

Blühendes Kap

Die südafrikanische Kapregion zeichnet sich durch eine erstaunliche Pflanzenvielfalt und teils ungewöhnliche Pflanzenfamilien aus. Wie ist die grosse Artenvielfalt entstanden? Und wie ist es möglich, dass sie sich auf einem so kleinen Gebiet erhalten kann? Diese Fragen versuchen die Forscher am universitären Institut für Systematische Botanik zu klären.

VON PETER LINDER

Wenn man von Biodiversität spricht, meint man primär die Vielfalt der Lebewesen – dazu zählen Säugetiere, Vögel, Insekten, Protozoen, Viren, Pilze, Bakterien und natürlich auch die Pflanzen. Ich arbeite mit Landpflanzen, von denen es etwa 280 000 Arten gibt. Diese Gruppe umfasst die Moose, Farngewächse, Gymnospermen (Nacktsamer) und Angiospermen (Bedecktsamer).

Die weltweit grösste Pflanzenvielfalt findet sich in den äquatorialen Breitengraden von Südamerika und Indonesien; am wenigsten Pflanzenarten kommen in den polaren Zonen vor. Eine hohe Artendichte gibt es auch in Gebieten mit einem mediterranen Klima, also am Mittelmeer, in Kalifornien, Chile, Südwest-Australien und an der Südspitze Afrikas, wo etwa 11 000 Arten zwischen Atlantik, Indischem Ozean und den Wüsten Karoo und Namib heimisch sind. Das sind mehr als 2,5 Prozent aller Landpflanzenarten. Meine Forschung befasst sich nun primär mit der Frage, wie diese hohe Artenzahl in der südafrikanischen Kapregion entstanden ist und wie es möglich ist, dass sie sich auf einem so kleinen Gebiet halten kann.

Die Südspitze Afrikas, welche im Winter den meisten Regen erhält, ist die eigentliche Heimat der Kapflora. Sie besteht zu 65 Prozent aus Endemiten – das heisst, dass über 7000 Arten auf ein Gebiet von der dreifachen Grösse der Schweiz (etwas mehr als 120 000 Quadratkilometer) beschränkt sind. Sie überrascht durch zwei weitere

Tatsachen. Erstens sind die anderswo häufigsten Familien hier eher selten anzutreffen; Bäume fehlen fast ganz. Die grösseren Sträucher sind hauptsächlich Protea-Verwandte. Viele der kleineren Sträucher zählen zu den Erikagewächsen. An die Stelle der anderswo dominierenden Gräser treten binsenartige Gewächse aus der Familie der Restionaceae. Andere grosse und wichtige Gruppen sind die Pelargonien (Geraniaceae), die Schwertliliengewächse (Iridaceae) und die blattsukkulente Mittagsblumengewächse (Mesembryanthema).

Zweitens überrascht der Umstand, dass mehr als die Hälfte aller Blütenpflanzenarten zu nur 33 Verwandtschaftsgruppen gehören. Da liegt die Vermutung nahe, dass die erstaunliche pflanzliche Biodiversität an Afrikas Südspitze wohl vor nicht allzu langer Zeit entstanden ist, und zwar unter Verhältnissen, welche zahlreiche andere «normalere» Pflanzengruppen verunmöglicht oder ausgemerzt haben.

Isolierte Evolution

Es stellt sich also die Frage, wann die Kapflora entstanden ist. Wegen der Dominanz ungewöhnlicher Familien wurde lange angenommen, sie sei urtümlich. Einige Forscher waren auch der Meinung, dass sie direkt auf die Gondwana-Flora zurückgeführt werden könne, welche während der Kreidezeit durch das Auseinanderbrechen des Superkontinents Gondwana fragmentiert wurde. Heute gibt es hingegen gute Argumente für die gegenteilige Ansicht. Die Präsenz von hunderten nahe verwandter Arten der Kapflora lässt wohl eher auf eine vor nicht allzu langer Zeit erfolgte Artausplitterung schliessen.

Die eher spärlichen Fossilfunde zeigen zwar, dass einige Familien tatsächlich im frühen Tertiär, das heisst vor 65 Millionen Jahren, entstanden sind, aber dann lange Zeit nicht oder kaum vegetationsbildend auftreten konnten. Neue und noch nicht abgeschlossene Studien zur genetischen Variabilität bei verschiedenen Pflanzengruppen des Kaps weisen darauf hin, dass viele Arten einander genetisch sehr ähnlich sind und wohl erst 8 bis 15 Millionen Jahre alt sind. Diese Hypothese erlaubt die Annahme, dass die meisten Arten in Anpassung

Dr. Peter Linder ist ordentlicher Professor für Systematische Botanik an der Universität Zürich.

an neue Habitate (Lebensräume) evoluierten, während die vorher vorhandenen tropischen Arten drastischen Klimaänderungen zum Opfer fielen.

Für den zweiten Teil der Arbeitshypothese, nämlich die Ansicht, dass die Pflanzen am Kap genetisch stark von den nächsten Verwandten abweichen, finden sich heute gute Argumente. Dies deutet auf eine seit 20 bis 60 Jahrmillionen isoliert verlaufene Evolution der Hauptgruppen der Kapflora hin, vorerst ohne dominant zu werden.

Wir nehmen heute an, dass die schon im frühen Tertiär entstandenen «Kapelemente» in Feuchtgebieten oder auf exponierten Bergspitzen überdauerten, weil nur dort der Wald natürlicherweise fehlte. Dies war wohl während des Tertiärs lange Zeit der Fall, als Afrikas Südspitze noch ein stärker tropisches Klima besass, ähnlich dem Klima, das zu jener Zeit auch in Europa herrschte. Mit der klimatischen Abkühlung am Ende des mittleren Miozän und dem Auftreten des antarktischen Eispanzers beschränkte sich der Regen an der Südspitze Afrikas zunehmend auf die Wintermonate, während die Sommermonate trockener wurden.

Dieser Klimawandel brachte die tropische Waldflora zum Verschwinden. Dies wiederum erlaubte den an Spezialstandorten bereits vorhandenen «Kapelementen», in die nun waldfreien Gebiete von Berghängen und Ebenen einzudringen und dort alle vorhandenen Nischen zu besetzen. Dieser Vegetationswechsel wurde wahrscheinlich durch die in den trockenen Sommermonaten regelmässig auftretenden Buschfeuer begünstigt. Falls dieses Szenario zutrifft, bedeutet dies, dass der über Jahrmillionen erfolgte extreme Klimawandel («Umweltkatastrophe») eine bemerkenswerte Anzahl neuer Pflanzenarten hervorgebracht hat.

Diese «Erfolgs-Story» der heute am Kap vorhandenen Pflanzen mag einleuchten, braucht aber noch handfeste Beweise, die von verschiedenen Disziplinen erwartet werden dürfen. Wir sind zurzeit daran, die genetischen Übereinstimmungen einander ähnlich sehender Arten aus verschiedenen Verwandtschaftsgruppen zu bestimmen. Die experimentellen Werkzeuge für derartige gross angelegte Untersuchungen wurden erst kürzlich entwickelt. Voraussetzung dafür sind Forschungsreisen nach Südafrika, um Herbarmaterial und in Silicagel getrocknete Proben für DNA-Studien zu sammeln. Zurück im Labor gilt es, die DNA zu

extrahieren und die Basensequenzen zu bestimmen. Der Sequenzvergleich erlaubt die Bestimmung der genetischen Distanzen zwischen nahe und entfernt verwandten Arten. Diese Ähnlichkeitsmuster führen schliesslich zur Berechnung der Zeitintervalle, die seit der Aufspaltung der verschiedenen Artengruppen verstrichen sind. Zudem gilt es nun, fossile Belege aus dem Tertiär zu finden. Unser aktuelles Verständnis der damals herrschenden klimatischen Bedingungen ist sehr mangelhaft. Neue Fossilfunde aus dem Tertiär des südlichen Afrikas könnten unsere Vorstellungen von Flora und Vegetation sowie vom Klima der damaligen Zeit drastisch verändern.

Weitere Überlegungen kreisen um die Frage, weshalb in der Kapflora so viele Arten auf einer so kleinen Fläche zusammen existieren können. Für eine erfolgreiche Koexistenz von Arten müssen nämlich verschiedene Bedingungen erfüllt sein. Erstens braucht jede Art eine eigene ökologische Nische. Besetzen zwei Arten exakt dasselbe Habitat, so ist ein Konkurrenzkampf wahrscheinlich, bei dem nur die gewinnende Art überlebt. So versuchen wir für verschiedene Arten der Kapflora die Habitatsansprüche der einzelnen Arten zu beschreiben und zu quantifizieren. Dazu gehört die Erfassung und Klassifizierung der relevanten Umweltparameter. Einige dieser Angaben lassen sich aus Karten und via globale Informationssysteme (GIS) beziehen, während andere erst im Feld mühsam eruiert werden können. Es ist erstaunlicherweise recht schwierig, ein System zu etablieren, das Arten nach ökologischen Parametern so trennt, dass sie nicht doch dieselbe ökologische Nische zu besetzen scheinen.

Unterschiedliche Überlebensstrategien

Arten im selben Habitat können sich unterschiedlich verhalten. Zum Beispiel können sie sich in der Strategie unterscheiden, wie sie sich bei Feuer, Dürre und anderen «Umweltkatastrophen» verhalten. So mögen bei einigen Arten die unterirdischen Teile überleben, um später wieder auszutreiben. Bei anderen Arten sterben die Pflanzen bei Feuer ganz, worauf sich die Populationen aus Samenbanken wieder neu etablieren müssen. Das bedeutet, dass ein wechselndes Muster von Buschfeuern und Dürreperioden zwei ökologisch (nahezu) identischen Arten die Koexistenz erlaubt. So brauchen wir also Felddaten zur Biologie

der einzelnen Arten. Einige dieser ökologischen Parameter können jedoch erst im Garten oder Gewächshaus getestet werden, wo verschiedene Arten unter gleichen Bedingungen kultiviert und gestresst werden. Dabei wird sich dann zeigen, ob die Arten auf Stress unterschiedlich reagieren.

Verwandte und im gleichen Gebiet vorkommende Arten müssen Kreuzungsbarrieren entwickeln. Fällt die reproduktive Isolation dahin, so können Schwesterarten durch Gen-Austausch einander so ähnlich werden, dass sie nicht mehr zu unterscheiden sind. Dies führt offensichtlich zu einem Verlust an Biodiversität. Für windbestäubte Pflanzen (beispielsweise Restionaceae) sind unterschiedliche Blühtermine verwandter Arten das einfachste Mittel zur Vermeidung von Bastarden und Gen-Introgression. Man mag versucht sein, Blühtermine aus Herbarbögen abzulesen. Dies ist jedoch nicht so einfach, da verschiedene Arten feine phänologische Unterschiede bezüglich Blühterminen zeigen können, dies abhängig vom Standort und vom Witterungsverlauf. Ob dabei die reproduktive Isolation verwandter Arten erhalten bleibt, lässt sich zumindest nicht aus dem Vergleich von Herbarproben ableiten.

Reproduktive Isolation bei tierbestäubten Blütenpflanzenarten kann auf ganz verschiedene Weise geschehen. Eine solche wurde jedoch erst für einen kleinen Teil der Kapflora eruiert. Im Gegensatz zu Europa, wo beinahe jede Art von einer grösseren Zahl verschiedener Bestäubern besucht wird, kennen viele Blütenpflanzen im südlichen Afrika nur einen Bestäuber. Die Art des Bestäubers ist im Allgemeinen nicht mit der Verwandtschaftsgruppe der Pflanzen korreliert, sondern eher mit der Form, der Farbe und dem Nahrungsangebot der Blüte (Pollen, Nektar).

Das Resultat ist eine bemerkenswerte Konvergenz von Blütenformen. Diese lassen sich als «Blütensynndrome» bezeichnen, die bei verschiedenen südafrikanischen Familien wiederholt aufgetreten sind. So können nah verwandte Pflanzenarten oft von sehr verschiedenen Insektengruppen bestäubt werden, was wiederum die reproduktive Isolation fördert oder garantiert. Die Anpassung an verschiedene Insekten könnte auch der «Motor» für die Entstehung neuer

Blütenpflanzenarten (gewesen) sein. Leider sind bisher nur die Bestäuber der auffälligsten Blüten des Kaps beschrieben worden. Von der Mehrzahl der klein und unscheinbar blühenden Arten sind die Blütenbesucher noch nicht bekannt.

«Hotspot» für Biodiversität

So ergibt sich für das Verständnis eines artenreichen Areals wie dasjenige an der Süd-



Bilder: Zieg

westspitze Afrika ein reichlich komplexes Bild. Fürs Erste erscheint dessen Biodiversität als Ansammlung von äusserst zahlreichen Arten, was das Kap als einen der «Hotspots» für Biodiversität weltweit auszeichnet. Diese traditionelle (taxonomische) Auffassung von Biodiversität erfährt eine wichtige und nötige Erweiterung durch den Einbezug anderer Diversitätsebenen wie der Vielfalt der Umweltparameter, welche den Arten ökologische Nischen zuteilt, im Idealfall eine für jede Art.

Dazu kommt die funktionelle Vielfalt, die sich aus den Strategien ergibt, welche die einzelnen Arten anwenden, um «Umweltkatastrophen» wie Feuer, Dürreperioden oder Frassschäden durch Insekten zu überdauern. Als letzte Ebene gilt es, die räumlichen Beziehungen zu berücksichtigen, die sich aus dem Transport von Pollen und Samen (Diasporen), oder genauer gesagt, dem Gen-Transport ergeben. Diese Ebenen bereichern unser klassisches Verständnis von Biodiversität durch den Einbezug einer evolutionären Dimension. Dadurch wird Biodiversität nicht bloss beschrieben, sondern es wird auch erklärt, wie sie entstanden ist und sich bis heute erhalten hat.

Die Südspitze Afrikas weist eine erstaunliche Biodiversität auf: Rund 11 000 Pflanzenarten – darunter die Königsprotea (*Protea cynaroides*, Bild rechts) – sind zwischen Atlantik, Indischem Ozean und den beiden Wüsten Karoo und Namib heimisch.

