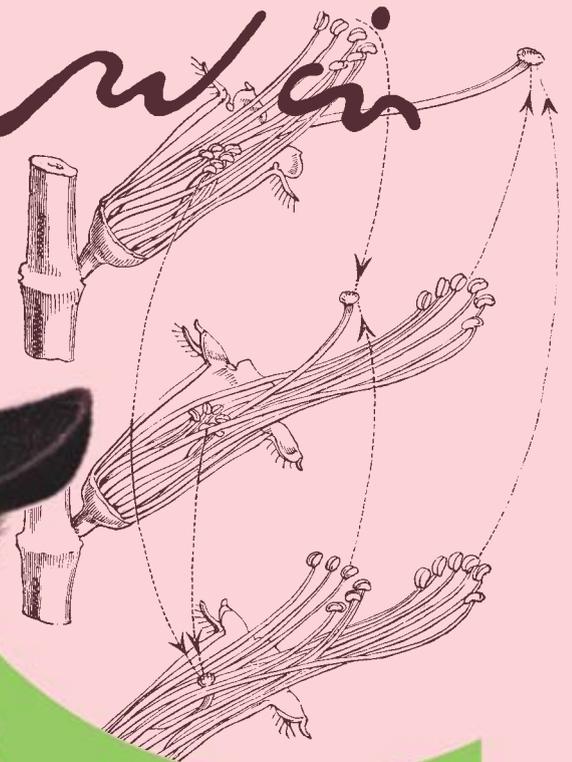


Ch. Darwin

LYTHRUM SALICARIA.

Fig. 10.

Long-styled.



DARWINS GARTEN – EVOLUTION ENTDECKEN

Mit freundlicher Unterstützung



B·R·A·I·N

Ausstellung zum Darwin-Jahr 2009



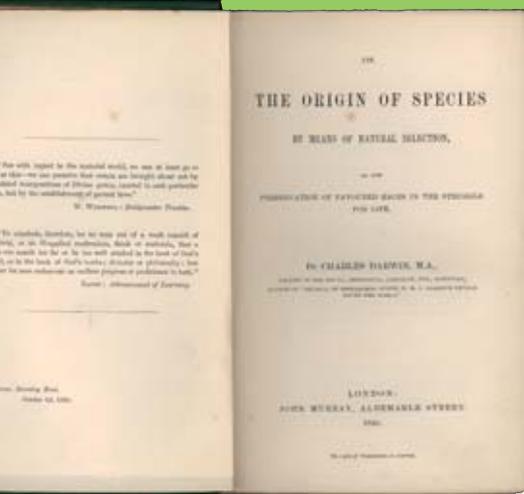
Verband Botanischer Gärten

www.verband-botanischer-gaerten.de

Charles Darwin und Zeichnung: darwin-online.org.uk | Foto: U.H. Mayer

*9th
1872
first predation, B & D*

DARWINS BOTANISCHE FORSCHUNG BIETET EINEN SPANNENDEN ZUGANG ZU SEINER EVOLUTIONSTHEORIE



Im November 1859 erschien Darwins Hauptwerk in einer Auflage von 1250 Exemplaren, die rasch ausverkauft waren.

Charles Darwin ist eine der bekanntesten Persönlichkeiten der Wissenschaftsgeschichte. Sein Hauptwerk *Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl* hat das Denken über die Welt verändert wie kaum ein anderes Buch zuvor oder danach. Im Jahr 2009 wäre Charles Darwin 200 Jahre alt geworden, und die Veröffentlichung seines Hauptwerkes liegt 150 Jahre zurück. Es ist wichtig, sich mit seinen Ideen auseinander zu setzen. Denn das Verständnis der Evolution und ihrer grundlegenden Prozesse ist Voraussetzung für die Beurteilung gesellschaftlich relevanter Diskussionen, etwa über den Verlust biologischer Vielfalt oder über die Veränderung von Lebewesen mit gentechnischen Methoden.



Botanische Gärten sind wichtige Instrumente für Wissenschaft, Forschung, Bildung und Naturschutz.

Der Verband Botanischer Gärten stellt mit der Ausstellung „Darwins Garten – Evolution entdecken“ einen weitgehend unbekanntem Aspekt in den Mittelpunkt: Charles Darwin ist nicht nur der Begründer der modernen Evolutionstheorie, er war auch ein bedeutender Botaniker. Auf seiner Weltreise mit der „Beagle“ sammelte er Pflanzen und untersuchte ihre geographische Verbreitung. Nach seiner Rückkehr entdeckte Darwin mit klugen Experimenten und exakten Beobachtungen faszinierende Facetten der Blütenbiologie, erforschte die kaum wahrnehmbaren Bewegungen der Pflanzen und beschrieb als einer der ersten die Biologie der fleischfressenden Pflanzen.

Darwins botanische Forschung kann aber nicht isoliert betrachtet werden. Sie steht in engem Zusammenhang mit seiner Vorstellung von der Evolution der Arten und sollte seine Theorie untermauern. Daher bietet ein Blick auf Darwins botanische Arbeiten einen spannenden und überraschend klaren Zugang zu seiner Evolutionstheorie. Dies zu verdeutlichen ist die Intention der Ausstellung. Die Pflanzenvielfalt der Botanischen Gärten bietet dafür ideale Voraussetzungen.

I think

Do you mean to be Darwin's garden? I think so. I think Darwin's garden is a very important part of his theory of evolution. I think Darwin's garden is a very important part of his theory of evolution. I think Darwin's garden is a very important part of his theory of evolution.

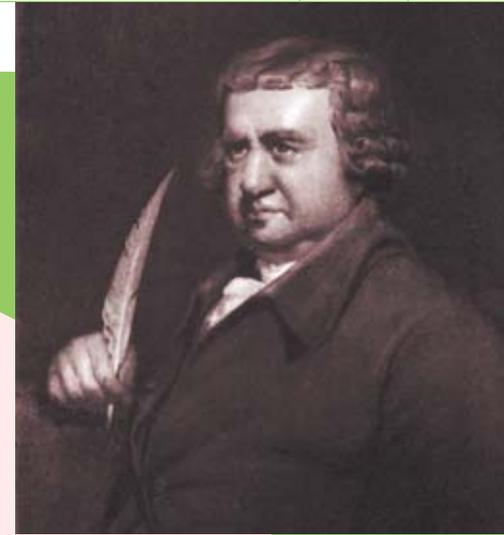
Do you mean to be Darwin's garden? I think so. I think Darwin's garden is a very important part of his theory of evolution. I think Darwin's garden is a very important part of his theory of evolution. I think Darwin's garden is a very important part of his theory of evolution.

Do you mean to be Darwin's garden? I think so. I think Darwin's garden is a very important part of his theory of evolution. I think Darwin's garden is a very important part of his theory of evolution. I think Darwin's garden is a very important part of his theory of evolution.



DARWIN IST DER BEGRÜNDER DER MODERNEN EVOLUTIONSTHEORIE

Darwin war 50 Jahre alt, als am 24. November 1859 sein Hauptwerk *Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl* erschien. Nach seiner universitären Ausbildung zum Theologen und der Weltumsegelung auf der „Beagle“ hatte er sich seit etwa 1838 als Privatgelehrter mit der Frage nach der Entstehung der Arten beschäftigt. Er hatte erkannt, dass die Arten nicht, wie man damals allgemein annahm, konstant sind, sondern sich im Laufe der Zeit verändern. Dieser Gedanke war nicht neu: Bereits sein Großvater, Erasmus Darwin, hatte über die gemeinsame Abstammung aller Tiere von einem wurmähnlichen Meeresbewohner spekuliert. Der Franzose Jean Baptiste Lamarck war ebenfalls von der Evolution überzeugt gewesen. Er hatte vermutet, dass sich Veränderungen der Lebewesen durch Gebrauch oder Nichtgebrauch von Organen ergaben und dass sich diese erworbenen Veränderungen vererben.



Erasmus Darwin
(1731–1802)



Jean Baptiste Lamarck
(1744–1829)

Sehr wichtig war der Einfluss des Geologen Charles Lyell auf Darwin, der davon ausging, dass die natürlichen Prozesse, die die Erde gegenwärtig verändern, auch in der Vergangenheit wirksam waren. Ein Schlüsselerlebnis war für ihn auch die Lektüre der Werke des Nationalökonom Thomas Malthus (1766–1834) zu Fragen des Bevölkerungswachstums und der Konkurrenz um Ressourcen in der menschlichen Gesellschaft.



Charles Lyell
(1797–1875)



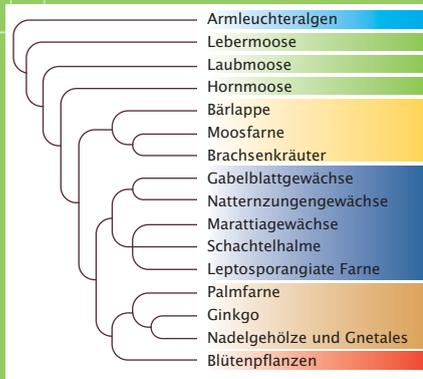
Alfred Russel Wallace
(1823–1913)

Obwohl Darwin seit 20 Jahren an seiner Theorie feilte, war er noch nicht zu einer Veröffentlichung bereit. Aber als ihm 1858 von der indonesischen Insel Ternate ein Manuskript des Naturforschers Alfred Russel Wallace übersandt wurde, in dem eine Evolutionstheorie formuliert war, die mit seiner eigenen übereinstimmte, musste er handeln: Innerhalb weniger Monate schrieb er sein fast 500seitiges Buch über die Entstehung der Arten nieder, das eines der wichtigsten Bücher der menschlichen Geschichte wurde.





EVOLUTION IST NICHT ZIELGERICHTET



Aktueller Stammbaum der Landpflanzen basierend auf DNA-Daten



Lebermoos (*Marchantia*)



Leptosporangiatier Farn (*Dryopteris*)

Alle lebenden Organismen sind im Laufe der Erdgeschichte durch allmähliche Abwandlungen aus gemeinsamen Vorfahren entstanden. Dieser Kerngedanke in Darwins Werk wird in den Naturwissenschaften als Tatsache anerkannt. Aber was treibt die Evolution an und wie kommt es zur Entstehung neuer Arten? Darwins Evolutionstheorie gibt darauf die Antwort. Sie besagt, dass die Evolution im Wesentlichen von zwei Faktoren bestimmt wird: Alle Organismen bringen einen Überschuss an Nachkommen hervor, die sich geringfügig voneinander unterscheiden. Aber nicht alle Nachkommen werden im „Ringens ums Überleben“ („struggle for existence“) in gleichem Maße erfolgreich sein. Einige werden besser mit den Lebensbedingungen zurechtkommen und sich daher stärker vermehren. Darwin nannte diesen Prozess „natural selection“. Über viele Generationen kann die natürliche Selektion bewirken, dass sich die Merkmale einer Art verändern.

Die genetischen Grundlagen der Vererbung waren Darwin noch nicht bekannt. Heute wissen wir sehr genau, wie Veränderungen auf genetischer Ebene durch Mutation und durch die Neukombination der Erbanlagen bei der Fortpflanzung (Rekombination) entstehen. Die Mehrzahl der genetischen Veränderungen sind nachteilig oder neutral und werden durch die Selektion nicht begünstigt. Aber in seltenen Fällen erweisen sich neue Varianten als vorteilhaft und ermöglichen ihren Trägern eine höhere Fortpflanzungsrate. Bleibt eine vorteilhafte Variante auf eine einzelne Population beschränkt, kann dies der Ausgangspunkt für die Entstehung einer neuen Art sein. Aber auch die zufällige Verschiebung der Häufigkeit bestimmter Genvarianten (genetische Drift) kann die Evolution einer Art beeinflussen.

Entscheidend ist, dass Evolution kein geradliniger Prozess ist. Und noch wichtiger, Evolution verläuft nicht zielgerichtet, auch wenn sie über lange Zeiträume in kleinen Schritten meist zu einer höheren Komplexität der Organismen führt.



Kieferngewächs (*Cedrus*)

basale Ordnungen

Monokotyledonen

Eudikotyledonen

Kernendikotyledonen



Lippstadt Feb 12, 1879
My dear Sir
It cannot pass this day in which you accomplish the 70th year of your wonderfully rich life without sending to you my heartiest congratulations and the cordial wish that a long and serene evening of life may be destined to you.
It is very welcome to me that by your kind mediation my articles has been disseminated to the Linnean Society.

DARWIN WAR KEIN AUSGEBILDETER BOTANIKER

Yours very sincerely,
Hermann Müller



John Stevens Henslow (1796–1861)

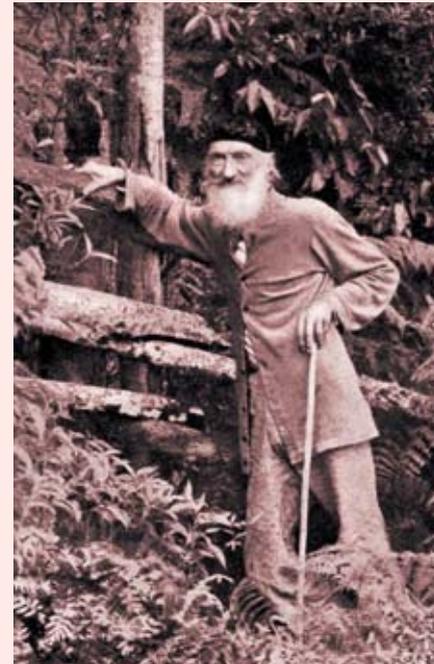
„Aber ich studierte keine Botanik!“ – so oder auf ähnliche Weise stellte Darwin immer wieder klar, dass er sich nicht als professionellen Botaniker betrachtete. Und damit hatte er nicht ganz Unrecht. Nach seinem abgebrochenen Medizinstudium in Edinburgh studierte Darwin 1828–1831 Theologie in Cambridge, hörte aber, wie auch schon vorher, geologische, mineralogische und biologische Vorlesungen. Zentrale Figur in dieser Zeit war John Stevens Henslow, ordinerter anglikanischer Geistlicher, Professor der Geologie und Mineralogie und später der Botanik. Darwin hörte Vorlesungen bei ihm und nahm an seinen Exkursionen und Soireen teil und erwarb dabei zumindest botanisches Grundwissen.

Nach der Rückkehr nach England bearbeitete Joseph Dalton Hooker, der einflussreichste und wichtigste Botaniker Englands dieser Zeit, die Aufsammlungen Darwins aus Patagonien, Feuerland und vor allem von den Galapagosinseln. Darüber wurde er Darwins Freund und vor allem sein botanischer und wissenschaftspolitischer Ratgeber. Darwin verdankte dem langjährigen Direktor der Royal Botanic Gardens Kew neben vielen Ratschlägen auch immer wieder Pflanzen für eigene Studien.



Joseph Dalton Hooker (1817–1911)

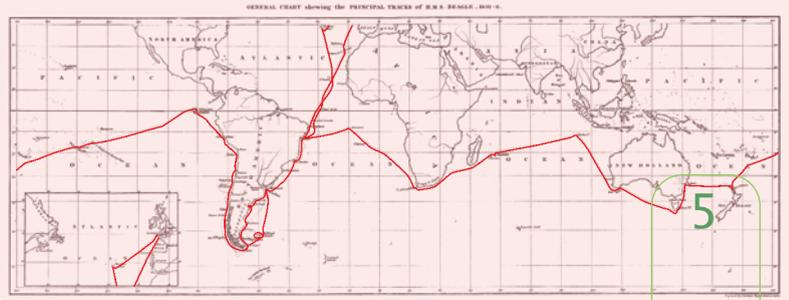
Eine ganze Reihe von Korrespondenzpartnern versorgte den genialen „Netzwerker“ und unermüdlichen Briefschreiber mit Informationen und Anregungen. Zu nennen wären Asa Gray, Botaniker in Harvard, der Blütenbiologe Hermann Müller (Lippstadt; 1829–1883) und sein auf allen Feldern der Biologie forschender Bruder Fritz, der in Brasilien lebte. Händler, Liebhaber und Züchter versorgten Darwin mit Pflanzen. Umgekehrt würdigte er in seinen Veröffentlichungen meist diese Partner und war ihnen Ideengeber. Darwin verstand es in seinen Briefen, überschwänglichen Dank und hohe Wertschätzung zu äußern, dabei aber nachdrücklich seine Wünsche klar zu machen.



Fritz Müller (1821–1897)



Asa Gray (1810–1888)



Reiseroute der Beagle 1831–1835

DARWIN REIST ALS NATURFORSCHER UM DIE WELT

Von **Dezember 1831** bis Oktober 1836 umsegelte Charles Darwin auf eigene Kosten als Naturforscher auf dem Vermessungs- und Forschungsschiff „Beagle“ die Welt. Seine Reise brachte ihn auf die Kapverden, nach Südamerika und Feuerland, zu den Galapagosinseln, nach Neuseeland, Australien und Tahiti, sowie nach Mauritius und Südafrika. Angeregt durch seinen Mentor, den Pfarrer und Botaniker John Stevens Henslow, sammelte und präparierte Darwin auf seiner Reise unter anderem zahlreiche Belege von Pflanzen, Flechten und Pilzen. Seine Hauptinteressen waren jedoch Geologie und Zoologie, denn Darwin hielt sich selbst für einen schlechten Botaniker: „Ich wusste nicht mehr von den Pflanzen, die ich gesammelt hatte, als der Mann im Mond,“ schrieb er an Henslow. Insgesamt sammelte er über 5.400 Objekte. Der Reisebericht Darwins war und ist einer seiner großen Bucherfolge.

Die **umfangreiche Pflanzensammlung**, die Darwin von seiner Weltreise mitbrachte, stieß bei den Botanikern in seiner Heimat auf reges Interesse. Die Belege von den Galapagosinseln waren besonders wertvoll. Sie enthielten etwa 200 überwiegend unbekannte Arten, die später durch Joseph Dalton Hooker, mit dem Darwin eine lebenslange Freundschaft verband, beschrieben wurden.

Darwin stellte fest, dass sich die Arten gleicher Pflanzengattungen von Insel zu Insel teilweise deutlich unterschieden. Dies ließ ihn schon bald an der Unveränderlichkeit der Arten zweifeln. Denn nach gängigen Vorstellungen erforderten weit über die Erde und über Inseln verbreitete Arten viele voneinander unabhängige Schöpfungsakte. Letztlich waren es diese Überlegungen, die ihn dazu brachten, über „Transmutation“, wie er anfangs die Evolution nannte, nachzudenken. Andere Forschungsthemen, die sich für ihn daraus ergaben, waren die Pflanzengeographie und die Fernausbreitung von Pflanzen z.B. durch Drift im Meerwasser oder an den Füßen und im Gefieder von Vögeln.

Published by Henry Colburn, Great Marlborough Street, 1839



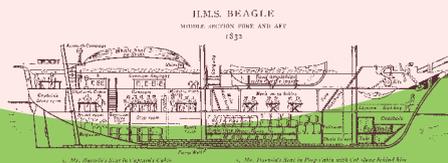
Die Beagle in der Magellanstraße, im Hintergrund die vergletscherten Berge Feuerlands.



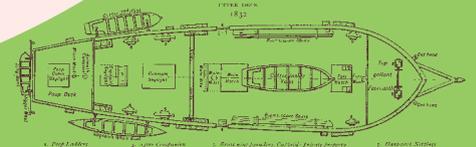
Maihueniopsis darwinii, von Darwin im Januar 1834 in Patagonien, nahe Puerto Deseado entdeckt.



Alter Herbarbeleg von *Berberis darwinii*. Das links unten aufgeklebte Exemplar wurde von Darwin 1834 auf der Insel Chiloe gesammelt.

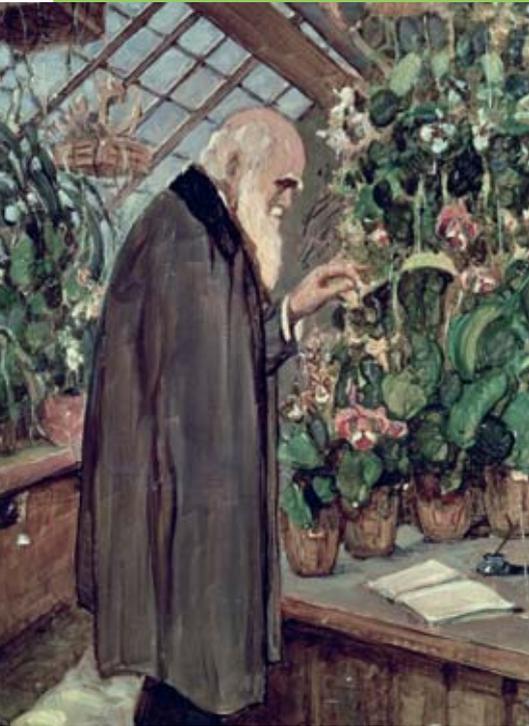


„H.M.S. Beagle“: 30 m lang und etwa 70 Mann Besatzung





DARWIN FORSCHT IN SEINEM GARTEN UND GEWÄCHSHAUS



Charles Darwin in seinem Gewächshaus – konstruierte Situation im Gemälde von John Collier, 1850–1934



Die Gartenfront von Down House



Darwins Gewächshaus im Garten von Down House

Nach seiner fünfjährigen Weltumsegelung auf der „Beagle“ (1831–1836) unternahm Darwin keine größere Reise und verließ auch England nicht mehr. Die Jahre bis 1842 verbrachte er überwiegend in London, dann bezog er Down House in Kent, wo er 40 Jahre bis zu seinem Tod lebte. Eigene Forschungsarbeiten fanden in der Umgebung seines Hauses, in seinem etwa 6,5 ha großen Garten, in seiner Wohnung und in einem eigenen Gewächshaus statt. So untersuchte er im Zusammenhang mit der Besiedelung von Inseln die Überlebensfähigkeit von Samen in Meerwasser. Dazu verbrachte er Samen in große Bottiche, die mit Salzwasser gefüllt waren, und beobachtete anschließend deren Keimverhalten. So konnte er belegen, dass ein langer Seetransport möglich ist. Damit widerlegte er die Doktrin von unabhängigen Schöpfungsakten von Arten, die auf weit voneinander oder vom Festland entfernten Inseln vorkommen.

Für die Kultur seiner Versuchspflanzen gehörten eigens Gärtner zum Hauspersonal. Daneben beschäftigte er seine Kinder in unterschiedlichem Maß bei Versuchen und Beobachtungen. So war Sohn Francis (1848–1925; ab 1888 Professor für Botanik in Cambridge) zeitweise sein offizieller Assistent und forschte mit ihm an pflanzlichen Bewegungen und Karnivoren.

Schon gleich nach dem Bezug des Hauses brachte Darwin Steine im Garten aus und beobachtete und protokollierte über fast 40 Jahre hinweg ihr – ausgelöst durch die Aktivität von Bodenorganismen – langsames Verschwinden im Boden. Das letzte Buch des großen Naturforschers aus dem Jahr 1881 ist der Humusbildung durch Regenwürmer gewidmet (*The formation of vegetable mould, through the action of worms*). Es zeigt detaillierte Abbildungen von Gängen und riesige Kothäufchen tropischer Regenwürmer.

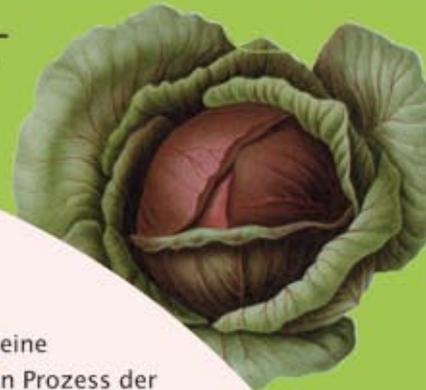


Kothäufchen eines tropischen Regenwurms



Darwin im Gewächshaus: © Bridgeman Art Library Ltd. Berlin | Foto Down House: Gary Shield
Foto Gewächshaus: Paul Devall | Kothäufchen aus: Darwin, C. (1881), *The formation of vegetable mould* | Buchfoto: Doris Franke

DIE GESCHICHTE DER KULTURPFLANZEN BELEGT DIE HOHE VARIABILITÄT DER ARTEN



Vierte Auflage der deutschen Übersetzung (1906–1910)



Der Mensch hat in den vergangenen 10.000 Jahren eine enorme Vielfalt an Kulturpflanzen gezüchtet. Durch den Prozess der Domestizierung haben sich die Nutz- und Zierpflanzen zum Teil erheblich von ihren Wildpflanzen-Vorfahren entfernt. Darwin hat sich intensiv mit der Züchtung von Tierrassen und Kulturpflanzen auseinandergesetzt und 1868 ein zweibändiges Werk zu diesem Thema veröffentlicht. Er sah in der vom Menschen stetig wiederholten Auswahl von Varietäten mit günstigen Eigenschaften eine Analogie zur natürlichen Selektion. Allerdings wählt der Mensch bei der Züchtung gezielt bestimmte Varianten aus, während die natürliche Selektion keinem Plan folgt.

Als Beispiel für Kulturpflanzen beschreibt Darwin unter anderem die verschiedenen Sorten des Gemüsekohls. Wie so oft führt Darwin auch in diesem Fall eigene Untersuchungen durch: Er pflanzt in seinem Garten mehrere Kohlsorten nebeneinander und lässt sie sich gegenseitig bestäuben. Aus den daraus gewonnenen Samen zieht Darwin 233 Sämlinge heran, deren Entwicklung er untersucht. Keine dieser gekreuzten Kohlpflanzen stimmt mehr genau mit den ursprünglichen Kohlsorten überein, meist sind sie minderwertig. Da alle Kohlsorten untereinander kreuzbar sind, vermutet Darwin, dass sie durch Selektion aus einer einzigen Art entstanden sind. Ihre Merkmale vererben sich aber nur solange stabil, wie keine Kreuzung mit anderen Kohlsorten stattfindet.



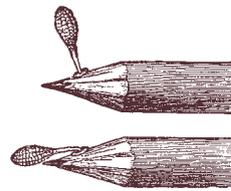
Wild-Kohl auf Helgoland



Gemüsekohl-Sorten auf dem Wochenmarkt

Die Entstehungsgeschichte der verschiedenen Gemüsekohl-sorten (Weißkohl, Rotkohl, Blumenkohl, Brokkoli, Wirsing, Kohlrabi, Markstammkohl, Grünkohl, Rosenkohl) ist bis heute nicht restlos geklärt. Die Ursprungsart, *Brassica oleracea*, kommt in unterschiedlichen Formen im Mittelmeergebiet, von der französischen Atlantikküste bis nach Südengland und auf Helgoland vor. Bereits die Griechen und Römer kultivierten unterschiedliche Sorten, die wahrscheinlich auf verschiedene Wildformen zurückgingen.

Foto Wild-Kohl: Kurt Kulac, Wikipedia | Foto Gemüsekohl: Ralf Omlor | Illustration Kohlköpfe aus: Album Benary, Manuscriptum, 2004



Bewegung des Stielchens der Pollenpakete beim Stattlichen Knabenkraut

Blütenstand des Stattlichen Knabenkrauts (*Orchis mascula*)



DARWIN BEGRÜNDET DIE BLÜTENBIOLOGIE NEU



Darwins Lektüre 1841: Das erste Buch zur Blütenbiologie von Christian Konrad Sprengel (1796)

Eines der Hauptthemen des „Botanikers“ Darwin war die Blütenbiologie. Er gilt als einer der Pioniere dieses Wissenschaftszweiges, der 1793 durch den Spandauer Gymnasialrektor Christian Konrad Sprengel (1750–1816) mit seinem damals kaum beachteten Werk *Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen* begründet worden war. Auch Darwin studierte es sehr aufmerksam. Schon früh beschäftigte sich Darwin mit Blüten – anfangs vor allem mit denen der Orchideen – und studierte deren Variabilität und Funktion. Den Blüten der Orchideen widmete er 1862 sein erstes Buch nach der „Entstehung der Arten“.

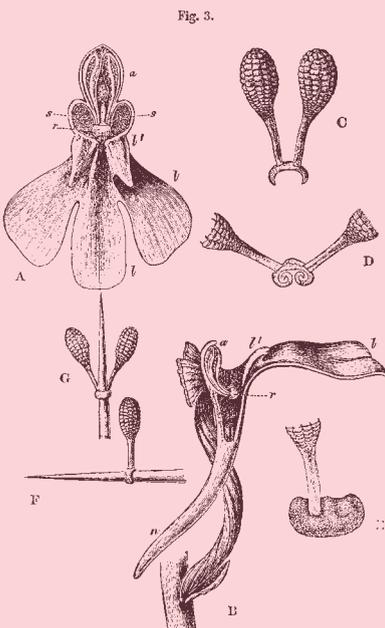
Was interessierte Charles Darwin hier so besonders?

- Die Vertreter der einzelnen Arten waren außerordentlich variabel und boten Gelegenheit, die Veränderlichkeit der Arten und die oft undeutlichen Grenzen zwischen ihnen zu studieren.
- Zu Darwins Zeit galten besonders die Orchideen als ausschließlich sich selbst bestäubend. Dies widersprach Darwins Vorstellungen generell und auch der von ihm beobachteten Komplexität der Blüten und konnte von ihm widerlegt werden.
- Welche Anpassungen zeigen Orchideen an ihre Bestäuber und umgekehrt?

Ein besonderer Coup war die Vorhersage der Existenz eines langrüsseligen Nachtfalters, der den extrem langspornigen „Stern von Madagaskar“ (*Angraecum sesquipedale*) bestäubt. Auf Spott und Unglaube folgte dann Erstaunen, als dieser Schwärmer (*Xanthopan morgani* forma *praedicta* – dabei bedeutet *praedicta* „der Vorausgesagte“!) 30 Jahre später tatsächlich gefunden wurde. Aber erst vor gut zehn Jahren konnte der nachtaktive Schmetterling in Madagaskar dabei beobachtet werden, wie er Nektar mit seinem langen Rüssel aus dem bis zu 30 cm tiefen Sporn saugt. Schwärmer und Blüte sind ein eindrucksvolles Beispiel für gegenseitige Anpassungen und die gemeinsame Evolution zweier Organismen (Koevolution).



Xanthopan morgani besucht *Angraecum sesquipedale*



Struktur- und Funktionsanalyse der Blüten der Pyramiden-Spitzorchis (*Anacamptis pyramidalis*) aus Darwins Orchideenbuch von 1862

Fig. 10.

VERMEIDUNG VON SELBSTBESTÄUBUNG IST DER SCHLÜSSEL ZUM VERSTÄNDNIS VIELER BLÜTEN

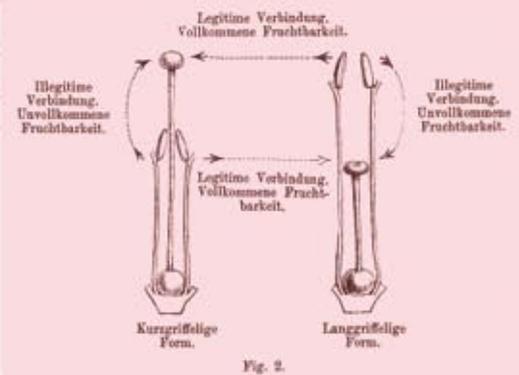
Darwins Buch von 1877 über Heterostylie und ähnliche Phänomene



Das **Orchideenbuch Darwins**, das die Blütenbiologie neu belebt hat, schließt mit der Feststellung: „Es ist kaum eine Übertreibung, wenn wir sagen, dass die Natur uns hier mitteilt, und zwar in der emphatischsten Weise, dass sie eine ständige Selbstbefruchtung verabscheut.“ Immer wieder versuchten Darwin und die von ihm in diesem Sinne angeworbenen Kollegen, dies an immer neuen Beispielen nachzuweisen.

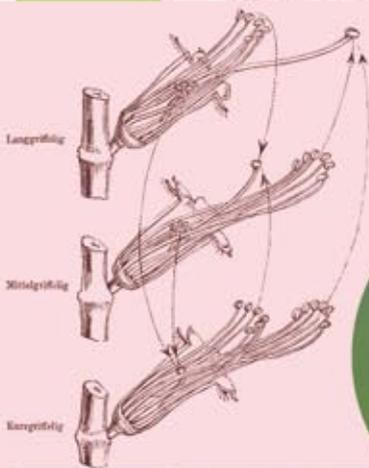


In diesen Zusammenhang gehört auch die Entdeckung, auf die Charles Darwin zeitlebens sehr stolz war: „Dass ich aufklären konnte, welche Bedeutung die Heterostylie von Pflanzen hat, macht mir so viel Freude wie keine meiner kleinen Entdeckungen sonst.“ Was verbirgt sich hinter dieser großen Freude? Schon früher war bekannt, dass es bei Primeln Formen mit langen und andere mit kurzen Griffeln gibt. Dies bezeichnet man als Heterostylie – Verschiedengriffeligkeit (griechisch *stylos* – Griffel). Darwin untersuchte dieses Phänomen ab 1860 und ließ – besonders auch seine Kinder – Primelblüten sammeln. Er wies nach, dass beide Formen im gleichen Verhältnis vorkamen und nur eine Bestäubung zwischen beiden Formen zu einem Samenansatz führte. Darwin stellte dies ganz richtig in den Zusammenhang mit der Sicherung der Fremdbestäubung.



Zwei Griffelformen (Distylie) bei Primeln

Auch ein wesentlich komplexerer Fall konnte von ihm geklärt werden: Der Blutweiderich (*Lythrum salicaria*) besitzt sogar drei unterschiedliche Blütenformen. Auch hier ist eine erfolgreiche Bestäubung nur zwischen den verschiedenen Formen möglich. Diese „Tristylie“ sichert ebenfalls die Fremdbestäubung und damit – so würden wir es heute formulieren – die Durchmischung des Erbgutes. Darwin konnte damit zeigen, dass die Blüten sowohl Produkte als auch Werkzeuge der Evolution sind.



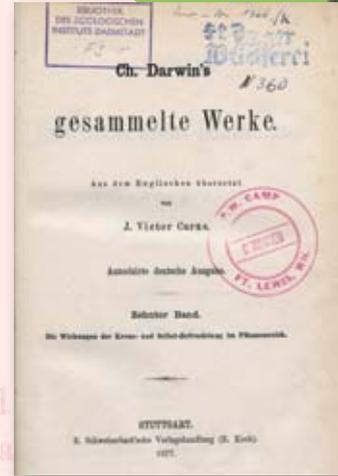
Drei Griffelformen (Tristylie) beim Blutweiderich

Zeichnungen aus Darwin, C. (1877), Die verschiedenen Blütenformen | Foto Primel: Stefan Schneckenburger | Foto Blutweiderich: U.H. Mayer

SELBSTBEFRUCHTUNG VERRINGERT DIE VITALITÄT DER NACHKOMMEN

Darwin hatte mit seinen Untersuchungen zur Bestäubungsbiologie gezeigt, dass viele Pflanzen über Einrichtungen verfügen, um die Selbstbefruchtung ihrer Blüten zu verhindern. Es war offensichtlich, dass Fremdbefruchtung sehr wichtig für die Pflanzen ist. Aber was ist der Nachteil von Selbstbefruchtung? Diese Frage versuchte er mit aufwändigen Kreuzungsversuchen zu klären. Mehr als elf Jahre lang führte er an verschiedenen Pflanzenarten immer wieder Selbst- und Fremdbestäubungen durch und verglich die daraus entstandenen Nachkommen. Seine überraschenden Ergebnisse veröffentlichte er 1876 unter dem Titel *The effects of cross and self fertilisation in the vegetable kingdom*.

Die Wirkung der Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich erschien 1877 als Band 10 der von Victor Carus übersetzten *Gesammelten Werke* Darwins.



Purpur-Prunkwinde (*Ipomoea purpurea*)

Eine seiner Versuchspflanzen war die Purpur-Prunkwinde, *Ipomoea purpurea*. Darwin begann seine Versuchsreihe mit einer einzelnen Pflanze. Er bestäubte zehn Blüten dieser Pflanze mit ihrem eigenen Pollen und zehn weitere Blüten mit Pollen eines anderen Exemplars. Die Samen, die auf diese Weise entstanden, brachte er zur Keimung und pflanzte jeweils einen Sämling aus Selbstbefruchtung und einen aus Fremdbefruchtung zusammen in einen Topf. Dann verglich er das Wachstum dieser Pflanzen. Zu Darwins Überraschung bestand schon in der ersten Generation ein beträchtlicher Unterschied. Die Nachkommen aus Fremdbefruchtung wuchsen stets deutlich höher als die Nachkommen aus Selbstbefruchtung.

Damit hatte Darwin den ersten Beleg für ein Phänomen erbracht, das wir heute als Inzuchtdepression bezeichnen. Darwin hatte allerdings noch keine Möglichkeit, die Ursache für das schwächere Wachstum der selbstbefruchteten Nachkommen zu erklären. Das ist erst durch die moderne Genetik möglich geworden. Heute wissen wir, dass Selbstbefruchtung innerhalb weniger Generationen zu reinerbigen Nachkommen führt, bei denen sich nachteilige Genkombinationen stärker ausprägen als bei Nachkommen verschiedener Eltern.

Zusammenfassung der über zehn Jahre durchgeführten Messungen an Purpur-Prunkwinden nach Selbst- und Fremdbestäubung

Tabelle XVII.
Ipomoea purpurea. Zusammenstellung der Messungen (in Zollen) von den zehn Generationen.

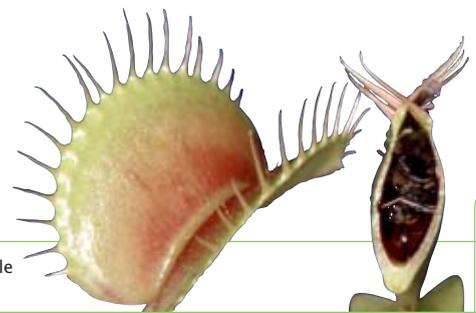
Zeit der Generation	Zeit der ersten Pflanze	Mittlere Höhe der gekreuzten Pflanze	Zeit der selben Pflanze	Mittlere Höhe der selbstbefruchteten Pflanze	Verhältnis zwischen der mittleren Höhe der gekreuzten und selbstbefruchteten Pflanze
Erste Generation Tabelle I.	6	86,00	6	60,56	wie 100 zu 70
Zweite Generation Tabelle II.	6	84,16	6	60,53	wie 100 zu 70
Dritte Generation Tabelle III.	6	77,41	6	52,83	wie 100 zu 68
Vierte Generation Tabelle V.	7	68,78	7	60,14	wie 100 zu 86
Fünfte Generation Tabelle VI.	6	82,54	6	62,30	wie 100 zu 75
Sechste Generation Tabelle VII.	6	87,50	6	62,16	wie 100 zu 72
Siebente Generation Tabelle VIII.	9	83,84	9	68,25	wie 100 zu 81
Achte Generation Tabelle IX.	8	112,25	8	96,65	wie 100 zu 85
Neunte Generation Tabelle X.	14	81,39	14	64,07	wie 100 zu 79
Zehnte Generation Tabelle XI.	5	85,79	5	50,40	wie 100 zu 54
Alle zehn Generationen zusammen genommen	73	85,84	73	66,02	wie 100 zu 77

Alle zehn Generationen zusammen genommen

73	85,84	73	66,02
----	-------	----	-------

Foto Purpur-Prunkwinde: © Karlheinz Knoch | Tabelle XVII aus Darwin, C. (1877), Wirkung der Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich





Venusfliegenfalle

DARWIN ENTDECKT TIERISCHE EIGENSCHAFTEN AN FLEISCHFRESSENDEN PFLANZEN



Bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts war die Existenz von fleischfressenden Pflanzen umstritten. Berichte von angeblicher Karnivorie im Pflanzenreich wurden als „Botanikerlatein“ abgetan. Für Carl von Linné (1707–1778) verstieß dies gegen die gottgewollte Ordnung der Natur. Erst Charles Darwin legte 1875 in seinem Buch *Insectivorous Plants* überzeugend dar, dass die Natur auf diese vermeintliche Ordnung, in der Pflanzen nur als Nahrungsgrundlage vorkommen, in einigen Fällen wohl keine Rücksicht genommen hat.

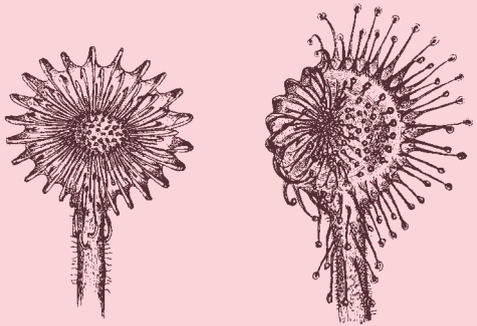


Fig. 4. *Drosera rotundifolia*, Blatt (vergrössert) mit allen Tentakeln dicht einbezogen nach Sinnesreizung in eine Lösung von phosphorsaurem Ammoniak (von Thell) mit SSB Wasser.

Fig. 5. (*Drosera rotundifolia*) Blatt (vergrössert) mit den Tentakeln der einen Seite über ein Schliefchen auf die Scherbe gebrochen. Fleisches eingezogen.

Darwin illustriert die Krümmungsbewegung der Tentakeln am Beispiel des heimischen Rundblättrigen Sonnentaus (*Drosera rotundifolia*).

Darwins Interesse an fleischfressenden Pflanzen wurde im Sommer 1860 geweckt, als er bei einem Spaziergang auf den Blättern des Sonnentaus (*Drosera*) massenhaft gefangene Insekten beobachtete. Durch Experimente erkannte er, dass das Fangblatt mit seinen Tentakeln bei diesen Pflanzen zur Bewegung fähig ist. Und er stellte fest, dass Stückchen von Käse und rohem Fleisch von bestimmten Drüsen auf den Blättern verdaut werden. Darwin kam zu dem Schluss, dass der Sonnentau nur durch die Nährstoffe aus den verdauten Insekten an seinen extrem nährstoffarmen Standorten überleben kann. Auch Pflanzen mit anderen Fangstrategien entlarvte Darwin als Karnivore, so etwa die Venusfliegenfalle (*Dionaea*) oder den Wasserschlach (*Utricularia*) mit seinen komplizierten Saugfallen.



Der Schildförmige Sonnentau (*Drosera peltata*) ist von Indien bis Japan und Australien verbreitet.

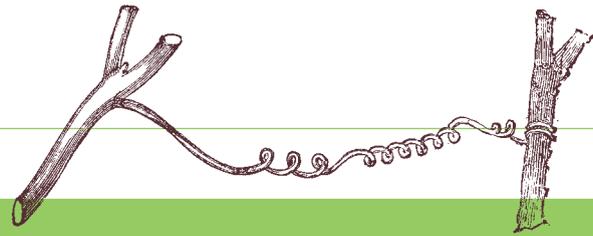
Der südafrikanische Königs-Sonnentau (*Drosera regia*) mit Beute.



Heute kennt man über 600 Arten von fleischfressenden Pflanzen, die mithilfe umgewandelter Blätter Tiere fangen und verdauen. Die Karnivorie hat sich bei Blütenpflanzen mindestens fünfmal unabhängig voneinander entwickelt. Die spannende Frage nach der Signalleitung bei den Fangbewegungen einiger Arten, die auch Darwin brennend interessiert hatte, ist zwar noch nicht restlos geklärt. Aber man weiß heute, dass elektrische Signale wie in den Nervenzellen der Tiere eine entscheidende Rolle spielen.

Zeichnung aus: Darwin, C. (1876), Insectenfressende Pflanzen | Foto Venusfliegenfalle: Wilhelm Barthlott | Fotos Drosera: Ralf Omlor





Änderung der Drehrichtung bei Ranken der Zaunrube (*Bryonia dioica*)

BEWEGUNGEN VON PFLANZEN WAREN FÜR DARWIN EIN HINWEIS AUF EVOLUTION

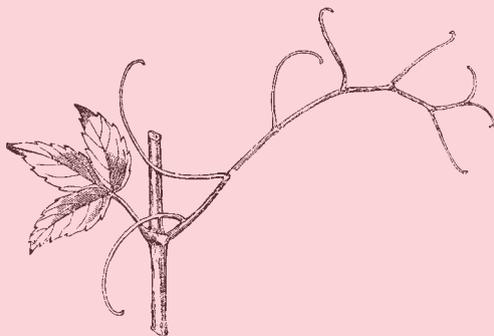


Windende Sproßspitze eines Hundsgiftgewächses (*Matelea*)

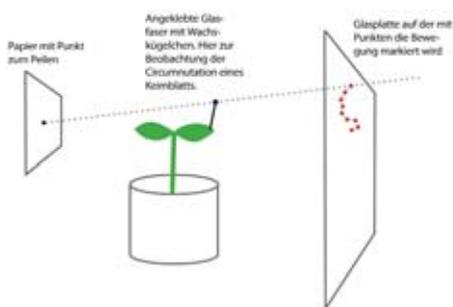
Charles Darwin nahm Anregungen von überall her auf. Sein amerikanischer Kollege Asa Gray veröffentlichte 1858 eine kurze Mitteilung über die besondere Empfindlichkeit der Ranken kletternder Pflanzen gegenüber Berührungen. Daraufhin beschäftigte sich Darwin über zwei Jahrzehnte lang mit Kletterpflanzen und später allgemein mit pflanzlichen Bewegungen. Dabei entdeckte er eine Eigenschaft, die alle von ihm untersuchten Kletterpflanzen kennzeichnet: Immer führt der über seine Stütze hinauswachsende Teil der Kletterpflanze eine kreisförmige Suchbewegung durch.

Ausgehend von diesen Untersuchungen studierte Darwin die pendelartigen Bewegungen, die fast alle Pflanzenteile während ihres Wachstums aufweisen. Diese setzen schon beim jungen Keimling ein und betreffen den Spross und die Keimwurzel. Für diese Bewegungen prägte Darwin um 1880 den noch heute verwendeten Begriff „Circumnutation“ (lat. *circum* – herum, im Kreis, *nutare* – nicken, schwanken). Die Aufklärung der genauen Hintergründe dieser Bewegungen ist immer noch Gegenstand aktueller Forschungen, die auch Experimente im Weltraum beinhalten.

Da Circumnutationen offensichtlich bei nahezu allen Pflanzen vorkommen, folgerte Darwin, dass diese Bewegungen eine ursprüngliche Eigenschaft aller Pflanzen seien, von denen sich andere Bewegungsformen im Verlauf der Evolution entwickelt haben. Obwohl von Darwin nicht ausdrücklich so formuliert, sollten diese Annahmen wohl auch als indirekter „Beweis“ für die gemeinsame Abstammung aller Äste des evolutionären Stammbaums der Pflanzen verstanden werden.

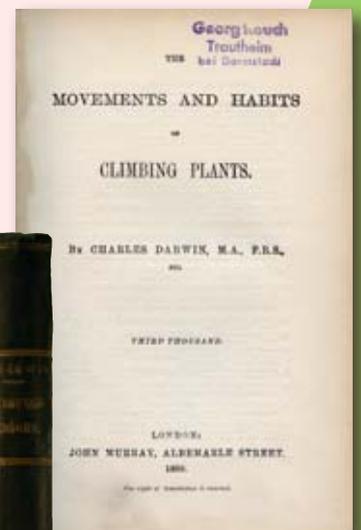


Junge Ranke der Jungfernrebe (*Parthenocissus quinquefolia*)



Darwins eigenwillige Dokumentation der Bewegungen wachsender pflanzlicher Organe

Fig. 11.
Ampelopsis hederacea.



Zeichnungen aus: Darwin C. (1882), Climbing Plants | Foto Matelea: Ralf Omlor | Grafik Bewegungsmessung: Andreas Franzke



Der Schlafbaum (*Albizia julibrissin*)
faltet nachts seine Blätter zusammen.



DARWIN EXPERIMENTIERT MIT SCHLAFENDEN PFLANZEN

Viele Pflanzen verändern nachts die Stellung ihrer Blätter. Meist hängen die Blätter dann herab, als hätte die Pflanze zu wenig Wasser bekommen. Diese „Schlafstellungen“ der Pflanzen waren bereits in der Antike beschrieben worden, und auch Linné hatte ein Buch darüber verfasst.

Aber es blieb Charles Darwin vorbehalten, als erster die Schlafbewegungen experimentell zu untersuchen und ihre Bedeutung zu klären. In seinem Buch *The Power of Movement in Plants* (1880) geht er ausführlich auf dieses Phänomen ein. Indem er jeweils einige Blätter seiner Versuchspflanzen mit feinen Nadeln fixierte und damit ihre Schlafbewegungen verhinderte, konnte Darwin zeigen, dass das Einklappen der Blätter ein wirksamer Schutz vor Kälteschäden in klaren Nächten darstellt. Aber seine Versuche gingen weiter. Er zeichnete die Bewegungen der Blätter über Zeiträume von bis zu 72 Stunden exakt auf. Er war überzeugt, dass es sich hierbei um eine Sonderform der autonomen Kreisbewegungen (Circumnutationen) aller wachsenden Pflanzenorgane handelt.

Junge Sinnpflanze mit ausgebreiteten (links) und zusammengeklappten Blättern (rechts) nach einem Berührungsreiz.



Darwins Aufzeichnung der Bewegungen eines einzelnen Fiederblättchens der Sinnpflanze über 49 Stunden.



Die Fiederblättchen der Sinnpflanze bewegen sich in der Schlafstellung nach oben und schräg nach vorne.

Die eindrucksvollsten Schlafbewegungen zeigen Pflanzen mit besonderen Blattgelenken. Ein Beispiel ist die Sinnpflanze, *Mimosa pudica*, an der Darwin zahlreiche Messungen durchführte. Die Sinnpflanze senkt nachts ihre Blattstiele ab, und die einzelnen Fiederblättchen werden zusammengefaltet. Verursacht wird diese Bewegung vornehmlich durch einen Druckabfall in den Zellen auf der Unterseite der Blattgelenke. Darwin untersuchte an der Sinnpflanze nur die langsamen Schlafbewegungen, nicht aber das abrupte Zusammenklappen der Blätter nach einer Berührung. Dabei ist dies die spannendere Bewegung, denn wie bei den Fangbewegungen einiger Karnivoren wird hier die Erregung offenbar durch ein elektrisches Signal weitergeleitet.



Das Blattgelenk (Pulvinus) ist für die Bewegung verantwortlich.

Fotos Sinnpflanze: Hilke Steinecke | Foto Schlafbaum: Ralf Omlor | Zeichnung aus: Darwin, C. (1919), *Bewegungsvermögen der Pflanzen*

KREATIONISMUS UND INTELLIGENT DESIGN SIND KEINE ALTERNATIVEN



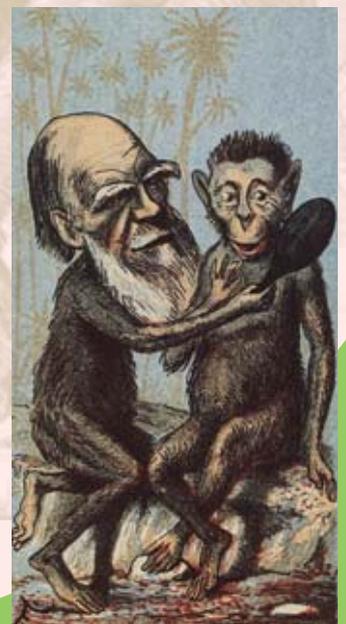
Die Erschaffung Evas, Julius Schnorr von Carolsfeld, 1821



Die Entstehung hochkomplexer Klemmfallenblumen in der Familie der Hundsgiftgewächse (im Bild *Caralluma dioscoridis*) ist als schrittweise Abwandlung einer einfachen funktionalen Vorstufe gut belegt.

Schon zu Darwins Zeit wurde die Erkenntnis, die Lebewesen hätten sich aus einem gemeinsamen Vorfahren entwickelt, besonders von kirchlicher Seite bekämpft. Sie widersprach den in der Schöpfungsgeschichte der Bibel geschilderten Abläufen und hob die Sonderstellung des Menschen auf. Auch heute leugnen fundamentalistisch-religiöse Kreise die Tatsache der Evolution und nehmen die Berichte der Bibel bis hin zu den Zeitangaben wörtlich. Derartiger Kreationismus (lat. *creatio* – Schöpfung) findet viele Anhänger in den USA, aber auch innerhalb fundamentalistisch-islamischer Kreise. In den USA wird vor Gerichten darum gestritten, die biblische Schöpfungsgeschichte („Creation Science“) und die Evolutionslehre gleichberechtigt im naturwissenschaftlichen Unterricht an Schulen zu behandeln.

Ein weiteres, nicht unmittelbar biblisches Argument wurde schon von William Paley (1743–1805), einem der theologischen Referenzautoren Darwins geäußert: Wenn man auf einer Heide eine Taschenuhr findet, muss man notwendig auf einen Uhrmacher, einen „intelligenten Designer“ schließen, der diese Uhr konstruiert hat. Die Zweckmäßigkeit und Komplexität der Lebewesen erzwingt in Augen der Vertreter des „Intelligent Design“ (ID) den Schluss auf ein höheres Wesen als Schöpfer. Eine wichtige Rolle spielt das Argument der „irreduziblen Komplexität“ – Strukturen, bei denen der Ausfall eines Bauteils einen völligen Funktionsverlust zur Folge hätte. Mit diesem Argument wird deren schrittweise Entstehung ausgeschlossen und zur Erklärung der Eingriff eines „intelligenten Designers“ angeführt. Ein derartiger Ansatz erklärt aus naturwissenschaftlicher Sicht nichts und ist keine Alternative zu den Modellen der Evolutionstheorie, die – notwendigerweise – an der einen oder anderen Stelle noch lückenhaft sind. Doch gibt es zwischen Biologie und Religion jenseits dieser wissenschaftlich wie theologisch nicht ernst zu nehmenden Argumentation durchaus einen fruchtbaren Dialog.



Darwin-Karikatur, The London Sketch Book, 1874



Anstelle der zeitraubenden Suche im „Index“: sekundenschnelle Online-Abfragen bei www.ipni.org

INDEX KEWENSIS

AN ENUMERATION OF THE GENERA AND SPECIES OF THE FLOWERING PLANTS

DARWIN FINANZIERT DAS REGISTER DER PFLANZENNAMEN

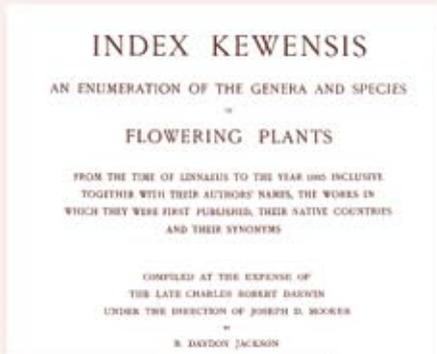


Berberis darwinii aus Patagonien – eine der schönsten Berberitzen

Grundlage jeder wissenschaftlichen Arbeit mit lebenden Organismen ist die korrekte Verwendung von Namen. Andernfalls ist eine Verständigung von Wissenschaftlern über ihre Untersuchungsobjekte nicht möglich. Das erfuhr Darwin schmerzlich auf seiner Beagle-Reise, da damals verlässliche Referenzlisten für Artnamen nicht existierten. Die wissenschaftlichen Namen, die im Tier- und Pflanzenreich auf Carl von Linné zurückgehen, bilden die Grundlage derartiger Listen. In den *Species Plantarum*, dem Basiswerk der Namensgebung von Pflanzenarten, wurden 1753 etwa 5.900 Artnamen festgelegt.

In den darauf folgenden Jahrzehnten wurden hunderte neuer Arten beschrieben und benannt, und die *Species Plantarum* hatten als aktuelles Referenzwerk ausgedient. Ersetzt wurde das Werk 1821–1824 durch den *Nomenclator botanicus* des Arztes Ernst Gottlieb von Steudel, der etwa 40.000 Arten auflistete. Die ungeheure Menge neuer Arten, die in der Zeit der kolonialen Ausdehnung der Europäer und der Erschließung neuer Kontinente bekannt wurde, erforderte ein neues Referenzwerk. Und in diesem Prozess war die „Beagle“ mit dem jungen Darwin eben auch ein kleines Mosaiksteinchen – immerhin waren fast alle von Darwin auf den Galapagosinseln gesammelten Arten neu für die Wissenschaft. Joseph Dalton Hooker, Direktor von Kew Gardens, eine der größten botanischen Sammlungen der Welt, bat seinen langjährigen Freund Charles Darwin um finanzielle Unterstützung des großen Projektes einer neuen Referenzliste. Diese sagte Darwin zu und sicherte dieses „Sponsoring“ auch in seinem Testament ab. Ergebnis war der monumentale „Index Kewensis“, der 1883 in zwei Grundbänden erschien, die etwa 400.000 Namen enthielten und durch 20 Ergänzungsbände bis 1996 immer wieder erweitert wurden.

Darwins Name wird immer mit diesem Index verbunden bleiben und belegen, dass ihm auch ganz praktische Dinge sein eigenes Geld wert waren.



PREFACE

SHORTLY before his death, Mr. Darwin informed me of his intention to devote a considerable sum to aid or furtherance of some work of utility to biological science; and to provide for its completion, should this not be accomplished during his lifetime. He further advised me that the difficulties he had experienced in accurately designating the many plants which he had studied, and ascertaining their native countries, had suggested to him the compilation of an Index to the Names and Authorities of all known Flowering Plants and their Countries, as a work of supreme importance to Students of Systematic and Geographical Botany, and to Horticulturists, and as a fitting mode of fulfilling his intention.

I have only to add that, at his request, I undertook to direct and superintend such a work; and that it is being carried out at the Herbarium or one Botanic Garden, Kew, with the aid of the staff of that establishment.

JOS. D. HOOKER

Titel und Vorwort des „Index Kewensis“ mit einer Würdigung Darwins als Sponsor

only to add that, at his request, I undertook and that it is being carried out at the Herbarium, with the aid of the staff of that establishment.

Fotos: Stefan Schneckenburger



Die Bände des „Index Kewensis“ – über ein Jahrhundert lang unverzichtbares Hilfsmittel auch in Botanischen Gärten

DARWINS GARTEN

Die botanische Forschung Darwins bietet einen guten Zugang zu seiner Evolutionstheorie. Diese These stand am Anfang unserer Ausstellung. Unser Ziel war es, Ihnen einen weitgehend unbekanntem Charles Darwin vorzustellen, der zur Untermauerung seiner Theorie mit unbändiger Neugier, genialer Kreativität und kaum vorstellbarer Ausdauer botanische Themen erforscht hat.

Die Originalität seines Denkens wird in den botanischen Arbeiten sofort erkennbar. Das macht es lohnend, sich auch heute noch mit ihnen auseinanderzusetzen. Und es zeigt, mit welchen einfachen Mitteln jeder von uns grundlegende Prinzipien der Evolution in der Natur entdecken kann.

Darwin konnte sich den Luxus leisten, als Privatgelehrter in seinem eigenen Garten und Gewächshaus zu forschen. In dieser Form findet botanische Forschung heute nicht mehr statt. „Darwins Garten“, diese Funktion nehmen heute die etwa 2.500 Botanischen Gärten in aller Welt wahr. Allein in Deutschland gibt es mehr als 90 Botanische Gärten, die umfangreiche Sammlungen lebender Pflanzen kultivieren, um Aufgaben in den Bereichen Forschung und Lehre, der Bildung und des Arten- und Naturschutzes zu erfüllen. Zusammen kultivieren sie etwa 50.000 Pflanzenarten, die auf diese Weise für Wissenschaft und Weiterbildung zugänglich sind.

Die im Verband Botanischer Gärten zusammengeschlossenen Gärten zeigen mit „Darwins Garten – Evolution entdecken“ erstmals eine gemeinsame Ausstellung. Sie ist zeitgleich in 35 Botanischen Gärten, in Aachen, Augsburg, Bielefeld, Berlin, Bochum, Bonn, Braunschweig, Bremen, Chemnitz, Darmstadt, Dresden, Düsseldorf, Erlangen, Frankfurt (Universität), Freiburg, Hamburg, Heidelberg, Kiel, Köln, Krefeld, Leipzig, Mainz, Marburg, München, Münster, Oldenburg, Osnabrück, Potsdam, Regensburg, Stuttgart (Wilhelma), Tübingen, Ulm, Wilhelmshaven, Wuppertal und Würzburg zu sehen.

Charles-Darwin-Weg
Naturforscher, Begründer der modernen Evolutionstheorie, botanische Forschung. (* 1809 in Shrewsbury, † 1882 in Down)

Darwin-Weg im Botanischen Garten der Universität Mainz



JOHANNES
GUTENBERG
UNIVERSITÄT
MAINZ



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Autoren der Ausstellung und Konzeption

- PD Dr. Stefan Schneckenburger, Botanischer Garten der Technischen Universität Darmstadt
- Dr. Ralf Omlor, Botanischer Garten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

unter Mitarbeit von

- Dr. Andreas Franzke, Botanischer Garten der Universität Heidelberg
- Dr. Cornelia Löhne, Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem
- Dr. Sabine Etges, Botanischer Garten der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
- Dr. Kai Müller und Simon Poppinga, Nees Institut für Biodiversität der Pflanzen, Universität Bonn

Gestaltung

- Doris Franke, Diplom-Designerin, Seeheim-Jugenheim

Foto Gewächshaus: Peter Thomas | Foto Darwin-Weg: Ralf Omlor

Mit freundlicher Unterstützung von



B•R•A•I•N

www.verband-botanischer-gaerten.de



Verband
Botanischer
Gärten