

lischen und sauren Seen der Insel North Uist der Äußeren Hebriden und zwei marine Populationen. Entsprechend den Unterschieden im pH-Wert der Seen (alkalisch/sauer) unterscheiden sich die Fische in der Panzerung. Während die Fische in alkalischen Seen gegenüber den marinen Formen deutlich reduzierte Stacheln und Panzerung aufweisen, besitzen Fische aus sauren Seen fast gar keine Stacheln oder Seitenpanzer und sie sind auch viel kleiner. Die Fische in den jeweiligen Seetypen sind untereinander jedoch sehr ähnlich, obwohl diese Ähnlichkeiten ausgehend von einer marinen Population jeweils unabhängig erworben wurden.

Die Forscher hatten hier die seltene Möglichkeit eines Vergleichs der in den Seen vorkommenden Formen mit der im Meer lebenden Vorfahrenpopulation unter der plausiblen Annahme, dass sich deren Aussehen und genetische Ausstattung seit der Besiedlung der Seen bis heute nicht nennenswert geändert hat. Es stellte sich dabei heraus, dass die Fische aus alkalischen Seen eine deutliche genetische Ähnlichkeit zu ihren jeweiligen vermuteten marinen Vorfahren aufweisen, während bei Fischen in sauren Seen mehr Allele vorkommen, die in der marinen Population selten sind. Möglicherweise bleiben diese seltenen Allele in den Meerespopulationen erhalten, weil sie in geringer Anzahl selektionsneutral sind, so die Vermutung der Forscher.

Außerdem zeigte sich, dass in jedem Typ von Habitat dieselben genetischen Varianten vorliegen. Die Autoren schreiben: „Insgesamt hebt unsere Arbeit hervor, dass phänotypische Parallelität durch parallele Evolution auf genomischer Ebene gespiegelt werden kann.“ Die genetischen Unterschiede in den verschiedenen Habitaten könnten somit vorhergesagt werden.

Die Studie von HAENEL et al. (2019) zeigt, dass die Meerespopulation über eine bereits bestehende genetische Vielfalt verfügt, die es den Stichlingen ermöglichte, sich auf vorhersehbare Weise an unterschiedliche lokale Gegebenheiten anzupassen.

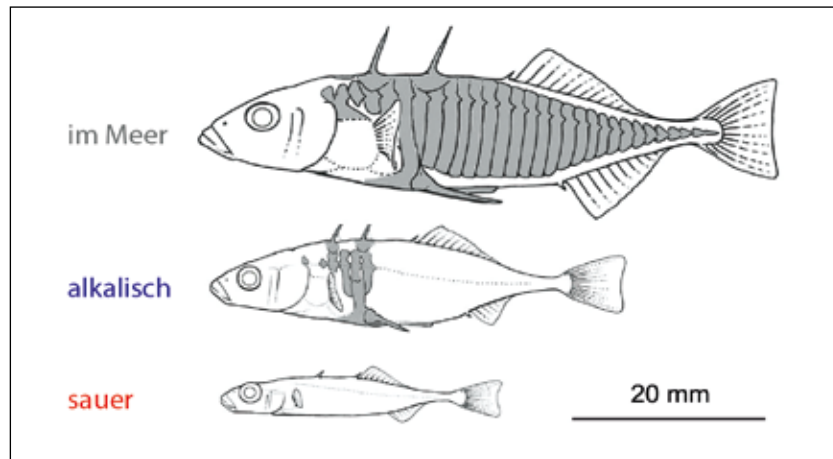


Abb. 1 Die drei im Text genannten Ausprägungen von Stichlingen. (Aus HAENEL et al. 2019; CC BY 4.0)

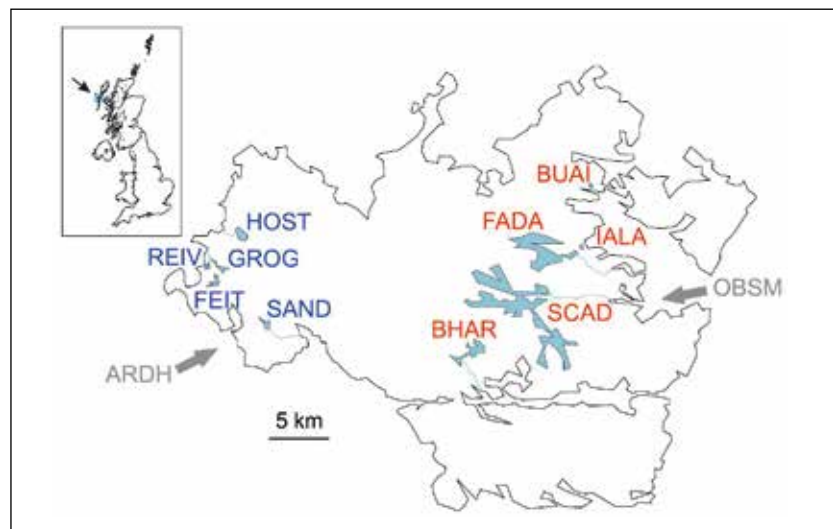


Abb. 2 Geographische Lage der alkalischen (blauen) und sauren (roten) Seen auf North Uist, einer Insel der Äußeren Hebriden, Schottland, mit ihren Verbindungen zum Meer, die als feine blaue Linien dargestellt sind (der Ausgang von FEIT ist ungewiss). Die grauen Pfeile zeigen die beiden Küstenlagunen an, in denen die im Meer lebenden Stichlinge entnommen wurden. Die Vier-Buchstaben-Abkürzungen stehen für verschiedene Lokalitäten. (Aus HAENEL et al. 2019; CC BY 4.0)

Das Beispiel der unterschiedlich spezialisierten Stichlinge veranschaulicht, dass Anpassung nicht durch das Auftreten glücklicher Mutationen und deren anschließend langwieriger Fixierung in der Population erfolgen muss, sondern dass vorliegende genetische Varianten Anpassungen in kurzer Zeit ermöglichen. Auf dieser Basis sind auch Vorhersagen von Veränderungen möglich und erfolgreich und auch parallele Anpassungen keine Überraschung. Die Stichlinge sind weiterhin ein Beispiel dafür, dass Arten mit der Fähigkeit ausgestattet sind, sich an verschiedene lokale Lebensräume anzupassen, indem präexistente genetische Programme genutzt und unterschiedliche Ausprägungen je nach Eignung für eine bestimmte ökologische Nische selektiert und im Genpool angereichert werden.

[HAENEL Q, ROESTI M, MOSER D, MACCOLL ADC & BERNER D (2019) Predictable genome-wide sorting of standing genetic variation during parallel adaptation to basic versus acidic environments in stickleback fish. *Evol. Lett.* 3, 28-42 • JUNKER R (2016) In 50 statt in 12000 Jahren: Wiederholte Anpassungen bei Stichlingen. *Stud. Integr. J.* 23, 121-122 • LESCAK EA, BASSHAM SL, CATCHEN J, GELMOND O, SHERBICK ML, VON HIPPEL FA & CRESKO WA (2015) Evolution of stickleback in 50 years on earthquake-uplifted islands. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 112, E7204-E7212] R. Junker

■ Bisher unbekannter Luftwirbel trägt die Schirmchen der Pustelblume

Der Faszination der Schirmchenflieger des Löwenzahns kann man sich kaum entziehen. Die Pustelblume entzückt nicht nur Kinder. Was ganz selbstverständlich aussieht, war bis vor Kurzem tatsächlich noch ein Rätsel.



Abb. 1 Man würde es den Schirmchen nicht ansehen, aber bei Bewegung entsteht über ihnen ein Luftwirbel, der einen Unterdruck erzeugt. (Links nach dem in den Quellen angegebenen Video; Foto rechts: R. JUNKER)

Wie schaffen es die Schirmchen, so lange in der Luft zu verbleiben? Unter günstigen Bedingungen fliegen sie viele Kilometer weit. Und wenn man genau hinschaut, bemerkt man leicht, dass es gar keine „richtigen“ Schirme sind. Sie haben keine Membran wie ein Fallschirm, sondern nur feine Härchen (Pappus), die 90 % der Fläche frei lassen. Eigentlich keine guten Voraussetzungen für effektiven Flug, könnte man meinen.

Aber die Schirmchen aus den Pappus-Härchen fliegen hervorragend. Eine Forschergruppe hat kürzlich herausgefunden, warum das so ist (CUMMINS et al. 2018). Dabei entdeckten sie nicht weniger als eine bisher unbekannte Art eines aerodynamischen Verhaltens von Fluiden (Gase oder Flüssigkeiten). Sie ermit-

telten die Richtungen des Luftflusses um die Löwenzahn-Schirmchen und entdeckten eine außergewöhnliche Art von Wirbel. Dieser Wirbel ist ein blasenförmiger Luftring aus einem umlaufenden Fluid, der durch die Strömung, die durch den Pappus fließt, von diesem losgelöst wird (Abb. 1). Die Luft bewegt sich dabei kontinuierlich in der Mitte nach unten und am Rand nach oben. Dadurch entsteht ein Unterdruck-Effekt, der das Schirmchen nach oben zieht und es gleichzeitig in der Luft stabil hält.

Offenbar sind die kreisförmige, scheibenartige Geometrie und die Durchlässigkeit des Pappus die wichtigsten Konstruktionsmerkmale, die die Bildung des getrennten Wirbelrings ermöglichen. Die

Wissenschaftler konnten das durch Tests mit künstlichen Nachbildungen bestätigen: Eine Scheibe mit ähnlicher Durchlässigkeit weist ein ähnliches Strömungsverhalten wie der Pappus auf. Die Durchlässigkeit des Löwenzahnpappus scheint präzise abgestimmt zu sein, um den Wirbel zu stabilisieren, während die aerodynamische Belastbarkeit maximiert und der Materialbedarf minimiert wird. Dieses aerodynamische System ist möglicherweise weit verbreitet, denn auch die Samen einiger anderer Pflanzen sind behaart oder mit Schirmchen ausgestattet (z.B. bei Weiden, Weidenröschen, Nelkenwurz oder Baldrian, vgl. Abb. 2). Auch manche Insektenflügel sind mit filigranen Härchenstrukturen ausgestattet und einige Wasserlebewesen nutzen vielleicht ebenfalls diesen Effekt, da er vermutlich auch im Wasser zum Tragen kommt, so die Wissenschaftler.

Die Autoren sehen Chancen, diese neu entdeckte Klasse von Flüssigkeitsverhalten technisch nutzbar zu machen. Der Flugmechanismus mit erheblicher Gewichtsreduktion ist nach ihrer Einschätzung deutlich effizienter als das, was mit konventionellen Fallschirmdesigns möglich ist.

Einmal mehr zeigt sich, dass die Schöpfung mit ausgeklügelten Konstruktionen und Mechanismen ausgestattet ist, die offenbar an das Maximum des physikalisch Möglichen heranreichen. Es scheint, als



Abb. 2 Schirmchen der Früchte des Berg-Baldrians. (Foto: R. JUNKER)

könne man die Schirmchen der Pusteblume nicht besser machen.

[CUMMINS C, SEALE M et al. (2018) A separated vortex ring underlies the flight of the dandelion. *Nature* 562, 414–417; Video: <https://www.wissenschaft.de/astronomie-physik/aerodynamisches-geheimnis-gelueftet/>] R. Junker

■ Wiege der Samenpflanzen geologisch nicht überliefert?

Wie gut bildet der Fossilbericht die Geschichte der Lebewesen ab? Sind nennenswerte Lebensräume vergangener Fauna und Flora einer Konservierung als Fossilien entgangen? Waren möglicherweise zahlreiche Gruppen von Lebewesen viel weiter verbreitet, als die bekannte Fossilüberlieferung vermuten lässt? STEPHAN (2002) hat eine Reihe von Beispielen zusammengestellt, bei denen das angenommen werden muss. Hier soll kurz über ein weiteres aktuelles Beispiel dieser Art berichtet werden.

Eine Forschergruppe der Universität Münster hat in der Umm-Irna-Formation am jordanischen Ostufer des Toten Meeres eine große Menge verschiedenster Pflanzenfossilien des oberen Perm entdeckt (BLOMENKEMPER et al. 2018). Die sehr gute Erhaltung ermöglichte eine recht genaue Bestimmung. Fast perfekt konservierte Blätter und Stiele, Fortpflanzungsorgane und sogar die Kutikula samt Spaltöffnungen waren in dem feinen Sedimentgestein erhalten. Neben Fossilien von Gruppen, die schon bisher aus vergleichbar alten Sedimenten bekannt waren, konnten die Forscher mehrere Vertreter von drei Pflanzengruppen nachweisen, von denen man bisher angenommen hatte, dass sie erst ab der Unter- oder Mitteltrias fossil überliefert seien: Nadelbäume der Steineibengewächse (Podocarpaceae), die auch heute vorkommen, ausgestorbene Samenfarne der Ordnung *Corytospermales* und Vertreter der ebenfalls ausgestorbenen *Bennettitales*. Ungewöhnlich ist auch, dass Vertreter bislang unterschiedlicher geografischer Regionen in den Sedimenten der Umm-Irna-Formation vergesellschaftet sind.

Alle drei genannten Gruppen sind damit im System der Historischen Geologie deutlich älter als zuvor vermutet. Die Sedimentgesteine, die die Pflanzenfossilien bergen, waren nach Auskunft der Forscher zu Lebzeiten der Pflanzen in einem küstennahen Flachland in Äquatornähe abgelagert worden, wo die Chancen der fossilen Erhaltung gering seien. Die Forscher vermuten, dass die Tropen als „evolutionäre Wiege“ für viele Pflanzengruppen gelten können, doch diese Wiege hinterlasse kaum Spuren. Möglicherweise sind also die gefundenen Fossilien nur die Spitze eines Eisbergs.

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand muss im evolutionstheoretischen Langzeitrahmen eine erhebliche zeitliche Lücke vom oberen Perm teils bis Mitteltrias zwischen dem ersten nachweisbaren Auftreten der drei genannten Gruppen und den Beginn ihrer reichhaltigen Entfaltung bzw. Ausbreitung angenommen werden. Eine solche Verzögerung ist auch bei anderen Gruppen bekannt und evolutionstheoretisch schwer verständlich, würde dagegen in einem sehr viel kürzeren Zeitrahmen passen, da erstmaliger Nachweis und Entfaltung bzw. Ausbreitung einer Gruppe nahe zusammenrücken würden.

Die neuen Funde verlängern die Liste der Formen, die an der Perm-Trias-Grenze nicht verschwanden, an der das größte Massenaussterben des Tierreichs stattgefunden haben soll. Warum diese globale Krise das Tierreich schwer und das Pflanzenreich viel weniger getroffen hat, erscheint rätselhaft – ein Beispiel dafür, dass vieles in der Geschichte des Lebens unverstanden ist und vielleicht wichtige Schlüssel zum Verständnis fehlen.

[BLOMENKEMPER P, KERP H, HAMAD AA, DI-MICHELE WA & BOMFLEUR B (2018) A hidden cradle of plant evolution in Permian tropical lowlands. *Science* 362, 1414–1416 • STEPHAN M (2002) Der Mensch und die geologische Zeittafel. Holzgerlingen] R. Junker

■ Weiterer Zuwachs für die „kambrische Explosion“

Die sogenannte „kambrische Explosion“ gilt als markanteste Dis-



Abb. 1 Fossiler Wedel eines Samenfarne. (© Palaeobotanical Research Group Münster / BLOMENKEMPER et al.)

kontinuität im Fossilbericht; d.h. es gibt einen auffälligen Unterschied in der Fossilüberlieferung in den Sedimentgesteinen vor und nach der Präkambrium/Kambrium-Grenze. Ein großer Teil der Tierstämme ist im Kambrium, viele bereits im Unterkambrium, fossil vertreten, während vorkambrische Fossilien kaum Formen enthalten, die als deren Vorläufer interpretierbar sind.

Die bereits enorme Anzahl verschiedenartiger kambrischer Formen wurde nun durch die Entdeckung einer neuen Fossilagerstätte nochmals vergrößert. Als Fossilagerstätte bezeichnet man eine fossilreiche Einheit von Sedimentgesteinen mit einer großen Vielfalt und/oder besonderer Erhaltungsqualität der erhaltenen Formen. FU et al. (2019) berichten über die Neuentdeckung einer solchen Fossilagerstätte, die Qingjiang-Lagerstätte (Qingjiang biota) im Changyang-Gebiet von Südchina. Die sehr gute Erhaltung der Fossilien erinnert an die Fossilagerstätte des geologisch jüngeren berühmten Burgess-Schiefers in Kanada (Mittelkambrium), der von Stephen J. GOULD in seinem vielbeachteten Buch „Wonderful Life“ ausführlich beschrieben wird (daher die Formulierung „Burgess Shale-type fossil Lagerstätte“ im Titel der Arbeit von FU et al.). GOULD (1989) beschreibt darin die Burgess-Fauna als „irre Wundertiere“ mit einem „Maximum an anatomisch leistungsfähigen Möglichkeiten“. Die neue Lagerstätte wurde auf 518 Millionen radiometrische Jahre datiert und wird damit zur dritten von zehn kambrischen Stufen gerechnet; ihr geologisches Alter ist damit fast gleich der schon länger bekannten chinesischen Chengjiang-Lagerstätte. Die Ein-