

Diatomeen als „Fensteralgen“ in der Namib-Wüste und anderen ariden Gebieten von SWA/Namibia

U. Rumrich, M. Rumrich, H. Lange-Bertalot

ZUSAMMENFASSUNG

Selbst in extremen Wüstengebieten wie der Namib läßt sich an bestimmten Stellen immer wieder ein erstaunlich üppiger Bewuchs von Blau- und Grünalgen feststellen. Man findet solche Kolonien auf der Unterseite von Quarzkieselsteinen, die partiell in die Erdoberfläche eingebettet sind. Trotzdem sind die hier vorkommenden Algen-Arten zum überwiegenden Teil den obligatorischen Hygrophyten zuzurechnen. Die Ansiedlung der Algen wird offensichtlich sowohl durch das Mikroklima unterhalb der Kiesel, als auch durch die Lichtfilterwirkung des Kiesels selbst ermöglicht. Bisher konnten wir in der Literatur keinen Hinweis darauf finden, daß sich unter solchen Bedingungen auch Diatomeen ansiedeln. Die vorliegende Untersuchung weist unter den Quarzkieseln eine in Anbetracht der Extrembedingungen unerwartet reichhaltige Vergesellschaftung unterschiedlicher Diatomeen-Arten nach. Neben Arten, die bekanntermaßen als aerophile Elemente kosmopolitisch auftreten, sind es vor allem auch solche, die mit ihrem ökologischen Schwerpunkt eindeutig in stehenden oder fließenden Gewässern vorkommen.

EINLEITUNG

Die Bezeichnung „Fensteralgen“, die schon von Vogel (1955) benutzt wurde, stellt eine begriffliche Verbindung zu den „Fensterpflanzen“ her. Dies sind z.B. Fenestraria-, Lithops-, und Haworthia-Arten in Süd- und Südwestafrika.

Bekanntlich besitzen diese blattsukkulente Xerophyten eine erhöhte Speicherfähigkeit für Wasser und besondere Schutzmechanismen gegen eine zu rasche Verdunstung. Hinzu kommt als wesentlicher Teil ihrer Anpassungsleistung an die meist extremen Wüstenstandorte eine weitere Besonderheit in Form sogenannter „Fenster“. Die Pflanzen nehmen ausschließlich über diese „Fenster“ Licht in ihre stark verdickten und oft nur wenig aus dem Boden herausragenden Blätter auf. Das Licht wird beim Eintritt in das Mesophyll von einer Wassergewebs-Schicht so weit abgeschwächt, daß das weit in die Tiefe verlagerte Assimilationsgewebe vor einer zu intensiven Sonneneinstrahlung geschützt ist.

Daß in diesen Regionen auch eine hydrophytische oder drosophile, jedenfalls nicht-xerophile Flora existiert, ist auf den ersten Blick nicht erkennbar. Hebt man jedoch die an vielen Stellen verstreut liegenden und meist teilweise in den Boden eingebette-

ten Quarzkiesel auf, erkennt man bei vielen von ihnen an der Unterseite deutlich sichtbar einen schmutziggrünen Belag, der vornehmlich aus Blau- und Grünalgen besteht.

Wie Vogel (1955) eingehend beschrieben hat, handelt es sich hierbei jedoch keineswegs um spezielle, an aride Gegebenheiten angepasste, sondern fast durchweg um sonst allgemein als hydrophil charakterisierte Arten. Daß sie an diesen Standorten dennoch gut existieren können, läßt sich im wesentlichen auf zwei Faktoren zurückführen. Zum einen bildet sich unter den Steinen auf engstem Raum ein Mikroklima heraus, das sich in Temperatur und Feuchtigkeit vom ariden Großklima deutlich unterscheidet. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Taubildung, in Küstennähe auch dem Nebel zu. Auf diese Weise erfährt der Boden eine oberflächliche Benetzung. Gelegentlich kann sogar tropfbar flüssiges Wasser an den Steinen herabrinnen. Zudem wird Feuchtigkeit im Boden direkt unter den Steinen länger gespeichert als unter einer freiliegenden Oberfläche. Die äußerst spärlichen und zudem sehr unregelmäßigen Regenfälle, die im Jahresmittel zum Teil weniger als 100 Millimeter betragen, würden für ein Überleben der Algen keinesfalls ausreichen.

Der zweite, vermutlich ebenso wichtige Faktor ist die partielle Lichtdurchlässigkeit der Quarzkiesel. Es deutet alles darauf hin, daß sie von den Algen als „Fenster“ benutzt werden, wodurch sich die Intensität des einfallenden Sonnenlichtes und damit auch die Temperatur auf ein zuträgliches Maß reduzieren. Das bedeutet aber auch, daß die Größe der besiedlungsfähigen Kiesel nicht beliebig sein kann. Die Dicke von einigen wenigen Zentimetern dürfte weder unter- noch überschritten werden. In Abhängigkeit vom Licht ist demzufolge bei flachen Kieselsteinen die gesamte Unterseite bewachsen. Bei weiter in den Boden hineinreichenden Kieselsteinen bildet sich ein Vegetationsring, der rundum bis zu einer Tiefe verläuft, in die offensichtlich gerade noch genügend Licht zur Assimilation gelangt (Abb. 1).

Unter lichtundurchlässigen Steinen konnten von uns in Südwestafrika keine Algen gefunden werden.

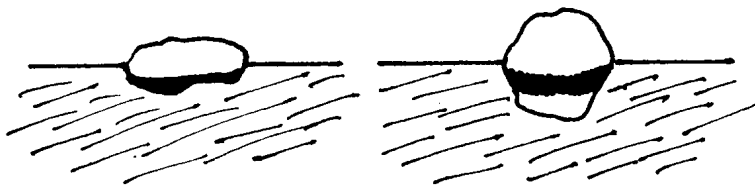


Abb.1: Hypolithischer Algenbewuchs von flachen und tiefer in den Boden reichenden Kieselsteinen. Vegetationszone schwarz.

Soweit wir wissen, sind als „Fensteralgen“ stets nur Blau- und Grünalgen, bisher aber noch keine Diatomeen identifiziert worden. Möglicherweise ist nicht gezielt danach gesucht worden. Es kann aber auch sein, daß der vergleichsweise komplizierte methodische Aufschluß dafür verantwortlich ist.

Wir nahmen jedoch an, daß Bedingungen, die eine Besiedelung der Kieselsteine durch Blau- und Grünalgen zulassen, Diatomeen nicht ausschließen sollten. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, festzustellen, ob dies zutrifft und welche Arten hier gegebenenfalls zur Dominanz gelangen.

MATERIAL UND METHODE

Quarzkiesel, die hypolithisch eine Blau- bzw. Grünalgenvegetation aufwiesen, wurden an verschiedenen Stellen der Namib-Wüste, im ariden Erongo-Gebirge sowie im südlichen Landesinneren Südwesafrikas gesammelt.

Zur Lebendbeobachtung wurde etwas von der Algenkruste abgekratzt und trocken im normalen Lichtmikroskop (Leitz, Dialux 20) bzw. in Wasser suspendiert im Planktonmikroskop (bei Vergrößerungen von x 630 resp. x500) untersucht. Stets waren massenhaft Blau- und Grünalgen, aber noch keine Diatomeen zu erkennen. In der Annahme, daß es sich um eine Maskierung durch die Gallerte der Blau- und Grünalgen handelte, wurden die Steine wie folgt behandelt:

Ca 30 min Kochen in konz. Salzsäure (HCl) zur Gallertauflösung und falls nötig Entkalkung; mehrfaches Spülen mit Wasser. Bodensatz versetzt mit konz. Schwefelsäure (H₂SO₄) zur Lösung des restlichen organischen Materials unter Zugabe von Kaliumpermanganat (Oxydation) und Oxalsäure (Entfärben).

Nach Neutralisation durch mehrmaliges Spülen Untersuchung des Bodensatzes im Lichtmikroskop mit hochaperturiger Ölimmersion.

Die Fundorte der Kiesel waren:

1. Lüderitzbucht 1 (nahe Lüderitz)
2. Lüderitzbucht 2 (nahe Diaz-Point)
3. Hentiesbay (Straße Uis-Hentiesbay, ca. 30 km von der Küste)
4. Namib, Straße 36, bzw C 14 (ca 10 km östl. von Walfischbay).
5. Farm Ameib (Erongo-Gebirge)
6. Grünau

ERGEBNISSE

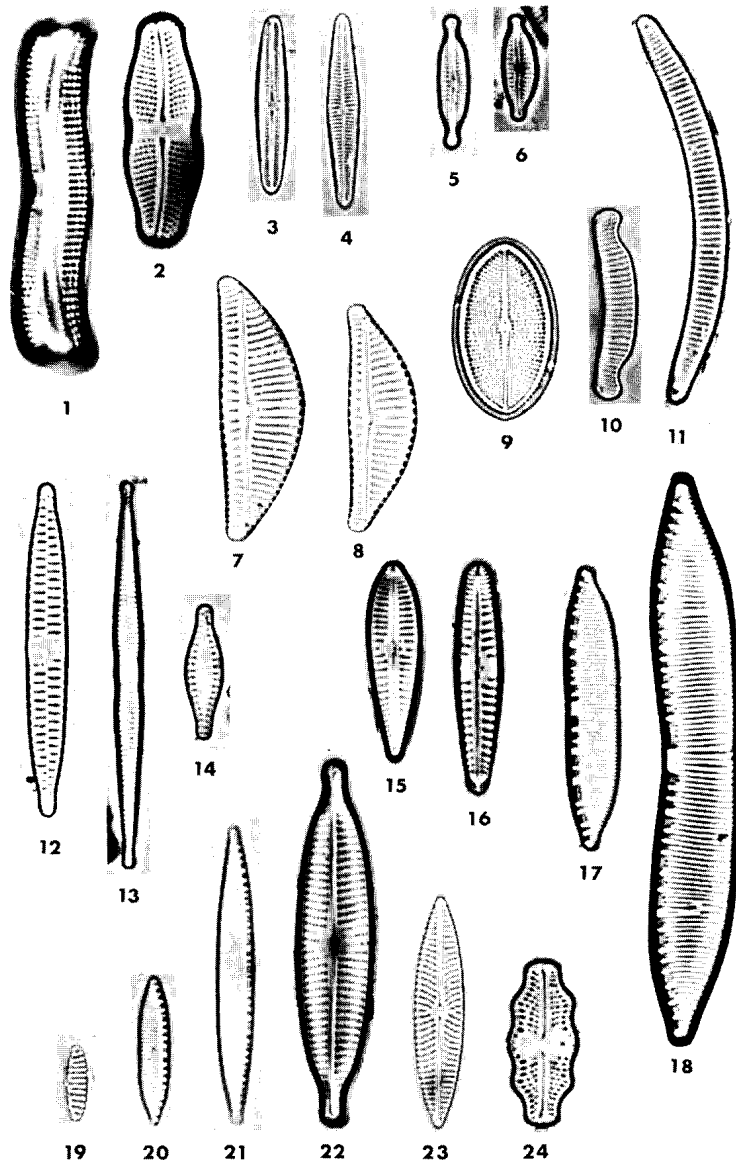
An allen Kieseln wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Diatomeen-Arten gefunden. Die meisten von ihnen sind im mitteleuropäischen Raum durchweg in stehenden bzw. fließenden Gewässern, zumindest aber an zeitweise stark vernäßten Standorten anzutreffen.

Die identifizierten Arten und ihre Häufigkeit in der jeweiligen Probe sind in Tabelle 1 aufgelistet (dominante und subdominante Arten sind unterstrichen).

Charakteristisch für alle Proben ist die auffällige Häufigkeit von *Achnanthes minutissima*. Diese Art ist kosmopolitisch und kommt im gut untersuchten mitteleuropäischen Raum in praktisch allen Gewässern vor, aber auch auf überrieselten Felsen. *Cymbella microcephala*, ebenfalls Kosmopolit, wurde in 4 Proben sehr häufig gefunden. Sie besiedelt auch wechsellasse Standorte (Kramer & Lange-Bertalot 1986).

Zahlenangaben in %	Lüderitz 1	Lüderitz 2	Hentiesbay	Namib	Ameib	Grünau
Achnanthes coarctata	-	<u>20,6</u>	0,3	-	-	-
Achnanthes delicatula	0,4	-	0,3	0,7	1,2	-
Achnanthes lanceolata	-	0,5	0,3	1,0	2,8	0,6
Achnanthes minutissima	<u>19,3</u>	<u>13,8</u>	<u>31,3</u>	<u>19,9</u>	<u>22,4</u>	<u>26,2</u>
Amphora coffeaeformis	<u>5,2</u>	-	-	-	-	<u>5,5</u>
Amphora pediculus	<u>0,9</u>	2,8	2,0	4,7	3,1	<u>1,2</u>
Anomoeoneis vitrea	-	-	2,3	1,0	2,5	-
Cocconeis placentula	3,0	-	0,7	-	-	0,6
Cyclotella meneghiniana	0,4	-	0,3	1,3	-	-
Cymbella affinis	-	0,5	0,7	-	-	0,6
Cymbella helvetica	-	-	2,6	0,3	0,3	0,6
Cymbella microcephala	<u>15,5</u>	3,2	<u>23,0</u>	<u>20,5</u>	<u>13,1</u>	1,2
Cymbella pusilla	-	-	-	-	-	2,4
Cymbella silesiaca	1,7	1,8	0,3	1,7	0,9	3,7
Denticula tenuis	1,7	2,3	1,0	0,7	-	1,8
Diatoma elongatum	0,4	-	0,3	1,3	1,2	-
Epithemia sorex	0,9	0,5	-	-	-	-
Eunotia bilunaris	-	1,8	1,3	1,0	0,9	-
Eunotia exigua	-	<u>10,6</u>	1,3	-	0,6	2,4
Fragilaria brevistriata	1,7	<u>1,8</u>	2,6	<u>10,1</u>	1,9	3,7
Fragilaria capucina	<u>8,6</u>	<u>5,0</u>	<u>5,2</u>	<u>7,4</u>	2,8	<u>10,4</u>
Fragilaria capucina var. vaucheriae	-	-	-	-	0,3	<u>9,8</u>
Fragilaria pinnata	0,9	-	1,6	1,3	0,3	<u>1,2</u>
Fragilaria ulna	2,1	-	-	-	-	1,2
Gomphonema angustum	1,3	0,9	<u>5,2</u>	4,3	4,4	-
Gomphonema olivaceum	-	-	-	0,3	-	1,2
Gomphonema parvulum	1,3	3,2	0,7	1,3	1,9	4,3
Hantzschia amphioxys	0,9	3,2	2,3	4,0	<u>26,8</u>	2,4
Meloria nyassensis	-	1,4	0,7	-	-	4,9
Navicula capitatoradiata	1,3	-	0,3	0,7	0,9	-
Navicula cincta	3,0	-	0,3	-	-	-
Navicula cryptocephala	-	-	1,3	1,0	2,2	-
Navicula cryptotenella	1,3	0,5	1,3	3,4	2,2	1,2
Navicula lanceolata	0,9	-	0,3	-	-	-
Navicula minima	-	-	0,7	1,3	-	-
Navicula mutica	1,3	0,9	3,6	3,0	1,6	2,4
Navicula seminulum	0,4	0,5	-	-	0,6	-
Navicula subrhynchocephala	3,4	-	-	-	-	1,8
Nitzschia dissipata	2,6	-	-	-	-	-
Nitzschia fonticola	-	0,9	0,3	-	-	-
Nitzschia frustulum	0,9	4,6	-	2,4	-	-
Nitzschia gracilis	-	-	-	-	2,2	-
Nitzschia microcephala	3,4	-	-	-	-	-
Nitzschia palea	<u>5,2</u>	0,9	0,7	-	0,3	-
Nitzschia supralitorea	<u>1,3</u>	0,9	-	-	-	-
Nitzschia valdestriata	-	<u>10,1</u>	0,7	-	0,6	-
Pinnularia appendiculata	1,7	-	0,7	-	-	-
Pinnularia borealis	-	-	1,0	0,7	-	1,2
Pleurosigma spec.	1,3	-	-	-	-	1,2
Rhopalodia gibba	1,3	0,5	-	-	-	-
Stephanodiscus astraea	-	0,5	-	0,3	-	1,3

Tab. 1: Prozentuale Verteilung der Diatomeen-Arten unter den Quarzkieseln der verschiedenen Standorte.



Tafel I: Fig. 1-24 (Vergrößerung $\times 1500$)

Fig. 1,2: *Achnanthes coarctata* Brébisson (1 = Gürtelansicht), Fig. 3,4: *Achnanthes minutissima* Kützing, Fig. 5,6: *Cymbella microcephala* Grunow, Fig. 7,8: *Cymbella silesiaca* Bleisch, Fig. 9: *Cocconeis placentula* Ehrenberg, Fig. 10: *Eunotia exigua* (Bréb.) Rabenhorst, Fig. 11: *Eunotia bilunaris* (lunaris) Ehrenberg, Fig. 12: *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (Kütz.) Lange-Bertalot, Fig. 13: *Fragilaria capucina* Desmazières, Fig. 14: *Fragilaria brevistriata* Grunow, Fig. 15: *Gomphonema parvulum* Kützing, Fig. 16: *Gomphonema angustum* Agardh, Fig. 17,18: *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grunow, Fig. 19: *Nitzschia valdestriata* Hustedt, Fig. 20: *Nitzschia frustulum* (Kütz.) Grunow, Fig. 21: *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smith, Fig. 22: *Navicula subrhynchocephala* Hustedt, Fig. 23: *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot, Fig. 24: *Navicula* aff. *mutica/nivalis*.

Nur in zwei Fällen kann man von einer auffälligen Häufigkeit typischer „Erddiatomeen“ oder „Aerophyten“ sprechen. Es sind dies *Hantzschia amphioxys* mit 26,8% in der Ameib-Probe und *Nitzschia valdestrata* mit 10,1% in der Lüderitz-2-Probe. Erstaunlich ist, daß trotz Meeresnähe (4 Proben) und erwarteter Verdriftung von Meeresdiatomeen durch die häufig starken Winde sowie den Nebel, der sich über dem kalten Benguelastrom bildet und landeinwärts zieht, praktisch keine entsprechenden Formen gefunden werden konnten. Es ist daher anzunehmen, daß an diesen Standorten Meeresformen keine Überlebenschance haben.

DISKUSSION

Da sich bekanntermaßen selbst in extremen Wüsten wie der Namib unter Kieselsteinen Blau- und Grünalgen ansiedeln können, überrascht es nicht sonderlich, hier auch Diatomeen vorzufinden. Sehr interessant ist jedoch, daß es sich, ebenso wie bei den Blau- und Grünalgen, auch bei den Diatomeen meist um Arten handelt, die gemeinhin in fließenden oder stehenden Gewässern, zumindest jedoch an sehr feuchten Standorten vorkommen. Dies dürfte eine Bestätigung der Aussage Vogels sein, daß durch die Herausbildung eines Mikroklimas unter den Kieselsteinen ökologische Nischen entstehen, die den Algen das Überleben und die Reproduktion ermöglicht.

Auch Bock (1963) wies nach Untersuchungen von Erdbelägen und Felsspalten an relativ trockenen Standorten in Mitteleuropa darauf hin, daß deren Mikroklima für die Besiedelung durch Diatomeen entscheidend sein dürfte.

Die großen Mengen von Blau- und Grünalgen an Kieseln aus Südwestafrika geben zu der Frage Anlaß, ob es nicht deren feuchtigkeitsspeichernde Gallerthüllen sind, die den Diatomeen das Überleben ermöglichen. Es ist bekannt, daß zumindest in den Tropen Blaualgen und Diatomeen auf Pflanzenblättern vorzugsweise miteinander vergesellschaftet leben.

Da in 2 Proben ein größerer Anteil typischer „Erddiatomeen“ gefunden wurde, interessiert außerdem, welche Arten davon in welcher Zusammensetzung evtl. an offenliegenden Bodenflächen zu finden sind.

Leider ist über die ökologische Gesetzmäßigkeit des Vorkommens von Diatomeen an Trockenstandorten noch relativ wenig bekannt, so daß noch weit mehr Fragen zur Beantwortung anstehen, als hier angesprochen sind.

Einer Klärung bedarf z.B. auch die Beobachtung, von der Friedmann (1967) berichtet. Er fand in der Negev-Wüste Israels auch unter nicht lichtdurchlässigen Steinen, bzw. an deren Seiten unterhalb der Erdoberfläche Grün- und Blaualgen. Vor dem Hintergrund der sehr detaillierten Ausführung Vogels (1955) zur Abhängigkeit des Algenwachstums an ariden bzw. Wüstenstandorten von einer Reduktion der Lichtintensität durch semitransparente Kieselsteine, die sehr schlüssig zu sein scheint, muß die Frage erlaubt sein, ob im Fall der Negev-Steine nicht doch eine jeweils ausreichende Lichtmenge vorhanden war, die eine Kolonienbildung ermöglichte (flache braune Flintsteine; seitliche Einstrahlung, Brechung und Reflexionen im Grenzbereich zwischen Stein und Boden bei hellen Kalksteinen, verlassene Schneckenhäuser).

- Bock, W. (1963) — Diatomeen extrem trockener Standorte — *Nova Hedwigia* V, 1/2, 199-254
- Friedmann, I., Lipkin, Y. und Ocampo-Paus, R. (1967) — Desert Algae of the Negev (Israel) — *Phycologica* 6 (4), 185-200
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986) — *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae*, 1. Teil, G. Fischer, Stuttgart, 876 pp.
- Vogel, S. (1955) — Niedere „Fensterpflanzen“ in der südafrikanischen Wüste — *Beitr. Biol. Pfl.* 31: 45-135.