

# Untersuchungen über die Beeinflussung der oberirdischen Phytomasse der Zwergstrauchvegetation durch hydrologische Parzellen mit unterschiedlichem Run off-Regime

(Halukimberge bei Sede Boqer, Israel)

Karl-Friedrich Schreiber\*

## Synopsis

An experimental area was designated in 1972 in the northern part of the Negev-Highlands near Sede Boqer. The amount and the distribution of precipitation, surface run-off, and sedimentation amount was measured in various areas of a north-facing slope. Plots with a modified water supply influenced the vegetation. Above ground phytomass of dwarf shrubs, the dominant perennal plant cover, was determined using non destructive dimension analysis. One plot on the lower slope was separated from the catchment area of the rocky upper slope. The total phytomass in the plot was less ( $\text{g}/\text{m}^2$  dry matter) compared to the neighbour plot, that received run-off from the upper slope. This phenomenon becomes less evident in the behaviour of single species. A greater number of dead dwarf shrubs accumulated in the lower part of the study site, compared to the less disturbed slopes in the whole experimental area of Sede Boqer the accumulation of dead dwarf shrubs is caused by less water supply. Moreover, it is supposed, that this damage was created mainly by research people and visitors walking into the plots.

*Negev-Highlands, run off-measurement, changing run off-regime, changing of vegetation cover, nondestructive determination of phytomass, desert vegetation.*

## 1 Einleitung

Die Phytomassenproduktion in ariden Gebieten ist unmittelbar von der Wasserversorgung am jeweiligen Standort abhängig. Nicht die Menge des Niederschlags, sondern das durch Oberflächenabfluß und folgende Infiltration oder oberflächennahen Zufluß im Boden die Pflanzenwurzeln erreichende Wasser entscheidet über die Größenordnung des jährlichen Zuwachses oder den Zeitpunkt und Umfang des Absterbens von Teilen des Sproßsystems bei den arido-aktiven perennen Arten (vgl. u.a. EVENARI 1982; EVENARI, SHANAN & TADMOR 1982; DANIN

1983), die z.B. als Zwergsträucher im Negev-Hochland vor allem außerhalb der Regenzeit das Bild und die sichtbare Dichte der Vegetationsbedeckung auf weiten Flächen bestimmen.

Insbesondere die seit 1972 in den Halukimbergen bei Sede Boqer von YAIR (zusammengefaßt 1981, 1983) durchgeführten Untersuchungen zum Oberflächenabfluß an den Hängen des Kreide-Kalksteingebirges (Abb. 1) zeigen deutlich die Diskontinuitäten des »Runoff« zu dem räumlich erfaßten Niederschlagsangebot. Im Rahmen des vom BMFT geförderten Deutsch-Israelischen Forschungsprojektes: »Hill-slope micatchment: Utilisation of surface runoff water to increase the primary production in a rocky desert watershed« (1982–1989) stellten wir fest, daß im Bereich des größten Runoff-Angebotes am oberen, kolluvial überdeckten Unterhang bei Aberntungsversuchen auf zwei Transekten auch die höchsten Mengen an oberirdischer Phytomasse gebildet worden waren (ARNING 1985; TENBERGEN 1986; SCHREIBER 1991; SCHREIBER et al. 1995).

Bei unseren Geländearbeiten bemerkten wir in dem von YAIR 1972 angelegten Meßfeld zur Untersuchung der Niederschlags- und Abflußverhältnisse (vgl. Abb. 1) in den letzten Jahren des gemeinsamen Projektes eine Auflichtung der Vegetationsdecke in denjenigen Parzellen, die von ihrem Einzugsgebiet am Oberhang abgeschnitten waren. Mit Hilfe einer zerstörungsfreien Bestimmung der oberirdischen Phytomasse versuchten wir, diese Unterschiede zu erfassen (RAU 1988, unterstützt von H. SCHREIBER).

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Versuchsflächen

Das von YAIR 1972 angelegte Meßfeld liegt am Nordhang eines Riedels in der späteren Station des »Arid Ecosystems Research Center« (AERC; Hebrew University) bei Sede Boqer. Beregnungsversuche sind nur in den 70er Jahren erfolgt. Über einem relativ langen, kolluvial überdeckten Unterhang aus Oberkreide-Kalken erstreckt sich ein etwas steilerer Oberhang mit vielen herausmodellierten Kalksteinbändern, an deren Fuß sich mehr oder weniger häufig breite Streifen von Verwitterungsböden entlangziehen; diese

\* Herrn Prof. Dr. Reinhard Bornkamm zum 65. Geburtstag gewidmet

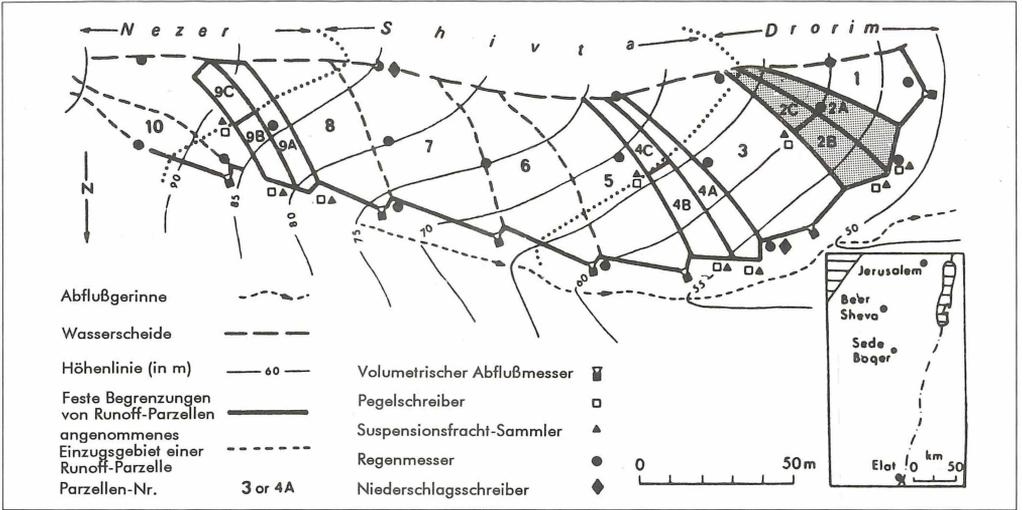


Abb. 1

Lage und Einrichtung des Meßfeldes für die Oberflächenabflußmessungen von YAIR (1981) in den Halukimbergen bei Sede Boqer, Negev-Hochland, (aus YAIR 1983, verändert). Der Parzellenblock 2 A, 2 B, 2 C, in dem die Phytomassen bestimmt wurden, ist mit einem Punktraster unterlegt.

Fig. 1

Experimental design for the run-off measurement in the Halukim mountains near Sede Boqer (Negev Highlands) (after YAIR 1983). The plots 2 A, 2 B, 2 C for phytomass estimation are grey colored.



Abb. 2

Die Parzellengruppe 2 A, 2 B und 2 C. Im Vordergrund und im linken Teil des Mittelhanges sind die Meßeinrichtungen für Oberflächenabfluß und Schwebstoffe (Sedimente) zu erkennen. Die außerhalb der Meßfelder liegende Hangfußzone ist durch häufiges Befahren und Begehen sehr gestört. An den Parzellenrändern und am Horizont sind die Reste der früheren Beregnungseinrichtungen zu erkennen.

Fig. 2

Plots 2 A, 2 B, and 2 C. Instruments for measuring run-off and sediments are installed downslope and at the left side of the middleslope. The area outside the plots is partly destroyed. Remnants of former sprinkling experiments can be seen at the top of the hill.

Kalksteinbänke sind z.T. unterbrochen von größeren Massenkalkfelsflächen. Durchwurzelbare Pflanzenstandorte werden bis zur Höhe der breiten Rücken dieser zertalten Schichtstufenlandschaft bei abnehmender Ausdehnung immer seltener (Abb. 2; vgl. SCHREIBER 1991). Aus dem Meßfeld wählten wir die Parzellen 2 A, 2 B und 2 C aus (Abb. 1, 2). Die Bezeichnung der Parzellen ist unverändert von YAIR (1981) übernommen worden. Alle einzelnen Parzellen sind mit in den Boden eingebauten, durch Zement fixierten Blechschürzen voneinander getrennt, die ein Übertreten von Runoffwasser verhindern. Die Parzellengruppe 2 ist in jeder Einzelfläche mit einer vollautomatischen Meßeinheit für den Oberflächenabfluß und die Bestimmung der Sedimentfracht ausgestattet und wird bis heute noch betreut. Parzelle 2 A reicht durchgehend vom Rücken dieses sich in das Wadi hineinschiebenden Riedels bis an den Hangfuß, während die danebenliegenden Parzellen 2 B den Unterhang, 2 C den Oberhang abtrennen (Abb. 1, 2). Die durchschnittlichen jährlichen Niederschläge betragen im Untersuchungsgebiet 94 mm; in der Regenperiode des Winterhalbjahres 1986/87, in der die Phytomassenbestimmungen durchgeführt wurden, fielen dort 75 mm Niederschlag (TENBERGEN 1991; nach Daten des AERC).

**2.2 Bestimmung der stehenden oberirdischen Phytomasse mit Hilfe der Dimensionsanalyse**

Zur Abschätzung der stehenden oberirdischen Phytomasse der überdauernden Zwergsträucher wurden in mehreren Diplomarbeiten (TENBERGEN 1986; GÜNSTER 1987; WEISS 1989; zusammengefaßt in TENBERGEN 1991) die Beziehungen zwischen Größe bzw. Volumen und Phytomasse erfaßt. Höhe sowie größter und kleinster Durchmesser einzelner Individuen der verschiedenen Arten wurden auf 2 Transekten vor der Aberntung gemessen, später deren Trockengewicht ermittelt. Dabei wurden alle vorkommenden Größenklassen erfaßt, von sehr kleinen, meist aber nicht immer jungen Pflanzen bis zu den größten Exemplaren, die auf den abgeernteten Transekten oder auch im Umfeld vorkamen. Wie bereits CHEW & CHEW (1965), BURK & DICK-PEDDIE (1973) oder LUDWIG et al. (1975) in der Chihuahua- und Mojave-Wüste in den USA nachwiesen, besteht zwischen der – optimalen – Volumenform einer Art, z.B. einem Kegel, Ellipsoid oder Zylinder und der oberirdischen Phytomasse ein linearer Zusammenhang. In den oben genannten Diplomarbeiten wurden diese »optimalen« Volumenformen für jede einzelne Art bestimmt und die Inhalte mit entwickelten Schätzgleichungen berechnet. Auch bei diesen Vorgaben ergab sich eine lineare Beziehung zum Trockengewicht der oberirdischen Phytomasse des jeweiligen Individuums der einzelnen Arten, die eine gute

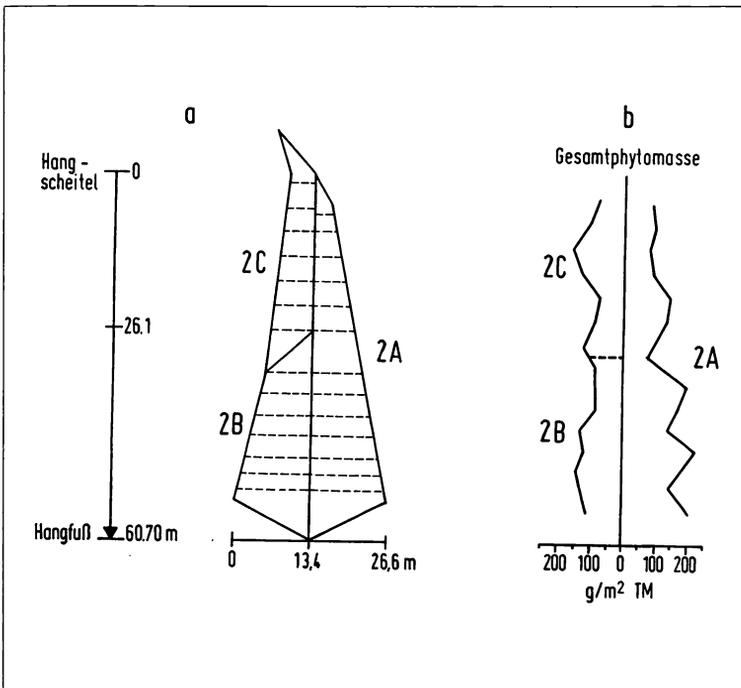


Abb. 3  
**Die Untersuchungsparzellen mit den streifenweise zusammengefaßten Teilflächen (a), deren jeweilige oberirdische Gesamtphytomasse in g/m<sup>2</sup> in (b) dargestellt ist; die gestrichelte Linie soll die Grenze zwischen den Parzellen 2 C und 2 B markieren.**

Fig. 3  
**Plots 2 A, 2 B and 2 C. (a): Subdivision of the three plots at the slope, (b): Aboveground phytomass (g/m<sup>2</sup> TM); the broken line marks the border between the plots 2B and 2C.**

Schätzgenauigkeit zuließ. Der Produktmomentkorrelationskoeffizient der Berechnungsformeln lag bei fast allen untersuchten Arten bei mindestens  $r = 0,90$ , häufig noch deutlich darüber. Nur *Helianthemum kahiricum* erreichte einen Koeffizienten von  $r = 0,78$ . Ein Ablaufschema des Vorgehens sowie die Berechnungsformeln finden sich bei TENBERGEN (1991). Die Gramm-Angaben beziehen sich im folgenden immer auf Trockenmasse (TM).

Für die annuelle Vegetation ist erst später eine Berechnungsformel zur Ermittlung der oberirdischen Phytomasse entwickelt worden (vgl. TENBERGEN 1991). Deshalb konnte auf den Runoff-Parzellen statt der Masse nur die Anzahl der Therophyten/m<sup>2</sup> erhoben werden.

Die Bestimmung der oberirdischen Phytomasse auf den Runoff-Parzellen erfolgte im Februar/März 1987, also zu einer Zeit, in der die Vegetationsentwicklung infolge der spätwinterlichen Niederschläge ihrem Höchststand zueilte (RAU 1988).

Abgesehen von den schräg verlaufenden Flächenabschnitten im obersten Teil der Parzelle sowie an den Austritten zu den Meßeinrichtungen, die als eigenständige größere Zwickel bearbeitet wurden, erfolgten die Dimensionsmessungen an den Zwergsträuchern in 1 m breiten Streifen mehr oder weniger parallel zum Hang. Für die späteren Darstellungen der Ergebnisse sind immer mehrere Streifen zusammengefaßt worden (Abb. 3 a).

### 3 Ergebnisse

Die von RAU (1988) erhobenen Daten der stehenden oberirdischen Phytomasse (TM) der Zwergsträucher ergeben, wie erwartet, für die verschiedenen Hangabschnitte unterschiedliche Mengen in g/m<sup>2</sup> (Tab. 1). Der obere Teil der den gesamten Hang abwärts laufenden Parzelle 2 A – für die vergleichende Berechnung abgetrennt auf mittlerer Höhe der schräg verlaufenden unteren Abgrenzung der Parzelle 2 C (vgl. Abb. 3 a) – weist ca. 20 g/m<sup>2</sup> weniger Trockensubstanz auf als die am Oberhang daneben liegende Parzelle 2 B. Indes überwiegt die oberirdische Phytomasse im unteren Teil der Parzelle 2 A um etwa 60 g/m<sup>2</sup> gegenüber der Parzelle 2 B am Unterhang. Es muß jedoch angemerkt werden, daß die Angaben zur Flächengröße der einzelnen Parzellen z.T. nicht unwesentlich von denen YAIR's (1981) abweichen (vgl. Tab. 1, Fußnote).

Abb. 3 b vermittelt ein detailliertes Bild der oberirdischen Phytomasse auf den Hangtransekten der Parzelle 2 A sowie den untereinanderliegenden Parzellen 2 C/2 B.

*Artemisia herba-alba* gehört zu den Hauptmassebildnern (Abb. 4); sie zeigt allerdings in beiden unteren Hangabschnitten relativ ähnliche Zunahmen

Tab. 1

**Stehende oberirdische Phytomasse der Zwergsträucher in zur Messung des Oberflächenabflusses abgetrennten Parzellen nach 15 Jahren veränderter Wasserführung für die Unterhangparzelle 2 B (vgl. Abb. 1). Die Phytomasse ist ohne Aberntung über Dimensionsanalysen berechnet worden (Daten aus RAU 1988).**

Tab. 1

**Aboveground phytomass of the dwarf shrubs in different run-off plots after 15 years experiments. Waterbudget was changed by reducing run-off input only in plot 2 B. Phytomass was not harvested, but calculated by dimension analysis.**

Parzelle	Größe (m <sup>2</sup> )*	oberirdische Phytomasse (g/m <sup>2</sup> TM)
2 A oberer Teil (Oberhang)	132	102
2 C (Oberhang)	179	120
2 A unterer Teil (Unterhang)	296	177
2 B (Unterhang)	294	119

\*Die von RAU ermittelten m<sup>2</sup> je (Teil-)Parzelle stimmen nicht mit den Angaben von YAIR (1981) überein; dieser nennt Größen für 2 A (insgesamt) = 407 m<sup>2</sup>, 2 B = 295 m<sup>2</sup>, 2 C = 140 m<sup>2</sup>

der Phytomasse, während *Gymnocarpus decandrum* die größeren Mengen in den beiden oberen Hangabschnitten aufweist, schwerpunktmäßig jedoch etwas versetzt. Ein eindeutiges Schwergewicht ihres Vorkommens und der Phytomassenbildung in Parzelle 2 A zeigen die drei *Helianthemum*-Arten *H. kahiricum*, *H. ventosum* und *H. vesicarium* (Abb. 4), deren Mengen an Trockenmasse zusammengefaßt wurden. *Noaea mucronata* wiederum läßt größere Anteile nur im Unterhangbereich erkennen, in 2 A unmittelbar am Übergang von dem felsigeren Oberhang in den kolluvial überdeckten Unterhang, in 2 B jedoch erst deutlich tiefer (Abb. 4).

Unter den weiteren angeführten Arten nimmt nur noch das Jochblatt (*Zygophyllum dumosum*) eine die Phytomasse am Unterhang mitbestimmende Rolle ein, mit etwas größerem Anteil in Parzelle 2 A (Abb. 5). Ziemlich kontinuierlich, aber nur unbedeutend steigt die Zahl der Jungpflanzen der Zwergsträucher vom Oberhang zum Unterhang an, nur in Parzelle 2 B ist sie zum Hangfuß wieder rückläufig.

Während die inaktiven bzw. abgestorbenen Zwergsträucher, die man ohne Operationen an den Pflanzen selbst nicht oder häufig nur sehr schwer unterscheiden kann, sich in Parzelle 2 A ziemlich gleichmäßig über den gesamten Hang verteilen, steigt

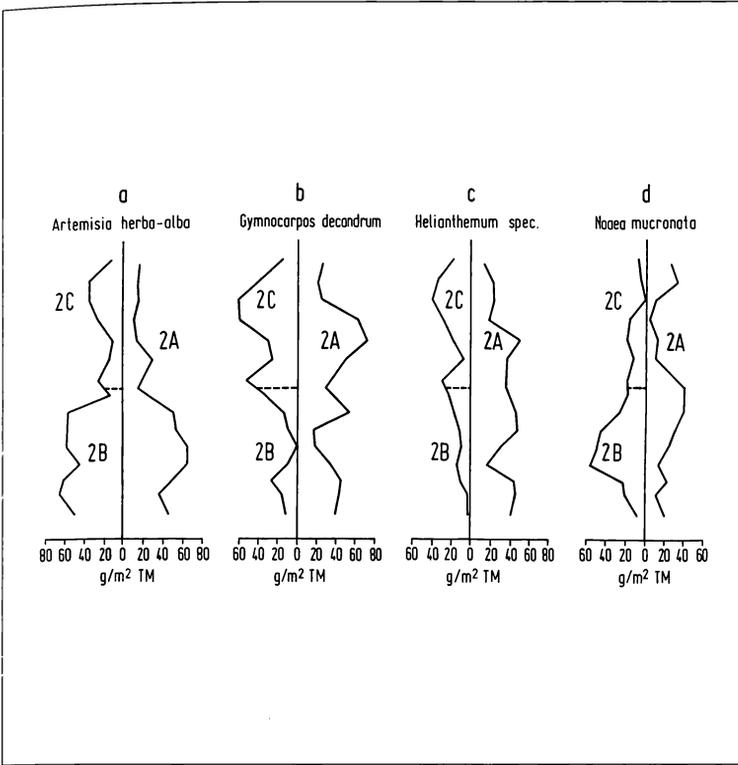


Abb. 4  
Oberirdische Phytomasse von *Artemisia herba-alba* (a), *Gymnocarpos decandrum* (b), *Helianthemum ventosum*, *Helianthemum vesicarium* und *Helianthemum kahircum* (c), deren Werte zusammengefaßt wurden, sowie *Noaea mucronata* (d).

Fig. 4  
Aboveground phytomass of *Artemisia herba-alba* (a), *Gymnocarpos decandrum* (b), *Helianthemum ventosum*, *H. vesicarium* and *H. kahircum* (c, species added) and *Noaea mucronata* (d).

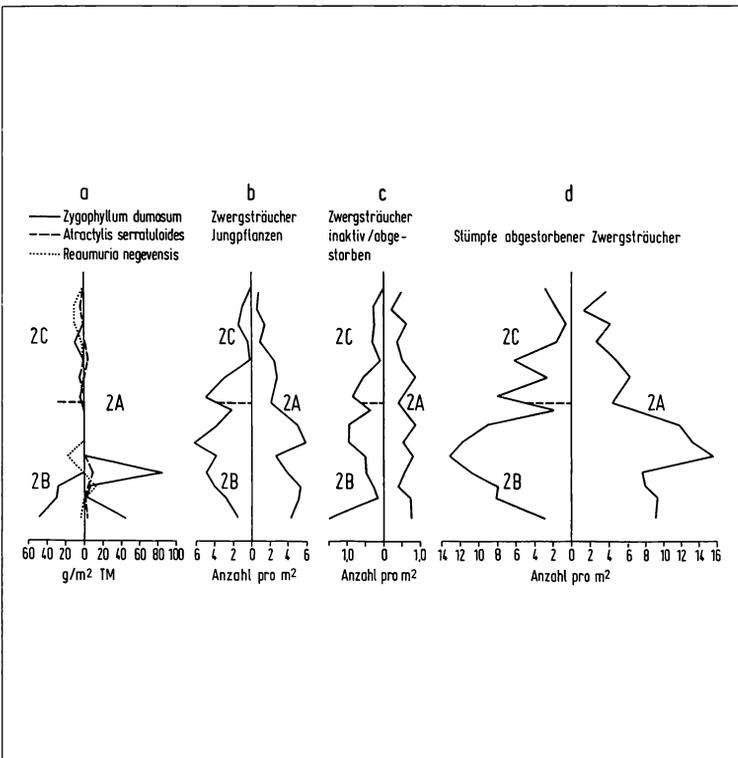
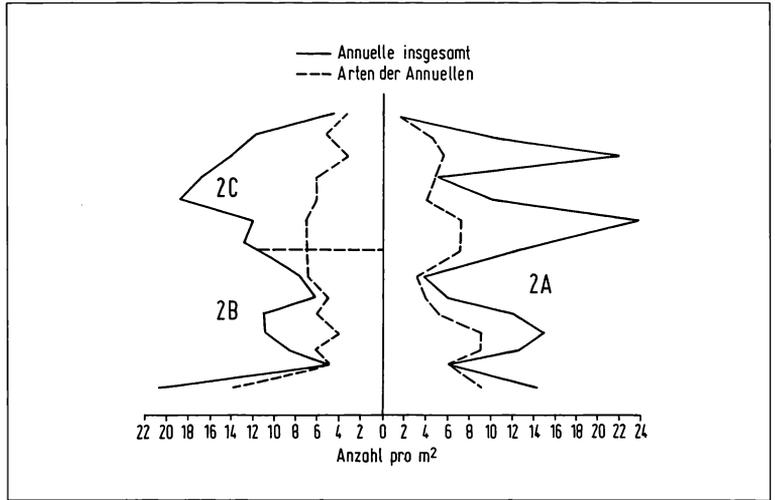


Abb. 5  
Oberirdische Phytomasse von *Zygyphyllum dumosum*, *Atractylis serratuloides* und *Reaumuria negevensis* (a), Anzahl der Jungpflanzen der Zwergsträucher (b), inaktive oder abgestorbene Individuen, deren Stamm und Zweige noch erhalten sind (c) sowie die Anzahl von Stümpfen aller toten Zwergsträucher (d).

Fig. 5  
Aboveground phytomass of *Zygyphyllum dumosum*, *Atractylis serratuloides* and *Reaumuria negevensis* (a). (b): Number of seedlings of the dwarf shrubs. (c): Inactive or dead individuals of dwarf shrubs with complete trunks and branches. (d): Number of stumps of the dead dwarf shrubs.

Abb. 6  
Verteilung der Arten- und Gesamtindividuenzahl annueller Arten auf den beiden Haupttransekten.

Fig. 6  
Distribution of the number of species and the number of individuals of therophytes at the two main transects.



ihre Zahl im oberen Teil der ihres Einzugsgebietes bebauten Parzelle 2 B deutlich an, auch am Hangfuß dieser Parzelle ist ein kräftiger Anstieg zu verzeichnen (Abb. 5). Erhebliche Mengen von Stümpfen der Stammbasis oder des Wurzelhalses längst abgestorbener Zwergsträucher kennzeichnen den Unterhang beider Transekte in den Parzellen 2 A und 2 B; zum Hangfuß nimmt ihre Zahl wieder ab, wie sich dies auch bei lebend bonitierten Zwergstraucharten einschließlich ihrer Verjüngung mit Ausnahme von *Zygophyllum dumosum* andeutet (Abb. 5 a).

Umgekehrt verhält sich in einer als unterdurchschnittlich zu bezeichnenden Niederschlagsperiode im Winter 1986/87 das Aufkommen von Therothyten (Abb. 6, Anzahl/m<sup>2</sup>). Die größten Individuenzahlen finden sich im Oberhangbereich mit z.T. starken Schwankungen; sie verringern sich deutlich am Übergang zum kolluvial überdeckten Unterhang, erfahren hangabwärts wieder eine Zunahme, die sich kurz vor dem Hangfuß etwa um die Hälfte reduziert, um im untersten Parzellenabschnitt wieder kräftig zuzunehmen. Das Artenspektrum folgt diesem Verlauf nur andeutungsweise, schwankt zwischen 7 und 4 (3) Arten, weitet sich jedoch am Hangfuß aus. Die größte Artenanzahl wird dort in der Parzelle 2 B mit 14 verschiedenen Annuellen-Species erreicht.

#### 4. Diskussion

Die oberirdische Phytomassenproduktion der Zwergstrauchvegetation in Parzelle 2 A (Abb. 3 b) entspricht in ihrem Verlauf hangabwärts ziemlich genau den Größenordnungen, die ARNING (1985), TENBERGEN (1986) und GÜNSTER (1987) bei ihren Transektabertungen ermittelt hatten (Die beiden abgeernteten Transekte von ARNING und TENBERGEN

an dem gegenüber liegenden Osthang des Wadis waren allerdings 160 m lang, 4 m breit und in 40 Quadranten mit jeweils vier 2 m x 2 m-Rastern unterteilt) (vgl. SCHREIBER 1991). Man kann sie gewissermaßen als »normal« bezeichnen. Bezieht man die Massenermittlungen auf die Gesamtfläche jeder Teilparzelle bzw. der zusammengefaßten Bonitierungsstreifen, dann ergeben sich nahezu gleiche Mengen: etwa 100 g/m<sup>2</sup> am Oberhang, 150 – 200 g/m<sup>2</sup> (bis > 250 g/m<sup>2</sup>) in der oberen Unterhang-Zone, der die oberhalb liegenden großen boden- und vegetationsfreien Felsoberflächen einen erheblichen Teil des empfangenen Regens als Oberflächenabfluß abgeben, der zum größeren Teil in der kolluvialen Deckschicht versickern kann und erst bei beginnender Sättigung oder größeren Niederschlagsmengen den Oberflächenabfluß weiter abwärts leitet. Das hat YAIR (1981) in verschiedenen Momentaufnahmen bei künstlicher Beregnung in der Parzelle nachgewiesen. Etwas unterhalb dieser Versickerungszone kann sich erneut eine Front abfließenden Oberflächenwassers bilden, was möglicherweise neben den Bodenverhältnissen die jeweiligen Spitzen der Trockenmasse/m<sup>2</sup> im unteren Teil der Parzelle erklärt.

Die eigentliche, von Zwergsträuchern mehr oder weniger freie Hangfußzone wird in den Parzellen 2 A und 2 B noch nicht erreicht, da die Parzellenabgrenzung dicht oberhalb verläuft (vgl. Abb. 2); deshalb ist auch noch nicht der rapide Abfall der oberirdischen Phytomasse zu erkennen, den wir auf unseren Abergangstransekten feststellten.

Wenn wir die Phytomassenerträge allerdings nicht auf die Gesamtfläche eines Quadratmeters, sondern auf die Einheit – vermutlich durchwurzelbarer – Bodenoberfläche beziehen, liegen die höchsten Erträge im Oberhangbereich, weil dort wesentlich mehr »versiegelte« Fläche zur Oberflächenabfluß-

spende je Einheit Bodenoberfläche zur Verfügung steht als am Unterhang (vgl. SCHREIBER 1991, SCHREIBER et al. 1995). Diese Feststellung mag auch den Spitzenwert der Parzelle 2 C (Abb. 3 b) erklären, da wir immer mit zufällig verteilten Mustern von Bodenansammlungen unterschiedlicher Größe rechnen müßten.

Der niedrige Wert von  $< 100 \text{ g/m}^2 \text{ TM}$  in Parzelle 2 B unterhalb der Abtrennung ihres früheren Einzugsgebietes wird aus der vorstehenden Diskussion verständlich. Erst weiter hangabwärts kann sich bei nicht zu schwachen Regenfällen – Runoff entsteht nach YAIR (1983) schon bei 2–3 mm Niederschlag eine neue Welle von Oberflächenwasser bilden und bei erhöhter Infiltration zu einer besseren Versorgung der Vegetation und höheren Phytomassenbildung beitragen. Die leichten Schwankungen zwischen  $120\text{--}150 \text{ g/m}^2 \text{ TM}$  in Parzelle 2 B unterhalb dieses markanten Anstiegs können möglicherweise wie in Parzelle 2 A auf solche sich hangabwärts immer wieder bildenden Runoff-Wellen zurückgeführt werden, aber auch auf erhöhte Flächenanteile von unbewachsenen – und den Abfluß fördernden! – Gesteinsoberflächen (meist abwärts gegliederte Bruchstücke der oberhalb liegenden Shivta-Formation); wir haben es mit einem ineinander verwobenen Wirkungskomplex zu tun.

Zu sehr ähnlichen Werten der Gesamtphytomasse in den Parzellen 2 B und 2 C, wie sie in Tab. 1 aufgeführt sind, kamen auch schon TENBERGEN und ESSER (1985, unveröff. Material) bei einer ersten groben Abschätzung nach der Entwicklung der Berechnungsformeln für die oberirdische Pflanzentrockenmasse der Zwergsträucher.

*Artemisia herba-alba* zeigt ein für alle Hänge des Untersuchungsgebietes in den Halukimbergen typisches Phytomassenprofil (Abb. 4 a; vgl. ARNING 1985; TENBERGEN 1986; GÜNSTER 1987). Sie ist im allgemeinen der Hauptertragsbildner der perennierenden Vegetation. Die Einschnürung der Ertragsprofile 2 A und 2 C/B zwischen felsigem Oberhang und kolluvialem Unterhang hängt mit dem höheren Anteil an Felsrippen, -nasen und -bänken zusammen; sie findet sich, nur teilweise etwas versetzt, bei allen dargestellten Arten und Gruppen der Abb. 4, 5 und 6 wieder. Ins Auge fallende, interpretierbare Unterschiede zwischen der Parzelle 2 B und dem unteren Teil von 2 A gibt es nicht, vielleicht abgesehen von der Tatsache, daß auch bei anderen Arten der Ertragsknick in der Hangfußnähe von 2 A auftritt.

Die Verbreitung von *Gymnocarpus decandrum* (Abb. 4 b) mit den höchsten Anteilen seiner oberirdischen Phytomasse am Oberhang ist typisch für das gesamte Gebiet. Häufig handelt es sich um nur wenige, aber gut entwickelte Büsche, die von dem lokal guten Wasserangebot (-zufluß) dieser felsreichen Oberhangzone profitieren (vgl. SCHREIBER 1991).

Auf den beiden abgeernteten Transekten in Ostposition am gegenüberliegenden Wadihang ist die Art ausschließlich nur am Oberhang gefunden worden, großenteils mit ähnlichen Mengen (vor allem von TENBERGEN 1986). Offensichtlich sind die Wasserhaushaltsbedingungen am – wesentlich kürzeren – Nordhang, zumindest bezogen auf die  $\text{m}^2$  Bodenfläche, etwas günstiger als am Osthang, was die, wenn auch am Unterhang deutlich reduzierte, Verteilung der Phytomasse von *Gymnocarpus* über das gesamte Hangprofil erklären könnte.

Die *Helianthemum*-Arten (Abb. 4 c) sind ganz offensichtlich zumindest in der Parzelle 2 B benachteiligt, folgen in dem linken Profil 2 C/2 B ohnehin in Menge und Verteilung mehr den Aberntungsergebnissen auf den beiden Transekten von ARNING und TENBERGEN. Dort wurden die *Helianthemum*-Arten nur am Ober- und Mittelhang festgestellt. So wie wir ihre relativ rasche Neuansiedlung und deutlichen Zuwachs im unmittelbaren Einflußbereich der Runoffspeichernden Minicatchments immer wieder beobachten konnten (vgl. SCHREIBER 1991; TENBERGEN 1991), scheinen sie auch im unteren Teil der Parzelle 2 A von der besseren Wasserversorgung durch den Oberflächenabfluß des Oberhangs und in Nord-Exposition zu profitieren, der ihnen in Parzelle 2 B fehlt.

Dort hat hingegen *Noaea mucronata* ihre höheren Massenanteile (Abb. 4d), die allerdings gegen den trockener werdenden Hangfuß wieder abklingen. Ihr geringes Vorkommen in den beiden Oberhangbereichen ist auffällig, paßt aber eher in das Verteilungsbild, das sie auf den abgeernteten Transekten zeichnet: Ein eher unregelmäßiges Vorkommen mit relativ geringen Massenanteilen nur an Ober- und Mittelhang, aber nahezu völliges Fehlen am Unterhang oder gar im Hangfußbereich. Für das deutlich abweichende Verhalten am Unterhang der Runoffparzellen gegenüber anderen Beobachtungen im Untersuchungsgebiet bei Sede Boqer bietet sich keine augenfällige Erklärung an, es sei denn, man nimmt die vermutlich am Nordhang etwas bessere Wasserversorgung dafür.

Die unregelmäßig auf dem Hanggradienten festgestellten Trockenmassenerträge von dem salzabscheidenden Halophyten *Reaumuria negevensis* und dem Jochblatt *Zygophyllum dumosum* (Abb. 5 a) mit einem Schwergewicht am Unterhang und einem Spitzenertrag beim Jochblatt in einem bestimmten Komplex von Bonitierungsstreifen entspricht unseren Beobachtungen auf den Erntetranssekten; dort haben beide Arten im allgemeinen eher noch höhere Mengen an oberirdischer Phytomasse als in den Runoff-Versuchspartellen. Auch bei *Zygophyllum* kann man – ähnlich wie bei *Gymnocarpus* – im Versuchsgebiet einzelne, bis zu 1 m hohe Büsche in Oberhangposition beobachten, die einen örtlich sehr großen Zufluß

von Oberflächenwasser haben müssen.

Die geringe Zahl der Jungpflanzen überrascht nicht; sie ist sogar eher etwas höher als im übrigen Versuchsgebiet (Abb. 4 b). Ihre erfolgreiche Etablierung ist allem Anschein nach ohnehin auf Jahre mit überdurchschnittlichem Niederschlagsangebot beschränkt, sie kann zumindest nicht jedes Jahr beobachtet werden. Das deckt sich mit unseren Beobachtungen der Wiederbesiedlung und Sukzession auf den abgetreteten Transekten und zeigt die besondere Trägheit der Reaktion dieses Systems hinsichtlich der Wiederherstellung nach (Zer-)Störungen.

Während die Anzahl inaktiv gebliebener oder (gerade erst) abgestorbener Zwergsträucher selten 1 auf beiden Gradienten überschreitet, aber im oberen Teil von Parzelle 2 B u. U. doch einen Einfluß der Abschneidung des darüberliegenden Einzugsgebietes vermuten läßt (Abb. 5 c), stimmen Zahl und Verteilung von nur noch in Stümpfen erhaltenen, toten Zwergsträuchern doch etwas nachdenklich (Abb. 5 d). TENBERGEN (1986) ermittelte auf seinem Transekt bei Schwankungen zwischen 1 bis maximal 3 toten Individuen/m<sup>2</sup> eine relativ gleichmäßige Verteilung über das gesamte Hangprofil – mit Ausnahme des Zwergstrauch-freien Hangfußes. In Abb. 5 d ist zwischen den Profilen der Parzellen 2 A und 2 C/B kein großer Unterschied zu erkennen. Beide zeigen trotz nachgewiesener unterschiedlicher hydrologischer Verhältnisse (YAIR 1981, 1983; YAIR & LAVEE 1985) eine starke Zunahme von Stümpfen im oberen bis mittleren Unterhangbereich, von dem wir wissen, daß er gerade in Parzelle 2 A relativ reichlich mit Oberflächenabflußwasser versorgt wird; erst zum unteren Rand der Parzelle nehmen die Zahlen toter Individuen, aber in unterschiedlichem Maße, wieder ab. In Kenntnis der Verhältnisse auf anderen Transekten (vgl. TENBERGEN 1991) und im Versuchsgebiet ist man geneigt, die Abb. 5 d als Ausdruck einer Störung der Vegetation durch die Anlage und Beschickung des Runoff-Meßfeldes als Ganzes zu interpretieren. Da die jeweiligen natürlichen Einzugsgebiete der Unterhänge nicht genau abzugrenzen sind, ist die gerade verlaufende Abtrennung der einzelnen Meßparzellen (vgl. Abb. 1) eher willkürlich und hat möglicherweise eine andere Oberflächenabflußverteilung für die Vegetation vorgenommen, als sie vorher bestand. Damit sind aber nicht die Runoff-Meßergebnisse an sich in Frage gestellt. Viel stärker mögen die Regelungen vor und nach den Beregnungsversuchen, das jahrelange Ablesen der Niederschlagsmengen in den vielen kleinen Regenmessern im Felde oder die zahlreichen Besucher trotz aller Vorsicht Schaden an der Vegetation angerichtet haben. Der Zugang zu den Parzellen erfolgte nahezu ausschließlich von unten (vgl. Abb. 2).

Anzahl und Verteilung der Annuellen zeigt ein deutliches Übergewicht am Oberhang (Abb. 6). Das

Verteilungsbild könnte allerdings in Jahren mit reichlichen Niederschlägen und häufiger Runoffbildung völlig anders aussehen. Insbesondere viele kleine Regenereignisse, die eher nur eine häufige Anfeuchtung der Oberböden als große Runoffmengen erbringen, wie beispielsweise im Winter 1987/88, kann auch am Unterhang und Hangfuß ein dichter grüner Teppich von annueller Vegetation heranwachsen, der nicht nur viel mehr Individuen und Arten, sondern auch wesentlich mehr Trockensubstanz aufweist als am Oberhang. Die Therophytenvegetation hängt viel stärker von dem jeweiligen Niederschlagsregime des betreffenden Jahres ab als von den Gesetzmäßigkeiten der Runoffentstehung und -verteilung, denen die perennierende Vegetation mit anderen Anpassungsstrategien (vgl. u.a. EVENARI 1982) unterliegt.

Insgesamt läßt sich aus dieser Studie die Konsequenz ziehen, daß die Versuchsfeldbedingungen von knapp 15 Jahren tatsächlich einen meßbaren Einfluß auf die Phytomassenproduktion der Vegetation gehabt haben. In der Parzelle 2 B führte die Ableitung des Oberflächenabflusses aus ihrem Einzugsgebiet am Oberhang (Parzelle 2 C) zu einer Einschränkung der Produktion und, wenn auch noch nicht sehr auffälligen, Verminderung der stehenden Phytomasse der Zwergstrauchvegetation. Betrachtet man allerdings einzelne Arten, verwischt sich dieses Bild etwas. Möglicherweise ist die Wirkungsdauer bei nur langsamer Anpassung noch zu kurz, wenn man berücksichtigt, welchen extremen Schwankungen (vgl. u.a. EVENARI et al. 1982) die perennierende Vegetation unter natürlichen Bedingungen ausgesetzt ist.

## Literatur

- ARNING; G., 1985: Untersuchungen zur oberirdischen Phytomassenproduktion in einem ariden Ökosystem, am Beispiel eines Schichtstufenhangs bei Sede Boqer im Negev-Hochland. Dipl.arb. Inst. Geogr., Univ. Münster, 117 S.
- BURK, J. H. & W. A. DICK-PEDDIE, 1973: Comparative production of *Larrea divaricata* Cav. on three geometric surfaces in southern New Mexico. Ecology 54, 1054–1102.
- CHEW, R. M. & A. E. CHEW, 1965: The primary productivity of a desert shrub (*Larrea tridentata*) community. Ecol. Monogr. 35, 355–375.
- DANIN, A., 1983: Desert vegetation of Israel and Sinai. Jerusalem, 148 S.
- EVENARI, M., 1982: Ökologisch-landwirtschaftliche Forschungen im Negev. Techn. Hochschule Darmstadt, 219 S.
- EVENARI, M., L. SHANON & N. TADMOR, 1982: The Negev. The Challenge of a desert. 2 nd. Ed. Cambridge (Harvard Univ. Press), 437 S.

- GÜNSTER, A., 1987: Vegetationskundliche Studien in den Halukimbergen bei Sede Boqer im Negev-hochland, Israel. Dipl.arb. Inst. Geogr., Univ. Münster, 128 S.
- LUDWIG, J. A., J. F. REYNOLDS & P. D. WHITSON, 1975: Size-biomass relationship of several Chihuahuan desert shrubs. *Am. Midl. Nat.* 94, 451–461.
- RAU, H., 1988: Untersuchungen der unter- und oberirdischen Phytomasse von Zwergstrauchgesellschaften in einem Hangökosystem des Negev-Hochlandes/Israel. Dipl.arb. Inst. Geogr., Univ. Münster, 117 S. u. Anhang.
- SCHREIBER, K.-F., 1991: Ökologische Gradienten im Ökotopgefüge an Hängen des Negev-Berglandes – Ihre Ausnutzung zur Verbesserung der Primärproduktion. *Geogr. Rundschau* 43, 216–223.
- SCHREIBER, K.-F., A. YAIR & M. SHACHAK, 1995: Ecological Gradients Along Slopes of Northern Negev Highlands, Israel. *Advances in Geocology*, ed. H.-P. BLUME & S. BERKOWICZ. *Catena* 28, in press.
- TENBERGEN, B., 1986: Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen an Schichtstufenhängen in den Halukim-Bergen bei Sede Boqer im nördlichen Negev-Hochland, Israel. Dipl.arb. Inst. Geogr., Univ. Münster, 113 S. u. Anhang.
- TENBERGEN, B., 1991: Vergleichende landschaftsökologische Untersuchungen im nördlichen Negev-Hochland von Israel. *Arb.ber. Lehrstuhl Landschaftsökologie Münster* 12, 218 S.
- YAIR, A., 1981: The Sede Boqer Experiment site. A case study of interdisciplinary research on presentday geomorphic processes in an arid environment. *Aridic soils of Israel*, ed. J. DAN, R. GERSON, H. KOYUMDIJSKY & D. H. YAALON. *Special Publ. No. 190*, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel, 239–254.
- YAIR, A., 1983: Hillslope hydrology, water harvesting and areal distribution of some ancient agricultural systems in the northern Negev desert. *J. Arid Environments* 6, 283–301.
- YAIR, A. & H. LAVEE, 1985: Runoff generation in arid and semi-arid zones. In: *Hydrological Forecasting*, ed. M. G. ANDERSON & T. P. BURT. (Wiley & Sons), 183–220.
- WEISS, L., 1989: Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen in zwei verschiedenen Waditypen der Halukim-Berge bei Sede Boqer im Negev-Hochland, Israel. Dipl.arb. Inst. Geogr., Univ. Münster, 126 S. und Anhang.

**Adresse**

Karl-Friedrich Schreiber  
Institut für Landschaftsökologie  
Westfälische Wilhelms-Universität  
Robert-Koch-Str. 26, 48149 Münster

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [25\\_1996](#)

Autor(en)/Author(s): Schreiber Karl-Friedrich

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Beeinflussung der oberirdischen Phytomasse der Zwergstrauchvegetation durch hydrologische Parzellen mit unterschiedlichem Run off-Regime 49-57](#)