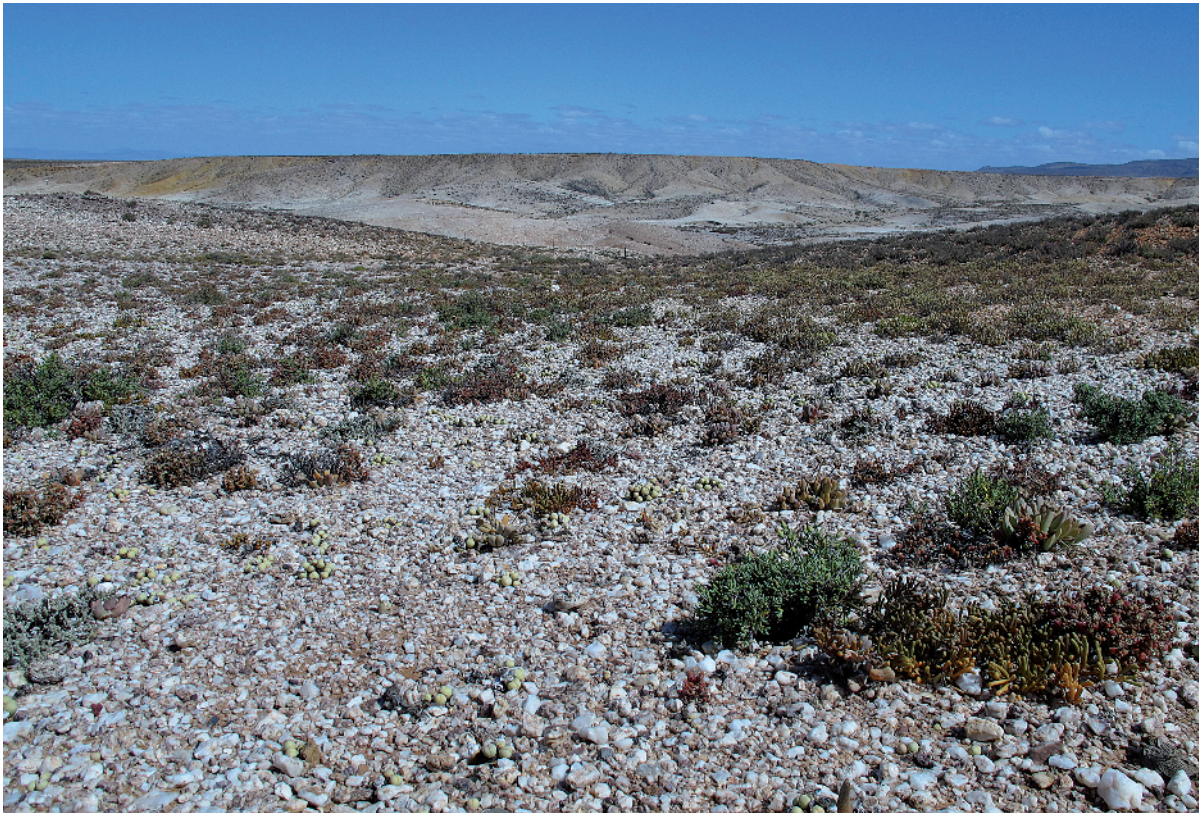


Lebende Steine und ihre Geschwister

Die Ökologie einer faszinierenden Flora der südafrikanischen Trockengebiete

von Anne Gérard & Ute Schmiedel



An Standorten, an denen man aufgrund der harschen Umweltbedingungen kaum mehr mit Leben rechnen könnte, wird der genaue Beobachter häufig durch die wunderlichsten Überlebensstrategien der Natur in Staunen versetzt.

So auch in der Knersvlakte. Das ist ein etwa 10.000 Quadratkilometer großes Gebiet im Westen Südafrikas, in der Umgebung des kleinen Orts Vanrhynsdorp, gut

300 km nördlich von Kapstadt. An vielen Stellen ist die Bodenoberfläche dicht mit Quarzgrus bedeckt. Quarzgrus sind kantige Quarzsteine, die durch die Verwitterung von Quarzadern im Boden entstanden sind. Durchquerte man diese grusbedeckten Flächen mit einem Ochsenkarren, verursachte dies ein knirschendes Geräusch. Hier liegt wahrscheinlich der Ursprung des Namens Knersvlakte; „kners“ (Afrikaans): knirschen, „vlakte“ (Afrikaans): Ebene.

Abb. 1:
Typische Quarzflächen-Landschaft bei Kareeberg, Südafrika.
Foto:
Ute Schmiedel



Abb. 2:
Die
Quarzflächen
und ihre
besondere
Vegetation waren
Thema einer
Ausstellung, die
im Sommer 2011
im Wüstengarten
des Botanischen
Gartens der
Universität
Hamburg gezeigt
wurde.
Foto: Till Krause

In der heißen und trockenen Jahreszeit gleichen die Quarzflächen eher einer leeren und kargen Mondlandschaft, sie scheinen unbelebt zu sein. Sie unterscheiden sich deutlich von der mit struppigen Zwergsträuchern bewachsenen Umgebung. Im Schein der Sonne glänzt der Quarzgrus dann gleißend weiß (Abb. 1).

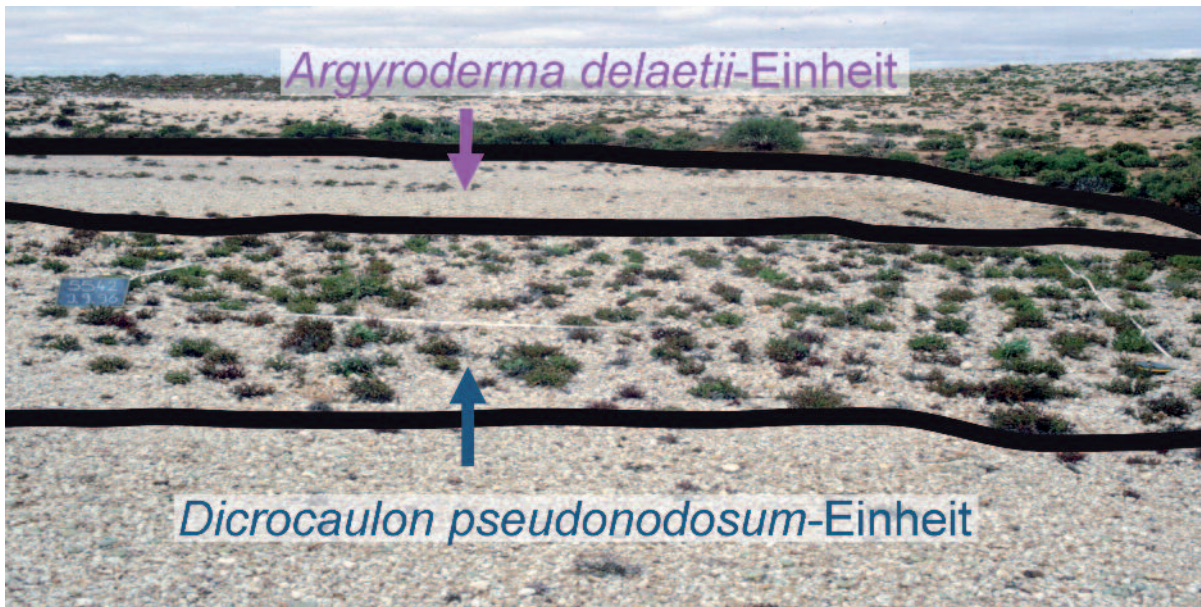
Wenn im Mai oder Juni nach der langen Trockenperiode im Sommer die Regenzeit einsetzt, erfährt die karge Landschaft eine Metamorphose: Die Hügel werden in Blüten getaucht und flächig lila und gelb überzogen. Die sukkulenten Blätter der Pflanzen – jetzt prall mit Wasser gefüllt – scheinen wie aus dem Nichts erschienen zu sein. Die Landschaft sieht nahezu lieblich aus, überall sprießt das bunte Leben zwischen den Steinen hervor.

Die Quarzflächen und ihre besondere Vegetation sind Thema einer zwölfteiligen Ausstellung, die im Sommer 2011 im Wüstengarten des Botanischen Gartens der Universität Hamburg eröffnet wurde und

dort auch noch im Sommer 2012 zu sehen ist (Abb. 2). In diesem Artikel fassen wir die Themen und Informationen der Ausstellung für die Leser der KuaS zusammen.

Die Quarzflächen und ihre sukkulenten Bewohner

Die Quarzflächen stellen einen besonderen Lebensraum dar, der nicht nur in der Knervlakte anzutreffen ist, sondern auch in anderen Teilen des Sukkulenten-Karoo-Bioms (siehe z. B. BERTRAM 2004) sowie im angrenzenden Buschmannland (SCHMIEDEL 2004). In der Knervlakte befindet sich aber die höchste Dichte der Quarzflächen. Im Sukkulenten-Karoo-Biom fällt der Regen überwiegend während der Wintermonate der Südhalbkugel, d. h. von Mai bis August. Aus diesem Grunde findet das Wachstum der Pflanzen in diesem Biom in der kalten Jahreszeit statt, während der die Tageshöchsttemperaturen um 25 °C liegen. Im Sommer hingegen können die Temperaturen mit bis zu 40 °C sehr hoch sein.



Die auf den Quarzflächen vorherrschenden Lebensformen sind blattsukkulente Zwergsträucher. Die häufigsten Pflanzenfamilien sind Aizoaceae und Crasulaceae, aber auch Asteraceae und Liliaceae.

Die Quarzflächen unterscheiden sich von ihrer Umgebung sichtbar durch eine andere Arten- und Wuchsform-Zusammensetzung der Vegetation, die sehr viel schütterer und niedriger erscheint. Dies ist auf die dort vorherrschenden, besonderen Standortbedingungen zurückzuführen.

In Gebieten mit geringem Niederschlag wie der Sukkulente-Karoo bestimmen vor allem die Eigenschaften der Böden über die Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen. Flachgründige, gesteinsreiche Böden wie die der Quarzflächen können aufgrund des geringen Porenvolumens nur wenig Wasser speichern. Außerdem verlieren flachgründige Böden das oberflächennah gespeicherte Wasser über Verdunstung schnell an die Atmosphäre. Die flachgründigen Quarzflächen stellen den Pflanzen also nur wenig Wasser zur Verfügung. Darüber hinaus sind die Böden der Quarzflächen zum Teil extrem salzig. Pflanzenwurzeln nehmen Wasser über osmotische Wirkung des

Zellsafts auf, der dafür eine höhere Konzentration an Mineralsalzen aufweisen muss als das Wasser des Bodens. Sehr salzhaltige Böden erschweren der Pflanze also die Wasseraufnahme. Die flachgründigen, steinigen und salzigen Quarzflächen sind also trockenere Standorte als ihre Umgebung. Dies bedingt die unterschiedliche Artenzusammensetzung der Vegetation auf den Quarzflächen im Vergleich zu ihrer Umgebung.

Aber auch innerhalb der Quarzflächen sind kleinräumige Muster unterschiedlicher Pflanzengesellschaften und Wuchsformzusammensetzungen zu erkennen. So kommt die in die Bodenoberfläche eingesenkte *Argyroderma delaetii* nicht gemeinsam mit *Dicrocaulon pseudonodosum* vor. Diese Muster sind wiederum auf kleinräumig sehr heterogene Bodenverhältnisse zurückzuführen (Abb. 3).

Das Spektrum an Bodeneigenschaften erstreckt sich von sehr salzhaltigen Böden mit mittlerem pH-Wert (sogenannte „salzige Quarzflächen“) bis zu gering salzhaltigen Böden mit sehr niedrigem pH (so genannte „saure Quarzflächen“).

In die Bodenoberfläche eingesenkte Wuchsformen, wie von *A. delaetii*, sind

Abb. 3: Auch direkt benachbart kommen aufgrund unterschiedlicher Bodeneigenschaften verschiedene Pflanzengesellschaften vor. *Argyroderma delaetii* (Aizoaceae) wächst hier in einem salzhaltigen Boden (Leitfähigkeit 3,8 S/cm) mit einem groben Quarzanteil von 20 % und einem pH-Wert von 5,7, während *Dicrocaulon pseudonodosum* (Aizoaceae) in einem schwächer salzhaltigen Boden (LF 1,7 mS/cm) mit einem groben Quarzanteil von 50 % und einem pH von 6,1 steht. Foto: Ute Schmiedel



Abb. 4:
Quarzflächen-
spezialist und
Endemit der
Knersvlakte:
Conophytum
subfenestratum
 (Aizoaceae).

Foto:
 Ute Schmiedel

zum Beispiel vor allem auf salzigen Böden mit geringem Gesteinsgehalt zu finden, während kleine Sträucher wie *D. pseudonodosum* eher auf Quarzflächen mit gesteinsreichen Böden und niedrigem Boden-pH vorkommen (vgl. SCHMIEDEL 1997).

Die große Herausforderung: Trockenheit

Habitate wie die Quarzflächen mit ihren extremen Standorteigenschaften (z. B. geringer Wasserspeicher, hoher Salzgehalt im Boden) bedeuten für Pflanzen und Tiere eine große Herausforderung. Da nur wenige Arten durch sehr spezielle Anpassungen in der Lage sind, hier zu überleben, ist die Konkurrenz durch nicht angepasste Arten gering.

Ihre Anpassungen an den Quarzflächen-Standort bezahlen die Pflanzen aber mit Eigenschaften wie sehr langsamem Wachstum und kleinem Wuchs: Als vor-

herrschende Lebensform findet man hier Zwergsträucher.

Der Zuwachs pro Jahr ist aufgrund der Wasserknappheit minimal. *Conophytum subfenestratum* (Abb. 4) zum Beispiel bildet jedes Jahr nur ein einziges Blattpaar aus. Die kleine und kompakte, meist kugelförmige Wuchsform vieler Arten stellt einen ökologischen Vorteil dar: Die Form einer Kugel weist im Verhältnis zum Volumen die geringste Oberfläche auf und ist die ideale Anpassung an geringe Wasserverfügbarkeit und starke Verdunstung. Aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften sind diese Arten an anderen, weniger extremen Standorten allerdings nicht konkurrenzstark und können sich hier meist nicht gegenüber anderen Arten behaupten.

In der Trockenzeit reduzieren die Pflanzen die Anzahl ihrer Blätter oder verlagern alle verbliebenen Reserven in die Anlagen der nächstjährigen Blätter, die durch die



vertrockneten Hüllen der diesjährigen Blätter geschützt werden.

Mit einsetzendem Regen transportieren die Pflanzen das Wasser in die neuen Blätter, wodurch diese enorm an Volumen zunehmen. Um mit der ungleichmäßigen Wasserverfügbarkeit über das Jahr hinweg umgehen zu können, nutzen die Pflanzen ihre Blätter als lebende Wasserspeicher, in der das Wasser bis in den warmen und trockenen Sommer hinein gespeichert wird.

Hierbei ergibt sich eine neue Herausforderung: Ein großer Wasserspeicher im Blatt heizt sich am Tage stark auf, was zum Gerinnen der lebenswichtigen Eiweiße in der Pflanze führen kann. Die Pflanze muss durch Verdunstung Kühlung erzeugen, was wiederum einen Verlust des wertvollen Wassers zur Folge hat.

Im Folgenden stellen wir vor, wie verschiedene Pflanzen mit den knappen Wasserreserven umgehen:

Dactyloopsis digitata – Die fingerähnlichen Blätter dieser Art (Abb. 5) mit großen Wasserspeicherzellen im Blattinnern ermöglichen eine große Wasseraufnahme in sehr kurzer Zeit. Der Wasservorrat ist jedoch durch die dünne Epidermis nur schlecht vor Verdunstung geschützt. Mit einsetzen-

der Trockenheit und Hitze trocknen daher die Blätter dieser Art vollständig ein.

Oophytum nanum – Die Blätter von *Oophytum nanum* (Abb. 6) sind kleiner: Zwei Blätter eines gegenüberstehenden Blattpaars bilden eine „Kugel“. Sie haben eine eher weiche Epidermis und können das zur Verfügung stehende Wasser relativ schnell aufnehmen. Im Sommer trocknen die Blätter ein und schützen als papierene Hülle die nächstjährigen Blätter.

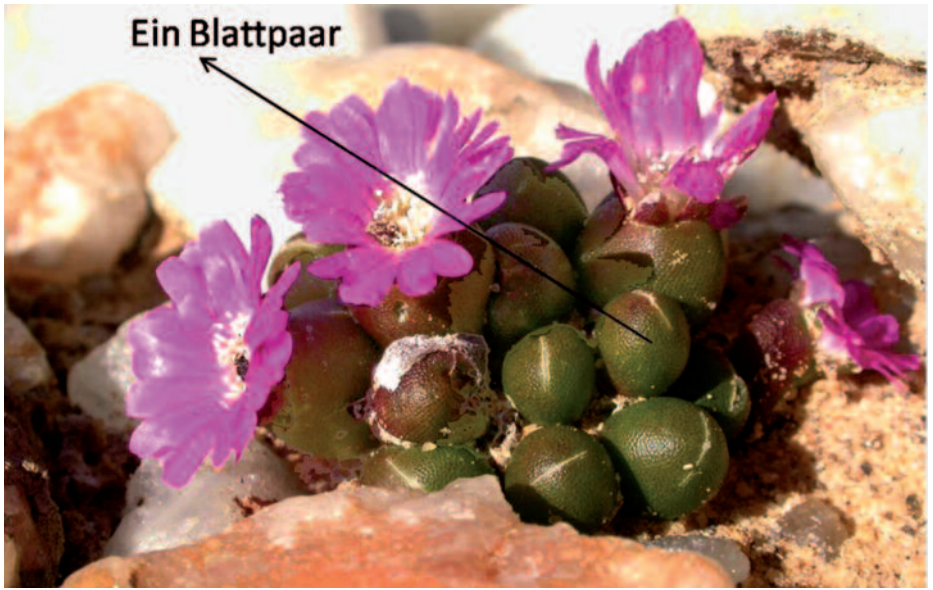
Conophytum calculus – Wie bei *Oophytum nanum* bildet ein Blattpaar dieser kleinen Pflanze eine „Kugel“ (Abb. 7). Die Blätter sind sehr hart und erinnern an Kiesel. Durch eine dicke und harte Blattoberfläche wird das Wasserspeichergewebe im Blatt vor Transpiration geschützt. Mit einsetzender Trockenheit werden Wasser und Ressourcen aus den diesjährigen Blättern in die Knospen der nächstjährigen Blätter verlagert – zurück bleiben nur die trockenen Blätter.

Vorteil der Quarzflächen: mikroklimatische Bedingungen

In heißen Wüsten kann die Oberflächentemperatur des Bodens 70 °C erreichen. Die Luft an der Bodenoberfläche

Abb. 5:
Quarzflächen-
spezialist und
Endemit der
Knersvlakte:
Dactyloopsis
digitata
(Aizoaceae).
Foto:
Ute Schmiedel

Abb. 6:
Quarzflächen-
spezialist und
Endemit der
Knersvlakte:
*Oophytum
nanum*
(Aizoaceae).
Foto:
Ute Schmiedel



wärmt sich dadurch sehr stark auf. Die Quarzflächen weisen in dieser Hinsicht eine Besonderheit auf: Der Quarzgrus, der die Bodenoberfläche bedeckt, sorgt für ein kühleres Mikroklima in Bodennähe (Abb. 8). Dies scheint sich mildernd auf die Wärmebelastung der bodennahen Wuchsformen auszuwirken: Auch die Temperatur an der Blattoberfläche ist bei Pflanzen auf Quarzflächen geringer als bei der gleichen Art auf Böden ohne Quarzbelag. Ein Faktor, der für diese Temperaturmilderung verantwortlich sein könnte, ist die bis zu 15 % höhere Reflexion der Globalstrahlung durch den Quarzbelag.

Die Quarzsteine an der Bodenoberfläche schützen darüber hinaus vor Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit. Das Wasser kondensiert an der Unterseite der Quarzsteine und verhindert, wie der Deckel auf einem Topf, dass die Feuchtigkeit verdunstet. Ein Belag aus Grün- und Blaualgen auf der Unterseite der Steine macht ihre ökologische Relevanz sichtbar (Abb. 9).

Lediglich die sehr flach wurzelnden Zwergpflanzen auf den Quarzflächen profitieren von dieser Wasserreserve und den kühleren Bedingungen an der Bodenoberfläche. Höher wachsende Pflanzen dagegen, die ihre oberirdischen Organe weit

über die heiße Luft in Bodennähe hinaus heben und deren Wurzeln tiefere Bodenschichten nach Wasser absuchen, profitieren davon nicht.

Verhungern oder verdursten?

Pflanzen wandeln in der Photosynthese Licht und Kohlenstoff in Energie um. Da Licht nur tagsüber zur Verfügung steht, findet Photosynthese tagsüber statt. Den benötigten Kohlenstoff nehmen die Pflanzen als Kohlendioxid (CO_2) über die Spaltöffnungen (Stomata) an der Blattunterseite auf – das geschieht typischerweise tagsüber. An warmen, trockenen Tagen führt das Öffnen der Stomata aber unweigerlich zum Verlust von „teurem“ Wasser. Die Pflanze hat also das Dilemma zwischen Verhungern (ohne CO_2 -Aufnahme und Photosynthese) und Verdursten (beim notwendigen Öffnen der Stomata).

Einige Pflanzen haben in Anpassung an Trockenheit besondere Strategien entwickelt, um den Wasserverlust zu reduzieren: Sie verlagern die Kohlendioxidaufnahme in die kühle und feuchte Nachtzeit. Das Kohlendioxid wird in den Zellen der Pflanzen gespeichert und am nächsten Tag bei Licht für die Photosynthese genutzt. Die Pflanze gewinnt hierbei etwas weniger



Abb. 7:
 Quarzflächen-
 spezialist und
 Endemit der
 Knersvlakte:
*Conophytum
 calculus*
 (Aizoaceae).
 Foto:
 Ute Schmiedel

Energie als beim normalen Verfahren, vermeidet aber großen Wasserverlust.

Manche Pflanzen der Quarzflächen haben die Photosynthese ganz besonders perfektioniert: Sie können je nach herrschenden Umweltbedingungen entweder tagsüber oder nachts Kohlendioxid aufnehmen. In der Regenzeit, solange genügend Wasser zur Verfügung steht, erlaubt ihnen das eine effektivere Photosynthese und ein schnelleres Wachstum; in der Trockenzeit können sie durch die nächtliche Kohlendioxid-Aufnahme Wasserverlust reduzieren.

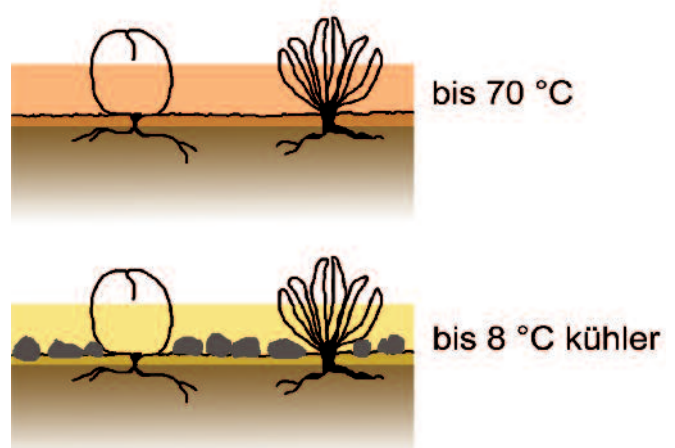
Bedrohung der Quarzflächen

Die Quarzflächen mit ihrer faszinierenden Flora und Vegetation sind – wie andere fragile Habitats weltweit – durch unbeachtete Handlungen des Menschen gefährdet. Durch illegale Sammelaktivitäten von Menschen, die von den Quarzflächenbewohnern in besonderem Maße fasziniert sind, ihnen aber gleichzeitig wenig Respekt entgegenbringen, stellen einige Sukkulente-liebende Menschen eine unmittelbare Bedrohung für die einzigartige Flora dar. Das Aufsammeln von Pflanzen, Pflanzenteilen, Früchten oder Samen ist nur mit einer gültigen Sammelgenehmigung der zuständigen Naturschutzbehörde erlaubt.

Illegales Sammeln wird in Südafrika und Namibia strafrechtlich verfolgt und sehr streng geahndet. Wer eine typische Quarzflächen-Pflanze als Andenken mit nach Hause nehmen möchte, kann diese bei der auch sonst für Sukkulente-Liebhaber sehr interessanten Sukkulente-Gärtnerei („Succulent Nursery“) in Vanrhynsdorp mit Zertifikat für den Export problemlos erwerben.

Zudem werden die leer erscheinenden Quarzflächen zum Teil als Parkplatz, Straße oder Materiallagerstätte missbraucht. Die Wiederherstellung der auf diese Weise gestörten Quarzflächen ist eine große Herausforderung (ETZOLD & SCHMIEDEL 2007).

Abb. 8:
 Die Temperatur
 nahe der Boden-
 oberfläche ohne
 Quarzgrus-
 bedeckung
 beträgt bis zu
 70 °C (oben),
 auf Flächen mit
 Quarzgrus-
 bedeckung ist sie
 bis zu 8 °C kü-
 hler (unten).



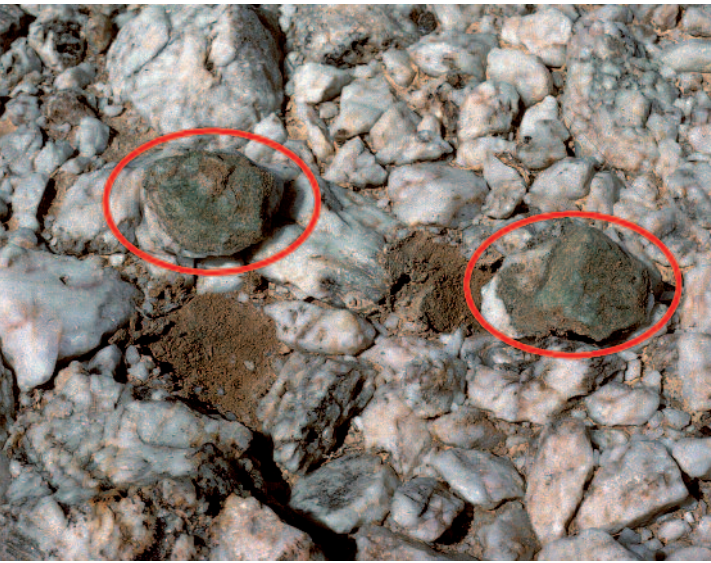


Abb. 9: Auf der Unterseite der Quarzsteine hat sich ein Belag aus Blau- und Grünalgen gebildet. Foto: Ute Schmiedel

Die wahrscheinlich größte Gefahr stellen Quarzabbau, Diamantminen, Straßen- und Eisenbahnbau dar.

Doch auch indirekt trägt der Mensch zur Bedrohung der Quarzflächen bei: Klimawandelmodelle sagen eine deutliche Temperaturzunahme und abnehmende Niederschläge voraus. Besonders starke Veränderungen sind für das südliche Afrika vorhergesagt. Modellierungen der Artenzahlen in Afrika sagen für die nächsten 100 Jahre einen deutlichen Rückgang der Biodiversität voraus.

Untersuchte Klimaveränderungen in der Knervlakte ergaben, dass die Häufigkeit überdurchschnittlich trockener bzw. feuchter Jahre zunimmt. In den letzten 46 Jahren sind die jährliche Durchschnittstemperatur um 1,2 °C und die jährliche Höchsttemperatur um 1,8 °C signifikant gestiegen.

Noch scheint das Ökosystem der Quarzflächen mit den Klimaveränderungen zurecht zu kommen. Es sind aber sehr viel heftigere Veränderungen vorhergesagt: bis zu 30 % weniger Winterregen und eine Temperaturzunahme von 3–4 °C.

Danksagung

Um den Erhalt der Quarzflächen als einzigartigen Standort und seiner ganz ein-

maligen Flora auch in Zukunft gewährleisten zu können, ist deren weitere Erforschung so wie ein noch weiterer Ausbau des Naturschutzes notwendig. Die Arbeitsgruppe Biodiversität, Evolution und Ökologie der Pflanzen des Departments Biologie der Universität Hamburg engagiert sich stark in der Erforschung und dem Schutz der Quarzflächen im südlichen Afrika – in enger Zusammenarbeit mit den zuständigen Naturschutzbehörden. Die Deutsche Kakteen-Gesellschaft e. V., der an dieser Stelle herzlich gedankt sei, hat die Forschung immer wieder durch finanzielle Unterstützung von Reisen gefördert. Frau Ingrid Lempp, (Kultur-Dokumentation, Hamburg) hat die Tafel für die Ausstellung entworfen, denen die Abbildungen dieses Artikels entnommen worden sind.

Mit Hilfe einer finanziellen Unterstützung der Deutschen Kakteen-Gesellschaft und der südafrikanischen Naturschutzbehörde CapeNature wird die Ausstellung im Laufe des Jahres 2012 in Afrikaans übersetzt und in der Knervlakte gezeigt werden.

Literatur:

- BERTRAM, G. (2004): *Gibbaeum cryptopodium* (Aizoaceae) unter der Lupe. – Kakt. and. Sukk. **55**: 57–64.
- ETZOLD, S. & SCHMIEDEL, U. (2007): Gefährdung und Wiederherstellung ungewöhnlicher Vegetationstypen in der Sukkulente-Karoo in Südafrika. – Kakt. and. Sukk. **58**: 175–181.
- SCHMIEDEL, U. (1997): Sukkulente Spezialisten auf Quarz. Ein weltweit einzigartiger Standort und seine Bedeutung für die Artenvielfalt in den Trockengebieten des südlichen Afrikas. – Kakt. and. Sukk. **48**: 217–220.
- SCHMIEDEL, U. (2004): The phytogeography of the obligate quartz field flora of southern Africa. Phytogeographie der obligaten Quarzflächenflora im südlichen Afrika. – Schumannia 4/Biodiv. Ecol. **2**: 181–205.

Anne Gérard & Dr. Ute Schmiedel
 Biozentrum Klein Flottbek und
 Botanischer Garten
 Universität Hamburg
 Ohnhorststraße 18
 22609 Hamburg
 Deutschland
 E-Mail: annegerard@gmx.de,
 Ute.Schmiedel@botanik.uni-hamburg.de