

Pflanzenbaupläne bilden deutlich abgegrenzte Gruppen

Eine umfassende Studie zur Verteilung der verschiedenartigen Baupläne des gesamten Pflanzenreichs zeigt, dass die heute existierenden Pflanzenabteilungen deutlich voneinander abgegrenzte Gruppen innerhalb des gesamten Formenraums bilden. Diese Abgrenzbarkeit ist auch bei Einbeziehung fossiler Formen gegeben, obwohl dadurch der Formenraum mehr gefüllt wird, als wenn nur die heute lebenden Gruppen zugrunde gelegt werden. Eine graduell verlaufende Evolution lässt dieses Muster nicht erwarten. Die auffälligen Sprünge scheinen Innovationen in den Bauplänen zu entsprechen, deren evolutive Entstehung ungeklärt ist.

Reinhard Junker

Introbild Piotr Krzeslak;
Adobe Stock

Die Unterschiedlichkeit der Baupläne der Lebewesen und ihre Variationen werden häufig mit den Begriffen „Vielfalt“ (engl. *diversity*) und „Verschiedenartigkeit“ (engl. *disparity*) beschrieben. Mit „Vielfalt“ ist die Variabilität *innerhalb eines Bauplans oder eines Bauplanelements* gemeint. Beispielsweise gibt es eine Vielfalt von Formen von Vogelschnäbeln. „Verschiedenartigkeit“ bezieht sich dagegen auf Unterschiede *verschiedener* Baupläne oder Bauplanelemente, zum Beispiel verschiedene Arten von Mundwerkzeugen und der entsprechenden Nahrungsaufnahme (Schnabel, bezahnter Kiefer, Saugvorrichtung, Filtriereinrichtung und andere).

Mit diesen beiden Begriffen kann man im Hinblick auf die Entstehungsweise weitere Begriffe assoziieren: Anpassung, Spezialisierung, Ausprägung programmierter Variation gehören zu „Vielfalt“; diese Vorgänge werden oft unter „Mikroevolution“ zusammengefasst. Im Rahmen der Schöpfungsanschauung bewegen wir uns hier in den Grenzen von *Grundtypen*, die als geschaffene Arten interpretiert werden.

Dagegen erfordert die Entstehung von „Verschiedenartigkeit“ Innovation, Erfindung und neuartige Strukturen mit neuartigen Funktionen. Im Rahmen von Evolution wird dies auch als „Makroevolution“ zusammengefasst, während im Rahmen von Schöpfung eine kreative Verursachung durch einen Schöpfer angenommen wird.

Studie zur Verschiedenartigkeit im Pflanzenreich

CLARK und Mitarbeiter (2023) haben eine groß angelegte Studie zur Verschiedenartigkeit im gesamten Pflanzenreich durchgeführt. Sie werteten 548 Merkmale von 248 heute lebenden Taxa (Gruppen) und von 160 fossilen Taxa aus und trugen das Ergebnis in eine zweidimensionale Matrix ein (Abb. 1). In ihrer Zusammenfassung stellen sie zunächst fest (CLARK et al. 2023, 1618, in Übersetzung; Hervorhebung hinzugefügt): „Das Pflanzenreich weist vielfältige

Körperformen auf, von einzelligen Algen bis hin zu komplexen mehrzelligen Landpflanzen, *aber es ist unklar, wie diese phänotypischen [sichtbaren] Unterschiede zustande gekommen sind.*“ Das heißt, die Entstehung der Verschiedenartigkeit im Pflanzenreich ist im Rahmen von Evolution nach ihrer Einschätzung nicht geklärt. Der Grund für dieses Nichtwissen dürfte gerade im Unterschied zwischen Vielfalt und Verschiedenartigkeit liegen. Biologen haben vielfältige Ursachen und Mechanismen entdeckt, die zu Vielfalt innerhalb von Grundtypen bzw. nahe verwandten Formen (bis etwa zum Niveau der Familie oder gar Überfamilie) führen. Vielfalt kann häufig auf *bestehende Variation* oder gar auf Variationsprogramme zurückgeführt werden. Evolutionsbiologen haben dafür den Begriff „standing variation“ geprägt oder sprechen von „alten Programmen“. Innovationen und entsprechende Verschiedenartigkeit erfordern jedoch weit darüber hinaus gehende Voraussetzungen. Inwieweit die evolutionäre Entstehungsweise von Innovation geklärt ist, ist selbst unter Evolutionsbiologen umstritten.

Die Entstehung der Verschiedenartigkeit im Pflanzenreich ist im Rahmen von Evolution nach Einschätzung der Autoren nicht geklärt.

Die Analyse von CLARK et al. (2023) liefert zu dieser Frage interessante Daten. Die Forscher stellten fest, dass die heute existierenden Pflanzenabteilungen deutlich voneinander abgegrenzte Gruppen innerhalb des gesamten Formenraums bilden. Unter „Abteilungen“ werden im Pflanzenreich die grundlegenden Baupläne zusammengefasst wie Algen, Moose, Bärlappe, Farne, Nacktsamer und Bedecktsamer; bei Fossilien kommen z. B. Samenfarne oder Progymnospermen hinzu. Unter den heute lebenden Formen sind die Lücken im Formenraum besonders stark ausgeprägt. Bei Einbeziehung fossiler Formen ist der Formenraum zwar besser gefüllt, aber die Gruppenbildung bleibt gut erkennbar (Abb. 1). Der aus fossilen und heute lebenden Taxa konstruierte Formenraum zeigt nach CLARK et al. (2023, 1819), „dass die fossilen Taxa das grundlegende Muster der Besetzung des Formenraums, das bei den heute lebenden Taxa zu beobachten ist, nicht verändern.“ Das gelte besonders für den Raum zwischen Algen und Landpflanzen (der zudem sehr groß ist) sowie zwischen Nacktsamern und Bedecktsamern. Außerdem liege keines der fossilen Taxa außerhalb der Regionen des Formenraums heutiger Formen.

Das Pflanzenreich zeige im Laufe seiner Geschichte ein Muster „episodisch zunehmender Ver-

schiedenartigkeit“ (Abb 2). Dieses Muster weise Parallelen zum Tierreich und zum Reich der Pilze auf. Anders jedoch als bei den grundlegenden Tierbauplänen (Tierstämme und Tierklassen), die großenteils mit Beginn der Fossilüberlieferung der Bilateria (Zweiseitentiere) schon seit der Kambrischen Explosion vorhanden waren, tritt die pflanzliche Verschiedenartigkeit *in mehreren Schüben* fossil auf. Übereinstimmend mit der Fossilüberlieferung von Tiergruppen ist aber wiederum, dass innerhalb einzelner Schübe von Beginn an eine große Verschiedenartigkeit vorhanden ist, während diese im weiteren Verlauf nicht mehr stark zunimmt, sondern im Wesentlichen nur noch die Vielfalt (s. o.) verbreitert wird.

Innerhalb einzelner Schübe ist von Beginn an eine große Verschiedenartigkeit vorhanden, während diese im weiteren Verlauf nicht mehr stark zunimmt.

Ein interessanter Befund ist auch das Fehlen einer eindeutigen Beziehung zwischen Verschiedenartigkeit und Komplexität. Einige stark verschiedenartige Gruppen gehören zu Taxa mit geringer Komplexität (so bei den verschiedenen Charophyten-Algen), während Linien mit geringer Disparität aus Taxa mit mittlerem Komplexitätsgrad bestehen (bei den Moosen).

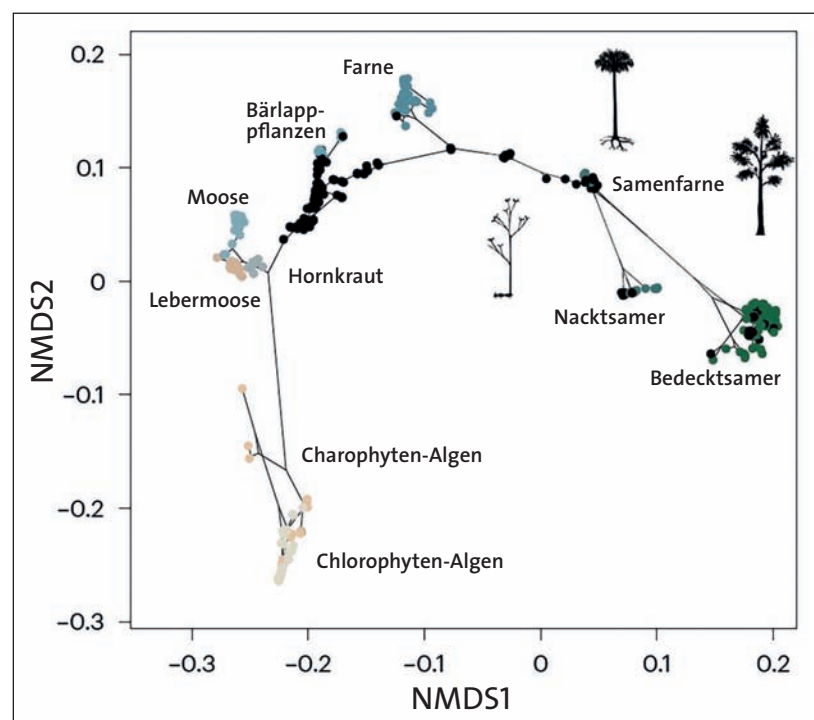


Abb. 1 Räumliche Verteilung 248 heutiger und 160 fossiler Taxa des Pflanzenreichs. Die Achsen fassen die morphologische Verschiedenartigkeit zusammen, die sich aus der beobachteten Unähnlichkeit zwischen den Taxa ergibt (berechnet mit dem Gower-Index; nicht-metrische multidimensionale Skalierung, NMDS). Fossile Taxa sind als schwarze Punkte dargestellt. Die Verbindungen geben aktuelle, evolutionäre Hypothesen der phylogenetischen Beziehungen wieder. Die Merkmalszustände an jedem Knoten sind hypothetisch und wurden indirekt abgeschätzt. (Aus CLARK et al. 2023; CC BY 4.0 DEED, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

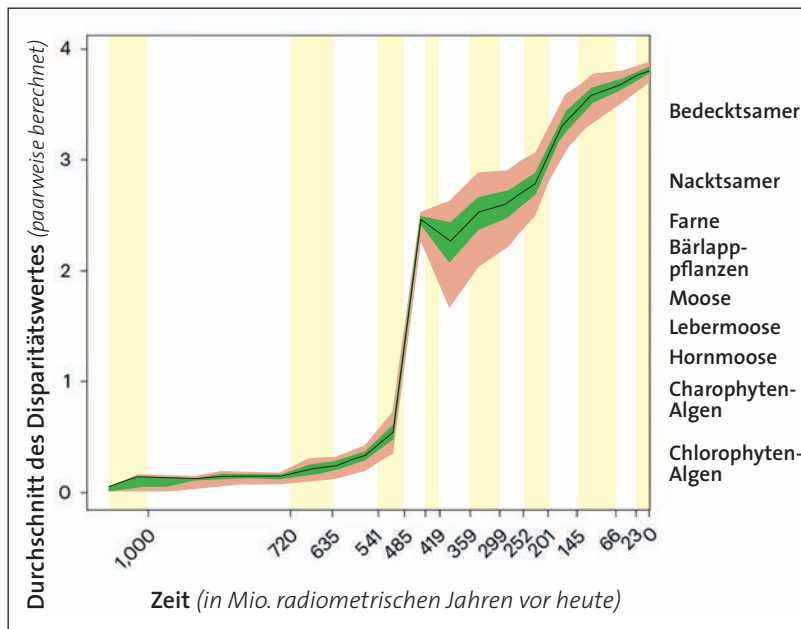


Abb. 2 Zunahme der gesamten Verschiedenartigkeit im Pflanzenreich im Laufe der Zeit, geschätzt anhand einer zeitkalibrierten Phylogenie, die fossile Taxa umfasst, deren phylogenetische Position zuverlässig geschätzt werden konnte. Insbesondere die sprunghafte Zunahme im Devon ist außergewöhnlich. Die durchgezogene Linie stellt den Median aus 1.000 Bootstrapped-Wiederholungen dar, wobei die schattierten Bereiche die Perzentile 2,5 % und 97,5 % sowie 25 % und 75 % repräsentieren. Orangefarbene Bänder stellen geologische Zeiträume dar. (Aus CLARK et al. 2023; CC BY 4.0 DEED, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Kommentar

Sind diese Befunde evolutionstheoretisch zu erwarten? Im Gefolge Darwins wird Evolution als *kleinschrittiger* (gradueller) Prozess verstanden. Somit sollte der Formenraum zwischen den heutigen Abteilungen der Pflanzenwelt gut gefüllt sein, denn der „unbesiedelte“ Raum musste in kleinen Schritten überwunden worden sein. Größere Lücken im Formenraum dagegen sind zu erwarten, wenn es schöpfungsgemäße Grenzen zwischen Gruppen gibt. CLARK et al. (2023) führen die Lücken teilweise auf das Aussterben hypothetischer evolutionärer Zwischenstufen zurück. Die dennoch verbleibenden „Sprünge“ seien auf Innovationen im Bereich der Fortpflanzung zurückzuführen oder dadurch zumindest erleichtert worden. Auch andere Schlüssel-Neuheiten wie z. B. die Ausbildung von Leitgefäßen bei Landpflanzen seien mit der Abgrenzbarkeit der größeren Gruppen verknüpft.

Während das Aussterben die heute sehr markanten Lücken zwischen den Pflanzenabteilungen wenigstens teilweise erklärt, gilt dies für fortpflanzungsbiologische oder andere Innovationen nicht. Die Forscher konnten hierzu zwar eine interessante Korrelation aufzeigen, aber Korrelationen liefern keine Ursachen. Es müsste also erst einmal herausgefunden werden, wie die Innovationen auf evolutivem Wege entstehen konnten. Die Autoren meinen, die episodische Zunahme der Verschiedenartigkeit

der Pflanzen könnte auf die Realisierung des genomischen und entwicklungsbiologischen Potenzials zurückzuführen sein, ausgelöst durch ökologische Gegebenheiten. Anders als Tiere seien Pflanzen immer wieder in neuartige stressige Umwelten eingedrungen und sie seien einfacher als diese gebaut; darauf seien die mehrfachen sprunghaften Zunahmen der Verschiedenartigkeit zurückzuführen (CLARK et al. 2023, 1621; vgl. VALENTINE et al. 1991, 81, 86f.). Doch diese Faktoren erklären nichts. Denn sie geben keine Antwort auf die alles entscheidende Frage, woher dieses Potenzial überhaupt kommt und wie es aufgebaut wurde, solange es in der bisherigen Umgebung noch gar nicht benötigt wurde. Potenzial, das schon vorhanden ist, aber noch nicht benötigt wird und auch in der Vergangenheit nicht benötigt wurde, kann durch zukunftsblinde evolutionäre Mechanismen nicht aufgebaut werden. Wenn es ein solches Potenzial tatsächlich in größerem Umfang geben sollte, verweist seine Existenz eher auf einen vorausschauend handelnden Schöpfer. Diese Schlussfolgerung wird durch die Beobachtung gestützt, dass von Evolutionsbiologen immer häufiger komplexere Vorformen angenommen werden müssen, deren Potenzial sich entfaltet habe. Damit verlagert man das Problem des Ursprungs komplexer und präadaptiver genetischer Information aber nur weiter in die Vergangenheit, statt es zu lösen.

Stressige Umwelten und der einfache Bau von Pflanzen erklären nicht, woher das Potenzial zu Innovation kommt.

Aus der Sicht der bibelbasierten Schöpfungslehre ist das gestaffelte, wenn auch schubweise Auftreten neuer Verschiedenartigkeit in der Fossilüberlieferung bislang allerdings auch nicht befriedigend erklärt. Denn da in dieser Sichtweise die verschiedenartigen Pflanzengestalten von Beginn an existierten, ist die Frage zu klären, wie es zu dem zeitlich gestaffelten Auftreten größerer Gruppen in der Fossilüberlieferung gekommen ist. Die Vermutung liegt nahe, dass es dafür ökologische Gründe gibt, doch konkrete prüfbare Hypothesen liegen dazu bisher nicht vor.

Literatur

- CLARK JW, HETHERINGTON AJ et al. (2023) Evolution of phenotypic disparity in the plant kingdom. *Nature Plants* 9, 1618–1626.
- VALENTINE JW, TIFFNEY BH & SEPKOSKI JJ Jr (1991) Evolutionary dynamics of plants and animals: a comparative approach. *Palaios* 6, 81–88.