlußfläche durch fehlenden Fraß zu.“

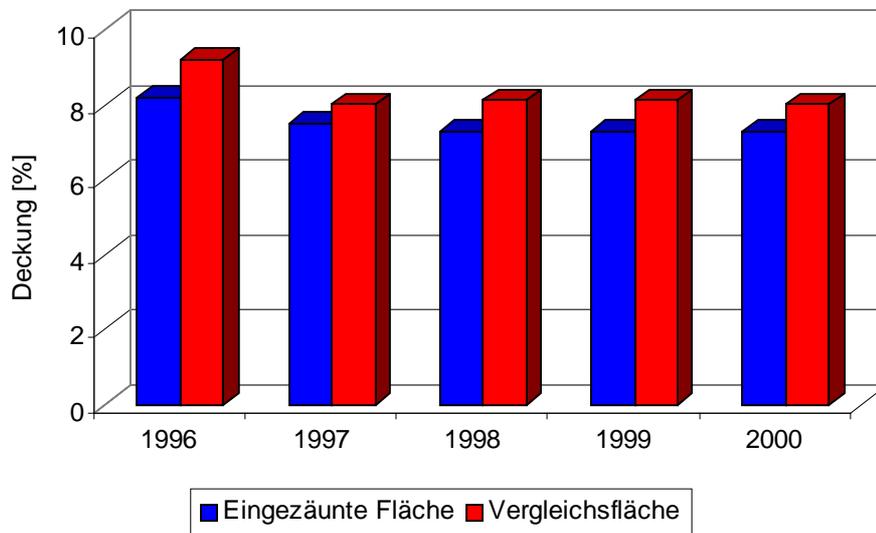


Abbildung 6.4: Die Vegetationsbedeckung der perennen Individuen des Beispielflächenpärchens im Zeitraum 1996 bis 2001.

Ergebnis: Die Deckung der perennierenden Arten entwickelt sich in den Untersuchungsjahren auf den jeweils zwei verglichenen Flächen parallel. Deckungsschwankungen bestehen zwischen den einzelnen Aufnahmejahren, nicht aber zwischen den Flächen (Abbildung 6.4).

Die Deckungsschwankungen sind abhängig von den Niederschlägen. Auf zwei gute Regenjahre 1996/1997 folgen zwei Trockenjahre 1998/1999. In den Trockenjahren nimmt die Deckung auf allen Flächen deutlich ab, im regenreichen Jahr 2000 steigt sie wieder an. Ein Unterschied zwischen der beweideten und der nicht beweideten Fläche ist nicht erkennbar.

- Erwartung 4: „Die Artenzahl (α -Diversität) erhöht sich auf der Auszäunungsfläche bei fehlendem Fraß.“

Ergebnis: Abbildung 6.5 zeigt, daß die Artenzahl auf beiden Flächen der Niederschlagsentwicklung folgt. Die Erhöhung der Artenzahl auf der Auszäunungsfläche um eine (zwei) Art(en) im Vergleich zur beweideten Fläche kann noch nicht als Ergebnis einer Erhöhung durch Beweidungsausschluß gewertet werden.

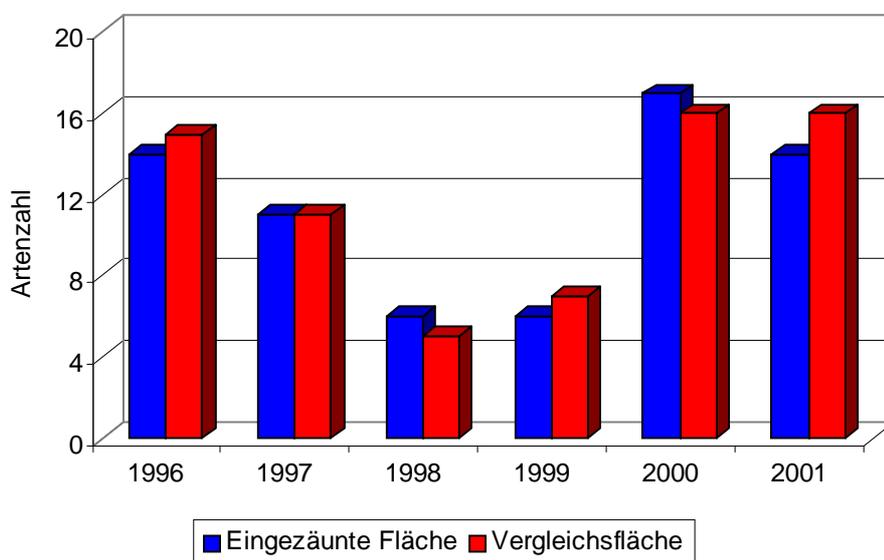


Abbildung 6.5: Dargestellt sind die Artenzahl auf der Beweidungsausschlußfläche und auf der Vergleichsfläche.

- Erwartung 5: „Die Anzahl der annuellen Individuen steigt bei Beweidungsausschluß.“

Ergebnis: Abbildung 6.6 zeigt, daß auch die Annuellenzahl ganz deutlich den Niederschlägen folgt. In den Dürrejahren fehlen die Annuellen, in guten Regenjahren steigt ihre Zahl. Die Schwankungen zwischen den Untersuchungsflächen werden als natürliche Schwankungen interpretiert und können nicht auf den Beweidungseinfluß zurückgeführt werden.

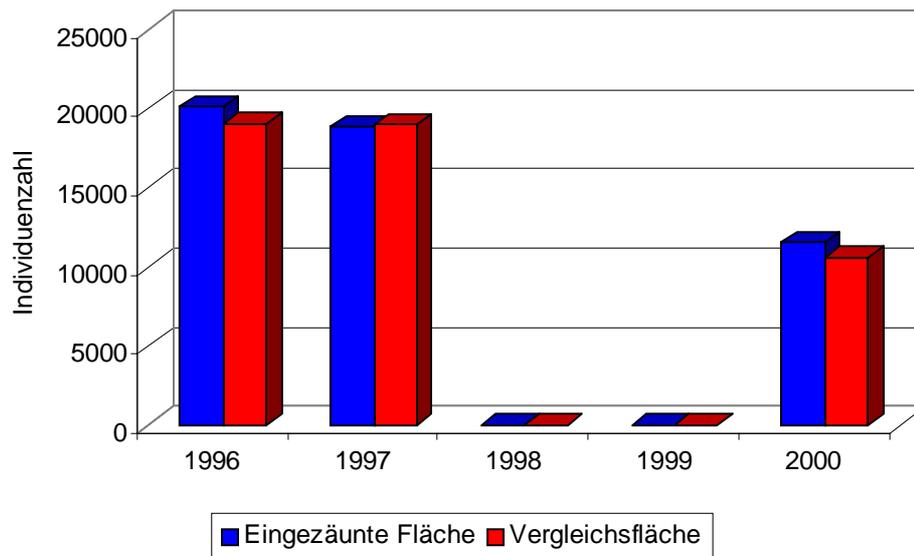


Abbildung 6.6: Individuenzahlen der annuellen Arten.

- Erwartung 6: „Durch fehlenden Verbiß nimmt die Größe der Pflanzen im Vergleich zur beweideten Fläche zu.“

Ergebnis: Die Schwankungen in der Größe der Individuen sind auf dem Flächenpärchen parallel und abhängig von den Niederschlägen (Abbildung 6.7). Höhe und Durchmesser nehmen im guten Regenjahr 1997 zu, in den Dürre Jahren 1998 und 1999 ab und nach ausgiebigen Niederschlägen in den Jahren 2000 und 2001 wieder zu. Also ist in den Beobachtungsjahren auch bei dem Parameter der Individuengröße kein Beweidungseffekt feststellbar.

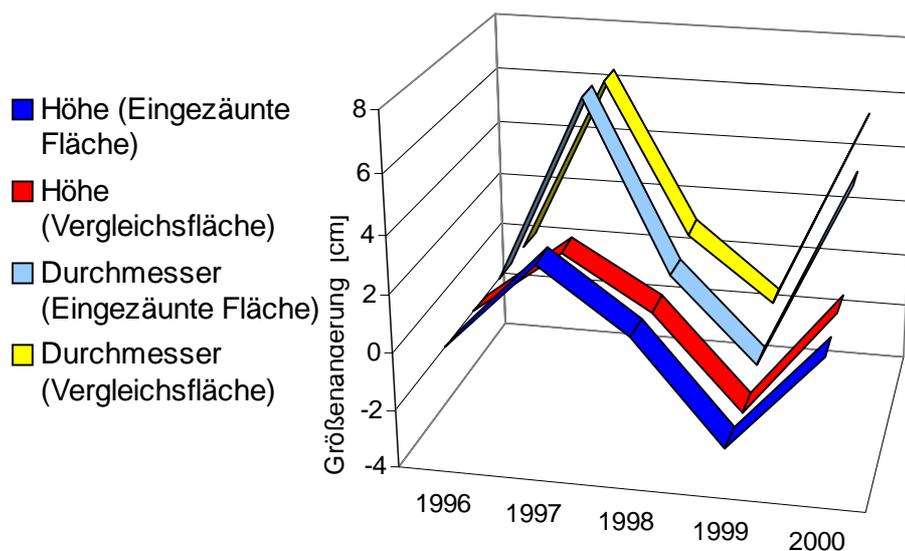


Abbildung 6.7: Dargestellt ist die durchschnittliche Größenveränderung von 1996 bis 2000 (Höhe und Durchmesser von 10 adulten Pflanzenindividuen aus 3 Arten).

- Erwartung 7: „Durch fehlenden Verbiß der Blüten nimmt die Zahl der Reproduktionsorgane auf der Ausschlußfläche zu.“

Ergebnis: Die Schwankungen in der Anzahl der Reproduktionsorgane (Knospen, Blüten, Früchte) folgen den Regenfällen (siehe Abbildung 6.8). In niederschlagsreichen Jahren ist ihre Anzahl hoch, in den Trockenjahren niedrig. Ein Beweidungseffekt kann im Beobachtungszeitraum nicht festgestellt werden.

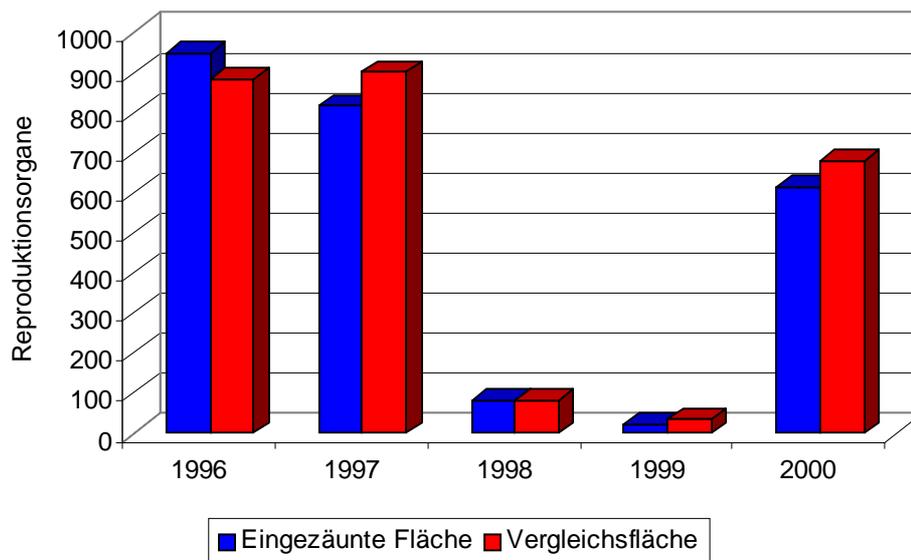


Abbildung 6.8: Anzahl der Reproduktionsorgane (Summe der Knospen, Blüten und Früchte) auf dem Vergleichsflächenpärchen (10 adulte Individuen aus 3 Arten).

Die Ergebnisse zeigen das typische Bild für Beweidungseinfluß in der Sukkulentenkaroo. In dem Untersuchungszeitraum 1996–2000 konnte nach der Einzäunung von Flächen im Jahr 1997 die erwartete Regeneration der Vegetation nicht beobachtet werden. Zum einen wird dies auf die beiden Dürrejahre 1997 und 1998 zurückgeführt. In diesen Jahren war eine Regeneration der Vegetation, die vor allem bei der Bildung neuer Triebe und Blüten erwartet wurde, durch limitierte Niederschläge nicht möglich. Die anschließenden durchschnittlich guten Regenjahre 2000 und 2001 reichten dann nicht aus, um einen deutlichen Regenerationsprozeß hervorzurufen.

Es muß jedoch auch davon ausgegangen werden, daß der Beweidungsdruck auf diesen seminomadisch genutzten Wechselweiden als moderat einzustufen ist. Die Beweidung wirkt relativ artunspezifisch, von allen Pflanzen wird unter moderatem Weidedruck wenig abgefressen. Auch aus diesem Grunde ist der Beweidungseffekt schwierig zu fassen, anders als beispielsweise bei den Gräsern (der Savanne), die komplett bis zum Vegetationspunkt abgeweidet werden. Es ist daher anzunehmen, daß es sich in der Sukkulentenkaroo um Prozesse handelt, die sich erst langfristig im Vegetationsbild bemerkbar machen.

Im Umfeld von Ortschaften wurden dagegen deutliche Überweidungs- und Degradationszeichen beobachtet. Dort sind geringe Deckungswerte perennierender Arten sowie das Auftreten von „Invader-Arten“ (z.B. *Atriplex* spp.) und Erosion (Wind- und Wassererosion) zu verzeichnen, was als Folge permanenter Beweidung bzw. Überweidung interpretiert wird.

Von allen untersuchten Beweidungsausschlußexperimenten wurden allein auf dem Flächenpaar Nr. 8 und 9 („Khubus Abkürzung A und B“) Unterschiede zwischen der eingezäunten Fläche und der Vergleichsfläche festgestellt. Dieses Flächenpaar wurde in dem sehr stark beweideten Gebiet in der Nähe der Ortschaft Khubus angelegt. Dieses hier angelegte Untersuchungspärchen zeigte ab dem Jahr 1997 (also nach Einzäunung) deutliche Unterschiede bezüglich der Arten *Stipagrostis obtusa* und *Stipagrostis ciliata*. Sie traten in der eingezäunten Fläche in höherer Individuenzahl auf als auf der Vergleichsfläche. Auf der Vergleichsfläche zeigten die Individuen deutliche Verbißspuren und wiesen keine Infloreszenzen (mehr) auf. In der eingezäunten Fläche hingegen zeigte die Art ein ungestörtes Wachstum und bei fast allen Individuen waren Infloreszenzen ausgebildet.

6.2 Interviews mit Hirten

Die Nama im Richtersveld betreiben eine heute noch weitgehend traditionelle semi-nomadische Viehwirtschaft. Um mehr über diese Wirtschaftsweise und Beweidung im speziellen in Erfahrung zu bringen, wurden Interviews durchgeführt.

In Zusammenarbeit mit der Ethnologin Frau Susanne Berzborn (Institut für Völkerkunde, Universität zu Köln) wurden drei Hirten auf ihren Stockposts aufgesucht, mit ihren Ziegen- und Schafherden begleitet und währenddessen interviewt. Die Hirten wurden nach sorgfältiger Vorauswahl von Frau Berzborn für die Befragung gewonnen. Die betreffenden Hirten sind im Richtersveld mit der Viehhaltung aufgewachsen und zählen zu den sehr erfahrenen Hirten von Khubus, dem größten Namaortschaft des Richtersveldes. Durch das Vertrauensverhältnis, das Frau Berzborn durch ihren 1 1/2 Jahre währenden Aufenthalt in Khubus aufgebaut hat, kann davon ausgegangen werden, daß die Aussagen der Hirten ihrer tatsächlichen Sichtweise entsprechen und nicht, aufgrund etwaiger Vorbehalte Fremden gegenüber, gefärbt sind. Die Befragung der Hirten beruhte auf der Vereinbarung, daß Aussagen über Pflanzennutzung, etwa für medizinale Zwecke, nicht veröffentlicht werden.

Ausgangspunkt dieser Untersuchung ist der Wandel der traditionellen Viehwirtschaft. Verantwortlich sind hierfür u.a. Repressalien in der vergangenen Apartheitszeit, Wertewandel in der heutigen Zeit sowie wirtschaftliche Aspekte und Bevölkerungswachstum. Aus Sicht der Vegetationsökologie ist – bedingt durch diesen Wandel – lokal bereits Überweidung sowie Degradation der Vegetationsdecke eingetreten, und eine Ausdehnung wird angesichts der derzeitigen Entwicklungen (siehe unten) befürchtet. Es war daher von Interesse, Informationen zu erhalten über a) die traditionelle Wirtschaftsweise, b) den Weidewert von Pflanzenarten und c) das Urteil der Hirten selbst über ihre sich ändernde Umwelt.

Die während der Interviews angesprochenen Pflanzenarten sind in Tabelle 6.1 aufgeführt. Den Angaben der Hirten folgend wurde differenziert in a) von den Tieren bevorzugte, b) indifferent behandelte und c) gemiedene Weidepflanzen. Hierbei beziehen sich die Angaben v.a. auf Ziegen und Schafe. Da in der Umgebung der besuchten Stockposts unterschiedliche Pflanzenarten vorkommen, sind nicht von allen Hirten die gleichen Arten benannt worden.

Bei der Frage nach besonders bevorzugten Weidearten wurden nur wenige Arten benannt. Hierzu zählen *Rhus populifolia*, *Ceraria fruticulosa* und *Euphorbia hamata*. Von einem Hirten wurde die annuelle Asteraceae *Oncosiphon piluliferum* als „besonders bevorzugt gefressen“ bezeichnet („die Tiere haben dann immer ein ganz gelbes Maul“), während ein anderer Hirte die Art zu den nicht von Haustieren gefressenen Pflanzen zählt. Nicht gefressen werden *Hoodia alstonii* und *Euryops namibensis*. *Brownanthus pseudoschlichtianus* wird von Ziegen, Schafen und Rindern nicht gefressen, allerdings von Eseln und Pferden. Als giftig und daher nicht gefressen wurden die Arten *Tylecodon paniculatus*, *Euphorbia gummifera* und *Euphorbia virosa* benannt. Allerdings soll letztere von Pavianen gefressen werden.

6 Beweidungsökologie

Tabelle 6.1: Artenliste der in den Interviews angesprochenen Pflanzenarten mit Angabe der Lebensformzugehörigkeit und des Sukkulenztyps (Erläuterung siehe Abkürzungsverzeichnis bzw. Kapitel 3.1.5).

Art	Familie	LF	ST	Hirte 1	Hirte 2	Hirte 3
<i>Acanthopsis disperma</i>	Acanthaceae	B	X		?	
<i>Mesembryanthemum barklyi</i>	Aizoaceae	B	B	+	+	+
<i>Ruschia senaria</i>	Aizoaceae	MCh	B	+		
<i>Astridia speciosa</i>	Aizoaceae	MCh	B	?		
<i>Brownanthus pseudoschlichtianus</i>	Aizoaceae	MCh	S	-	-	?
<i>Mesembryanthemum hypertrophicum</i>	Aizoaceae	A	B			+
<i>Psilocaulon subnodosum</i>	Aizoaceae	MCh	B			+
<i>Galenia crystallina</i>	Aizoaceae	MCh	B		-	
<i>Hermbstaedtia glauca</i>	Amaranthaceae	NP	X	+		
<i>Rhus populifolia</i>	Anacardiaceae	P	X	+	++	++
<i>Ozoroa dispar</i>	Anacardiaceae	P	X			+
<i>Hoodia alstonii</i>	Asclepiadaceae	MCh	X		--	
<i>Aloe ramosissima</i>	Asphodelaceae	NP	B	-		
<i>Salsola zeyheri</i>	Chenopodiaceae	MCh	X	+		
<i>Tripteris microcarpa</i>	Compositae	B	B	+	+	
<i>Didelta carnosa</i> var. <i>carnosa</i>	Compositae	B	B	+		
<i>Oncosiphon piluliferum</i>	Compositae	A	X	++		-
<i>Eriocephalus ericoides</i>	Compositae	MCh	X		+	
<i>Euryops namibensis</i>	Compositae	MCh	X		--	
<i>Tylecodon paniculatus</i>	Crassulaceae	NP	S		--	--
<i>Cucurbitaceae spec.</i>	Cucurbitaceae	MiCh	X	+		
<i>Euphorbia gummifera</i>	Euphorbiaceae	NP	S	-	--	--
<i>Euphorbia dregeana</i>	Euphorbiaceae	NP	S	+		+
<i>Euphorbia ephedroides</i>	Euphorbiaceae	MCh	S	+		+
<i>Euphorbia mauritanica</i>	Euphorbiaceae	NP	S	-		+
<i>Euphorbia chersina</i>	Euphorbiaceae	MCh	S			+
<i>Euphorbia hamata</i>	Euphorbiaceae	MCh	S			++
<i>Euphorbia virosa</i>	Euphorbiaceae	NP	S			--
<i>Euphorbia gariepina</i>	Euphorbiaceae	MCh	S		-	
<i>Stipagrostis obtusa</i>	Gramineae	H	X		+	
<i>Ceraria fruticulosa</i>	Portulacaceae	MCh	B	?	++	++
<i>Sisyndite sparteae</i>	Zygophyllaceae	NP	X		+	
<i>Zygophyllum cordifolium</i>	Zygophyllaceae	MCh	B	+		
<i>Zygophyllum patenticaule</i>	Zygophyllaceae	MCh	B		-	

Legende

++	wird (sehr) gerne gefressen
+	wird gefressen
-	wird nur ungerne oder nur im trockenen Zustand gefressen
--	wird nicht gefressen
?	unbekannt, ob gefressen oder nicht
LF	Lebensform
ST	Sukkulenztyp

Jungtiere müssen durch die Hirten von giftigen Pflanzen weggejagt werden, damit sie lernen, was gefressen werden kann und was nicht. Zudem ist das „Wissen“ der Tiere in bezug auf die fressbaren Pflanzen unterschiedlich, je nachdem, in welcher Region des Richtersveldes sie aufgewachsen sind. Die Hirten unterscheiden diesbezüglich in „Bergziegen“ und „Flußziegen“. Wenn Tiere in eine für sie neue Region kommen, lernen sie erst langsam die fressbaren Arten kennen, am ehesten dann, wenn sie zusammen mit erfahrenen Tieren laufen. Als Beispiel wurde *Ceraria fruticulosa* genannt. Diese Art wird von den Bergziegen gefressen, die Flußziegen kennen die Pflanze nicht und meiden sie. Allerdings darf *Ceraria fruticulosa* nur im frischen Zustand gefressen werden, da die Tiere sonst krank werden (sog. „krimpsiekte“, bezieht sich v.a. auf innere Krankheiten).

Alle Hirten sagten aus, daß bei den Pflanzen bevorzugt die Blüten und jungen Zweige gefressen werden. Bei einigen Arten wie *Ozoroa dispar* und *Euphorbia mauritanica* werden die Früchte bevorzugt. Erst wenn die bevorzugten Pflanzenteile nicht mehr vorhanden sind, werden auch die älteren Pflanzenteile und ungerne gefressene Arten beweidet. Es zeigte sich bei vielen Arten eine Saisonalität der Beweidungspräferenzen. So wird *Mesembryanthemum barklyi* im frischen Zustand wenig beweidet, im trockenen Zustand jedoch gerne.

Von den Hirten konnten zwar eine Vielzahl, jedoch nicht alle Arten benannt werden. Arten der Familie der Aizoaceae, insbesondere die Unterfamilie der Ruschioideae, wurden in der Regel nicht differenziert, und die befragten Hirten kannten keine Namen auf Afrikaans oder Nama, sondern fassten sie als „Vygies“ zusammen. In einer Befragung der ebenfalls pastoralnomadisch lebenden Himba des Kaokolandes im Norden Namibias kennen die Himba-Hirten die Pflanzen ihrer Region sehr gut und machen auch differenzierte Angaben zu ihrem Weidewert (BOLLIG & SCHULTE 1999; SCHULTE 2002). Möglicherweise ist das „undifferenziertere Wissen“ der Nama im hohen Artenreichtum des Richtersveldes und in den geringen Unterschieden der Arten hinsichtlich deren Weidebedeutung begründet. Generell wurden die annuellen Arten (sog. „Opslag“ = „Aufschlag“) als gute Weidearten bezeichnet. Flächen in Stockpostumgebung wurden von den Hirten positiv bewertet, da hier nach den Regenfällen besonders viel „Opslag“ wächst.

Diese Flächen sind aus botanischer Sicht extrem überweidet, da sie keine Matrixvegetation mehr tragen, sondern nur noch annuelle Arten und einige wenige perenne Störungszeiger. Durch das Fehlen der perennierenden Pflanzen und deren Wurzelwerk ist der Boden einer verstärkten Erosion ausgesetzt, die gerade an ehemaligen Stockpostflächen beobachtet wird (BOENIGK 1998; OSTERLOH 2000). Es liegt zudem eine interessante Parallele zu den Himba vor. Auch diese schätzen die durch Beweidung entstandene, durch Annuelle dominierte Vegetation mehr als die ursprüngliche Matrixvegetation mit deren perennierenden Arten (SCHULTE 2002).

Aus vegetationsökologischer Sicht sind die Aspekte der räumlichen Ausmaße und der Dauer der Beweidung ausschlaggebend. Solange noch genügend Matrixvegetation vorhanden ist und sofern Erholungszeiten für die Vegetation eingehalten werden, ist eine Regeneration der Vegetation möglich und Degradation kann vermieden werden.

Die Verwendung der einheimischen Pflanzen als Nahrung(sergänzung), sog. „Veldkost“, zu medizinischen Zwecken und anderen Nutzenwendungen findet heute nur noch in nicht mehr nennenswertem Umfang statt. Lediglich auf die Brennholznutzung sollte hingewiesen werden. Bevorzugt gesammelt werden die Arten *Zygophyllum prismaticarpum*, *Didelta spinosa* und *Rhus populifolia*. In den Dörfern werden heute jedoch meist Strom und Gas zum Kochen verwendet, allerdings wird Holz zum Brotbacken gebraucht. Auf den Stockposts wird ausschließlich mit Holz gekocht (BERZBORN, pers. Mitteilung).

Die Verweildauer der Hirten an einem Stockpost und somit auch die Beweidungsintensität hängen vom Zustand der Weide ab, welcher wiederum von Umfang und Ergiebigkeit der Niederschläge abhängt. Ausschlaggebend für die Verweildauer sind aber auch persönliche Präferenzen sowie organisatorisch-technische Belange, wie etwa Transportmöglichkeiten oder medizinische Versorgung.

Befragt nach der Einschätzung von Vegetationsveränderungen und Desertifikationsphänomenen, gaben alle drei Hirten an, daß sich in den letzten Jahren und Jahrzehnten nichts grundlegend verändert habe. Es seien weder Pflanzenarten verschwunden noch Arten hinzugekommen. Einzige Ausnahme bildet nach Aussage eines Hirten der früher als Heilpflanze genutzte Strauch *Agasthoma* sp., sog. Buchu, der „durch übermäßiges Sammeln verschwunden“ sei. Ein Hirte gab an, daß die Häufigkeit von der biennen Art *Mesembryanthemum barklyi* in den Bergen zugenommen habe.

Zum Thema Erosion wurden Hirten konkret an Erosionsrinnen befragt. Eine Zunahme oder Vergrößerung der Rinnen wurde von den Hirten nicht wahrgenommen. Die Rinnen wurden als „immer schon so dagewesen“ angesehen. Aus vegetationsökologischer Sicht findet sich demgegenüber gerade in als überweidet angesehenen Gebieten des Richtersveldes eine Häufung von Erosionsrinnen, und deren weitere Zunahme wird als wahrscheinlich angesehen.

Nach Aussage der Hirten habe sich die Weidequalität in den letzten Jahrzehnten nicht verändert. Eine Ausnahme bilde die direkte Umgebung der Ortschaft Khubus. Die dort konstatierte Verschlechterung der Weide wird in der Regel auf eine Dürre in den 60er Jahren zurückgeführt. Nach Aussage von BERZBORN (pers. Mitteilung 2001), die mehrere Einwohner von Khubus dazu befragt hat, wird das Zustandekommen der vegetationsarmen Umgebung der Ortschaft jedoch unterschiedlich interpretiert. Erklärungen reichen von einer Gottesstrafe durch einen heißen Ostwind bis hin zur Konstatierung von Überweidung. Aus vegetationsökologischer Sicht dagegen ist die Umgebung von Khubus im Umkreis von einigen Kilometern völlig überweidet. Es sind nur (noch) wenige perennierende Arten vorhanden, bei denen es sich zumeist um – für das Vieh – ungenießbare Pflanzen handelt. Darüberhinaus finden sich eindringende Arten („Invader“) wie diverse Chenopodiaceae (u.a. *Blackiella inflata*, Heimat Australien, *Salsola kali*, Heimat Asien), und es zeigen sich deutliche Schäden am Substrat durch Wind- und Wassererosion.

Es hat sich gezeigt, daß gerade durch die Kombination aus botanisch-ökologischem und ethnologischem Fachwissen eine differenzierte und weitgehende Erfassung der Thematik „Beweidung“ möglich war. Als sehr aufschlußreich erwies sich der Vergleich der wissenschaftlichen Sichtweise mit der Einschätzung der Nama. Da nur drei, wenngleich sehr erfahrene, Hirten befragt wurden, kann es sich hier nur um eine einleitende Studie handeln. Eine Fortführung dieser Studie mit der Befragung einer größeren Anzahl von Hirten mit einem standardisierten Fragenkatalog ist empfehlenswert.

Wandel der Weidewirtschaft

Das Richtersveld bietet durch den Übergang zwischen Winterregengebiet und Sommerregengebiet optimale Voraussetzungen für eine Transhumanz. Traditionellerweise folgen die Hirten mit ihren Herden den Niederschlägen. Im Winter und Frühjahr halten sie sich im Winterregengebiet auf, in den trockenen Sommermonaten ziehen sie an den Oranje-Fluß oder aber in sommerregengeprägte Gebiete, sofern es dort zu Niederschlägen gekommen ist. Dieses System befindet sich allerdings im Wandel. Nach der Unabhängigkeit Namibias 1990 konnten durch die Grenzziehung zwischen Südafrika und Namibia die beiderseits des Oranje lebenden Nama die Weidegründe auf der jeweils anderen Flußseite nicht mehr aufsuchen. Eine ähnliche Problematik besteht bei den Ovahimba, die am Kunene-Fluß in Nordnamibia und Südafrika heimisch sind.

Heute zeichnet sich infolge von Wertewandel und Veränderungen der Lebenssituationen eine Änderung des Weidemanagements der Hirten ab. Einerseits können durch Verwendung von Autos („Bakkies“), die die Eselkarren bereits fast ganz abgelöst haben, entlegene Gebiete leichter erreicht und Hirten dort mit Wasser und Lebensmitteln versorgt und von ihren Familien besucht werden. Dadurch werden heute Gebiete genutzt, die früher nur in Notzeiten beweidet wurden. Dies gilt v.a. für das Gebiet des heutigen Richtersveld Nationalparks. Hier wurde durch die Infrastruktur des Nationalparks die Erschließung des Gebietes gefördert. Die Errichtung von windbetriebenen Wasserpumpen, vor allem durch Gelder des Pachtvertrages der Nationalparks, führt zu einer Konzentration in sonst wegen Wassermangels wenig genutzten Gebieten. Allerdings gibt es auch die gegenläufige Tendenz mit einer Konzentration der Stockposts in Siedlungsnähe, weil die Hirten die sozialen Kontakte und die Versorgungsmöglichkeiten schätzen.

In den letzten Jahren hat sich, nach Untersuchungen von BERZBORN (pers. Mitteilung 2001), das Wanderungsverhalten der Hirten geändert. Es gibt eine allgemeine Tendenz zu weniger Mobilität. Beispielsweise ist der Wechsel zwischen Sommer- und Winterweide reduziert worden, nachdem Wasserpumpen installiert wurden. Als Folge davon wurde die Umgebung dieser permanenten Wasserstellen innerhalb weniger Jahre deutlich überweidet. Zudem werden zunehmend Stockposts in Siedlungsnähe oder Straßennähe bevorzugt, um eine regelmäßige Versorgung mit Wasser und Lebensmitteln zu vereinfachen. Nach Aussage von HENDRICKS (pers. Mitteilung 1999) kehren die Stockfarmer inzwischen immer wieder auf ihre bereits genutzten Stockpostplätze zurück. Dies wurde früher vermieden, um Übernutzung und Ausbreitung von Krankheiten zu verhindern. Heute führen jedoch zunehmend feste Strukturen an den

Stockposts, wie Umzäunungen für Lämmer mit Maschendrahtzäunen statt mit Sträuchern sowie Blechwohnhütten statt der zusammenrollbaren Matjieshütten, zu eingeschränkter Mobilität. Auch dies begünstigt eine Überweidung und Degradation an den nun stärker genutzten Stockposts und deren Umgebung. Die Stockpostvegetation und deren Sukzession wurde detailliert von OSTERLOH (2000) beschrieben. Dabei zeigte sich, daß die Regeneration der Vegetation nach der Aufgabe des Stockposts viele Jahre, wenn nicht Jahrzehnte dauert.

Das Herdenmanagement hat sich ebenfalls gewandelt. Heutzutage gibt es nur wenige Viehbesitzer, die von ihrer Herde ihren Lebensunterhalt bestreiten. Die meisten Viehbesitzer leben von anderen Verdienstmöglichkeiten, wie der Arbeit in den Diamantminen und auf Bewässerungsfarmen. Zudem können sie auf Einkommen aus der geringen staatlichen Pension zurückgreifen. In Khubus besitzen 70 % der Haushalte Vieh (BERZBORN 2001). Viehbesitz wird jedoch meist nur als Sicherheit betrachtet, und ab und zu wird für den Eigenbedarf geschlachtet (BERZBORN 2001). Mehrmals im Jahr gibt es aber auch die Möglichkeit, Lebendvieh an Händler, die von außerhalb kommen, zu verkaufen. Viehbesitz wird außerdem – v.a. in Rückbesinnung auf alte Traditionen – als Statussymbol und als Zeichen des Selbstverständnisses, einer Stockfarmertradition zu entstammen, betrachtet (GORDON, pers. Mitteilung 1999). Außerdem zeichnet sich eine Tendenz ab, daß mehr Rinder als früher gehalten werden, da sie ein höheres Image versprechen und v.a. auch leichter zu halten sind, weil sie keinen Hirten benötigen. Allerdings sind Rinder in Hinsicht auf Wasserbedarf und Weidequalität anspruchsvoller als Ziegen und Schafe. Sie bevorzugen einen größeren Gräseranteil auf der Weide, der im Richtersveld aber nur in den besseren Regenjahren gewährleistet ist.

Laut Aussage von HENDRICKS (pers. Mitteilung 1999) kommt es den meisten Viehhaltern v.a. auf die Anzahl der Tiere an, weniger auf deren körperlichen Zustand. Daher werden die Herden auch in Dürrezeiten nicht reduziert. In der Dürrephase 1998/1999 starben daher mehr als 30 % der Tiere an Unterernährung und Krankheit. Diese Art der Weidewirtschaft ist – unter Hirten wie auch unter Wissenschaftlern – umstritten. Es werden verschiedene Risiko-Minimierungsstrategien diskutiert. Die eine Richtung befürwortet große Herden, so daß in Dürrezeiten wenigstens einige Tiere überleben. Die Gegenseite vertritt die Meinung, daß einige wenige gut genährte Tiere Dürrezeiten besser überstehen als viele ums Futter konkurrierende und daher schlecht genährte Tiere.

Es gibt zwar einerseits die Rückbesinnung auf Stockfarmertraditionen mit Viehbesitz, andererseits aber wollen heute nur noch wenige als Hirten eine Herde betreuen. Gerade in der jüngeren Generation ist die Hirtentätigkeit unbeliebt und wird als für sie „nicht passend“ empfunden. Daher werden viele kleine Herden zu wenigen großen Herden zusammengeführt. Teilweise werden Hirten angeheuert, die nicht aus dem Richtersveld stammen, und die folglich mit den regionalen Besonderheiten und den Pflanzenarten nicht vertraut sind. Auch ist das Interesse der (schlecht bezahlten) Lohnhirten, die Tiere bestmöglich zu betreuen, eher gering, da es sich nicht um ihre eigenen Tiere handelt. Dies zieht einen Verlust an traditionellem Wissen und traditionellen Regulationsmechanismen nach sich, der von der älteren Generation beklagt wird (BERZBORN 2001).

Zwar gibt es keine offiziellen Angaben zu dem Viehbestand im Richtersveld, aber es wird angenommen, daß der Bestand in den letzten Jahren angewachsen ist. Dies steht auch im Zusammenhang mit der Bevölkerungszunahme (BERZBORN 2001, pers. Mitteilung). Im Zusammenhang mit der prognostizierten Schließung der Diamantenminen wegen Erschöpfung der Vorkommen in den nächsten 11 bis 20 Jahren wird eine Rückkehr zur bzw. eine Intensivierung der Viehhaltung erwartet, mit den befürchteten Folgen der Überweidung und Degradation (SOLOMON 1997). In staatlichen Projekten und denen der GTZ (Transform-Projekte) werden daher andere Verdienstmöglichkeiten evaluiert, wobei vor allem auf den steigenden Tourismus – im Zusammenhang mit dem Richtersveld Nationalpark – gesetzt wird.

7 Abschließende Diskussion und Ausblick

7.1 Diskussion

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit der Vegetation und ihrer Dynamik in dem Gebiet der südlichen Namibwüste, dem Richtersveld. Es wurden insbesondere die Einflußgrößen Klima, Beweidung und Boden in Bezug auf die Vegetation analysiert. Die Besonderheit dieser Arbeit besteht darin, daß die Vegetation auf Individuenniveau dokumentiert wurde. Durch diese detaillierte Analyse konnten Vegetationsänderungen genau detektiert werden. Die beobachteten artspezifischen Dynamiken ließen sich auf Basis der Einteilung der Arten in Lebensform- und Strategietypen gut erklären.

Es zeigte sich, daß Menge und Verteilung der Niederschläge den größten Einfluß auf die Dynamik hatten und den Faktor Beweidung überprägten. Dennoch sind – insbesondere in Siedlungsnähe – Degradationszeichen an Vegetation und Boden feststellbar, die auf Überweidung hindeuten.

Standortökologie

Die Flächen, die in einem Küste-Inland-Transekt angelegt worden sind, lassen sich anhand ihrer Umweltparameter und der Vegetation vier Haupteinheiten zuordnen.

Diese Einheiten sind: a) die küstennahe Vegetation, b) die Vegetation der Ebenen des zentralen Richtersveldes, c) die Hangvegetation und d) die Vegetation des durch Sommerregen beeinflussten Gebietes und der Salzstandorte. Dabei stellen die Einheiten a), b) und d) Vegetationen der Ebenen, c) dagegen die Vegetation der Berge dar.

Diese vier Einheiten unterscheiden sich v.a. durch ihre edaphischen und klimatischen Bedingungen, die zu unterschiedlichen Zusammensetzungen der Arten- und Lebensformen führen. Hierbei ist die Wasserverfügbarkeit, die sich aus verschiedenen Umweltvariablen herleitet, ein entscheidender Faktor. Bei einer Untersuchung im südlichen Namaqualand (Knersvlakte) konnten entlang eines Küste-Inland-Transekts ebenfalls distinkte Vegetationseinheiten hinsichtlich Arten und Lebensformen beschrieben werden (SCHULTE 1994), ebenso wie bei einer Untersuchung in der zentralen Namibwüste (HACHFELD 1996).

Unter den vier abgegrenzten Vegetationseinheiten des Richtersveldes weisen die Hangstandorte die höchste Diversität an Arten und Lebensformen auf. So wird auch die höchste Diversität und Endemitenzahl im Richtersveld in den Bergregionen vorgefunden (WILLIAMSON 2000). Bei der Frage nach der Aufrechterhaltung dieser Vielfalt lassen sich aus den langjährigen Dynamiken zeitliche und strukturelle Nischenbildungen ablesen.

An Hangstandorten ist die Vielfalt an Arten und Lebensformen durch die Vielfalt der kleinräumigen Standorte und deren spezifischer Parameter zu erklären. Zudem werden durch einen meist hohen Skelettanteil konkurrenzarme Räume im Sinne eines „Blumentopf-Prinzips“ geschaffen.

Im Vergleich der Standorte in den Ebenen (küstennah, zentrale Ebenen, Sommerregeneinflußgebiet, s.o.) sind andere Prinzipien zu diskutieren. Beim Vergleich mehrerer Vegetationseinheiten wird generell mit einer Steigerung der Wuchsform-Diversität gerechnet, je extremer die Standortbedingungen sind. Dies wird damit erklärt, daß unter Ressourcenverknappung der Druck, eine Nische zu finden, erhöht wird und sich diese Nischenfindung in der Lebensformen- und Strategietypenvielfalt widerspiegelt (CODY 1989; CODY 1991; DESMET & COWLING 1999). Bei der Nischenfindung geht es in der Hauptsache um die Nutzung der knappen Ressource Wasser. So wird z.B. eine Einnischung in Hinblick auf Vermeidung von Wurzelkonkurrenz bei SPRINGUEL *et al.* (1990) diskutiert, wo eine adaptive Stratifikation der Wurzelsysteme in Wadis der ostägyptischen Wüste festgestellt wurde. Die Untersuchung solcher Adaptionen im Richtersveld – in Hinblick auf die Arten in den verschiedenen Vegetationseinheiten – bedarf eingehenderer zukünftiger Arbeiten.

Im untersuchten Transekt zeigt sich eine geringere Anzahl an Arten und Wuchsformen in dem durch Sommerregen beeinflussten Ostteil des Richtersveldes als auf den übrigen westlich gelegenen typischen Winterregenstandorten. Die vom Sommerregen beeinflusste Zone findet ihre Entsprechung in der von HACHFELD (1996) und HACHFELD & JÜRGENS (1996) beschriebenen Minimumzone der zentralen Namibwüste. Hier sind die Ressourcen so knapp, daß nur wenige spezialisierte Arten überleben können. Die von CODY (1989 und 1991) und DESMET & COWLING (1999) beschriebene Korrelation – Steigerung der Wuchsform-Diversität bei extremeren Standortbedingungen – endet bei Überschreitung eines kritischen Wertes der Ressourcenverfügbarkeit. Die Standortbedingungen im östlichen Richtersveld (Grenze bzw. Überschneidung des Winterregengebietes zum Sommerregengebiet) befinden sich damit an der Grenze dieses kritischen Wertes.

Vegetationsdynamik

Neben den zu beobachtenden langfristigen Prozessen, wie etwa die beobachteten Dürreperioden mit anschließende Regeneration (Dürrejahre 1978/79 und Folgejahre, bis Dürrejahre 1998/99 und Folgejahre), zeigt die Vegetation des Richtersveldes als Besonderheit eine hohe jährliche Dynamik. Die beobachteten Dynamiken, sowohl langfristige wie jährliche, lassen sich weitgehend mit der Menge und Verteilung von Niederschlägen erklären. In anderen Wüsten sind generell langfristige Dynamiken festzustellen, die ebenfalls durch die (im Vergleich zum Richtersveld) selteneren Niederschlägen zu erklären sind. Beispiele hierfür sind beispielsweise in der Sonorawüste (GOLDBERG & TURNER 1986; MARTIN & TURNER 1977) und in der Mojavewüste (CODY 2000) beschrieben.

Auf der Ebene der Lebensformen zeigen die annualen Arten, die in den Dürrejahren 1998 und 1999 so gut wie nicht auftraten, die stärkste jährliche Dynamik. Eine Änderung der Artenzusammensetzung bei den Annualen in Abhängigkeit von den Niederschlägen konnte dagegen nicht festgestellt werden, die Dominanzverhältnisse differierten jedoch von Jahr zu Jahr. Offenbar bestimmt aber in anderen Trockengebiete

der Zeitpunkt der Niederschläge die Artenzusammensetzung. Entsprechende Ergebnisse liegen auch für die Mojavewüste (BOWERS 1987) und die Etosha-Savanne (DU PLESSIS 2001) vor. Dagegen wurde dort eine Abhängigkeit der Artenzusammensetzung von der des Vorjahres nicht festgestellt (BOWERS 1987).

Im Vergleich zu den Annuellen fanden bei perennierenden Arten im Richtersveld auch in niederschlagsärmeren Jahren – wenn auch in geringem Umfang – Etablierungen statt. Dies könnte auf eine besondere Trockenresistenz der Keimlinge hindeuten. Im experimentellen Vergleich der Keimlingssterblichkeiten zwischen Fynbosarten und Arten der Sukkulenkaroo zeigte sich, daß *Ruschia*-Keimlinge – typische Vertreter der Sukkulenkaroo-Vegetation aus der Familie der Aizoaceae – deutlich länger ohne Wasser überleben konnten (bis zu 77 Tagen) als Keimlinge von Fynbos-Arten (Proteaceae; LECHMERE-OERTEL & COWLING 2001).

Die Etablierungsmuster der perennierenden Arten waren untereinander nicht synchron und ließen sich auch nicht klar auf bestimmte Niederschlagsereignisse zurückführen. Dies läßt darauf schließen, daß jeweils andere Umweltbedingungen zu den „optimalen“, artspezifischen Etablierungsbedingungen zählen. Hierzu können weitere Witterungsbedingungen wie Temperatur und Luftfeuchte als Einflußfaktoren angesehen werden.

Die perennierenden chamaephytischen Arten zeigten einen hohen Turnover innerhalb der Populationen. Dadurch werden jährlich Freiräume in der Vegetation geschaffen, die Neuetablierungen zulassen. Daraus resultiert, daß die Konkurrenzverhältnisse rasch wechseln und sich nur auf verhältnismäßig kurze Zeiträume von wenigen Jahren beziehen. Die Beobachtung der zeitlich verschobenen, artspezifischen Optima bei der Etablierung läßt wiederum den Schluß zu, daß Konkurrenz durch zeitliche Einnischung vermindert wird (GRUBB 1977).

Konkurrenz macht daher nicht den hauptsächlich wirkenden Faktor bei der Dynamik dieser Vegetation aus. Auch in anderen Untersuchungen in der Namaqualand-Namib-Domäne wurde der Konkurrenz nur eine untergeordnete Bedeutung für die Vegetationsdynamik zugewiesen (ECCLES *et al.* 1999; PRENTICE & WERGER 1985). In anderen Trockengebieten der Erde wurde der Konkurrenz dagegen eine große Bedeutung beigemessen (GOLDBERG & TURNER 1986; PHILLIPS & MACMAHON 1981; WIEGAND *et al.* 1995; YEATON & ESLER 1990). In diesen Fällen wurde die perennierende Vegetation jedoch von langlebigen Individuen dominiert, und Etablierung von Individuen traten nur episodisch auf. Andererseits sind diese Individuen durch ihre Langlebigkeit auch nicht auf regelmäßige, fast jährliche Etablierungsereignisse angewiesen, wie das bei den eher kurzlebigen Arten des Richtersveldes der Fall ist.

Die Evolution einer „Strategie der Kurzlebigkeit“ der blattsukkulenten Chamaephyten des Richtersveldes ist erklärbar mit der Regelmäßigkeit, mit der dort die Winterregen auftreten. Da in fast jedem Jahr sowohl Samen gebildet werden (können), als auch Keimungsmöglichkeiten bestehen, sind die Pflanzen nicht auf Investitionen hinsichtlich

einer Langlebigkeit angewiesen. Vielmehr könnte es sich um eine endogene, d.h. genetisch festgelegte Kurzlebigkeit der Arten handeln. Dafür spricht, daß das Absterben von Individuen einer Art oft nicht synchron, d.h. gekoppelt an sichtlich ungünstige Umweltbedingungen erfolgt. Zum Nachweis und zur Messung dieser „Kurzlebigkeit“ bzw. der Altersabhängigkeit der jährlichen Dynamik der Chamaephytenpopulationen wäre die Fortführung der Dauerbeobachtung auf den eingerichteten Untersuchungsflächen sinnvoll.

Im Gegensatz zu der Kurzlebigkeit blattsukkulenter Zwergstraucharten sind bei den wenigen Arten mit phanerophytischen Lebensformen hingegen lange Lebensspannen (> 100 Jahre) anzunehmen und z.T. auch nachgewiesen worden, so z.B. bei *Pachypodium namaquanum* und *Aloe pillansii* (MIDGLEY 1997; MIDGLEY *et al.* 1997).

Die räumliche Verteilung der Individuen läßt Rückschlüsse auf artspezifische Standortpräferenzen zu. Bei der Musterbildung, insbesondere bei kleinräumig konzentriertem („geklumptem“) Auftreten von Individuen stellt sich aber auch die Frage, inwieweit ein Zusammenhang mit der Ausbreitungsdistanz von Samen eine Rolle spielt. Generell wird bei den Aizoaceae eine geringe Ausbreitungsdistanz angegeben (IHLENFELDT 1994), die als Antitelechorie bezeichnet wird. Die Strategie der Antitelechorie wird insofern als erfolgreich erachtet, als die Mutterpflanze einen geeigneten Wuchsort eingenommen hat, auf dem sie zur Reproduktion gelangt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit dürfte der Standort in seiner unmittelbaren Nähe für die Nachkommen ebenfalls geeignet sein. Dieses Argument greift wiederum insbesondere dann, wenn, wie bereits angesprochen, von einer geringen Konkurrenz und immer wieder freiwerdenden Plätzen ausgegangen werden kann.

Auch wenn bei den Aizoaceae die maßgebliche Ausbreitungsstrategie die Antitelechorie darstellt, so sind auch Verbreitungen über weitere Distanzen möglich. In der Karoo wurde eine derartige Samenverbreitung von Aizoaceen durch Vieh und Wildtiere beobachtet (DEAN *et al.* 1990; MILTON 1992; MILTON & DEAN 2001; MILTON *et al.* 1990). Dabei wurde sowohl Endozoochorie als auch Epizoochorie beobachtet.

Beweidungsökologie

Die Auswirkungen der Beweidung auf die Vegetation wird – insbesondere für den Richtersveld Nationalpark – kontrovers diskutiert. Kommunal genutzte Gebiete, wie auch das Richtersveld, stehen oft unter dem Verdacht, im Vergleich zu privat genutztem Farmland schlecht bewirtschaftet (überweidet) und degradiert zu sein (HOFFMAN & ASHWELL 2001; KELLNER 2000). Es galt daher auch, die Auswirkung von Beweidung herauszuarbeiten, zu bewerten und Prognosen für weitere Entwicklungen zu entwerfen.

Die erwartete Regeneration der Vegetation durch Beweidungsausschluß war nicht feststellbar. Mögliche Beweidungseinflüsse auf die Vegetationsdynamik wurden von dem Klimaparameter Niederschlag überprägt. Nur eine auf der stark genutzten Fläche bei Khubus beobachtete partielle Erholung wird v.a. auf das Vorkommen von Gräsern zurückgeführt, die eine gute Regenerationsfähigkeit besitzen. Gräser sind jedoch in der

Sukkulentenkaroo-Vegetation nur lokal vertreten und machen lediglich einen geringen Anteil an der Vegetation aus (siehe Anhang, Tabelle 9.3: Gesamtartenliste).

Der Beweidungseffekt muß auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungen als ein langfristiger Prozeß angesehen werden, der zur Feststellung sowohl einer Regeneration, als auch einer Überweidung, letztere verbunden mit einer Degradation, weiterer langzeitlicher Beobachtung, Dokumentation und Auswertung bedarf. So haben in dem Beobachtungszeitraum aufgetretene Dürrejahre (1998/99) eine mögliche Regeneration auf den Beweidungsausschlußflächen zusätzlich verhindert.

Bei Beweidungsausschlußexperimenten im Naturschutzgebiet Goegab (bei Springbok, südlich des Richtersveldes) wurden bei reiner Wildtierbeweidung nach Beweidungsausschluß im Untersuchungszeitraum (ca. 10 Jahre) ebenfalls keine Unterschiede zwischen beweideten und unbeweideten Flächen sichtbar (A. le ROUX, Nature Conservation, Western Cape, RSA; pers. Mitteilung).

TODD & HOFFMAN (1999) berichten dagegen von deutlichen, sogenannten „Fenceline-Effekten“ in der Gegend von Paulshoek (Namaqualand). Dort handelt es sich ebenfalls um eine Sukkulentenkaroo-Vegetation. Hierbei grenzen Flächen mit unterschiedlichem Weidemanagement – Farmland und kommunal genutztes Land – aneinander. Das (stärker beweidete) kommunal genutzte Land weist eine deutlich geringere Artenvielfalt und einen höheren Anteil an Annuellen auf als das Farmland. Zudem hat auf dem kommunal genutzten Land das Weideunkraut *Galenia africana* einen höheren Deckungsanteil, und Erosion tritt stärker auf als auf dem Farmland.

Diese beobachteten Auswirkungen der Beweidung auf die Vegetation hängen ab von der Beweidungsart und -intensität und lassen sich nach langjährigen Nutzungsunterschieden beobachten. So liegt auf dem kommunal genutzten Land die Besatzdichte oft vielfach über dem empfohlenen Wert (HOFFMAN & ASHWELL 2001).

In anderen Vegetationstypen, insbesondere in der Grasland-Vegetation, ist der Regenerationseffekt auf abgezaunten Flächen meist schon nach dem ersten Jahr deutlich sichtbar (KELLNER 2000; SCHULTE 2002). Dies beruht dort auf der insgesamt höheren Nettoproduktion freißbarer Pflanzenmasse (und der daraus resultierenden intensiveren Veränderung der beweideten Vegetation), welche wiederum (s.o.) von der Artenzusammensetzung abhängt; dabei spielt das hohe Regenerationspotential der Gräser die entscheidende Rolle.

In einem weltweiten Vergleich von Untersuchungen des Beweidungseinflusses auf die Artenzusammensetzung wurde gezeigt, daß sich der Beweidungseinfluß v.a. in Vegetationstypen mit hoher Nettoprimär-Produktion und – unter evolutivem Aspekt betrachtet – intensiver Beweidungshistorie auswirkt (MILCHUNAS & LAUENROTH 1993).

Abhängig vom Beweidungsdruck kann es zu einem Verlust an Lebensformendiversität kommen (PETTIT *et al.* 1995). Gräser und Annuelle sind durch ihre Regenerationsfähigkeit an einen Beweidungsdruck angepaßt und werden u.U. sogar durch Beweidung gefördert (PETTIT *et al.* 1995). Diese Lebensformen prägen daher die (historisch und langfristig immer beweideten) Savannen.

In der im Richtersveld untersuchten Vegetation der Sukkulente-Karoo scheinen die Perennen – meist blattsukkulente Chamaephyten – dem Beweidungsdruck zu begegnen, indem sie nur wenig freßbare Pflanzenmasse produzieren. Diese wird zudem, den Hirtenbefragungen zufolge, nur in wenigen Fällen als für die Tiere schmackhaft eingeschätzt (evtl. verhindert ein hoher Salzgehalt insbesondere der Aizoaceae den Fraß).

Strukturelle Abwehrmaßnahmen der Pflanzen, wie Dornen, spitze Blätter und Zweigenden sind in der Karoo bei 10 % der Arten festgestellt worden (MILTON 1991). Bei Huftieren wird in dieser Hinsicht eine Koevolution festgestellt, denn diese fressen auch bedornete Pflanzen, allerdings wird das Ausmaß des Fraßes durch diese Strukturen reduziert (COOPER & OWEN-SMITH 1986; OWEN-SMITH & DANCKWERTS 1997).

Samenverbreitung in Form von Epizoochorie und Endozoochorie wurde in der Karoo ebenfalls beobachtet, ist allerdings im Vergleich zur Graslandvegetation seltener vertreten (MILTON & DEAN 2001; MILTON *et al.* 1990). Eine Anpassung der Pflanzen an Beweidung, gemessen an der Bedeutung der Tiere für die Samenverbreitung, ist eher als gering anzusehen. Es wird daher auch davon ausgegangen, daß in historischer Hinsicht der Beweidungsdruck durch Großsäuger in diesem Vegetationstyp eine untergeordnete Rolle gespielt hat (MILTON *et al.* 1990).

Die Hirteninterviews zeigten – v.a. bezüglich der Flächen mit intensiver Beweidung – eine Diskrepanz zwischen emischer und botanisch-wissenschaftlicher Sichtweise, die sich insbesondere bei der Bewertung von Degradation zeigte. Wohl aufgrund der hohen Artenvielfalt der Sukkulente-Karoo-Vegetation im Richtersveld waren die Artenkenntnisse der Hirten eingeschränkt im Vergleich zu denen von Hirten im Kaokoland (SCHULTE 2002). Für die zukünftige Bestimmung der langfristigen und kaum meßbaren Beweidungseinflüsse auf den weniger intensiv beweideten Flächen (einschließlich der Überprägung durch den Faktor Niederschlag) sollten umfassendere und eingehendere Befragungen einer größeren Anzahl von erfahrenen Hirten bezüglich der beweideten / unbeweideten Arten durchgeführt werden. Das potentiell natürliche Vorkommen von bevorzugten bzw. gemiedenen Weidepflanzen im Vergleich zu ihrem tatsächlichen Auftreten wäre wünschenswerterweise in Zukunft umfangreicher zu dokumentieren.

Degradation und Regeneration

Bei den Untersuchungen im Richtersveld wurde sowohl Degradation als auch Regeneration festgestellt.

Nach Starkregen im Jahr 2000 wurde eine Verdoppelung der Erosion dokumentiert, die u.U. durch Beweidung infolge von Trittbelastung gefördert wird. Andererseits wurde jedoch stellenweise eine Wiederverfüllung von Rinnen mit Feinmaterial, verbunden mit begünstigtem Pflanzenwachstum, beobachtet. OSTERLOH (2000) konnte verstärkte Erosion an Stockpoststandorten des Richtersveldes nachweisen, also an stark durch Verbiß und Tritt beeinflussten Flächen. Von den Hirten wurden in den Interviews die Erosionsrinnen allerdings nicht als eine neue Erscheinung bewertet, sondern als „immer schon dagewesen“ bezeichnet. Im Kaokoland beobachteten SCHULTE (2002) und

SANDER *et al.* (1998) ebenfalls Erosion, diese wurde klar auf Überweidung zurückgeführt. Eine Beobachtung der Entwicklung der Erosion ist daher in Zukunft wünschenswert, da mit Erosion ein Verlust an Nährstoffen, Bodenstruktur und der Samenbank einhergeht.

Die Untersuchungen zum Regenerationsvermögen auf experimentell gestörten (Manipulations-) Flächen zeigte eine ansatzweise Regeneration, die jedoch durch die Trockenjahre verzögert wurde. Es wird prognostiziert, daß das Erreichen eines Zustandes, der dem ursprünglichen (vor der Manipulation) entspricht, etwa 10-20 Jahre dauern wird.

In Untersuchungen von JÜRGENS, bei denen im Richtersveld, bei Numees, im Jahr 1990 Kahlflächen geschaffen wurden, zeigte sich innerhalb von zehn Jahren eine Regeneration, bei der die Vegetation in ihrem ursprünglichen Zustand nahezu wiederhergestellt war und mit der Vegetation der Vergleichsflächen weitgehend übereinstimmte (eigene Beobachtungen; JÜRGENS, pers. Mitteilung).

Vereinzelt wurde auf den Dauerbeobachtungsflächen das Auftreten von Invader-Arten dokumentiert. Auf Stockpostflächen (OSTERLOH 2000) und in der Umgebung von Khubus wurden Invader-Arten sogar verstärkt angetroffen. Das beobachtete Vordringen von Invaderarten wird als Folge von Beweidung, insbesondere Überweidung angesehen (MILTON *et al.* 1999; PETTIT *et al.* 1995). Das Vordringen dieser Arten ist ein Indikator für Degradation und sollte daher in Zukunft verstärkt dokumentiert werden.

Die Untersuchungen an dem artenreichen Hangstandort der Dauerbeobachtungsfläche Nr. 10 haben gezeigt, daß nach dem starken Rückgang der Artenvielfalt und Individuenzahl nach einer extremen Dürre (1978/79) eine Wiederbesiedung der Fläche, verbunden mit einer deutlichen Arten- und Individuenzunahme, trotz permanentem Beweidungsdruck möglich war. Hier kann also noch nicht von Überweidung gesprochen werden. Hierzu paßt, daß von den Hirten kein Rückgang bestimmter, womöglich bevorzugt gefressener, Pflanzenarten beobachtet wurde.

Es ist also davon auszugehen, daß die derzeitige Beweidungsintensität im Richtersveld eine Regeneration zuläßt. Allerdings trifft dies nur bedingt auf die heute schon degradierten Flächen um Ortschaften herum zu. Gerade im Zusammenhang mit dem Richtersveld Nationalpark sollte der Ansatz weiterverfolgt werden, daß ein Teil der Kleinviehwirtschaftung durch Wildtierbewirtschaftung ersetzt werden sollte. Dies wird für die Vegetation als eine schonendere Beweidung angesehen. Zumindest in Savannengrasland in Zimbabwe zeigte sich bei der Kombination von Wildtier- und Haustierbeweidung, daß diese unter günstigen Konditionen miteinander weiden und bei verringertem Nahrungsangebot auf Nahrungsnischen ausweichen (FRITZ *et al.* 1996). Dadurch wird der Beweidungsdruck auf die einzelnen Pflanzenarten vermindert.

7.2 Ausblick

In den vorliegenden Untersuchungen wurde festgestellt, daß die Vegetation des Richtersveldes neben langfristigen Dynamiken auch kurzfristige Dynamiken aufweist. Um ersteres von letzterem unterscheiden zu können und die ursächlichen Zusammenhänge zu verstehen, sind detaillierte Langzeituntersuchungen notwendig. Daher wäre es wünschenswert, wenn die Untersuchungen der Vegetationsdynamiken sowie der Regenerations- und Degradationserscheinungen fortgeführt werden würden, zumal für Trockengebiete Langzeituntersuchungen bislang kaum vorliegen. Diese sollten von Detailuntersuchungen flankiert werden, auf die im Folgenden eingegangen werden wird.

Vegetationsdynamik

Die beobachteten Dynamiken lassen sich zwar gut mit den Niederschlägen korrelieren, detailliertere Untersuchungen der klimatischen Bedingungen auf den Dauerbeobachtungsflächen wären jedoch wünschenswert. Insbesondere wäre der, wenn auch meßtechnisch aufwendig zu erfassende Einfluß von Temperatur und Luftfeuchte auf den Einzelflächen zu bestimmen. Es wird erwartet, daß sich dadurch v.a. erklären läßt, unter welchen Bedingungen bestimmte Arten zur Keimung gelangen und warum bei den perennierenden Arten die Etablierungsereignisse nicht synchron verlaufen.

Beweidung

Die Beweidungseinflüsse auf die Vegetation, die in dieser Arbeit nur grobskalig abgeschätzt werden konnten, sollten in Zukunft konkretisiert werden. Dies könnte in Zusammenarbeit mit den südafrikanischen Wissenschaftlern, insbesondere mit H. HENDRICKS (Mitarbeiter von SANP, Kimberley) erfolgen, sobald dessen Erhebungen der Herdengrößen und -mobilitäten im Richtersveld Nationalpark abgeschlossen sind. Das Wissen der Hirten über Beweidungspräferenzen der Tiere, aber auch über Veränderungen in der Vergangenheit sowie aktuelle Prozesse, hat bereits wichtige Hinweise geliefert. Für weitere Informationen sollten die Hirtenbefragungen in Kooperation mit der Ethnologie fortgeführt werden.

Da der Beweidungseinfluß auf die meisten Pflanzen unspezifisch erfolgt, sollten in Zukunft Indikatorarten gezielt untersucht werden. Hierzu zählen die (u.a. von den Hirten genannten) vom Vieh bevorzugt gefressenen und die gemiedenen Pflanzenarten. In gleicher Weise wäre das Vordringen von Invaderarten zu beobachten. Hierzu sollte ein großflächig (mindestens auf Hektargröße) angelegtes individuenbasiertes Monitoring dieser Indikatorarten stattfinden, mit der Erhebung von Frequenz, Wachstum und Reproduktion der Individuen.

Regeneration

Der Untersuchung von Regenerationspotentialen wird ebenfalls eine hohe Priorität eingeräumt. In stark beweideten Gebieten, in denen aufgrund der Überweidung diese Prozesse beschleunigt ablaufen (in Siedlungsnähe oder in der Nähe von Stockposts und Wasserstellen), sind weitere Auszäunungsexperimente wünschenswert. Auch die Erfassung von Erosionsprozessen sollte ausgeweitet werden.

Modellierung

Gerade die Langfristigkeit der Veränderungen macht die Modellierung des Prozeßgeschehens interessant. In enger Kooperation mit dem Umweltforschungszentrum Leipzig (REINEKING in prep.) entsteht derzeit ein Simulationsmodell, das auf Grundlage der hier erhobenen Daten erstellt wird und zum Verständnis des Zustandekommens und zur Aufrechterhaltung der hohen Biodiversität beitragen soll. Dabei werden auch die Effekte sich ändernder Umweltparameter (Klima, Beweidung) auf die Vegetation modelliert. Ähnliche Modelle sind für die feuchtere Karoo (WIEGAND *et al.* 1995) und die Savannenvegetation (WEBER & JELTSCH 2000) bereits erstellt worden. Anhand von Modellen lassen sich langfristige Veränderungen modellieren und zukünftige Entwicklungen abschätzen.

8 Literatur und Kartenwerke

8.1 Kartenwerke

Topographische Karten

erschieden bei:

Chief Directorate: Surveys and Land Information, Kapstadt, Republik Südafrika

Angegeben werden Kartenummer, Kartenname und Erscheinungsjahr:

Maßstab 1: 250 000

2816 Alexander Bay (1993)

2916 Springbok (1994)

Maßstab 1: 50 000

2816BD Khubus (1982)

2816DA Grootderm(1972)

2816DB Rooibank (1982)

2816DD Holgat (1971)

2817AA De Hoop (1971)

2817AC Vandersterrberg (1983)

2817AD Aussenkehr (1979)

Geologische Karte

Geological Map of the Richtersveld (1958)

Visser, D.J.L.

Department of Mineral and Energy Affairs

Government Printer, Pretoria

Bodenkarte

Land type series (1986)

Ellis, F., Schloms B.H.A.

Maßstab 1: 250 000

Government Printer, Pretoria

Veldtype-Karte

Veldtypes van Suid-Afrika (1951)

Acocks, J.P.H.

Maßstab 1: 1 500 000

Navorsingsinstituut vir Plantkunde

8.2 Literaturverzeichnis

- ACOCKS, J. P. H. (1988) Veld types of South Africa. *Memoirs of the Botanical Survey of South Africa* **57**: 1–146.
- AG-BODENKUNDE (1994) *Bodenkundliche Kartieranleitung*. E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Hannover.
- BAKKER, J. P., OLFF, H., WILLEMS, J. H. & ZOBEL, M. (1996) Why do we need permanent plots in the study of long-term vegetation dynamics? *Journal of Vegetation Science* **7**: 147–156.
- BARKMAN, J. J. (1988) New system of plant growth forms and phenological plant types. In: *Plant form and vegetation structure: 9–44*, edited by M. J. A. WERGER, The Hague.
- BARTELS, N. (1983) *Statistik I*. Gustav Fischer, Stuttgart.
- BECKER, T. & GETZIN, S. (2000) The fairy circles of Kaokoland (North-West Namibia) – origin, distribution, and characteristics. *Basic and Applied Ecology* **1**: 149–159.
- BERZBORN, S. (2001) Vernetzung wirtschaftlicher und sozialer Strukturen: Landbesitz und Haushaltsökonomie im Übergangsgebiet vom Sommer- zum Winterregen, Südliche Namib. *Ergebnisbericht des SFB 389*, Universität zu Köln.
- BERZBORN, S. (2003) "Ek is'n Nama, want ek praat die taal". The Richtersveld and the National Language Policy in South Africa. In: *The San and the State*, edited by T. HOHMANN. Rüdiger Köppe, Köln.
- BESLER, H. (1972) Das Klima der zentralen Namib. In: *Klimaverhältnisse und klimageomorphologischen Zonierung der zentralen Namib (Südwestafrika)*. *Stuttgarter Geogr.Stud.*: 7–8.
- BESLER, H. (1992) *Geomorphologie der ariden Gebiete*. Wiss. Buchges., Wiesbaden.
- BOENIGK, J. (1998) *Vegetations- und bodenkundliche Untersuchungen von Viehposten im Richtersveld/Republik Südafrika unter Verwendung neuer bodenanalytischer Verfahren*. Unveröff. Diplomarbeit, Universität zu Köln.
- BOLLIG, M. & SCHULTE, A. (1999) Environmental Change and Pastoral Perceptions: Degradation and Indigenous Knowledge in Two African Pastoral Communities. *Human Ecology* **27**: 493–514.
- BORNMAN, C. H., BOTHA, C. E. J. & NASH, L. J. (1973) *Welwitschia mirabilis*: Observations on movement of water and assimilates under föhn and fog conditions. *Madoqua* **2**: 25–31.
- BOWERS, J. E., WEBB, R. H. & RONDEAU, R. J. (1995) Longevity, recruitment and mortality of desert plants in Grand Canyon, Arizona, USA. *Journal of Vegetation Science* **6**: 551–564.

- BOWERS, M. A. (1987) Precipitation and the relative abundances of desert winter annuals: a 6-year study in the northern Mohave Desert. *Journal of Arid Environments* **12**: 141–149.
- 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.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964) *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer, Wien.
- BREDENKAMP, G. J., GRANGER, J. E., HOFFMAN, M. T., LUBKE, R. A., MCKENZIE, B., REBELO, A. T. G. & VAN ROOYEN, N. (1998) *Vegetation of South Africa, Lesotho and Swaziland. A companion to the Vegetation Map of South Africa, Lesotho and Swaziland*. Dept of Environmental Affairs & Tourism, Pretoria.
- BRUCKMANN, C. (1997) Zur Kenntnis der Gattung *Drosanthemum* (Aizoaceae): Untersuchungen an Früchten und Blüten.
- CODY, M. L. (1989) Growth-form diversity and community structure in desert plants. *Journal of Arid Environments* **17**: 199–209.
- CODY, M. L. (1991) Niche theory and plant growth form. *Vegetatio* **97**: 39–55.
- CODY, M. L. (2000) Slow-motion population dynamics in Mojave Desert perennial plants. *Journal of Vegetation Science* **11**: 351–358.
- COOPER, S. M. & OWEN-SMITH, N. (1986) Effects of plant spinescence on large mammalian herbivores. *Oecologia* **68**: 446–455.
- COWLING, R. M. & PIERCE, S. M. (1999) *Namaqualand – A Succulent Desert*. Fernwood Press, Vlaeberg.
- COWLING, R. M., RUNDEL, P. W., DESMET, P. G. & ESLER, K. J. (1998) Extraordinarily high regional-scale plant diversity in southern African arid lands: subcontinental and global comparisons. *Diversity and Distributions*.
- 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.
- DEAN, W. R. J. & MILTON, S. J. (1999) *The Karoo – Ecological patterns and processes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- DEAN, W. R. J., MILTON, S. J. & SIEGFRIED, W. R. (1990) Dispersal of seeds as nest material by birds in semiarid Karoo shrubland. *Ecology* **71**: 1299–1306.
- DEAN, W. R. J. & YEATON, R. I. (1993) The effects of harvester ant *Messor capensis* nest-mounds on the physical and chemical properties of soils in the southern Karoo, South Africa. *Journal of Arid Environments* **25**: 249–260.

- DESMET, P. G. & COWLING, R. M. (1999) Biodiversity, habitat and range-size aspects of a flora from a winter-rainfall desert in north-western Namaqualand, South Africa. *Plant Ecology* **142**: 23–33.
- DIERSCHKE, H. (1994) *Pflanzensoziologie – Grundlagen und Methoden*. Ulmer, Stuttgart.
- ECCLES, N. S., ESLER, K. J. & COWLING, R. M. (1999) Spatial pattern analysis in Namaqualand desert plant communities: evidence for general positive interactions. *Plant Ecology* **142**: 71–85.
- ELDRIDGE, D. J. (1998) Trampling of microphytic crusts on calcareous soils, and its impact on erosion under rain-impacted flow. *Catena* **33**: 221–239.
- ELLENBERG, H. (1996) *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H. & MÜLLER-DOMBOIS, D. (1965) A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. *Ber. geobot. Inst. ETH, Stftg. Rübel, Zürich* **37**: 56–73.
- FRANKENBERG, P. (1982) *Vegetation und Raum*. Paderborn.
- FRITZ, H., DE GARINE-WICHATITSKY, M. & LETESSIER, G. (1996) Habitat use by sympatric wild and domestic herbivores in an African savanna woodland: the influence of cattle spatial behaviour. *Journal of Applied Ecology* **33**: 589–598.
- GIBBS RUSSELL, G. E., WATSON, L., KOEKEMOER, M., SMOOK, L., BARKER, N. P., ANDERSON, H. M. & DALLWITZ, M. J. (1990) *Grasses of Southern Africa*. National Botanic Gardens/Botanical Research Institute, Pretoria.
- GLAVAC, V. (1996) *Vegetationsökologie: Grundfragen, Aufgaben, Methoden*. – Gustav Fischer, Jena.
- GOLDBERG, D. E. & TURNER, R. M. (1986) Vegetation change and plant demography in permanent plots in the Sonoran Desert. *Ecology* **67**: 696–712.
- GRIME, J. P. (1979) *Plant Strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons, Chichester.
- VAN GROENEWOUDE, H. (1992) The robustness of Correspondence, Detrended Correspondence, and Twinspan Analysis. – *J. Veg. Sci.* **3**: 329–246.
- GRUBB, P. J. (1977) The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Bot. Rev.* **52**: 107–145.
- HACHFELD, B. (1996) *Vegetationsökologische Transektanalyse in der nördlichen Zentralen Namib*. Unveröff. Diplomarbeit, Universität Hamburg.
- HACHFELD, B. & JÜRGENS, N. (1996) Klima- und Vegetationszonierung in der nördlichen zentralen Namib. In: *Botanikertagung Düsseldorf 25.–31.8.1996*. Dtsch.bot.Ges.

- HACHFELD, B. & JÜRGENS, N. (2000) Climate patterns and their impact on the vegetation in a fog driven desert: The Central Namib Desert in Namibia. *Phytocoenologia* **30**: 567–589.
- HAMMER, S. A. (1993) The genus *Conophytum*. A conograph. Succulent Plant Publications, Pretoria.
- HARTMANN, H. E. K. (1998a) New combinations in *Antimima* (Ruschioideae, Aizoaceae) from southern Africa. *Bothalia* **28**: 67–82.
- HARTMANN, H. E. K. (1998b) New combinations in Ruschioideae, based on studies in *Ruschia* (Aizoaceae). *Bradleya* **16**: 44–91.
- HARTMANN, H. E. K. (2002) Illustrated handbook of succulent plants. Aizoaceae. Springer, Heidelberg.
- HARTMANN, H. E. K. & STÜBER, D. (1993) Studies on the Mesembryanthema (Aizoaceae): On the spiny Mesembryanthema and the genus *Eberlanzia* (Aizoaceae). *Contrib. Bolus Herbarium* **15**: 1–75.
- HENNEKENS, S. (2000) Turbowin 1,98 h. Online-Publikation.
- HILL, M. O. (1973) Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. *J. Ecol.* **63**: 237–249.
- HILL, M. O. & GAUCH JR., H. C. (1980) Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* **42**: 47–58.
- HOFFMAN, T. & ASHWELL, A. (2001) Nature divided – Land degradation in South Africa. University of Cape Town Press, Cape Town.
- IHLENFELDT, H.-D. (1994) Diversification in an arid world: The Mesembryanthemaceae. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **25**: 521–546.
- IHLENFELDT, H.-D. & HARTMANN, H. E. K. (1982) Leaf surfaces in Mesembryanthemaceae. In: *The Plant Cuticle*: 397–424, edited by D. F. CUTLER und K. L. ALVIN, London.
- JÄHNIG, U. (1993) Charakterisierung arider Böden in der Namib unter besonderer Berücksichtigung der Vegetation (Nationalpark Richtersveld – Südafrika – und andere Standorte). Diplomarbeit, unveröff., Universität Hamburg.
- JÜRGENS, N. (1986) Untersuchungen zur Ökologie sukkulenter Pflanzen des südlichen Afrika. *Mitt. Inst. Allg. Bot. Hamburg* **21**, Hamburg.
- JÜRGENS, N. (1990) A life form concept including anatomical characters, adapted for the description of succulent plants. *Mitt. Inst. Allg. Bot. Hamburg* **23a**: 321–341.
- JÜRGENS, N. (1991) A new approach to the Namib Region – I: Phytogeographic subdivision. *Vegetatio* **97**: 21–38.
- JÜRGENS, N., GOTZMANN, I. H. & COWLING, R. M. (1999) Remarkable medium-term dynamics of leaf succulent Mesembryanthemaceae shrubs in the winter-rainfall desert of northwestern Namaqualand, South Africa. *Plant Ecology* **142**: 87–96.

- KELLNER, K. (2000) Desert Margins Program. Proceedings of a National Workshop: Appropriate Restoration Technologies in South Africa. Potchefstroom.
- KLAK, C. & LINDER, H. P. (1998) Systematics of *Psilocaulon* N.E.Br. and *Caulipsilon* Klak gen. nov. (Mesembryanthemoideae, Aizoaceae). Bot. Jahrb. Syst. **120**: 301–375.
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & SCHWERDTFEGER, G. (1994) Bodenkunde. Ulmer, Stuttgart.
- LANCASTER, J. & LANCASTER, N. (1984) Climate of the central Namib Desert. Madoqua **14(1)**: 5–61.
- LANGE, O. L., MEYER, A., ZELLNER, H., ULLMANN, I. & WESSELS, D. C. J. (1990) Eight days in the life of a desert lichen: Water relations and photosynthesis of *Teloschites capensis* in the coastal fog zone of the Namib. Madoqua **17**: 17–30.
- LECHMERE-OERTEL, R. G. & COWLING, R. M. (2001) Abiotic determinants of the fynbos/succulent karoo boundary, South Africa. Journal of Vegetation Science **12**: 75–80.
- LOGAN, R. F. (1960) The Central Namib Desert – South West Africa. National Academie of Sciences – National Research Council, Washington, D.C.
- LONDO, G. (1976) The decimal scale for relevés of permanent quadrats. Vegetatio **33**: 61–64.
- LOUW, G. N. & SEELY, M. K. (1980) Exploitation of fog water by a perennial Namib dune Grass, *Stipagrostis sabulicola*. South African Journal of Science **76**: 38–39.
- MABBERLEY, D. J. (1997) The Plant-Book. A portable dictionary of the vascular plants. Cambridge University Press, Cambridge.
- MANNING, J. C. (1990) A new species of *Trachyandra* section *Liriothamnus* (Asphodelaceae) from the Richtersveld. South African Journal of Botany **56**: 1–5.
- MARTIN, S. C. & TURNER, R. M. (1977) Vegetation change in the Sonoran Desert region, Arizona and Sonora. Arizona Acad. Sci. **12**: 59–69.
- MENSCHING, H. G. (1990) Desertifikation: Ein weltweites Problem der ökologischen Verwüstung in den Trockengebieten der Erde. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- MERXMÜLLER, H. (1972) Prodromus einer Flora von Südwestafrika. J. Cramer, Lehre.
- MIDGLEY, J. (1997) The decline of *Aloe pillansii* at Cornell's Kop in the Richtersveld. Aloe **1&2**: 1.
- MIDGLEY, J. J., COWLING, R. M., HENDRICKS, H., DESMET, P. G., ESLER, K. & RUNDEL, P. (1997) Population ecology of tree succulents (*Aloe* and *Pachypodium*) in the arid western Cape: decline of keystone species. Biodiversity and Conservation **6**: 869–876.

- MILCHUNAS, D. G. & LAUENROTH, W. K. (1993) Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* **63**: 327–366.
- MILTON, S. J. (1991) Plant spinescence in arid southern Africa: does moisture mediate selection by mammals? *Oecologia* **87**: 279–287.
- MILTON, S. J. (1992) Plants eaten and dispersed by adult leopard tortoises *Geochelone pardalis* (Reptilia: Chelonii) in the southern Karoo. *S.Afr.J.Zool.* **27**: 45–49.
- MILTON, S. J. (1995) Spatial and temporal patterns in the emergence and survival of seedlings in arid Karoo shrubland. *Journal of Applied Ecology* **32**: 145–156.
- MILTON, S. J. & DEAN, W. R. J. (2001) Seeds dispersed in dung insectivores and herbivores in semi-arid southern Africa. *Journal of Arid Environments* **47**: 465–483.
- 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.
- MILTON, S. J., SIEGFRIED, W. R. & DEAN, W. R. J. (1990) The distribution of epizoochoric plant species: a clue to the prehistoric use of arid Karoo rangelands by large herbivores. *Journal of Biogeography* **17**: 25–34.
- MILTON, S. J., YEATON, R. I., DEAN, W. R. J. & VLOK, J. H. J. (1997) Succulent karoo. In: *Vegetation of Southern Africa*: 131–166, edited by R. M. COWLING, D. M. RICHARDSON und S. M. PIERCE. Cambridge University Press, Cambridge.
- MILTON, S. J., ZIMMERMANN, H. G. & HOFFMANN, J. H. (1999) Alien plant invaders of the karoo: attributes, impacts and control. In: *The Karoo*: 274–288, edited by W. R. J. DEAN und S. J. MILTON. Cambridge University Press, Cambridge.
- NUSSBAUM, S. (in prep.) *Vegetation und Ökologie des Richtersveldes*. Dissertation, Universität zu Köln.
- O'CONNOR, T. G. & ROUX, P. W. (1995) Vegetation changes (1949–71) 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.
- OGUZ, I. (1999) *Vegetationsökologische Transektanalyse der Sandökosysteme im westlichen Richtersveld (Republik Südafrika)*. Examensarbeit, unveröff., Universität zu Köln.
- OLIVIER, J. (1995) Spatial distribution of fog in the Namib. *Journal of Arid Environments* **29**: 129–138.
- ORSHAN, G. (1953) Note on the application of Raunkier's system of life forms in arid regions. *Palest. J. Bot. Jerusalem* **6**: 120–122.
- OSTERLOH, T. (2000) *Vegetationsökologische Untersuchungen der Pioniervegetation an Kraalplätzen im Richtersveld (Republik Südafrika)*. Diplomarbeit, unveröff., Universität zu Köln.

- OWEN-SMITH, N. & DANCKWERTS, J. E. (1997) Herbivory, in *Vegetation of Southern Africa*, edited by R. M. COWLING, D. M. RICHARDSON und S. M. PIERCE. Cambridge University Press.
- PAROLIN, P. (2001) Seed expulsion in fruits of *Mesembryanthema* (Aizoaceae): a mechanistic approach to study the effect of fruit morphological structures on seed dispersal. *Flora* **196**: 313–322.
- PETAL, J. (1978) The role of ants in ecosystems, in *Production ecology of ants and termites*, edited by M. V. BRIAN. Cambridge University Press, Cambridge.
- PETTIT, N. E., FROEND, R. H. & LADD, P. G. (1995) Grazing in remnant woodland vegetation: changes in species composition and life form groups. *Journal of Vegetation Science* **6**: 121–130.
- PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P. & BUCHWALD, R. (1986) Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil I: Methodik der Anlage und Aufnahme. *Ber. d. ANL* **10**: 41–60.
- PHILLIPS, D. L. & MACMAHON, J. A. (1981) Competition and spacing patterns in desert shrubs. *Journal of Ecology* **69**: 97–115.
- PIERCE, S. M. & GERBAULET, M. (1997) *Brownanthus* Schwantes (Mesembryanthemoideae, Aizoaceae): two new species and an new combination from the Richtersveld and southwestern Namibia. *ALOE* **34**: 42–44.
- DU PLESSIS, W. P. (2001) Effective rainfall defined using measurements of grass growth in the Etosha National Park, Namibia. *Journal of Arid Environments* **48**: 397–417.
- PRENTICE, I. C. & WERGER, M. J. A. (1985) Clump spacing in a desert dwarf shrub community. *Vegetatio* **63**: 133–139.
- RAUNKIAER, C. (1907) *Planterigetets Livsformer og deres Betydning for Geografien*. Kopenhagen.
- REINEKING, B. (in prep.) Welche Prozesse und Mechanismen bestimmen die Biodiversität in (semi-) ariden Pflanzengemeinschaften? Dissertation, UFZ Leipzig.
- RHOADES, J. D. (1996) Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids, in *Methods of soil analysis, Part 3*, edited by D. L. SPARKS, Madison.
- ROTH, F. (2002) *Bodenkundliche Untersuchungen an schuttreichen Steilhängen des Richtersveldes (Namibland, Südafrika)*. Unveröff. Diplomarbeit, Geografisches Institut, Universität zu Köln.
- LE ROUX, A. & BOUCHER, C. (1993) *Flora of Namaqualand*. Botanical Society of S.A. and NBI, Claremont.
- LE ROUX, A. & SCHELPE, T. (1988) *Namaqualand. South African Wild Flower Guide 1*. Botanical Society of S.A. and NBI, Claremont.

- RUNDEL, P. W. & MAHU, M. (1976) Community Structure and Diversity in a Coastal Fog Desert in Northern Chile. *Flora* **165**: 493–505.
- RUTHERFORD, M. C. & WESTFALL, R. H. (1986) Biomes of Southern Africa – an objective categorization. *Mem. Bot. Surv. S. Afr.* **54**: 1–98.
- 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.
- SANP (1996) Richtersveld Management Plan.
- SANP (1997) Richtersveld National Park – A World Heritage Site. Proposal, SANP.
- SCHULTE, A. (1994) Untersuchungen zur Vegetation der Sukkulente-Karoo (Südafrika) entlang einem grossräumigen Klimagradienten. Unveröff. Diplomarbeit, Universität Hamburg.
- SCHULTE, A. (2002) Weideökologie des Kaokolandes – Struktur und Dynamik einer Mopane-Savanne unter pastoralnomadischer Nutzung. Dissertation, Universität zu Köln.
- SCOTT, L., ANDERSON, H. M. & ANDERSON, J. M. (1997) Vegetation history. In: *Vegetation of Southern Africa: 62–90*, edited by R. M. COWLING, D. M. RICHARDSON und S. M. PIERCE. Cambridge University Press, Cambridge.
- SCOTT, L., STEENKAMP, M. & BEAUMONT, P. B. (1995) Palaeoenvironmental conditions in south Africa at the Pleistocene-Holocene transition. *Quat. Sci. Rev.* **14**: 937–947.
- SEELY, M. K. (1981) Desert plants use fog water. *Scient. Prog.* **14(2)**: 4.
- SMITH, F. R. & YEATON, R. I. (1998) Disturbance by the mound-building termite, *Trinervitermes trinervoides*, and vegetation patch dynamics in a semi-arid, southern African grassland. *Plant Ecology* **137**: 41–53.
- SOLOMON, M. (1997) Proposed Research Framework for Namaqualand. Historical Context. Brandkaros.
- SPRINGUEL, I., SHEDED, M. & ABED, W. (1990) Plant growth in relation to a rain incident in Wadi Agag, South Egypt. *Vegetatio* **90**: 159–165.
- STÖCKER, B. (1999) Vegetationsökologische Untersuchungen zweier Landschaftsausschnitte in den Dünenfeldern des nördlichen Sandveldes (Republik Südafrika). Examensarbeit, unveröff., Universität zu Köln.
- TODD, S. W. & HOFFMAN, M. T. (1999) A fence-line contrast reveals effects of heavy grazing on plant diversity and community composition in Namaqualand, South Africa. *Plant Ecology* **142**: 169–178.
- TRAXLER, A. (1998) Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings. Methoden, Praxis, angewandte Projekte. Teil A: Methoden. Umweltbundesamt, Wien.
- DE VILLIERS, J. & SÖHNGE, P. G. (1959) The Geology of the Richtersveld, Pretoria.

- VAN DER WALT, J. J. A. (1977) *Pelargoniums* of Southern Africa. Purnell & Sons, Cape Town.
- VAN DER WALT, J. J. A. & VORSTER, P. J. (1981) *Pelargoniums* of Southern Africa. Vol. 2. Juta & Co., Johannesburg.
- VAN DER WALT, J. J. A. & VORSTER, P. J. (1988) *Pelargoniums* of Southern Africa. Vol. 3. National Botanic Gardens, Kirstenbosch.
- WATSON, A. (1988) Desert gypsum crusts as palaeoenvironmental indicators: A micropetrographic study of crusts from southern Tunisia and the central Namib Desert. *Journal of Arid Environments* **15**: 19–42.
- WEBER, G. E. & JELTSCH, F. (2000) Long-term impacts of livestock herbivory on herbaceous and woody vegetation in semiarid savannas. *Basic and Applied Ecology* **1**: 13–23.
- WEBLEY, L., ARCHER, F. M. & BRINK, J. (1993) Die Toon: a Late Holocene site in the Richtersveld National Park, northern Cape. *Koedoe* **36**: 1–9.
- WIEGAND, T., MILTON, S. J. & WISSEL, C. (1995) A simulation model for a shrub ecosystem in the semiarid Karoo, South Africa. *Ecology* **76**: 2205–2221.
- VON WILLERT, D. J. (1986) Sukkulente und ihr Überleben in der Wüste. *Naturwissenschaften* **73**: 57–69.
- VON WILLERT, D. J., ELLER, B. M., WERGER, M. J. A., BRINCKMANN, E. & IHLENFELDT, H.-D. (1992) Life strategies of succulents in deserts with special reference to the Namib desert. Cambridge University Press, Cambridge.
- WILLIAMSON, G. (2000) Richtersveld – The enchanted wilderness. Umdaus Press, Hatfield.
- YEATON, R. I. & ESLER, K. J. (1990) The dynamics of a succulent karoo vegetation – A study of species association and recruitment. *Vegetatio* **88**: 103–113.
- ZÖFEL, P. (2001) Statistik verstehen. Ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung. Addison-Wesley, München.
- ZOHARY, M. (1937) Die verbreitungsökologischen Verhältnisse der Pflanzen Palästinas. I. Die antitelechorischen Erscheinungen. *Beih. Bot. Centralbl. (A)* **56**: 1–154.

9 Anhang

Tabelle 9.1 Standortparameter der Dauerbeobachtungsflächen	Seite 110
Tabelle 9.2 Bodendaten der Dauerbeobachtungsflächen	Seite 111
Tabelle 9.3 Gesamtartenliste	Seite 112
Tabelle 9.4 Vegetationsaufnahmen	Seite 116
Tabelle 9.5 Ergebnis der Rangkorrelation	Seite 130
Tabelle 9.6 Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse	Seite 131
Abbildung 9.1 Ergebnis der Clusteranalyse	Seite 132

Tabelle 9.1 Standortparameter der Dauerbeobachtungsflächen

Beweidungsintensität	Altitude m ü.NN	Exposition [°]	Inklination [°]	Größe [m]	Koordinaten (Längengrad) [°] Ost	Koordinaten (Breitengrad) [°] Süd	Kartenblatt (1:50 000)	Küsten- entfernung [km]	Datum					Flächen- nummer	Flächenname		
									2001	1999	1998	1997	1996			1995	
2	130	90 O	5	10x10	38,0 48	16	50,9 55	28	2816DD	13	23.09.	05.09.	18.09.	26.08.	19.08.	1	Sukkel
2	310	keine	0	10x10	24,5 51	16	9,7 49	28	2816DD	20	23.09.	15.10.	18.09.	27.08.		2	Witbank
2	70	270 W	5	10x10	19,0 39	16	16,2 31	28	2816DA	23	27.08.	03.09.	05.09.	03.10.		3	Beauvallon unten
2	70	310 NW	3	10x10	22,0 39	16	16,1 31	28	2816DA	23	27.08.	03.09.	05.09.	03.10.		4	Beauvallon oben
4	360	keine	0	10x10	47,8 57	16	21,4 38	28	2816DB	39	22.09.	18.09.	15.09.			5	Ploughberg
5	260	20 N	3	10x10	45,8 56	16	30,3 27	28	2816BD	48	02.09.	16.10.	04.08.			6	Khubus A (eingezäunte Fläche)
5	260	20 NNO	3	10x10	46,1 56	16	29,9 27	28	2816BD	48	02.09.	16.10.	04.09.	10.10.	12.10.	7	Khubus B (Vergleichsfläche)
5	210	10 N	1	10x10	4,6 54	16	55,4 26	28	2816BD	46	19.09.	04.09.	04.09.	10.10.	26.10.	8	Khubus Abkürzung A (eingezäunte Fläche)
5	210	220 SWS	29	10x10	4,6 54	16	55,9 26	28	2816BD	46	19.09.	04.09.	04.09.	10.10.	26.10.	9	Khubus Abkürzung B (Vergleichsfläche)
4	370	300 WNW	4	10x10	49,1 57	16	52,3 17	28	2816BD	61	15.09.	07.10.	10.10.	30.09.	01.09.	10	Numees 1
4	350	300 WNW	4	10x10	47,5 57	16	52,6 17	28	2816BD	61	06.10.	03.10.	07.10.	21.08.	30.09.	11	Überweidung Tal
4	360	180 SWS	14	10x10	49,3 57	16	53,6 17	28	2816BD	61	15.10.	06.10.	06.10.	02.10.	25.10.	12	Ruschia senaria-Fläche A (eingezäunte Fläche)
(4)	360	160 SSO	20	10x10	49,3 57	16	53,6 17	28	2816BD	61	14.10.	06.10.	08.10.			13	Ruschia senaria-Fläche B (Vergleich)
4	370	145 SO	10	10x10	41,5 57	16	48,0 17	28	2816BD	61		05.10.	08.10.			14	Numees 2
4	360	230 SW	2	10x10	45,4 57	16	52,7 17	28	2816BD	61	04.09.	05.10.	07.09.	12.08.		15	Numees 3
4	360	140 SO	6	5x5	44,9 57	16	48,7 17	28	2816BD	61	12.10.	03.10.	07.10.	19.08.	08.09.	16	Cheiridopsis robusta-Fläche
3	660	335 WNW	12	10x10	7,0 59	16	18,2 20	28	2816BD	60	23.08.	08.10.	07.09.	20.08.	14.10.	17	Alce pearsonii-Fläche
(3)	660	110 OSO	8	10x10	14,8 59	16	51,3 18	28	2816BD	61	15.10.	10.10.	19.09.	09.10.	15.10.	18	Paradiesschlucht A (eingezäunte Fläche)
3	660	110 OSO	8	10x10	15,1 59	16	52,2 18	28	2816BD	61	15.10.	10.10.	19.09.	09.10.	15.10.	19	Paradiesschlucht B (Vergleichsfläche)
(3)	530	170 S	3	10x10	55,1 1	17	29,4 16	28	2817AC	68	16.09.	24.08.	01.09.	23.09.	09.10.	20	Domorogh-Pass A (eingezäunte Fläche)
3	530	170 S	2	10x10	54,7 1	17	29,0 16	28	2817AC	68	16.09.	24.08.	01.09.	23.09.	24.10.	21	Domorogh-Pass B (Vergleichsfläche)
(4)	460	350 N	2	10x10	6,2 3	17	16,0 17	28	2817AC	68	19.09.	09.10.	13.09.	06.10.	18.10.	22	Abiquatflakte oben A (eingezäunte Fläche)
4	460	350 N	2	10x10	5,0 3	17	15,6 17	28	2817AC	68	25.08.	19.09.	09.10.	13.09.	06.10.	23	Abiquatflakte oben B (Vergleichsfläche)
(3)	450	190 SSW	3	10x10	18,1 3	17	17,9 17	28	2817AC	68	25.08.	24.09.	09.10.	20.09.	06.10.	24	Abiquatflakte unten A (eingezäunte Fläche)
3	450	165 SSO	3	10x10	18,1 3	17	18,3 17	28	2817AC	68	25.08.	21.09.	09.10.	20.09.	06.10.	25	Abiquatflakte unten B (Vergleichsfläche)
3	630	340 NNW	3	10x10	39,2 2	17	11,0 15	28	2817AC	70	28.08.	22.08.	17.09.	08.08.	20.10.	26	Koeroegab unten
(4)	550	keine	0	10x10	58,8 2	17	48,9 13	28	2817AA	71	27.08.	29.08.	16.09.	08.10.	22.10.	27	Stockpost Nah A (eingezäunte Fläche)
4	550	keine	0	10x10	57,1 2	17	49,3 13	28	2817AA	71	27.08.	29.08.	16.09.	08.10.	22.10.	28	Stockpost Nah B (Vergleichsplot)
(3)	550	10 NNO	1	10x10	54,2 2	17	39,1 13	28	2817AA	71	27.08.	06.09.	21.09.	17.09.	08.10.	29	Stockpost fern A (eingezäunte Fläche)
3	550	10 NNO	1	10x10	54,3 2	17	38,6 13	28	2817AA	71	27.08.	06.09.	21.09.	17.09.	08.10.	30	Stockpost fern B (Vergleichsfläche)
(3)	500	keine	0	10x10	17,2 3	17	26,5 11	28	2817AA	75	28.08.	25.09.	13.09.	23.09.	03.10.	31	Oberes Koroegab A (eingezäunte Fläche)
3	500	keine	0	10x10	15,2 3	17	22,0 11	28	2817AA	75	28.08.	25.09.	13.09.	23.09.	03.10.	32	Oberes Koroegab B (Vergleichsfläche)
3	310	210 SWS	3	10x10	50,3 7	17	20,0 14	28	2817AA	78	26.09.	31.08.	11.10.	05.08.	19.10.	33	Maerpoort
0	660	280 WNW	3	10x10	42,0 14	17	28,3 19	28	2817AC	80	11.09.	19.09.	11.09.	03.08.	22.09.	34	Taasberg
(1)	500	30 NNO	1	10x10	53,0 15	17	48,6 21	28	2817AD	80	26.08.	10.09.	20.09.	10.10.		35	Springbokflakte A (eingezäunte Fläche)
1	500	50 NO	2	10x10	53,3 15	17	47,6 21	28	2817AD	80	26.08.	10.09.	20.09.	10.10.		36	Springbokflakte B (Vergleichsfläche)
3	500	keine	0	4x4	14,8 3	17	23,5 11	28	2817AA	75	17.09.	15.10.	20.09.	16.09.	09.08.	37	Manipulation alt A (Vergleich)
3	500	keine	0	4x4	14,8 3	17	23,5 11	28	2817AA	75	17.09.	15.10.	20.09.	16.09.	09.08.	38	Manipulation alt B (tot)
3	500	keine	0	4x4	14,8 3	17	23,5 11	28	2817AA	75	17.09.	15.10.	20.09.	16.09.	09.08.	39	Manipulation alt C (frei)
3	500	keine	0	4x4	14,8 3	17	23,5 11	28	2817AA	75	17.09.	15.10.	20.09.	16.09.	09.08.	40	Manipulation alt D (1 cm)
3	500	keine	0	4x4	14,8 3	17	23,5 11	28	2817AA	75	17.09.	15.10.	20.09.	16.09.	09.08.	41	Manipulation alt E (5 cm)
3	500	keine	0	4x4	14,8 3	17	23,5 11	28	2817AA	75	17.09.	15.10.	20.09.	16.09.	09.08.	42	Manipulation neu A (Vergleich)
3	500	keine	0	4x4	19,0 3	16	27,9 11	28	2817AA	75	17.09.	15.10.	20.09.	16.09.	09.08.	43	Manipulation neu B (tot)
3	500	keine	0	4x4	19,0 3	16	27,9 11	28	2817AA	75	17.09.	15.10.	20.09.	16.09.	09.08.	44	Manipulation neu C (frei)
3	500	keine	0	4x4	19,0 3	16	27,9 11	28	2817AA	75	17.09.	15.10.	20.09.	16.09.	09.08.	45	Manipulation neu D (1 cm)
3	500	keine	0	4x4	19,0 3	16	27,9 11	28	2817AA	75	17.09.	15.10.	20.09.	16.09.	09.08.	46	Manipulation neu E (5 cm)

9 Anhang

Tabelle 9.2 Bodendaten der Dauerbeobachtungsflächen

Flächennummer	Bodentiefe [cm]	Bodenart	Skeletgehalt	Krustenbedeckung	PH	Leitfähigkeit µS/cm	Carbonatgehh.	Carbonatgehalt	Farbe	Chlorid	Nitrit		Nitrat		Phosphat	Sulfat
												[mg/l*g]*1000				
1	>60	Sand S	0	1	6,63	32	1	c 0	7,5YR 4/4	4	0	8	1	4		
2	>60	Sand S	0	30	8,03	202	1	c 0	2,5YR 3/4	30	0	22	0	129		
3	40	Sand S	0	1	8,09	266	4,2	c 3.3	7,5YR 4/4	179	0	3	0	290		
4	45	Sand S	0	1	7,85	34	1	c 0	7,5YR 4/6	11	0	29	4	26		
5	50	schluffiger Sand Su	10	10	8,05	82	4,2	c 3.3	5YR 3/4	147	6	20	2	55		
6	45	schluffiger Sand Su	35	2	8,3	264	4,3	c 3.4	2,5YR 3/4	41	0	15	4	11		
7	45	schluffiger Sand Su	35	2	8,3	264	4,3	c 3.4	2,5YR 3/4	41	0	15	4	11		
8	50+	schluffiger Sand Su	10	1	8,5	2310	4,3	c 3.4	5YR 4/4	3232	0	341	0	287		
9	50+	schluffiger Sand Su	10	1	8,5	2310	4,3	c 3.4	5YR 4/4	3232	0	341	0	287		
10	15	schluffiger Sand Su	10	0	7,41	111	1	c 0	7,5YR 3/4	28	1	18	0	28		
11	20	schluffiger Sand Su	0	2	8,1	238	5	c 4	7,5YR 4/6	221	0	1	0	13		
12	20	schluffiger Sand Su	60	1	7,54	109	1	c 0	7,5YR 4/6	69	0	1	0	23		
13	20	schluffiger Sand Su	60	1	7,54	109	1	c 0	7,5YR 4/6	69	0	1	0	23		
14	15	schluffiger Sand Su	75	3	7,64	42	1	c 0	7,5YR 4/6	11	0	5	0	7		
15	50	schluffiger Sand Su	5	5	7,65	86	4,3	c 3.4	7,5YR 4/6	6	0	29	0	6		
16	15	schluffiger Sand Su	40	2	7,75	59	4,2	c 3.3	7,5YR 4/4	6	0	5	0	7		
17	20	lehmig schluffiger Sand Sl	30	5	6,52	412	1	c 0	5YR 3/4	585	0	114	0	198		
18	25	schluffiger Sand Su	50	8	7,71	64	1	c 0	7,5YR 3/4	8	0	5	0	2		
19	25	schluffiger Sand Su	50	7	7,71	64	1	c 0	7,5YR 3/4	8	0	5	0	2		
20	35	lehmig schluffiger Sand Sl	30	10	7,98	195	5	c 4	7,5YR 4/6	2	0	2	2	0		
21	35	lehmig schluffiger Sand Sl	30	10	7,98	195	5	c 4	7,5YR 4/6	2	0	2	2	0		
22	30	schluffiger Sand Su	0	1	7,85	176	3	c 2	7,5YR 3/4	453	0	34	0	0		
23	30	schluffiger Sand Su	0	1	7,85	176	3	c 2	7,5YR 3/4	453	0	34	0	0		
24	35	schluffiger Sand Su	0	1	7,88	176	3	c 2	7,5YR 3/4	113	0	2	1	0		
25	35	schluffiger Sand Su	0	1	7,88	176	3	c 2	7,5YR 3/4	113	0	2	1	0		
26	30	lehmig schluffiger Sand Sl	10	2	8,14	122	3	c 2	5YR 4/4	14	0	4	0	0		
27	35	schluffiger Sand Su	0	1	8,24	223	5	c 4	7,5YR 4/4	81	0	11	0	12		
28	35	schluffiger Sand Su	0	1	8,24	223	5	c 4	7,5YR 4/4	81	0	11	0	12		
29	30	schluffiger Sand Su	20	1	8,01	64	4,2	c 3.3	7,5YR 4/4	2	0	2	0	0		
30	30	schluffiger Sand Su	20	1	8,01	64	4,2	c 3.3	7,5YR 4/4	2	0	2	0	0		
31	35	schluffiger Sand Su	0	2	8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	122	0	5	0	9		
32	35	schluffiger Sand Su	0	2	8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	122	0	5	0	9		
33	50	schluffiger Sand Su	60	0	7,84	65	1	c 0	7,5YR 4/4	4	0	4	1	1		
34	60	schluffiger Sand Su	50	0	7,92	51	1	c 0	7,5YR 3/4	3	0	3	1	1		
35	50	Sand S	2	0	7,98	44	3	c 2	7,5YR 3/4	6	0	9	0	5		
36	50	Sand S	2	0	7,98	44	3	c 2	7,5YR 3/4	6	0	9	0	5		
37	35	schluffiger Sand Su	0		8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	1	0	7	0	0		
38	35	schluffiger Sand Su	0		8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	1	0	7	0	0		
39	35	schluffiger Sand Su	0		8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	1	0	7	0	0		
40	35	schluffiger Sand Su	0		8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	1	0	7	0	0		
41	35	schluffiger Sand Su	0		8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	1	0	7	0	0		
42	35	schluffiger Sand Su	0		8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	1	0	7	0	0		
43	35	schluffiger Sand Su	0		8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	1	0	7	0	0		
44	35	schluffiger Sand Su	0		8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	1	0	7	0	0		
45	35	schluffiger Sand Su	0		8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	1	0	7	0	0		
46	35	schluffiger Sand Su	0		8,07	122	1	c 0	7,5YR 3/4	1	0	7	0	0		

Tabelle 9.3: Gesamtartenliste

SG: Sukkulenzgrad; ST: Sukkulenztyp; S : Stammsukkulent; B: Blattsukkulent;
 LF: Lebensform (siehe Abkürzungsverzeichnis)

Artname	Familie	LF	SG ST
Acanthopsis disperma Nees	Acanthaceae	B	1 X
Acrotome pallescens Benth.	Labiatae	A	1 X
Adenogramma glomerata (L.f.) Druce	Molluginaceae	A	2 B
Aizoon sarmentosum L.f.	Aizoaceae	A	3 B
Albuca cf. maxima Burm.f.	Hyacinthaceae	G	2 B
Albuca exuviata Baker	Hyacinthaceae	G	2 B
Albuca spiralis L.f.	Hyacinthaceae	G	2 B
Albuca viscosa L.f.	Hyacinthaceae	G	2 B
Aloe pearsonii Schönland	Asphodelaceae	MCh	3 B
Aloe ramosissima Pillans	Asphodelaceae	MiP	3 B
Amellus nanus DC.	Compositae	A	1 X
Ammocharis herrei Leight.	Amaryllidaceae	G	2 B
Amphibolia obscura H.E.K.Hartmann	Aizoaceae	MCh	3 B
Anacampseros cf. filamentosa (Haw.) Sims.	Portulacaceae	NCh	2 B
Antimima subgen. Clavipes "kahn"	Aizoaceae	MCh	3 B
Aptosimum spinescens (Thunb.) Weber	Scrophulariaceae	MiCh	1 X
Aridaria brevicarpa L.Bolus	Aizoaceae	MCh	3 B
Aridaria noctiflora (L.) Schwantes ssp. noctiflora NT Gerbaulet & Struck	Aizoaceae	MCh	3 B
Aridaria serotina L.Bolus	Aizoaceae	MCh	3 B
Aristida adscensionis L.	Gramineae	A	1 X
Asparagus capensis L. (= Protasparagus capensis (L.) Oberm.)	Asparagaceae	MCh	1 X
Astridia speciosa L.Bolus	Aizoaceae	MCh	3 B
Atriplex eardleyae Aellen	Chenopodiaceae	A	1 X
Atriplex lindleyi Moq. ssp. inflata (F. Muell.) Paul	Chenopodiaceae	MCh	1 X
Berkheya canescens DC.	Compositae	MCh	1 X
Blepharis furcata (L.f.) Pers.	Acanthaceae	MiCh	1 X
Brownanthus arenosus (Schinz) Ihlenf. & Bittrich	Aizoaceae	MCh	3 S
Brownanthus neglectus S.M.Pierce & Gerbaulet	Aizoaceae	MCh	3 B
Brownanthus pseudoschlichtianus S.M.Pierce & Gerbaulet	Aizoaceae	MCh	3 S
Bulbine frutescens (L.) Willd.	Asphodelaceae	G	2 B
Campanulaceae	Campanulaceae	A	1 X
Centropodia glauca (Nees) Cope	Gramineae	H	1 X
Ceraria fruticulosa H.Pearson & Stephens	Portulacaceae	MCh	2 B
Chaetobromus involucratus (Schwad.) Nees (= Chaetobromus dregeanus Barker)	Gramineae	H	1 X
Cheiridopsis robusta (Haw.) N.E.Br.	Aizoaceae	MiCh	3 B
Chenopodiaceae "langes Blatt"	Chenopodiaceae	A	1 X
Chlorophytum viscosum Kunth	Anthericaceae	G	1 X
Chrysocoma cernua L.	Compositae	MiCh	1 X
Citrullus cf. ecirrhosus Cogn.	Cucurbitaceae	G	1 X
Cladoraphis cyperoides (Thunb.) S.M.Phillips	Gramineae	MCh	1 X
Coelanthum grandiflorum E.Mey. ex Fenzl	Molluginaceae	A	1 X
Conophytum jucundum (N. E. Br.) N. E. Br.	Aizoaceae	NCh	3 B
Cotyledon orbiculata L.	Crassulaceae	MCh	3 B
Crassula barbata Thunb.	Crassulaceae	NCh	3 B
Crassula deceptor Schönland & Baker f.	Crassulaceae	NCh	3 B
Crassula elegans Schönland & Baker f.	Crassulaceae	NCh	3 B
Crassula expansa Dryand.	Crassulaceae	MiCh	3 B
Crassula grisea Schönland	Crassulaceae	MiCh	3 B
Crassula macowaniana Schönland & Baker f.	Crassulaceae	MCh	3 B
Crassula muscosa L.	Crassulaceae	MCh	2 B
Crassula subacaulis Schönland & Baker f. ssp. erosula (N.E.Br.) Toelken	Crassulaceae	MiCh	3 B
Crassula subaphylla (Eckl. & Zeyh.) Harv.	Crassulaceae	MiCh	3 B
Crotalaria meyeriana Steud.	Leguminosae	A	1 X
Cyphia sp.	Campanulaceae	MCh	1 X
Diascia rudolphii Hiern	Scrophulariaceae	A	1 X
Didelta carnosa (L.f.) Aiton var. carnosa	Compositae	B	2 B
Didelta carnosa (L.f.) Aiton var. tomentosa (Less.) Roessler	Compositae	B	2 B
Dimorphotheca pluvialis (L.) Moench	Compositae	A	2 B

Artname	Familie	LF	SG ST
Dimorphotheca polyptera DC.	Compositae	A	1 X
Dimorphotheca sinuata DC.	Compositae	A	1 X
Dipcadi brevifolium (Thunb.) Fourc. var. spirale	Hyacinthaceae	G	2 B
Dipcadi crispum Baker var. tortile	Hyacinthaceae	G	2 B
Dischisma spicatum (Thunb.) Choisy	Globulariaceae	A	1 X
Drosanthemum hispidum (L.) Schwantes	Aizoaceae	MCh	3 B
Drosanthemum inornatum (L.Bolus) L.Bolus	Aizoaceae	MCh	3 B
Drosanthemum muirii L.Bolus	Aizoaceae	MCh	3 B
Eberlanzia cyathiformis (L.Bolus) H.E.K.Hartmann	Aizoaceae	MCh	3 B
Eberlanzia ebracteata (L.Bolus) H.E.K.Hartmann "Coast"	Aizoaceae	MCh	3 B
Eberlanzia ebracteata (L.Bolus) H.E.K.Hartmann "Inland"	Aizoaceae	MCh	3 B
Eberlanzia ebracteata (L.Bolus) H.E.K.Hartmann "Inland small"	Aizoaceae	MCh	3 B
Eberlanzia sedoides (Dinter & A.Berger) Schwantes	Aizoaceae	MCh	3 B
Ehrharta calycina Sm.	Gramineae	A	1 X
Ehrharta delicatula (Nees) Stapf	Gramineae	A	1 X
Ehrharta triandra Ness ex Trim.	Gramineae	A	1 X
Enneapogon desvauuxii P.Beauv.	Gramineae	A	1 X
Enneapogon scaber Lehm.	Gramineae	A	1 X
Eriocephalus aspalathoides DC.	Compositae	MCh	1 X
Euphorbia chersina N.E.Br.	Euphorbiaceae	MCh	3 S
Euphorbia dregeana E.Mey. ex Boiss.	Euphorbiaceae	NP	3 S
Euphorbia ephedroides E.Mey. ex Boiss.	Euphorbiaceae	MCh	3 S
Euphorbia gummifera Boiss.	Euphorbiaceae	NP	3 S
Euphorbia hamata (Haw.) Sweet	Euphorbiaceae	MCh	3 S
Euphorbia mauritanica L.	Euphorbiaceae	NP	3 S
Euryops namibensis (Merxm.) B.Nord.	Compositae	MCh	1 X
Ferraria divaricata Sweet	Iridaceae	G	1 X
Forsskaolea candida L.f.	Urticaceae	MCh	2 X
Galenia crystallina (Eckl. & Zeyh.) Fenzl	Aizoaceae	MCh	3 B
Galenia dregeana Fenzl ex Sond.	Aizoaceae	MCh	3 B
Galenia meziana K.Müll.	Aizoaceae	NCh	1 X
Gazania lichtensteinii Less.	Compositae	A	2 B
Gazania tenuifolia Less.	Compositae	A	1 X
Geophyt "Schnittlauch"	indet.	G	1 X
Gethylis grandiflora L.Bolus	Amaryllidaceae	G	2 B
Gladiolus orchidiflorus Andrews	Iridaceae	G	1 X
Gorteria diffusa Thunb.	Compositae	A	1 X
Grielum humifusum Thunb.	Neuradaceae	G	1 X
Gymnodiscus linearifolia DC.	Compositae	A	1 X
Hebenstretia cf. integrifolia L.	Scrophulariaceae	A	1 X
Hebenstretia parviflora E.Mey.	Scrophulariaceae	A	1 X
Helichrysum arenicola M.D.Hend.	Compositae	A	1 X
Helichrysum herniarioides DC.	Compositae	A	1 X
Helichrysum leontonyx DC.	Compositae	A	1 X
Helichrysum micropoides DC.	Compositae	A	1 X
Helichrysum obtusum (S.Moore) Moeser	Compositae	MiCh	1 X
Helichrysum roseo-niveum Marloth & O.Hoffm.	Compositae	A	1 X
Heliophila variabilis Burch. ex DC.	Cruciferae	A	2 B
Hermannia macra Schltr.	Sterculiaceae	MCh	1 X
Hermannia trifurca L.	Sterculiaceae	MCh	1 X
Hypertelis salsoloides (Burch.) Adamson	Molluginaceae	MiCh	3 B
Ifloga sp.	Compositae	A	1 X
Indigastrum argyroides (E.Mey.) Schrire	Leguminosae	A	1 X
Indigofera "gelb"	Leguminosae	A	1 X
Indigofera pungens E.Mey.	Leguminosae	MCh	1 X
Jordaaniella clavifolia (L.Bolus) H.E.K.Hartmann	Aizoaceae	MiCh	3 B
Jordaaniella cuprea (L.Bolus) H.E.K.Hartmann	Aizoaceae	MiCh	3 B
Justicia cuneata Vahl	Acanthaceae	MCh	1 B
Karoochloa schismoides (Stapf ex Conert) Conert & Türpe	Gramineae	A	1 X
Kedrostis psammophylla Bruyns	Cucurbitaceae	G	1 X
Kleinia longiflora DC.	Compositae	NP	3 B
Lachenalia sp.	Hyacinthaceae	G	1 X
Lampranthus cf. hoerleinianus (Dinter) Friedrich	Aizoaceae	MCh	3 B
Lampranthus otzenianus (Dinter) Friedrich	Aizoaceae	MCh	3 B

9 Anhang

Artname	Familie	LF	SG ST
Lapeirousia barklyi Baker	Iridaceae	G	1 X
Lapeirousia cf. littoralis Baker (= Lapeirousia caudata Schinz)	Iridaceae	G	1 X
Lasiopogon brachypterus O.Hoffm. ex Zahlbr.	Compositae	A	1 X
Lebeckia cinerea E.Mey.	Leguminosae	NP	1 X
Lebeckia multiflora E.Mey.	Leguminosae	NP	1 X
Lessertia benguelensis Baker f.	Leguminosae	MCh	1 X
Lessertia inflata Harv.	Leguminosae	MCh	1 X
Leysera tenella DC.	Compositae	A	1 X
Lineum fenestratum (Fenzl.) Heimerl. var. fenestratum	Molluginaceae	A	1 X
Lotononis falcata (E.Mey.) Benth.	Leguminosae	A	1 X
Lotononis sp. "weißbehaart"	Leguminosae	A	1 X
Lotononis strigillosa (Merxm. & A.Schreib.) A.Schreib.	Leguminosae	A	1 X
Lycium cinereum Thunb. sensu lato	Solanaceae	NP	2 B
Lyperia tristis (L.f.) Benth.	Scrophulariaceae	A	1 X
Manulea androsacea E.Mey. ex Benth.	Scrophulariaceae	A	1 X
Mesembryanthemum barklyi N.E.Br.	Aizoaceae	B	3 B
Mesembryanthemum gariusanum Dinter	Aizoaceae	B	3 B
Mesembryanthemum guerichianum Pax	Aizoaceae	B	3 B
Mesembryanthemum hypertrophicum Dinter	Aizoaceae	A	3 B
Mesembryanthemum pellitum Friedrich	Aizoaceae	B	3 B
Microloma calycinum E.Mey.	Asclepiadaceae	MCh	1 X
Nemesia ligulata E.Mey. ex Benth.	Scrophulariaceae	A	1 X
Nemesia sp. "orange"	Scrophulariaceae	A	1 X
Notechidnopsis columnaris (Nel) Lavranos & Bleck	Asclepiadaceae	MCh	3 S
Nymania capensis (Thunb.) Lindb.	Meliaceae	NP	1 X
Oncosiphon piluliferum (L.f.) Källersjö	Compositae	A	1 X
Oncosiphon suffruticosum (L.) Källersjö	Compositae	A	1 X
Ornithoglossum cf. viride (L.f.) Aiton	Colchicaceae	G	1 X
Osteospermum pinnatum (Thunb.) Norl.	Compositae	A	1 X
Othonna arbuscula (Thunb.) Sch.Bip.	Compositae	MCh	3 B
Othonna cylindrica (Lam.) DC.	Compositae	MCh	3 B
Othonna opima Merxm.	Compositae	MCh	3 B
Othonna sedifolia DC.	Compositae	MCh	3 B
Oxalis cathara Salter	Oxalidaceae	G	1 X
Oxalis pes-caprae L.	Oxalidaceae	G	1 X
Oxalis sp.	Oxalidaceae	G	1 X
Oxalis sp. "Wimpern"	Oxalidaceae	G	1 X
Pelargonium klinghardtense R.Knuth	Geraniaceae	MCh	3 S
Pelargonium praemorsum (Andrews) F.Dietr. ssp. speciosum Scheltema	Geraniaceae	MCh	1 X
Peliostomum cf. virgatum E.Mey. ex Benth.	Scrophulariaceae	MCh	1 X
Pharnaceum croceum E.Mey. ex Fenzl	Molluginaceae	A	2 B
Pharnaceum exiguum Adamson	Molluginaceae	A	2 B
Phyllobolus deciduus (L.Bolus) Gerbaulet	Aizoaceae	MCh	3 B
Phyllobolus decurvatus (L.Bolus) Gerbaulet	Aizoaceae	MCh	3 B
Phyllobolus oculatus (N.E.Br.) Gerbaulet	Aizoaceae	MiCh	3 B
Phyllopodium phyllopodoides (Schltr.) Hillard (= Polycarena selaginoides Schltr. ex Hiern.)	Scrophulariaceae	A	1 X
Polygala virgata Thunb.	Polygalaceae	MCh	1 X
Prenia tetragona (Thunb.) Gerbaulet	Aizoaceae	MCh	3 B
Psilocaulon dinteri (Engl.) Schwantes	Aizoaceae	MCh	3 S
Psilocaulon foliolosum L.Bolus	Aizoaceae	MCh	3 B
Psilocaulon salicornioides (Pax) Schwantes	Aizoaceae	MiCh	3 S
Psilocaulon subnodosum (A.Berger) N.E.Br.	Aizoaceae	MCh	3 B
Pteronia glabrata L.f.	Compositae	MCh	1 X
Ruschia atrata L.Bolus	Aizoaceae	MCh	3 B
Ruschia brevifolia L.Bolus	Aizoaceae	MCh	3 B
Ruschia eilineata L.Bolus	Aizoaceae	MCh	3 B
Ruschia senaria L.Bolus	Aizoaceae	MCh	3 B
Ruschia sp. "sechszählig"	Aizoaceae	MCh	3 B
Ruschia subgen. Sarmantosa "aufrechte Früchte"	Aizoaceae	MCh	3 B
Ruschianthemum gigas (Dinter) Friedrich	Aizoaceae	NP	3 B
Salsola kali L.	Chenopodiaceae	A	1 X
Salsola tuberculata (Moq.) Fenzl.	Chenopodiaceae	MCh	1 X
Salsola zeyheri (Moq.) Bunge	Chenopodiaceae	MCh	1 X
Sarcocaulon patersonii (DC.) G.Don	Geraniaceae	MCh	1 X

9 Anhang

Artname	Familie	LF	SG ST
<i>Sarcocaulon salmoniflorum</i> Moffett	Geraniaceae	MCh	1 X
<i>Schismus barbatus</i> (Loefl. ex L.) Thell.	Gramineae	A	1 X
<i>Senecio arenarius</i> Thunb.	Compositae	A	1 X
<i>Senecio cardaminifolius</i> DC.	Compositae	A	1 X
<i>Senecio piptocoma</i> O.Hoffm.	Compositae	A	2 B
<i>Sesuvium sesuvioides</i> (Fenzl) Verdc.	Aizoaceae	A	3 B
<i>Stipagrostis anomala</i> De Winter	Gramineae	H	1 X
<i>Stipagrostis ciliata</i> (Desf.) De Winter	Gramineae	H	1 X
<i>Stipagrostis geminifolia</i> Nees	Gramineae	H	1 X
<i>Stipagrostis lutescens</i> (Nees) De Winter	Gramineae	H	1 X
<i>Stipagrostis obtusa</i> (Delile) Nees	Gramineae	H	1 X
<i>Stipagrostis schaeferi</i> (Mez) De Winter	Gramineae	H	1 X
<i>Stoeberia beetzii</i> (Dinter) Dinter & Schwantes	Aizoaceae	MCh	3 B
<i>Tetragonia echinata</i> Aiton	Aizoaceae	A	2 B
<i>Tetragonia fruticosa</i> L.	Aizoaceae	MCh	3 B
<i>Trachyandra aridimontana</i> J.C.Manning	Asphodelaceae	G	2 B
<i>Trachyandra bulbinifolia</i> (Dinter) Oberm.	Asphodelaceae	G	2 B
<i>Trachyandra muricata</i> (L.f.) Kunth	Asphodelaceae	G	1 X
<i>Trachyandra revoluta</i> (L.) Kunth	Asphodelaceae	G	2 B
<i>Trianthema triquetra</i> Willdenow ex Sprengel	Aizoaceae	MCh	3 B
<i>Tribolium utriculosum</i> (Nees) Renvoize	Gramineae	A	1 X
<i>Trichodesma africanum</i> (L.) Lehm.	Boraginaceae	MCh	1 X
<i>Trichogyne paronychioides</i> DC.	Compositae	A	1 X
<i>Tripteris breviradiata</i> (Norl.) B.Nord.	Compositae	A	1 X
<i>Tripteris microcarpa</i> Harv. (= <i>Osteospermum microcarpum</i> (Harv.) Norl.)	Compositae	B	2 B
<i>Tripteris oppositifolia</i> (Aiton) B.Nord.	Compositae	NP	1 X
<i>Tripteris polycephala</i> DC.	Compositae	A	2 B
<i>Tromotriche longipes</i> (C.A.Lückh.) Bruyns	Asclepiadaceae	NCh	3 S
<i>Tylecodon buchholzianus</i> (Schuldt & Stephens) Toelken	Crassulaceae	MiCh	3 B
<i>Tylecodon hallii</i> (Toelken) Toelken	Crassulaceae	MCh	3 B
<i>Tylecodon paniculatus</i> (L.f.) Toelken	Crassulaceae	NP	3 S
<i>Tylecodon wallichii</i> (Harv.) Toelken ssp. <i>ecklonianus</i> (Hary.) Toelken	Crassulaceae	MCh	3 B
<i>Ursinia cakilefolia</i> DC.	Compositae	A	1 X
<i>Ursinia calenduliflora</i> (DC.) N.E.Br.	Compositae	A	1 X
<i>Veltheimia capensis</i> (L.) DC.	Hyacinthaceae	G	1 X
<i>Wahlenbergia patula</i> A.DC.	Campanulaceae	A	1 X
<i>Zaluzianskya affinis</i> Hilliard	Scrophulariaceae	A	1 X
<i>Zaluzianskya cf. diandra</i> Diels	Scrophulariaceae	A	1 X
<i>Zygophyllum cordifolium</i> L.f.	Zygophyllaceae	MCh	3 B
<i>Zygophyllum prismatocarpum</i> E.Mey. ex Sond.	Zygophyllaceae	NP	3 B
<i>Zygophyllum pterocaulum</i> Van Zyl	Zygophyllaceae	MCh	3 B

Tabelle 9.4: Vegetationsaufnahmen

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	<i>Euphorbia mauritanica</i>		7	7	7	0.75		
1	<i>Lampranthus cf. hoerleinianus</i>		0.5	0.5	0.5	0.5	0.75	
1	<i>Ruschia subgen. Sarmentosa "aufrechte Früchte"</i>		2	2	2.5	4	4	
1	<i>Asparagus capensis</i>		0.5	0.5	0.75	1	1	
1	<i>Lebeckia cinerea</i>		6	6	6	6	8	
1	<i>Othonna cylindrica</i>		0.5	0.5	0.5	0.75	1	
1	<i>Chaetobromus involucratu</i>		0.5	1			0.1	
1	<i>Tripteris oppositifolia</i>		6	6	6		1	
1	<i>Hermannia trifurca</i>		0.75	1	0.75	0.05	0.01	
1	<i>Jordaaniella clavifolia</i>		1	1	0.75	0.1	0.2	
1	<i>Jordaaniella cuprea</i>		1	1	1	1.25	1.25	
1	<i>Kedrostis psammophylla</i>		0.01	0.01	1.25	0.01	0.01	
1	<i>Grielum humifusum</i>		0.1	0.5		0.1	1	
1	<i>Tetragonia fruticosa</i>		0.5	0.5			0.25	
1	<i>Oxalis sp.</i>		0.01	0.01		0.01		
1	<i>Veltheimia capensis</i>			0.01	0.01	0.01	0.01	
1	<i>Aristida adscensionis</i>			0.01		0.1	0.5	
1	<i>Phyllopodium phyllopodioide</i>			0.01		0.01	0.01	
1	<i>Oncosiphon piluliferum</i>			0.01		0.01	0.1	
1	<i>Coelanthum grandiflorum</i>			0.01		0.01		
1	<i>Adenogramma glomerata</i>			0.01		0.01	0.01	
1	<i>Stipagrostis ciliata</i>			0.01				
1	<i>Lycium cinereum</i>		0.75	0.75	0.75	1	1.5	
1	<i>Pharnaceum croceum</i>			0.01				
1	<i>Mesembryanthemum guerichianum</i>					0.01	0.1	
1	<i>Cladoraphis cyperoides cf.</i>					0.01		
1	<i>Iffoga sp.</i>					0.01		
1	<i>Ornithoglossum cf. viride</i>					0.01		
1	<i>Ferraria divaricata</i>			0.01		0.01		
1	<i>Ehrharta calycina</i>					1	1	
1	<i>Brownanthus pseudoschlichtianus</i>			5	6	6	1	
2	<i>Eberlanzia ebracteata "Coast"</i>			1	1	1	1.2	
2	<i>Phyllobolus decurvatus</i>			16	15	1	0.05	
2	<i>Aridaria serotina</i>			1	0.5	0.01	0.01	
2	<i>Psilocaulon foliosum</i>			0.01	0.01	0.01	0.01	
2	<i>Hypertelis salsoloides</i>			0.1	0.01	0.01	0.05	
2	<i>Salsola tuberculata</i>			0.1	0.1	0.1	0.1	
2	<i>Gladiolus orchidiflorus</i>			0.01				
2	<i>Galenia crystallina</i>			0.1	0.01	0.01	0.01	
2	<i>Oxalis pes-caprae</i>			0.01		0.01		
2	<i>Tetragonia echinata</i>			0.01		0.5	0.01	
2	<i>Cheiridopsis robusta</i>			0.01	0.01	0.01	0.01	
2	<i>Oncosiphon piluliferum</i>			5		20	20	
2	<i>Mesembryanthemum barklyi</i>			0.01		0.5	0.01	
2	<i>Zaluzianskya affinis</i>			0.5		1	2	
2	<i>Aristida adscensionis</i>			0.01		0.01	0.01	
2	<i>Pharnaceum exiguum</i>			0.01		0.01		
2	<i>Brownanthus arenosus</i>			1	1.5	1.5	1	
2	<i>Hebenstretia cf. integrifolia</i>					0.01		
2	<i>Karoochloa schismoides</i>						0.01	
3	<i>Euphorbia gummifera</i>	4		4	4	4	4	
3	<i>Ruschianthemum gigas</i>	2		0.3	0.1			
3	<i>Cladoraphis cyperoides</i>	5		1.75	1.5		0.01	
3	<i>Hermannia macra</i>	0.01		0.05			0.05	
3	<i>Othonna sedifolia</i>	0.75		1	0.5	0.25	0.1	
3	<i>Brownanthus neglectus</i>	5		2.5	1.5	0.01	4	
3	<i>Eriocephalus aspalathoides</i>	0.5		0.75	0.5	0.5		
3	<i>Galenia crystallina</i>	0.01		0.01			0.01	
3	<i>Stipagrostis schaeferi</i>			0.01	0.01		0.01	
3	<i>Stipagrostis ciliata</i>	0.01		0.01	0.25	0.01	0.25	
3	<i>Phyllobolus oculatus</i>	0.01		0.01		0.01	1	
3	<i>Amphibolia obscura</i>	4		2.5	1.5	1	0.5	
3	<i>Eberlanzia sedoides</i>	0.25		0.05	0.05	0.05		
3	<i>Ruschia sp. "sechszählige"</i>	0.5		0.5	0.5	0.5	1	
3	<i>Mesembryanthemum guerichianum</i>	0.01		0.01		0.01	0.5	
3	<i>Didelta carnosa var. tomentosa</i>	0.5		0.1		0.01	1	
3	<i>Helichrysum arenicola</i>	0.01		0.01				
3	<i>Oncosiphon piluliferum</i>			0.01		0.01		
3	<i>Grielum humifusum</i>	0.01				0.01	0.01	
3	<i>Manulea androsacea</i>	0.01						
3	<i>Helichrysum micropoides</i>	0.01						
3	<i>Centropodia glauca</i>					0.01	0.01	
3	<i>Lyperia tristis</i>	0.01						
3	<i>Pharnaceum exiguum</i>	0.01						

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
3	Oxalis sp.	0.01						
3	Leysera tenella	0.01						
3	Limeum fenestratum var. fenestratum						0.01	
3	Pharnaceum croceum					0.01		
3	Lotononis sp. "weißbehaart"							0.01
4	Othonna sedifolia	6	4	4	2	4.5	5	
4	Centropodia glauca	3	6	6	1	0.01	0.5	
4	Hypertelis salsoloides	0.5	0.01	0.01	0.01			0.01
4	Chlorophytum viscosum	1	1			1	0.5	
4	Cladoraphis cyperoides	0.5	1	1	0.75			
4	Sarcocaulon patersonii	0.01	0.01					
4	Hermannia macra	0.25	0.01	0.01				0.01
4	Didelta carnososa var. tomentosa	1	0.01	0.01		0.01	1	
4	Phyllobolus oculatus	0.01	0.01	0.01		0.01	3	
4	Campanulaceae		0.01					
4	Eberlanzia ebracteata "Coast"	0.1	0.01	0.1	0.25	0.01	0.01	
4	Grielum humifusum	0.5	0.25			0.1	0.1	
4	Helichrysum micropoides	0.01	0.01					
4	Mesembryanthemum guerichianum		0.01			0.01	0.01	
4	Oncosiphon piluliferum	0.01	0.01			0.01	0.01	
4	Erioccephalus aspalathoides	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
4	Stipagrostis schaeferi	0.2	0.1	0.01	0.01			
4	Ferraria divaricata	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	
4	Stipagrostis geminifolia	0.01	0.1	0.1	0.1	0.05	0.01	
4	Brownanthus neglectus	6	2	1.5	1.5		1.5	
4	Dipcadi brevifolium var. spirale		0.01			0.01	0.01	
4	Galenia crystallina	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		
4	Ammocharis herrei		0.01					
4	Dimorphotheca polyptera		0.01			0.01		
4	Lapeirosia barklyi		0.01					
4	Crotalaria meyeriana		0.01					
4	Stipagrostis lutescens		0.01	0.01	0.01			
4	Stipagrostis ciliata	0.25		0.01	0.01	0.01	0.01	
4	Dischisma spicatum	0.01				0.01		
4	Leysera tenella	0.01						
4	Manulea androsacea	0.01				0.01		
4	Lyperia tristis	0.01						
4	Limeum fenestratum var. fenestratum						0.5	
4	Pharnaceum exiguum					0.01		
4	Helichrysum arenicola		0.01					
4	Coelanthum grandiflorum					0.01		
4	Gymnodiscus linearifolia					0.01		
5	Brownanthus pseudoschlichtianus					18	19	
5	Drosanthemum inornatum					4	4	
5	Lampranthus otzenianus					2	2.5	
5	Eberlanzia ebracteata "Coast"					0.25	0.25	
5	Trachyandra bulbifolia					0.01	0.01	
5	Psilocaulon salicornioides					0.1	1	
5	Drosanthemum muii					3	4	
5	Gethylis grandiflora					0.01	0.01	
5	Oxalis pes-caprae					0.01		
5	Lotononis falcata					2	0.05	
5	Gazania tenuifolia					0.01		
5	Tetragonia echinata					0.01		
5	Oncosiphon piluliferum					0.1	1	
5	Mesembryanthemum barklyi					0.01	0.02	
5	Heliophila variabilis					0.01	0.01	
5	Ursinia cakilefolia					0.01		
5	Hypertelis salsoloides						0.01	
6	Trianthema triquetra				0.01	0.01	2	
6	Stipagrostis obtusa				1	1.5	0.5	
6	Psilocaulon salicornioides				0.1	0.01	0.05	
6	Salsola zeyheri				1	1	1.5	
6	Brownanthus pseudoschlichtianus				0.01	0.01	0.1	
6	Atriplex eardleyae				0.1		0.01	
6	Mesembryanthemum hypertrophicum					8	12	
6	Enneapogon desvauxii					0.02	0.01	
6	Trichogyne paronychioides					0.01		
6	Trichodesma africanum					0.01		
6	Schismus barbatus					0.01		
6	Karoochloa schismoides					0.01		
6	Amellus nanus					0.01		
6	Gazania tenuifolia					0.01		
6	Mesembryanthemum barklyi					0.25	1	
6	Galenia crystallina						0.01	
6	Tripteris microcarpa						0.01	
6	Oncosiphon piluliferum						0.01	

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
6	Tetragonia echinata						0.01	
7	Trianthera triquetra	2	1.5	2.5	0.1		4	
7	Psilocaulon salicornioides		0.01	0.1	0.1	0.1	0.5	
7	Aristida adscensionis			0.01	0.01	0.01		
7	Enneapogon desvaxii	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	
7	Salsola zeyheri		0.25	1	1.5	2	3	
7	Zygophyllum pterocaulae	0.5	1.5	0.75	0.2	0.5	0.5	
7	Oxalis cf. pes-caprae	0.01	0.01					
7	Dipcadi crispum var. tortile		0.01				0.01	
7	Oncosiphon piluliferum	6	30	0.01		0.75	0.01	
7	Mesembryanthemum hypertrophicum	40	25	6		6	5	
7	Amellus nanus	0.3	1	0.01		0.01		
7	Mesembryanthemum barklyi	1.5	1			0.5	0.5	
7	Schismus barbatus	3	1	3		0.01		
7	Trichogyne paronychioides	0.01	0.1	0.01				
7	Senecio piptocoma		0.01					
7	Leysera tenella		0.01					
7	Atriplex eardleyae	0.01	0.01	0.01		0.01		
7	Helichrysum roseo-niveum		0.01			0.01		
7	Tetragonia echinata						0.01	
7	Heliophila variabilis		0.01					
7	Atriplex lindleyi ssp. inflata		0.01					
7	Tripteris microcarpa	0.01	0.5				0.01	
7	Trichodesma africanum			0.01				
7	Gazania tenuifolia	0.01		0.01		0.01		
7	Stipagrostis obtusa			0.01	0.01	0.01		
7	Karoochloa schismoides					0.01		
7	Stipagrostis ciliata					0.01		
8	Stipagrostis obtusa	0.01	0.01	1	1	0.25	0.25	0.1
8	Hypertelis salsoloides	0.01	0.5	0.5	0.5	0.01	0.1	0.02
8	Psilocaulon salicornioides	1	0.5	0.01	0.01	0.01	0.1	
8	Euphorbia gummifera	1.5	1.5	2	1.5	1.5	1.5	1.5
8	Albucca spiralis		0.01			0.01		0.01
8	Stipagrostis ciliata	0.01	0.1	0.1	0.1	0.01	0.02	0.01
8	Mesembryanthemum hypertrophicum	20	0.5	2.5	0.1		6	0.05
8	Salsola zeyheri			0.01	0.01	0.01	0.05	0.05
8	Senecio piptocoma	0.25	0.01	0.1				
8	Amellus nanus	1.5	2	0.01			0.01	0.1
8	Oncosiphon piluliferum	10	1	2			0.01	0.01
8	Schismus barbatus	0.01	0.25	2				0.01
8	Trichogyne paronychioides	0.01	0.01					
8	Gazania lichtensteinii		0.01					
8	Lotononis falcata		0.01					
8	Mesembryanthemum barklyi	0.01					0.01	
8	Didelta carnosae var. carnosae						0.01	
8	Trianthera triquetra						0.01	
9	Stipagrostis obtusa		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
9	Hypertelis salsoloides	0.5	2	8	6	0.5	1	0.1
9	Psilocaulon salicornioides	0.01	0.1	0.1	0.1			
9	Euphorbia gummifera	3	2	3	2	2	2	2
9	Albucca spiralis		0			0.01		0.01
9	Stipagrostis ciliata		0.01	0.01	0.01		0.01	
9	Brownanthus pseudoschlichtianus	0.01	0.01	0.01	0.1	0.1	0.5	0.75
9	Phyllobolus oculatus			0.01				
9	Mesembryanthemum hypertrophicum	30	1	2	0.1		9	0.2
9	Senecio piptocoma	0.25	0.01	0.01				
9	Amellus nanus	1.5	1	0.01			0.1	0.01
9	Oncosiphon piluliferum	15	1.5	0.25				0.1
9	Schismus barbatus		0.01	0.1				0.01
9	Enneapogon desvaxii			0.01				
9	Trichogyne paronychioides			0.01				
9	Helichrysum micropoides		0.01					
9	Gazania lichtensteinii	0.01	0.01					
9	Heliophila variabilis	0.01						
9	Mesembryanthemum barklyi	0.5					0.01	
9	Didelta carnosae var. carnosae	0.01					0.01	0.01
9	Tetragonia echinata	0.01						
9	Trianthera triquetra						0.01	
10	Oncosiphon suffruticosum		8	7		0.01	2	
10	Ehrharta delicatula		2	1.5		0.01		
10	Didelta carnosae var. carnosae		4	10	0.1	0.2	5	
10	Astridia speciosa		2	2	1.5	1	1	
10	Euphorbia dregeana		0.75	0.75	0.75	0.75	1	
10	Polygala virgata		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
10	Tylecodon buchholzianus		0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	
10	Euphorbia ephedroides		0.75	1	0.75	1	1	
10	Oxalis cf. pes-caprae		0.01			0.01	0.01	

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
10	<i>Crassula elegans</i>		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
10	<i>Ruschia elineata</i>		0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	
10	<i>Aridaria serotina</i>		0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	
10	<i>Conophytum jucundum</i>		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
10	<i>Trachyandra revoluta</i>				0.01	0.01	0.01	
10	Antimima subgen. <i>Clavipes</i> "kahn"		2	2	2	2	2	
10	<i>Kleinia longiflora</i>		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
10	<i>Cotyledon orbiculata</i>		0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	
10	<i>Stoeberia beetzii</i>		2.5	2.5	2.5	2.5	3	
10	<i>Ruschia senaria</i>		3	3	2.5	3.5	4	
10	<i>Euryops namibensis</i>		0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	
10	<i>Galenia dregeana</i>		3	3	1.25	0.5	0.75	
10	<i>Mesembryanthemum barklyi</i>		12	2			2.5	
10	<i>Heliphila variabilis</i>						0.01	
10	<i>Aristida adscensionis</i>		0.01	0.01				
10	<i>Zygophyllum cordifolium</i>		0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	
10	<i>Nemesia ligulata</i>		0.01	0.01				
10	<i>Drosanthemum muirii</i>		4	4	2	0.5	0.5	
10	<i>Hebenstretia parviflora</i>		0.01				0.01	
10	<i>Tetragonia echinata</i>						0.01	
10	<i>Aloe ramosissima</i>		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
10	<i>Tetragonia fruticosa</i>		2	2	0.75	0.25	1	
10	<i>Tylecodon paniculatus</i>		2.5	2.5	2.5	2.5	2	
10	<i>Galenia crystallina</i>		3	3	2	0.5	2	
10	<i>Othonna opima</i>		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
10	<i>Forsskaolea candida</i>		0.01	0.1	0.01		0.1	
10	<i>Chrysocoma cernua</i>		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
10	<i>Gorteria diffusa</i>		0.01	0.01			0.1	
10	<i>Crassula subacaulis</i> subsp. <i>erosula</i>		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
10	<i>Schismus barbatus</i>		1	0.2		0.01		
10	<i>Berkheya canescens</i>		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
10	<i>Crassula expansa</i>						0.01	
10	<i>Crassula barbata</i>		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
10	<i>Crassula deceptor</i>		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
10	<i>Phyllobolus decurvatus</i>		5	5	5	1	0.5	
10	<i>Crassula macowaniana</i>		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
10	<i>Albuca</i> cf. <i>maxima</i>				0.01	0.01	0.01	
10	<i>Nymanya capensis</i>		0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	
10	<i>Eberlanzia cyathiformis</i>		0.5	0.5	0.5	0.5	1	
10	<i>Phyllobolus deciduus</i>		0.01					
10	<i>Wahlenbergia patula</i>			0.01			0.01	
10	<i>Helichrysum obtusum</i>			0.01				
10	<i>Diascia rudolphii</i>		0.01					
10	<i>Ehrharta triandra</i>		0.01			0.01		
10	<i>Crassula muscosa</i>					0.01	0.01	
10	<i>Tripteris microcarpa</i>		0.01				0.1	
10	<i>Crassula grisea</i>						0.01	
10	<i>Acrotome pallescens</i>		0.01					
11	<i>Brownanthus pseudoschlichtianus</i>	4.5	5	6	6	6	6	
11	<i>Psilocalon salicornioides</i>	10	1	2.5	0.01	0.01		
11	<i>Zygophyllum prismatocarpum</i>	0.01	0.01	0.2	0.2	0.2	0.2	
11	<i>Trachyandra muricata</i>	0.25	0.5	0.02		0.01		
11	<i>Mesembryanthemum pellitum</i>	0.5	0.1	0.5			0.5	
11	<i>Galenia crystallina</i>		0	0.01	0.01		0.01	
11	<i>Stipagrostis obtusa</i>		0.01	0.01	0.01	0.01		
11	<i>Didelta carnosus</i> var. <i>carnosus</i>	0.01	0.01	0.01			2	
11	<i>Albuca exuviata</i>	0.25	0.01	0.01		0.01		
11	<i>Helichrysum arenicola</i>		0.01	0.01				
11	<i>Hypertelis salsoloides</i>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
11	<i>Schismus barbatus</i>	1	12	10				
11	<i>Mesembryanthemum hypertrophicum</i>	0.01	5	1			50	
11	<i>Lasiopogon brachypterus</i>	0.01	0.5	0.75				
11	<i>Amellus nanus</i>		1	0.25			1	
11	<i>Osteospermum pinnatum</i>		0.1	0.01				
11	<i>Oncosiphon piluliferum</i>		1	0.1				
11	<i>Tripteris microcarpa</i>		0.01	0.25			0.01	
11	<i>Senecio piptocoma</i>		0.01					
11	<i>Trianthena triquetra</i>			0.01	0.01		0.01	
11	<i>Peliostomum</i> cf. <i>virgatum</i>			0.01				
11	<i>Psilocalon subnodosum</i>					0.01	0.2	
11	<i>Aristida adscensionis</i>			0.01				
11	<i>Enneapogon desvauxii</i>			0.01				
11	<i>Gazania lichtensteinii</i>			0.01				
11	<i>Mesembryanthemum barklyi</i>			0.01				
11	<i>Salsola zeyheri</i>			0.01	0.01		0.01	
12	<i>Ruschia senaria</i>			20	20	22	22	
12	<i>Euphorbia hamata</i>			0.25	0.25	0.25	0.25	

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
12	<i>Euphorbia ephedroides</i>			0.01	0.1	0.2	0.2	
12	<i>Blepharis furcata</i>			0.1	0.1	0.1	0.1	
12	<i>Galenia dregeana</i>			3	1.5	0.5	0.5	
12	<i>Phyllobolus decurvatus</i>			1	0.75			
12	<i>Othonna opima</i>			0.01	0.05	0.05	0.05	
12	<i>Euphorbia gummifera</i>			0.5	0.5	0.75	0.75	
12	<i>Trachyandra revoluta</i>			0.01		0.01		
12	<i>Astridia speciosa</i>			0.5	0.5	0.5	0.5	
12	<i>Nymania capensis</i>			0.75	0.1	0.5	0.75	
12	<i>Crassula elegans</i>			0.01	0.01	0.01	0.01	
12	<i>Lapeirousia cf. littoralis</i>			0.01		0.01		
12	<i>Ruschia elineata</i>			0.25	0.5	0.75	0.75	
12	<i>Helichrysum obtusum</i>			0.01		0.01	0.01	
12	<i>Crassula muscosa</i>			0.01	0.01	0.01	0.01	
12	<i>Trianthera triquetra</i>			0.01	0.01			
12	<i>Phyllobolus oculatus</i>			0.01				
12	<i>Euryops namibensis</i>			0.01	0.01	0.01		
12	<i>Crassula subacaulis</i> subsp. <i>erosula</i>				0.01	0.01	0.01	
12	<i>Oxalis</i> sp.			0.01				
12	<i>Justicia cuneata</i>			0.5	0.5	0.5	0.5	
12	<i>Antimima</i> subgen. <i>Clavipes</i> "kahn"			0.01	0.01	0.05	0.05	
12	<i>Tripteris microcarpa</i>			0.01	0.01		0.25	
12	<i>Lessertia inflata</i>			0.01	0.01	0.01	0.01	
12	<i>Euphorbia chersina</i>			0.01				
12	<i>Didelta carnos</i> var. <i>carnos</i>			1.5	0.02	0.01	1	
12	<i>Gorteria diffusa</i>			4		1	10	
12	<i>Cotyledon orbiculata</i>			0.01	0.01	0.01	0.01	
12	<i>Tromotriche longipes</i>			0.01	0.05	0.05	0.01	
12	<i>Oncosiphon suffruticosum</i>			0.01			0.01	
12	<i>Schismus barbatus</i>			0.01		0.1		
12	<i>Aristida adscensionis</i>			0.01				
12	<i>Ceraria fruticulosa</i>			0.01	0.01	0.01	0.01	
12	<i>Albuca</i> cf. <i>maxima</i>				0.01	0.01		
12	<i>Tylecodon buchholzianus</i>			0.01	0.01	0.01	0.01	
12	<i>Stoeberia beetzii</i>					0.01	0.01	
12	<i>Ehrharta delicatula</i>					0.01		
12	<i>Eberlanzia cyathiformis</i>						0.05	
12	<i>Ruschia senaria</i>						20	
13	<i>Psilocalon subnodosum</i>				1	1	1	
13	<i>Euphorbia ephedroides</i>				0.5	0.5	1	
13	<i>Aptosimum spinescens</i>				0.01	0.01	0.01	
13	<i>Galenia dregeana</i>				1	0.5	0.1	
13	<i>Phyllobolus decurvatus</i>				1	0.01		
13	<i>Othonna opima</i>				0.01	0.02	0.02	
13	<i>Galenia crystallina</i>				0.1	0.05	0.3	
13	<i>Albuca</i> cf. <i>maxima</i>					0.01		
13	<i>Salsola zeyheri</i>				0.01	0.01	0.05	
13	<i>Nymania capensis</i>				1	1.5	1	
13	<i>Ruschia elineata</i>				0.05	0.1	0.1	
13	<i>Crassula deceptor</i>				0.01	0.01	0.01	
13	<i>Stipagrostis obtusa</i>				0.01			
13	<i>Astridia speciosa</i>				0.02	0.02	0.02	
13	<i>Euphorbia hamata</i>				0.02	0.02	0.02	
13	<i>Indigofera pungens</i>				0.01	0.01	0.01	
13	<i>Cotyledon orbiculata</i>				0.01	0.2	0.2	
13	<i>Crassula subacaulis</i> subsp. <i>erosula</i>				0.01	0.01	0.01	
13	<i>Crassula muscosa</i>				0.01	0.01		
13	<i>Justicia cuneata</i>				0.75	0.75	0.75	
13	<i>Didelta carnos</i> var. <i>carnos</i>				0.01		1	
13	<i>Antimima</i> subgen. <i>Clavipes</i> "kahn"				0.1	0.1	0.1	
13	<i>Tripteris microcarpa</i>				0.01		2	
13	<i>Trachyandra revoluta</i>					0.01		
13	<i>Gorteria diffusa</i>					0.1	5	
13	<i>Schismus barbatus</i>					0.01		
13	<i>Mesembryanthemum barklyi</i>					0.01	0.01	
13	<i>Osteospermum pinnatum</i>						0.01	
13	<i>Amellus nanus</i>						0.1	
14	<i>Cheiridopsis robusta</i>				10	11		
14	<i>Drosanthemum muii</i>				8	8		
14	<i>Crassula grisea</i>				1.5	1.5		
14	<i>Tylecodon hallii</i>				0.02	0.02		
14	<i>Ceraria fruticulosa</i>				0.25	0.25		
14	<i>Ruschia elineata</i>				4	5		
14	<i>Phyllobolus decurvatus</i>				0.01	0.01		
14	<i>Euphorbia hamata</i>				0.5	0.5		
14	<i>Aridaria noctiflora</i> ssp. <i>noctiflora</i>				0.5	0.5		
14	<i>Galenia meziana</i>				1	0.01		

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
14	Didelta carnosae var. carnosae				0.01			
14	Stipagrostis obtusa				0.01			
14	Euphorbia dregeana				0.25	0.25		
14	Aptosimum spinescens				0.25	0.25		
14	Astridia speciosa				0.25	0.25		
14	Hypertelis salsoloides				0.01	0.01		
14	Crassula expansa				0.01	0.01		
14	Grielum humifusum				0.01	0.01		
14	Antimima subgen. Clavipes "kahn"				0.01			
14	Galenia dregeana				0.01			
14	Salsola zeyheri				0.01	0.01		
14	Phyllobolus oculatus				0.01	0.01		
14	Gethylis grandiflora				0.01			
14	Eberlanzia ebracteata "Inland"				0.01	0.3		
14	Anacampseros cf. filamentosa				0.01	0.01		
14	Trachyandra revoluta					0.01		
14	Oxalis sp.					0.01		
14	Tetragonia echinata					0.25		
14	Albica spiralis					0.01		
14	Geophyt Schnittlauch					0.01		
14	Gorteria diffusa					0.01		
14	Schismus barbatus					0.01		
14	Mesembryanthemum barklyi					0.01		
15	Brownanthus pseudoschlichtianus	31		25	25	20	20	
15	Trachyandra muricata	0.25		0.05		0.01	0.2	
15	Hypertelis salsoloides	0.5		0.5	0.1		2.5	
15	Stipagrostis obtusa	0.25		0.05	0.05	0.02	0.5	
15	Lebeckia multiflora	0.75		3	1	1.5	1.5	
15	Psilocaulon salicornioides			0.05	0.01	0.01	0.1	
15	Grielum humifusum	0.25		0.01		0.01	0.01	
15	Mesembryanthemum pellitum	0.25		0.01			0.2	
15	Helichrysum obtusum	0.01		0.05				
15	Helichrysum arenicola			0.01				
15	Oncosiphon piluliferum	0.25		0.01			0.01	
15	Mesembryanthemum hypertrophicum	0.01		0.02			3	
15	Phyllobolus oculatus			0.01				
15	Stipagrostis ciliata			0.05	0.05	0.02	0.02	
15	Aristida adscensionis			0.01				
15	Didelta carnosae var. carnosae			0.01			0.1	
15	Senecio piptocoma			0.01				
15	Mesembryanthemum barklyi	0.01		0.02			0.01	
15	Schismus barbatus	0.5		0.02				
15	Amellus nanus			0.01			0.2	
15	Tripteris microcarpa			0.01			0.1	
15	Hebenstretia parviflora	0.01		0.01				
15	Salsola zeyheri				0.01	0.01	0.01	
15	Psilocaulon subnodosum				0.01	0.01	1	
15	Enneapogon desvauxii	0.01						
15	Tetragonia echinata	0.01					0.01	
15	Gethylis grandiflora	0.01						
15	Trianthema triquetra						0.01	
15	Osteospermum pinnatum						0.01	
15	Acanthopsis disperma						0.01	
16	Cheiridopsis robusta		15	17	16	16	16	
16	Oxalis sp.		0.5	1.5		0.01		
16	Phyllobolus deciduus		0.5	0.75	0.5	0.5	0.5	
16	Tetragonia echinata		5	10	3	0.01	1	
16	Grielum humifusum		1	0.2	0.01	0.01	0.01	
16	Indigastrium argyroides		0.01	0.01			0.01	
16	Euphorbia ephedroides		0.1	0.2	0.3	0.3	0.5	
16	Trachyandra revoluta		1	0.1		0.2	0.01	
16	Stipagrostis obtusa		0.1	0.01	0.05	0.01		
16	Tetragonia fruticosa		0.01					
16	Lapeirousia cf. littoralis		0.01	0.01				
16	Phyllobolus oculatus		0.01					
16	Albica exuviata		0.01			0.01	0.01	
16	Psilocaulon salicornioides		0.5	0.01				
16	Acanthopsis disperma		0.01	0.01	0.01		0.5	
16	Galenia dregeana		0.01	0.1				
16	Mesembryanthemum pellitum		0.01				0.01	
16	Aristida adscensionis		0.01	0.5			0.01	
16	Osteospermum pinnatum		5	1		0.01		
16	Oncosiphon piluliferum		0.01	0.01				
16	Gorteria diffusa		2	2		0.01	2	
16	Amellus nanus		1					
16	Enneapogon desvauxii		0.01	0.01				
16	Tripteris microcarpa			6			6	

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
16	Lotononis falcata			0.01				
16	Indigofera "gelb"			0.01				
16	Antimima subgen. Clavipes "kahn"			0.01	0.01	0.01	0.01	
16	Salsola zeyheri			0.01	0.01	0.01	0.01	
16	Helichrysum obtusum			0.01				
16	Mesembryanthemum barklyi						0.01	
16	Hebenstretia parviflora			0.01				
16	Stipagrostis anomala			0.01		0.01	0.01	
16	Tetragonia echinata							0.01
17	Aloe pearsonii		40	40	35	32	40	
17	Stoeberia beetzii		6	6	6	5	8	
17	Galenia dregeana		2.5	2.5	1.5	1	1	
17	Zygophyllum cordifolium		1	0.75	0.5	0.8	1	
17	Drosanthemum hispidum		0.01					
17	Ruschia senaria		1	1	1.25	1.5	1.5	
17	Euphorbia hamata		1	1	1.5	1.5	1.5	
17	Notechidnopsis columnaris		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
17	Ceraria fruticulosa		0.5	0.5	0.25	0.5	0.75	
17	Justicia cuneata		0.5	0.5		0.75	0.75	
17	Lessertia benguelensis		0.25	0.1			0.01	
17	Ruschia atrata		0.01	0.01	0.01			
17	Aizoon sarmentosum		0.01	0.01				
17	Bulbine frutescens		0.01	0.01				
17	Microloma calycinum		0.1	0.05		0.1	0.5	
17	Tetragonia echinata		0.01	0.01		1.5	0.1	
17	Pelargonium praemorsum		0.01	0.01	0.1			
17	Tetragonia fruticosa		0.01	0.01				
17	Crassula grisea		0.01	0.01	0.1	0.1	0.01	
17	Didelta carnosae var. carnosae		5	1	0.1	0.25	12	
17	Helichrysum leontonyx		0.5	1		0.01	0.01	
17	Senecio piptocoma		0.01	0.01				
17	Schismus barbatus		0.01	0.01		0.01		
17	Tribolium utriculosum		0.1	0.1		0.01		
17	Gorteria diffusa		0.1	0.01		0.01	0.5	
17	Oxalis sp. "Wimpern"		0.01	0.01		0.01	0.01	
17	Oncosiphon suffruticosum		0.01					
17	Mesembryanthemum barklyi		0.1	0.01		0.01	0.2	
17	Oxalis cathara		0.01	0.01		0.01	0.01	
17	Lotononis strigillosa		0.01					
17	Amellus nanus		0.01	0.01		0.01		
17	Ehrharta triandra		0.01	0.01				
17	Tripteris microcarpa		0.01	0.01		0.01	0.01	
17	Helichrysum arenicola		0.01					
17	Ursinia calenduliflora		0.01					
17	Oncosiphon piluliferum			0.01				
17	Crassula muscosa				0.01			
17	Helichrysum micropoides						0.01	
17	Tripteris brevibradiata			0.01				
18	Zygophyllum prismatocarpum	12	12	12	12	13	13	
18	Euphorbia ephedroides	2	1.5	1	1	2	2	
18	Euphorbia mauritanica	4	4	3.5	3.5	3	3.5	
18	Tylecodon wallichii ssp. ecklonianus	0.1	0.1	0.1	0.01			
18	Eberlanzia ebracteata "Inland small"	12	12	12	12	10	9	
18	Pteronia glabrata	0.1	0.5	0.75	0.25	0.5	0.75	
18	Galenia meziana	0.01	0.25	0.1	0.1	0.01	0.1	
18	Albuca viscosa	0.01	0.01		0.01	0.01		
18	Crassula subaphylla	0.01	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	
18	Bulbine frutescens	0.1	0.1	0.1	0.05			
18	Tetragonia echinata	0.25	0.01			0.5		
18	Oxalis sp.	0.1	0.01			0.01		
18	Othonna arbuscula	0.25	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05	
18	Astridia speciosa	1	1	1.5	1	0.75	0.75	
18	Lotononis strigillosa	0.01	0.01					
18	Pelargonium klinghardtense		0.25	0.25	0.1	0.5	0.5	
18	Hypertelis salsoloides		0.01					
18	Crassula grisea	0.25	0.1	0.1	0.05	0.02	0.02	
18	Trachyandra aridimontana	0.5	0.1	0.1	0.05	0.02		
18	Stipagrostis obtusa		0.01	0.01	0.01			
18	Amellus nanus	1.5	3	2		0.01	3	
18	Gorteria diffusa	0.75	0.01			0.02		
18	Schismus barbatus	0.01	0.01	0.01		0.02		
18	Oxalis cf. pes-caprae		0.1					
18	Didelta carnosae var. carnosae	0.01	0.01	0.01		0.01	0.1	
18	Heliophila variabilis	0.01	0.01			0.01		
18	Helichrysum obtusum			0.01				
18	Ruschia brevifolia			0.1	0.1	0.1	0.1	
18	Citrullus ecirrhosus cf.	0.01			0.01	0.1	0.01	

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
18	Enneapogon desvauxii	0.01				0.01		
18	Mesembryanthemum barklyi	0.01				0.01		
18	Trachyandra revoluta					0.01		
18	Geophyt Schnittlauch					0.01		
18	Lachenalia sp.					0.01		
18	Tripteris microcarpa						0.01	
19	Zygophyllum prismatocarpum	15	15	15	15	15	15	
19	Euphorbia ephedroides	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	
19	Euphorbia mauritanica	4	4	3.5	3.5	3.5	4	
19	Tylecodon wallichii ssp. ecklonianus	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
19	Eberlanzia ebracteata "Inland small"	15	15	15	15.5	11	10	
19	Pteronia glabrata	3	3	3	3	3	3	
19	Galenia meziana	0.01	1	0.1	0.01			2
19	Albica viscosa		0.01					
19	Crassula subaphylla	0.01	0.5	0.25	0.1	0.01	0.01	
19	Bulbine frutescens	0.5	0.5	0.5	0.5			
19	Euphorbia chersina		0.75	0.75	0.75	0.75	0.25	
19	Tromotriche longipes		0.01	0.01	0.01	0.3	0.3	
19	Tetragonia echinata	0.1	0.01			1		
19	Oxalis sp.	0.01	0.01			0.01		
19	Salsola zeyheri	0.25	0.25	0.25	0.1	0.3	0.1	
19	Albica exuviata		0.01					
19	Othonna arbuscula	0.01	0.1	0.05	0.05			
19	Lotononis strigillosa	0.01	0.01					
19	Amellus nanus	10	5	2		0.01	10	
19	Gorteria diffusa	0.01	0.01			0.01		
19	Schismus barbatus	0.01	0.01	0.01		0.01		
19	Oxalis cf. pes-caprae		0.01					
19	Didelta carnosus var. carnosus	0.01	0.01	0.01				0.1
19	Heliophila variabilis	0.01	0.01			0.01		
19	Osteospermum pinnatum		0.01					
19	Oncosiphon piluliferum		0.01					
19	Mesembryanthemum barklyi	0.01	0.01	0.1			0.1	
19	Enneapogon desvauxii	0.01						
19	Tripteris microcarpa						0.01	
20	Brownanthus pseudoschlichtianus		22	22	22	20	20	20
20	Aridaria noctiflora ssp. noctiflora		1	1	1	1	1	1
20	Drosanthemum muirii		1	1	1	0.25	0.25	0.25
20	Drosanthemum inornatum		7	7	7	6.5	8	8
20	Lampranthus otzenianus		1.25	1.25	1.25	1	1	1
20	Hypertelis salsoloides		1	0.75	0.75	0.05	6	6
20	Phyllobolus oculatus		0.01	0.01	0.01		0.01	0.01
20	Amellus nanus		0.01				0.1	0.01
20	Leysera tenella		0.5	0.01			0.01	0.01
20	Schismus barbatus		0.01	0.01				
20	Helichrysum arenicola		0.01					
20	Trichogyne paronychioides		0.25	1			0.01	
20	Albica exuviata		0.01			0.01	0.01	0.01
20	Senecio piptocoma		0.01	0.01				
20	Euphorbia mauritanica		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
20	Acanthopsis disperma			0.01			0.1	0.01
20	Oncosiphon piluliferum		0.01	0.01				
20	Heliophila variabilis		0.01	0.01			0.01	
20	Oxalis pes-caprae		0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
20	Aristida adscensionis						0.01	
20	Crassula muscosa		0.01	0.01	0.01	0.01		
20	Tromotriche longipes		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
20	Oxalis sp.						0.01	0.01
20	Sesuvium sesuvioides						0.01	
21	Brownanthus pseudoschlichtianus		20	20	20	17	20	20
21	Aridaria noctiflora ssp. noctiflora		0.1	0.1	0.1	0.1	0.02	0.02
21	Drosanthemum muirii		1	1	1	0.75	0.5	0.5
21	Drosanthemum inornatum		5	5	5		6	6
21	Lampranthus otzenianus		2.5	2.5	2.5	2	2	1.5
21	Hypertelis salsoloides		1	2	1.5	0.2	6	6
21	Phyllobolus oculatus		0.05	0.05	0.01	0.01	0.01	0.1
21	Salsola zeyheri		1	1	1	1	1	1
21	Aridaria brevicarpa		1.5	1.5	1.5	1.5	1	1
21	Amellus nanus		0.01				0.01	0.01
21	Leysera tenella		0.5	0.1			0.01	
21	Schismus barbatus		0.1	0.01				
21	Helichrysum arenicola		0.25	0.05				
21	Trichogyne paronychioides		0.5	0.05				
21	Albica exuviata		0.01	0.01		0.01	0.05	0.01
21	Stipagrostis obtusa						0.01	0.01
21	Senecio piptocoma		0.01	0.01			0.01	
21	Acanthopsis disperma		0.01	0.05			0.5	

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
21	Mesembryanthemum barklyi		0.01	0.01			0.5	
21	Oncosiphon piluliferum		0.25	0.5			0.01	
21	Heliophila variabilis		0.01	0.01			0.01	
21	Oxalis pes-caprae		0.01	0.05		0.01	0.05	0.01
21	Aristida adscensionis		0.01				0.01	0.01
21	Tetragonia echinata			0.01			0.01	0.01
21	Gazania lichtensteinii			0.01				
21	Tromotriche longipes		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
21	Oxalis sp.						0.05	0.01
21	Tripteris microcarpa						0.01	
21	Sesuvium sesuvioides						0.01	
22	Drosanthemum inornatum		8	5	4	4.75	5	5.5
22	Psilocaulon salicornioides		8	5	2	0.01	3	15
22	Cheiridopsis robusta		0.25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
22	Senecio piptocoma		0.01					
22	Albuca exuviata		0.01			0.01	0.01	0.01
22	Dipcadi crispum var. tortile		0.01			0.01	0.01	
22	Tetragonia echinata		0.01			0.01	0.01	
22	Helichrysum arenicola		0.01					
22	Aridaria noctiflora ssp. noctiflora					0.01	0.01	0.01
22	Oncosiphon piluliferum		40	6		5	10	4
22	Amellus nanus		1	0.05		0.01	1	0.01
22	Leysera tenella		0.01					
22	Hypertelis salsoloides		0.01				0.01	0.01
22	Euphorbia ephedroides					0.01	0.01	
22	Eberlanzia ebracteata "Inland"					0.01	0.01	0.01
22	Gorteria diffusa						0.01	
22	Schismus barbatus		0.01			0.01	0.01	
22	Lotononis falcata		0.01			0.01	0.01	
22	Ferraria divaricata		0.01	0.01			0.01	0.01
22	Lampranthus otzenianus		0.01	0.01	0.01			
22	Trachyandra revoluta		0.01	0.01		0.01	0.01	
22	Didelta carnososa var. carnososa						0.1	0.01
22	Mesembryanthemum barklyi						0.1	0.01
22	Oxalis cf. pes-caprae						0.01	0.01
23	Drosanthemum inornatum	4	3	1.75	1.75	2	3	3
23	Psilocaulon salicornioides	1	5	1.5	0.75		1	9
23	Cheiridopsis robusta	0.01	0.01	0.05	0.05	0.03	0.03	0.01
23	Trachyandra revoluta		0.01			0.01		0.01
23	Albuca exuviata	0.01	0.01			0.01	0.01	0.01
23	Dipcadi crispum var. tortile	0.01	0.01			0.01		0.01
23	Eberlanzia ebracteata "Inland"		0.01			0.01	0.01	0.01
23	Tetragonia echinata	1	0.01			0.01	0.01	0.01
23	Phyllobolus oculatus		0.1				0.01	0.05
23	Aridaria noctiflora ssp. noctiflora		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
23	Oncosiphon piluliferum	30	45	10		6	20	10
23	Amellus nanus	0.5	0.5			0.01	0.1	0.01
23	Leysera tenella	0.01	0.01	0.01		0.01		
23	Didelta carnososa var. carnososa		0.01			0.01	0.05	0.01
23	Gethylis grandiflora		0.01		0.01			
23	Gazania lichtensteinii		0.01					
23	Mesembryanthemum barklyi	0.01	0.01			0.01	0.5	4.5
23	Schismus barbatus	0.01	0.01					
23	Lotononis falcata	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	
23	Oxalis pes-caprae	0.01					0.01	0.01
23	Senecio piptocoma	0.01						
23	Galenia crystallina						0.01	
23	Hypertelis salsoloides						0.01	0.01
24	Drosanthemum inornatum	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
24	Psilocaulon salicornioides	4	5	3.5	2.5	0.25	1.5	9
24	Lampranthus otzenianus	1	1	1	1	0.25	0.5	0.5
24	Aridaria noctiflora ssp. noctiflora	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	
24	Brownanthus pseudoschlichtianus	0.25	0.25	0.1				
24	Lotononis falcata	0.01	0.01			0.01	0.01	
24	Euphorbia ephedroides	0.25	0.5	0.5	0.5	0.75	0.75	0.75
24	Tetragonia echinata	0.01	0.01			0.01	0.01	
24	Eberlanzia ebracteata "Inland"	0.25	0.25	0.1	0.1	0.1	0.25	0.25
24	Albuca exuviata		0.01			0.01	0.01	0.01
24	Oncosiphon piluliferum	17	40	15		3	1	0.01
24	Didelta carnososa var. carnososa	0.01	0.01			0.01	0.01	
24	Amellus nanus	0.25	0.75	0.01		0.01	3	
24	Leysera tenella		0.01					
24	Mesembryanthemum barklyi			0.01		0.01	0.2	0.01
24	Oxalis pes-caprae	0.01				0.01	0.01	0.01
24	Hypertelis salsoloides						0.01	0.01
24	Sesuvium sesuvioides						0.01	
24	Stipagrostis obtusa						0.01	

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
24	<i>Galenia crystallina</i>						0.01	0.01
25	<i>Drosanthemum inornatum</i>	3	2.5	2	2	2	2.5	2.5
25	<i>Psilocaulon salicornioides</i>	5	6	4	2	0.02	3.5	9
25	<i>Galenia crystallina</i>		0.01				0.01	0.01
25	<i>Lampranthus otzenianus</i>	0.25	0.5	0.1	0.01	0.01	0.1	0.2
25	<i>Brownanthus pseudoschlichtianus</i>	0.25	0.75	1	1	1	1.5	1.75
25	<i>Phyllobolus oculatus</i>		0.5	0.01	0.01	0.01	0.05	0.1
25	<i>Ferraria divaricata</i>	0.01	0.01	0.01				
25	<i>Tetragonia echinata</i>	0.01	0.01			0.01	0.01	0.01
25	<i>Eberlanzia ebracteata "Inland"</i>	0.1	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25
25	<i>Albuca exuviata</i>	0.01	0.01			0.01	0.01	0.01
25	<i>Veltheimia capensis</i>	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01	0.01
25	<i>Ceraria fruticulosa</i>	0.01	0.01	0.025	0.02	0.02	0.05	0.05
25	<i>Oncosiphon piluliferum</i>	16	40	15		5	1.5	0.01
25	<i>Amellus nanus</i>	0.01	0.5	0.01		0.01	0.01	
25	<i>Schismus barbatus</i>	0.01	0.01	0.01		0.01		0.01
25	<i>Mesembryanthemum barklyi</i>		0.01	0.01		0.01	1	0.01
25	<i>Leysera tenella</i>		0.01					
25	<i>Lotononis falcata</i>	0.01	0.01			0.01		0.01
25	<i>Oxalis pes-caprae</i>	0.01	0.01				0.01	0.01
25	<i>Stipagrostis ciliata</i>			0.01	0.01		0.01	
25	<i>Euphorbia ephedroides</i>	0.01						
25	<i>Schismus barbatus</i>						0.01	
25	<i>Gorteria diffusa</i>						0.01	
25	<i>Gazania lichtensteinii</i>						0.01	
25	<i>Tetragonia fruticulosa</i>						0.01	0.01
26	<i>Brownanthus pseudoschlichtianus</i>	4	4	4.5	4.75	4.5	4	
26	<i>Drosanthemum inornatum</i>	4	3.5	3.5	3.5	3	3	
26	<i>Aridaria noctiflora ssp. noctiflora</i>	4	6	3	4	3.5	3	
26	<i>Heliophila variabilis</i>	0.5	0.01	0.01			0.01	
26	<i>Phyllobolus oculatus</i>		0.1	0.01	0.01	0.01	0.6	
26	<i>Psilocaulon salicornioides</i>	2	0.5	0.25				
26	<i>Mesembryanthemum barklyi</i>	2	0.01	0.01			4	
26	<i>Oncosiphon piluliferum</i>	50	40	30			8	
26	<i>Tetragonia echinata</i>	0.25	0.01	0.01			0.01	
26	<i>Didelta carnosa var. carnosa</i>	0.01	0.01	0.01	0.01		3	
26	<i>Leysera tenella</i>		0.01					
26	<i>Osteospermum pinnatum</i>		0.01					
26	<i>Senecio piptocoma</i>		0.01					
26	<i>Oxalis cf. pes-caprae</i>	0.01		0.01		0.01		
26	<i>Trachyandra muricata</i>			0.01			0.01	
26	<i>Schismus barbatus</i>							
26	<i>Albuca cf. maxima</i>						0.01	
26	<i>Psilocaulon subnodosum</i>						1	
26	<i>Hypertelis salsoloides</i>						0.1	
26	<i>Lotononis strigillosa</i>						0.01	
26	<i>Galenia crystallina</i>						0.01	
27	<i>Psilocaulon salicornioides</i>	0.5	1	0.5	0.25	0.1		
27	<i>Lotononis falcata</i>		0.5	0.01	0.01		1	
27	<i>Albuca exuviata</i>	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
27	<i>Phyllobolus oculatus</i>	0.01	1	0.05	0.01			
27	<i>Tetragonia echinata</i>	1	0.01	0.01	0.01			
27	<i>Veltheimia capensis</i>		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
27	<i>Oncosiphon piluliferum</i>		60	20	0.01		0.5	0.1
27	<i>Didelta carnosa var. carnosa</i>		0.01				1	0.01
27	<i>Mesembryanthemum barklyi</i>	0.25	0.5	0.01	0.1			0.01
27	<i>Oxalis cf. pes-caprae</i>	0.01		0.01			0.01	0.01
27	<i>Dipcadi crispum var. tortile</i>			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
27	<i>Albuca cf. maxima</i>			0.01				
27	<i>Gazania lichtensteinii</i>			0.01			0.01	
27	<i>Psilocaulon dinteri</i>	1	1.5	7.5	3.75		20	35
27	<i>Enneapogon desvauxii</i>						0.01	
27	<i>Stipagrostis ciliata</i>						0.01	0.01
27	<i>Hypertelis salsoloides</i>						0.01	0.01
28	<i>Psilocaulon salicornioides</i>	2	2	1	0.1			
28	<i>Brownanthus pseudoschlichtianus</i>	0.5	0.25	0.5	0.5	0.5	0.75	0.25
28	<i>Dipcadi crispum var. tortile</i>	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
28	<i>Phyllobolus oculatus</i>	0.01	0.01	0.01				
28	<i>Tetragonia echinata</i>	2	0.01	0.01	0.1		0.01	
28	<i>Veltheimia capensis</i>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
28	<i>Oncosiphon piluliferum</i>	65	60	40	0.01		4	4
28	<i>Lotononis falcata</i>	0.01	0.01	0.01	0.01		0.1	0.1
28	<i>Didelta carnosa var. carnosa</i>	0.01	0.01				3	0.01
28	<i>Mesembryanthemum barklyi</i>		0.25	0.01	0.01		0.01	0.01
28	<i>Atriplex eardleyae</i>		0.01				0.01	0.01
28	<i>Senecio piptocoma</i>	0.75	0.1	0.01				
28	<i>Oxalis cf. pes-caprae</i>	0.01		0.01			0.01	

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
28	Sesuvium sesuvioides				0.01			
28	Psilocalon dinteri		2	3	1.5		16	30
28	Salsola zeyheri				0.01			
28	Albica cf. maxima	0.01		0.01		0.01	0.01	0.01
28	Albica exuviata					0.01	0.01	0.01
28	Hypertelis salsoloides						0.01	0.01
28	Albica spiralis					0.01		
28	Chenopodiaceae "langes Blatt"						0.01	
28	Salsola kali						0.01	
28	Leysera tenella						0.01	
28	Schismus barbatus						0.01	
29	Brownanthus pseudoschlichtianus		30	30	30	30	31	32
29	Drosanthemum inornatum		1	0.01	0.1	0.05	0.05	0.1
29	Phyllobolus oculatus		0.01					
29	Psilocalon salicornioides		2	0.1	0.05			
29	Albica exuviata		0.01			0.01	0.01	0.01
29	Oncosiphon piluliferum		25	4			2	0.5
29	Amellus nanus		0.5	0.01			0.2	0.01
29	Mesembryanthemum barklyi		0.01				0.1	0.01
29	Didelta carnososa var. carnososa		0.01	0.01	0.01	0.01	1.5	0.01
29	Senecio piptocoma		0.01	0.01				
29	Leysera tenella		0.01					
29	Trianthena triquetra						0.01	
29	Hypertelis salsoloides						0.01	
29	Oxalis cf. pes-caprae						0.01	0.01
29	Lotononis falcata						0.01	0.01
30	Brownanthus pseudoschlichtianus		22	22	22	22	22	23
30	Drosanthemum inornatum		0.5	0.05	0.05	0.01	0.05	0.1
30	Phyllobolus oculatus		0.01	0.01	0.01			0.01
30	Psilocalon salicornioides		1	0.05	0.01			0.01
30	Aridaria noctiflora ssp. noctiflora			0.01	0.01			
30	Albica exuviata		0.01			0.01	0.01	0.01
30	Oncosiphon piluliferum		20	4			2.5	1.5
30	Amellus nanus		0.5				0.1	0.01
30	Didelta carnososa var. carnososa		0.01	0.01			1	0.01
30	Senecio piptocoma		0.01	0.01				
30	Lotononis falcata		0.25				0.01	
30	Gazania lichtensteinii		0.01					
30	Oxalis cf. pes-caprae		0.01				0.01	0.01
30	Hypertelis salsoloides						0.01	
30	Mesembryanthemum barklyi						0.01	
30	Tetragonia echinata						0.01	
31	Brownanthus pseudoschlichtianus	6	6	5	5	5	5	5
31	Eberlanzia ebracteata "Inland"	0.5	0.25	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
31	Drosanthemum inornatum	0.5	0.25	0.1	0.25	0.5	0.5	0.5
31	Oncosiphon piluliferum	40	40	30			22	16
31	Lotononis falcata	0.25	1	0.01			0.8	0.01
31	Oxalis pes-caprae	0.01	0.01	0.01			0.01	0.01
31	Mesembryanthemum barklyi	0.01	0.01	0.25			1.5	0.01
31	Gethyllis grandiflora	0.01	0.01	0.01				
31	Phyllobolus oculatus	0.5	0.5	0.1	0.01	0.01	0.02	0.1
31	Senecio piptocoma	0.01	0.25				0.01	
31	Albica exuviata	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
31	Didelta carnososa var. carnososa		0.01				0.1	0.01
31	Psilocalon salicornioides	1	0.5	0.5	0.25	0.1	1	0.5
31	Amellus nanus		0.01				0.01	0.01
31	Aridaria noctiflora ssp. noctiflora					0.01	0.02	0.02
31	Hypertelis salsoloides						0.01	
31	Galenia crystallina						0.01	
31	Enneapogon desvauxii						0.01	0.01
32	Brownanthus pseudoschlichtianus		6	6	6	6	5.5	5.5
32	Eberlanzia ebracteata "Inland"		0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
32	Drosanthemum inornatum		1	1	1.5	1.5	1.5	1.8
32	Oncosiphon piluliferum		40	20			18	15
32	Lotononis falcata		0.01				0.01	0.01
32	Oxalis cf. pes-caprae		0.01				0.01	0.01
32	Mesembryanthemum barklyi		0.01	0.01			1.5	0.01
32	Phyllobolus oculatus		0.25	0.01	0.01		0.1	0.1
32	Senecio piptocoma		0.01	0.01				
32	Albica exuviata		0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
32	Didelta carnososa var. carnososa		0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
32	Psilocalon salicornioides		2	0.1	0.1	0.01	0.5	1
32	Trachyandra muricata		0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
32	Amellus nanus		0.01				0.01	0.01
32	Dipcadi crispum var. tortile		0.01				0.01	0.01
32	Hypertelis salsoloides						0.01	0.01
32	Galenia crystallina						0.01	

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
32	Cyphia sp.							0.01
33	Hypertelis salsoloides	4	8	10	6	0.1	4	
33	Stipagrostis obtusa	0.01	0.5	0.25	0.01	0.01	0.1	
33	Trianthema triquetra	0.01	0.1	0.01	0.01		0.5	
33	Trachyandra muricata		0.01	0.01				
33	Albuca exuviata		0.01					
33	Enneapogon desvauxii	0.25	0.01	0.01			0.01	
33	Psilocaulon subnodosum	0.01	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	
33	Oncosiphon piluliferum	0.01	0.5	0.01				
33	Mesembryanthemum gariusanum	0.01	8				0.01	
33	Amellus nanus	0.01	0.5	0.01				
33	Senecio cardaminifolius		0.75				0.01	
33	Tripteris polycephala	0.01	0.01					
33	Helichrysum herniarioides	0.01	0.01					
33	Dimorphotheca sinuata	0.01	0.01	0.01				
33	Lotononis strigillosa		0.01					
33	Nemesia sp. "orange"		0.01					
33	Leysera tenella		0.01	0.01				
33	Dipcadi crispum var. tortile		0.01					
33	Osteospermum pinnatum			0.01			0.01	
33	Acanthopsis disperma	0.01		0.01				
34	Trachyandra muricata	1	0.25	0.1		0.01	0.01	
34	Prenia tetragona	1	8	8	2		0.01	
34	Psilocaulon subnodosum	1.5	4	0.5	0.5		0.01	
34	Gazania lichtensteinii	2	0.01	0.5			1	
34	Salsola zeyheri	1	0.75	0.1				
34	Acanthopsis disperma	0.01	0.5	0.01			2	
34	Enneapogon scaber		0.01	0.01			0.01	
34	Dimorphotheca pluvialis		0.01					
34	Trianthema triquetra		0.5	0.01	0.01		6	
34	Amellus nanus	14	1	1.5			0.01	
34	Oncosiphon piluliferum	8	3	0.1				
34	Stipagrostis obtusa	0.01	0.01	0.01	0.01		0.05	
34	Albuca cf. maxima		0.01				0.01	
34	Galenia crystallina		0.01	0.01				
34	Leysera tenella	0.01	0.01	0.05				
34	Indigofera "gelb"	0.01	0.01					
34	Heliophila variabilis	0.01	0.01	0.01				
34	Senecio arenarius		0.01	0.01				
34	Didelta carnososa var. carnososa		0.01				0.05	
34	Mesembryanthemum gariusanum	0.01	0.01				0.1	
34	Senecio cardaminifolius		0.01				0.01	
34	Enneapogon desvauxii	0.3						
34	Dimorphotheca sinuata	0.01	0.01	0.01				
34	Dimorphotheca polyptera	0.01						
34	Didelta carnososa var. tomentosa	0.01						
34	Indigastrum argyroides						0.01	
34	Zaluzianskya cf. diandra	0.01						
35	Stipagrostis obtusa				1.5		25	
35	Brownanthus pseudoschlichtianus				2	0.01		
35	Trianthema triquetra				0.1		12	0.05
35	Aptosimum spinescens				0.01			
35	Stipagrostis ciliata				0.01			
35	Prenia tetragona				0.01			
35	Sarcocaulon salmoniflorum				0.01	0.01	0.01	0.01
35	Trachyandra muricata					0.01	0.1	0.05
35	Albuca cf. maxima						0.01	0.01
35	Senecio cardaminifolius						0.01	0.01
35	Mesembryanthemum gariusanum						0.01	0.01
36	Stipagrostis obtusa				1.25		20	
36	Brownanthus pseudoschlichtianus				1	0.5		
36	Trianthema triquetra				0.3		6	0.5
36	Trachyandra muricata					0.01	0.01	0.01
36	Senecio cardaminifolius							0.01
36	Mesembryanthemum gariusanum						0.3	
37	Brownanthus pseudoschlichtianus		10	10	10	10	10	8
37	Drosanthemum inornatum		3	3	2	2	2	2.5
37	Oncosiphon piluliferum						18	30
37	Lotononis falcata						0.01	0.01
37	Oxalis cf. pes-caprae							0.01
37	Mesembryanthemum barklyi		0.1	0.1		0.01	0.01	
37	Phyllobolus oculatus		0.01	0.01				
37	Albuca exuviata						0.01	0.01
37	Psilocaulon salicornioides		1	0.5	0.1	0.1	0.5	1
37	Amellus nanus					0.01		
38	Brownanthus pseudoschlichtianus		22					
38	Psilocaulon salicornioides		0.5	0.01			0.01	2

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
38	Phyllobolus oculatus		1				1	
38	Drosanthemum inornatum		0.5					
38	Albuca exuviata			0.01		0.01	0.01	0.01
38	Oxalis cf. pes-caprae			0.01				0.5
38	Oncosiphon piluliferum		25	30			15	30
38	Senecio piptocoma		0.01					
38	Lotononis falcata		10	0.01				0.01
38	Didelta carnosa var. carnosa		0.5			0.01	0.01	0.01
38	Mesembryanthemum barklyi		0.5				2	
38	Hypertelis salsoloides						0.01	
39	Brownanthus pseudoschlichtianus		12					
39	Psilocaulon salicornioides			0.01			0.01	0.1
39	Phyllobolus oculatus						0.01	0.5
39	Albuca exuviata							0.01
39	Oxalis cf. pes-caprae			0.01				0.01
39	Oncosiphon piluliferum		35	30			10	30
39	Senecio piptocoma		0.01					
39	Lotononis falcata		0.01					
39	Didelta carnosa var. carnosa		0.01	0.01		0.01	0.1	0.01
39	Mesembryanthemum barklyi		0.1	0.01			15	
39	Hypertelis salsoloides						0.01	
39	Sesuvium sesuvioides						0.01	
40	Brownanthus pseudoschlichtianus		12					
40	Psilocaulon salicornioides		0.01	0.01	0.1	0.01	4	5
40	Eberlanzia ebracteata "Inland"		0.1					
40	Phyllobolus oculatus		0.1					0.1
40	Oxalis cf. pes-caprae							0.01
40	Oncosiphon piluliferum		35	20			5	10
40	Lotononis falcata		0.1	0.01			0.5	0.01
40	Mesembryanthemum barklyi		0.5	0.01			8	0.01
40	Leysera tenella			0.01				
40	Mesembryanthemum hypertrophicum			0.01				
41	Brownanthus pseudoschlichtianus		22					
41	Psilocaulon salicornioides					0.01	2	3
41	Eberlanzia ebracteata "Inland"		4					0.1
41	Phyllobolus oculatus		0.5				0.01	0.5
41	Drosanthemum inornatum		0.5					
41	Oxalis cf. pes-caprae			0.01				0.01
41	Oncosiphon piluliferum		25	5			2	20
41	Lotononis falcata		8	0.01			0.5	15
41	Didelta carnosa var. carnosa		0.1					
41	Mesembryanthemum barklyi		0.1				3	
41	Leysera tenella							0.01
41	Amellus nanus						0.01	0.01
42	Brownanthus pseudoschlichtianus			8	8	8	8.5	8
42	Eberlanzia ebracteata "Inland"			0.5	0.75	0.75	0.5	0.5
42	Drosanthemum inornatum			2	2	2	2	2
42	Oncosiphon piluliferum						18	30
42	Lotononis falcata					0.01	0.01	0.01
42	Oxalis cf. pes-caprae							0.01
42	Mesembryanthemum barklyi					0.1	0.1	
42	Psilocaulon salicornioides			1	0.5		0.01	0.01
42	Hypertelis salsoloides						0.01	
42	Galenia crystallina						0.01	
43	Brownanthus pseudoschlichtianus			7				
43	Eberlanzia ebracteata "Inland"			2.5				
43	Psilocaulon salicornioides			1			0.1	0.75
43	Phyllobolus oculatus							0.5
43	Oxalis cf. pes-caprae			0.01				0.01
43	Mesembryanthemum barklyi			1			10	0.75
43	Oncosiphon piluliferum			30			10	35
43	Senecio piptocoma			0.01				
43	Didelta carnosa var. carnosa			0.01			0.5	
43	Hypertelis salsoloides						0.1	
43	Tetragonia fruticosa						1	
43	Lotononis falcata							0.01
43	Gazania tenuifolia						0.1	
43	Albuca exuviata							0.01
43	Tetragonia echinata							0.01
44	Brownanthus pseudoschlichtianus			12				
44	Psilocaulon salicornioides							0.1
44	Phyllobolus oculatus							0.01
44	Oxalis cf. pes-caprae			0.01				0.01
44	Mesembryanthemum barklyi						1.5	0.1
44	Oncosiphon piluliferum			30			17	30
44	Veltheimia capensis			0.01				
44	Didelta carnosa var. carnosa			0.01				

9 Anhang

F-Nr.	Art	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
44	<i>Hypertelis salsoloides</i>						0.75	0.1
45	<i>Psilocaulon salicornioides</i>			0.1			0.01	1
45	<i>Lampranthus otzenianus</i>			6				
45	<i>Oxalis cf. pes-caprae</i>			0.01				0.01
45	<i>Mesembryanthemum barklyi</i>						20	0.5
45	<i>Oncosiphon piluliferum</i>			30			1	20
45	<i>Hypertelis salsoloides</i>						0.5	
45	<i>Lotononis falcata</i>							0.01
45	<i>Albuca spiralis</i>							0.01
46	<i>Brownanthus pseudoschlichtianus</i>			14				
46	<i>Psilocaulon salicornioides</i>						0.5	0.01
46	<i>Phyllobolus oculatus</i>			0.01				0.01
46	<i>Lampranthus otzenianus</i>			2				
46	<i>Mesembryanthemum barklyi</i>						8	2
46	<i>Oncosiphon piluliferum</i>			30			3	35
46	<i>Didelta carnosus var. carnosus</i>							0.01
46	<i>Galenia crystallina</i>						0.1	
46	<i>Lotononis falcata</i>						0.1	0.75

Tabelle 9.6: Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse

	Komponente						
	1	2	3	4	5	6	7
Leitfähigkeit	0,9618	-0,0838	-0,0407	-0,0847	0,0218	-0,0192	-0,0620
Chlorid	0,9563	-0,0781	-0,0254	-0,0909	-0,0439	-0,0607	-0,0223
Sulfat	0,8139	-0,3272	-0,0295	-0,0513	-0,1414	0,1714	0,2013
Höhe ü. NN	-0,2294	0,8945	0,1089	-0,0414	-0,2022	0,0707	0,0857
Küstenentfernung	-0,1619	0,7960	0,2269	0,0447	-0,1995	-0,3640	-0,2894
Korngröße	-0,1440	-0,7800	0,3323	-0,2522	-0,2492	-0,0585	-0,0851
Niederschlag	-0,2831	0,6927	-0,5299	-0,0713	-0,2771	-0,0067	-0,0338
Nebelhäufigkeit	0,3367	-0,5643	-0,4829	0,1551	0,3458	0,3513	0,1804
Niederschlagsvariabilität	-0,0820	0,0577	0,9500	0,0397	-0,0367	-0,1741	-0,0801
Bodentiefe	0,1593	-0,3605	0,5873	-0,4743	0,2865	0,2682	-0,0487
Beweidungsintensität	0,4954	0,0403	-0,5623	0,1915	0,2905	-0,1301	-0,3046
Skelettgehalt	-0,0014	0,2250	0,1690	0,8341	0,2357	0,0736	0,0183
Inklination	-0,0591	-0,1408	-0,1911	0,7988	-0,2131	-0,1887	0,2727
Exposition	0,3753	0,0924	0,1606	-0,5882	0,1540	-0,2123	0,2986
Phosphat	-0,1964	-0,2421	0,0314	-0,0052	0,8863	0,0403	0,0025
Carbonat	0,4550	-0,0018	-0,2856	-0,2551	0,5096	-0,0507	-0,3501
Biokruste	-0,0295	-0,0467	-0,0640	-0,0063	0,0105	0,9585	-0,0028
H ₃ O ⁺ -Ionenkonzentration	0,0115	-0,0258	-0,0518	0,0775	-0,0346	0,0082	0,9254

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung

Die Rotation ist in 12 Iterationen konvergiert

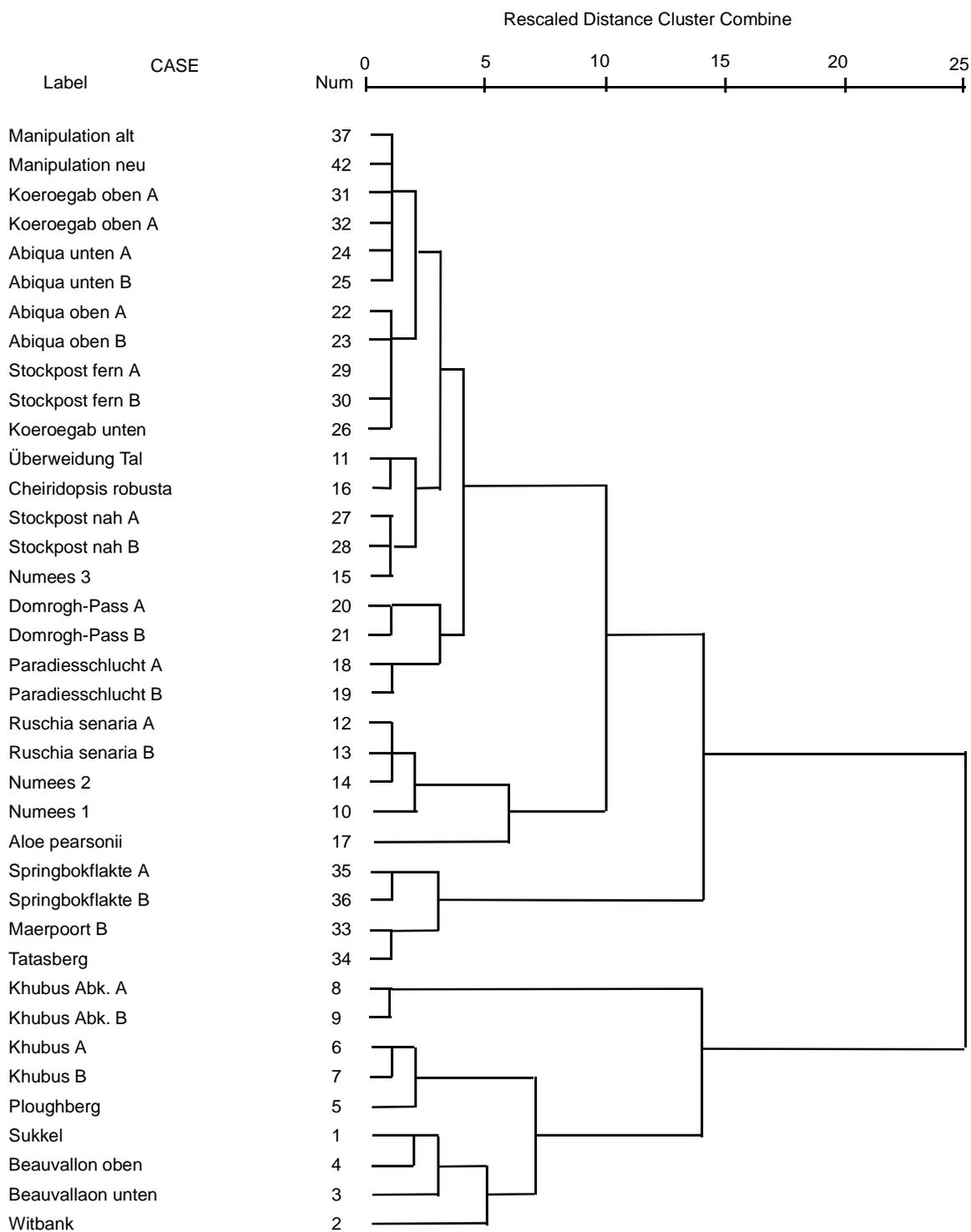


Abbildung 9.1: Ergebnis der Clusteranalyse

10 Zusammenfassung

Im Richtersveld, in der südlichen Namibwüste, wurde die Vegetationsökologie und Vegetationsdynamik untersucht. Auf 46 Dauerbeobachtungsflächen wurde die Vegetation in einer sehr detaillierten individuenbasierten Aufnahmemethodik analysiert. Beweidungsausschluß- und Manipulationsexperimente dienten der Untersuchung des Beweidungseinflusses und des Regenerationspotentials. In Interviews mit Hirten wurde indigenes Wissen zur Weidebedeutung von Pflanzenarten wie auch die emische Sichtweise der Auswirkungen von Beweidung erfragt.

Die Ergebnisse zeigten einen deutlichen Küste-Inland-Gradienten der Vegetation und Standortparameter. Es wurden vier Einheiten anhand ihrer topographisch-klimatischen edaphischen Bedingungen sowie ihrer Vegetationszusammensetzung ausgewiesen. Insgesamt wurden auf den Dauerbeobachtungsflächen 227 Arten festgestellt, überwiegend Chamaephyten und Annuelle. Die Hälfte der Arten war sukkulent, diese waren meist blattsukkulente.

Für Wüsten ungewöhnlich, wurden im Untersuchungsgebiet hohe Dynamiken der Vegetation festgestellt. Diese werden auf die verhältnismäßig regelmäßig auftretenden Winterregen zurückgeführt. Die Vegetationsdynamik zeigte eine starke Abhängigkeit von den Niederschlägen. Diese bestimmten in erster Linie die jährlichen Schwankungen bei Etablierung, Wachstum und Reproduktion. Abgesehen von kurzfristigen Schwankungen wirken sich starke Störungen, wie Dürren, über Jahrzehnte auf die Vegetation aus.

Die Populationen zeigten einen hohen Turnover. Etablierungen erfolgten fast jährlich. Die Lebensdauer der blattsukkulente Zwergsträucher war mit weniger als 20 Jahren verhältnismäßig kurz. Anhand der beobachteten Dynamiken wurden verschiedene Strategietypen herausgearbeitet, die sich durch die Zugehörigkeit zu Lebensformen sowie durch morphologische Eigenschaften erklären lassen. Auf Art- und Individuenniveau zeigten sich artspezifische Einnischungen, die als zeitliche und strukturelle Nischen verstanden werden können. Dem Faktor Konkurrenz wurde eine geringe Bedeutung zugeordnet.

Der Faktor Beweidung hatte im Beobachtungszeitraum einen überraschend geringen Einfluß auf die Vegetation. Dies wird zum einen als Zeichen eines moderaten Beweidungsdrucks gedeutet, zum anderen wird vermutet, daß die Auswirkungen erst langsam und damit nur langfristig eintreten.

Lokal wurden Zeichen von Degradation an Boden und Vegetation festgestellt. Eine zumindest partielle Regeneration ist möglich. In den Trockenjahren 1998 und 1999 wurden Regenerationsprozesse der Vegetation jedoch verzögert.

11 Abstract

The Richtersveld forms part of the southern Namib desert. Vegetation ecology and dynamics of this region have been analysed on 46 permanent plots. The vegetation has been documented using a very detailed method based on individual plants. The regeneration potential of the vegetation was analysed using grazing exclosure experiments and manipulation experiments. In interviews, herders were asked about their indigenous knowledge concerning grazing value of the plants and about their views concerning grazing impact.

The results show a coastal-inland gradient of the vegetation and environmental factors. Four different units were characterised by vegetation, topographic, climatic and edaphic conditions. A total of 227 plant species were found on the plots, most of them chamaephytes and annual plants. About 50 % of the species were succulent, most of them being leaf succulent.

Dynamics were remarkably high for desert plant communities. They were explained by the relatively reliable winter-rainfalls. The observed vegetation dynamics were mainly driven by rainfall. Establishment, growth, and reproduction were obviously correlated with rainfall pattern. Apart from annual fluctuations, extreme disturbances such as droughts may have a long-term impact of about two decades on vegetation dynamics. The turnover of the vegetation was very high. Establishment of plants took place approximately yearly. Leaf succulent chamaephytes showed relatively short life spans of less than 20 years.

Different strategy types could be detected on the basis of the observed dynamics and can be described by life form and morphological features. Regarding species and individuals, the occupation of niches was understood to be structural and temporal. Competition seems to play a minor role in the observed vegetation types.

The grazing factor showed little influence on the vegetation dynamics. This can be interpreted as a result of moderate grazing intensity. Additionally, we assume long-term processes concerning grazing impact.

Signs of degradation of soil and vegetation have been detected locally. Regeneration seems to be at least partly possible. The drought years 1998 and 1999 slowed down the regeneration processes.

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 der geltenden Promotionsordnung sind mir bekannt.

Die von mir vorgelegte Dissertation ist von Prof. Dr. M. Melkonian betreut worden.

Jürgens, N., Gotzmann, I.H., Cowling, R.M. (1999): Remarkable medium-term dynamics of leaf succulent Mesembryanthemaceae shrubs in the winter-rainfall desert of northwestern Namaqualand, South Africa. *Plant Ecology* **142**: 87–96.