

## Schwerpunkt :: Darwin



Thema  
Rund ums Darwin-Jahr

Thema  
Darwins evolutionärer  
Humanismus

Thema  
Wie Orchideenblüten  
Insekten-Männchen  
täuschen

Thema  
Optische Kommunikation  
bei Anuren

*C Darwin*

*H. M. S.*

*Deayle*

### Im Fokus :: Aktuelle Forschung

kurz & bündig  
Eine globale Datenbank für Tierbewegungen

kurz & bündig  
Die DNA der Neandertaler

Wissenschaft und Schule  
Biologie Olympiade 2010

Schulprojekte  
Krebsvorbeugende Auberginen

# :: Inhalt

Zum Thema

## 04 :: Das Bioskop 2009

Das Bioskop versucht auch im Jahr 2009 aktuelle Themen aus der Biologie zu vermitteln. Ihre Teilnahme ist dabei von unschätzbarem Wert.

Im Fokus

## 05 :: Nützen und Schützen

Jahrestagung des Umweltdachverbandes zum Thema: „Nützen und Schützen“

Thema

## 06 :: Rund ums Darwin-Jahr

Im aktuellen Darwin-Jahr ist eine Unmenge an Beiträgen und Literatur zum „bedeutendsten Biologen aller Zeiten“ erschienen. Es ist also an der Zeit für eine kritische Betrachtung der Literatur.

Thema

## 12 :: Darwins evolutionärer Humanismus

Prof. Erhard Oesner wagt einen philosophischen Zugang zu Darwin und sein Erbe für die Wissenschaft und die Gesellschaft.

Thema

## 16 :: Wie Orchideenblüten Insekten-Männchen täuschen

Die Bestäubungstricks der mediterranen Ragwurzgattung *Ophrys* zählen zu den aufregenden Errungenschaften der Evolution.



Thema

## 24 :: Optische Kommunikation bei Anuren

Eine evolutionsökologische Betrachtung an heimischen und tropischen Fröschen.



Thema

## 26 :: Das Mammut

Die Verbesserung der DNA-Sequenziermethoden erlaubt die gesamte Entschlüsselung des Genoms ausgestorbener Arten.



Wissen für die Schule

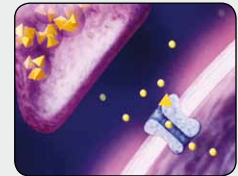
## 29:: Lernkarten Darwin & Evolution

Was man über Charles Darwin wissen sollte.

Im FWF-Fokus

## 32 :: Abrupter Opioid Entzug steigert Schmerzempfindlichkeit

Die erhöhte Schmerzempfindlichkeit bei abruptem Opioid-Entzug funktioniert ähnlich wie die Gedächtnisbildung im Gehirn.



Im Fokus

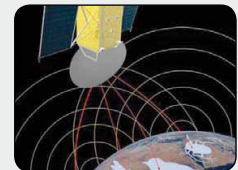
## 33 :: Biologie Olympiade 2010

Die 21. IBO findet vom 11. - 18. Juli 2010 in Changwon, Korea, statt.

Im Fokus

## 34 :: Eine globale Datenbank für Tierbewegungen

Änderungen der Lebens- bzw. Umweltbedingungen lassen sich über Zugmuster wandernder Tierarten erforschen.



Im Fokus

## 35 :: Schulprojekt: Krebsvorbeugende Auberginen

SchülerInnen der HLFS Ursprung demonstrieren eindrucksvoll, dass die Gentechnik in der Landwirtschaft auch ihre guten Seiten hat.

# :: Editorial

Mag. Ossi Hopfensperger

Sehr geehrte Damen und Herren!  
Liebe Mitglieder der ABA!

Leider hat sich seit der letzten Ausgabe des bioskop wieder eine größere vereinsinterne Umschichtung ergeben. Unser Präsident Mag. Ulf Jost konnte leider aus familiären Gründen nicht mehr für den Präsidenten kandidieren. Da aus einsichtigen Gründen in einer kurzen Zeit von ca. sechs Wochen kein Ersatz gefunden werden konnte, wurde ich gebeten diese Amt zu übernehmen, welches ich aus Gründen der Solidarität dann auch tat. Wer mich noch nicht kennt, hier eine kurze Beschreibung: Ich habe noch das alte Lehramt Biologie und Erdwissenschaften studiert, wie sich später herausstellen sollte, eine sehr fundierte Ausbildung. Seit dem Schuljahr 1984/85 bin ich nun im Lehrberuf tätig, zuerst an der BHAK/BHAS Lienz und seit 1987/88 am BG/BRG Kufstein. In den letzten acht Jahren habe ich mich intensiver im Rahmen des Projektes IMST2S2 mit Schulentwicklung an un-

serer Schule befasst, anschließend den PFL – Lehrgang Naturwissenschaften an der Universität Klagenfurt besucht und abgeschlossen.

Vorerst möchte ich mich beim bisherigen Präsidenten Mag. Ulf Jost bedanken. Lieber Ulf Du hast Enormes für den Verein geleistet, seine Verankerung in der biologischen „Szene“ in Österreich hat zugenommen. Danke auch, dass Du mir als Vizepräsident weiter zur Verfügung stehst. Weiters möchte ich mich bedanken bei Herrn Bezirksschulinspektor i.R. OSR Hans Krimbacher für seine geleistete Arbeit, auch er bleibt aber dem Ausschuss erhalten, ein herzliches Danke Schön. Seine Nachfolgerin ist nun Frau Andrea Weiskopf, eine äußerst rührige Pädagogin an der HS Hopfgarten im Brixental.

Mit freundlichen Grüßen  
Mag. Ossi Hopfensperger, Präsident

## Editorial Board

**Ao.Prof. Fatima Ferreira,**  
Universität Salzburg

**Prof. Walter Hödl,**  
Universität Wien

**Prof. Erwin Meyer,**  
Universität Innsbruck

**Prof. Franz Rauch**  
Universität Klagenfurt

Impressum bioskop 02/09

Grundlegende Richtung:  
(Offenlegung nach §25 Mediengesetz)  
bioskop ist das parteifreie und konfessionsunabhängige  
Magazin der ABA (Austrian Biologist Association)

Die Herausgabe der Zeitschrift Bioskop ist Bestandteil des  
ABA-Leitbildes. Die Zeitschrift vermittelt in öffentlicher Di-  
daktik biologisches Orientierungswissen zum gesellschaftlichen  
Vorteil. Die Zeitschrift Bioskop erscheint vier mal jährlich.

Medieninhaber  
Austrian Biologist Association (ABA), Member of European  
Countries Biologists Association (ECBA)

Präsident der ABA  
Mag. Oswald Hopfensperger  
Steinerbach 27/2, 6372 Oberndorf

Herausgeber: ABA  
Chefredaktion: Mag. Reinhard Nestelbacher,  
DNA-Consult

Redaktionssitz  
DNA-Consult Sciencetainment  
Simling 4, 5121 Ostermiething

Internet: <http://www.aba-austrianbiologist.com>

Redaktionelle Mitarbeit: Bernt Ruttner

Abo-Verwaltung: Mag. Irmgard Reidinger Vollath  
Rebengasse 10, 7350 Oberpullendorf; irv@aon.at  
IBAN AT 105 1 000 916 269 10 100  
BIC EHHBAT2E, BLZ: 51000 Bank Burgenland

Layout & Satz  
Reinhard Nestelbacher, Andreas Kreuzeder

Druck: Druckerei Huttegger; Auflage : 1500 Exemplare  
ISSN: 1560-2516; ISBN: 978-3-9502381-8-1

# :: Zum Thema

Mag. Reinhard Nestelbacher

Liebe Kolleginnen und Kollegen.

Nach einigen Anfangsschwierigkeiten durch die Umstellung der Redaktion des Bioskops und dadurch mit etwas Verspätung bedingt halten Sie nun das Bioskop 1/2009 in Händen. Selbstverständlich kommt die Zeitschrift am auf viele Arten gefeierten **Darwin-Jahr** nicht vorbei. Die biologische Revolution durch die darwinische Evolutionstheorie ist in Fachkreisen wohl unumstritten. Die vorliegenden Beiträge sind allerdings keine vollständige Hommage an den großen Biologen, sondern das eine oder andere Spotlight auf die Fragestellungen der Evolution.

Um den Ihnen vertrauten vierteljährlichen Rhythmus der Zeitschrift wieder zu erreichen, wird **Heft 2009/2 mit dem Titel „Biologie zum Anfassen“** jetzt gleichzeitig auf Ihrem Tisch liegen. Bei diesem Bioskop, an dem wir bereits parallel arbeiten, werden wir u.a. Institutionen und Projekte vorstellen, die mithelfen, den Biologieunterricht anschaulich, modern oder schlichtweg spannend zu gestalten. Spätestens mit der Ausgabe 3/2009, die sich in enger Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Roten Kreuz mit dem **Thema Blut** auseinander setzen wird, haben wir dann den korrekten Ausgabenrhythmus wieder erreicht. Ein Themenheft zur modernen Reproduktionsbiologie ist in Planung.

Ein spannender Biologieunterricht ist eine große Herausforderung, die intensive Zusammenarbeit aller Kräfte fordert. Bringen Sie sich aktiv in die Arbeit der Redaktion sowie der ABA ein! Ein Teil dieses Heftes soll hin-

künftig gleichermaßen eine Dienstleistung für den Biologielehrer sein, und Themengebiete aufgreifen, die für den Unterricht indirekt oder direkt verwendet werden können.

**Senden Sie uns Vorschläge für Themenhefte, präsentieren Sie uns innovative und spannende Projekte Ihrer Schule, stellen Sie Ihre biologischen Interessen und Arbeiten außerhalb des Schulbetriebes vor, oder schreiben Sie uns Ihr Feedback oder einen Leserbrief an [bioskop@sciencetainment.com](mailto:bioskop@sciencetainment.com).**

Wir wollen Ihnen bei Ihrer schwierigen Aufgabe der Gestaltung eines attraktiven Biologieunterrichts mit allen Kräften zur Seite stehen. Nicht nur mit dem neuen Bioskop, sondern auch mit anderen von der ABA initiierten Aktivitäten wie **Exkursionen, Spezialseminaren** (hochkarätiges Impfseminar am 7.11.2009 in Salzburg; siehe Ankündigung) und als Standesvertretung. Um fest positioniert zu sein, ist es wichtig, so viele Mitglieder wie möglich für die Arbeit der ABA zu gewinnen. Sprechen Sie Ihre KollegInnen an, bewerben Sie das Bioskop und überzeugen Sie mögliche neue Mitglieder. Um € 25,- pro Jahr erhalten Sie nicht nur das vierteljährlich erscheinende Bioskop, sondern auch den Zugang zu sämtlichen Aktivitäten der ABA, sowie in Zukunft den Zugang zu online-Informationen für Ihren Unterricht.

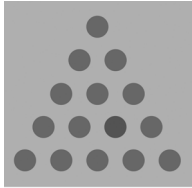
Im Sinne einer fruchtbaren Zusammenarbeit freue ich mich auf Ihre Beiträge.



# :: Nützen und Schützen

## Jahrestagung des Umweltdachverbandes zum Thema: „Nützen und Schützen“

Text: Ossi Hopfensperger



### Umwelt Dachverband

Am 19. Juni 2009 hielt der Umweltdachverband seine Jahrestagung zum Thema „Nützen und Schützen“ – politische Perspektiven im Biodiversitätsschutz in der Kartause Gaming im Mostviertel ab. Nach der Eröffnung durch den wieder gewählten Dr. Gerhard Heiligenbrunner und einführenden Vertretern der Bundes- und der niederösterreichischen Landesregierung gab es äußerst interessante Vorträge zu diversen Themen im Biodiversitätsschutz. Die Moderation des Vormittags übernahm der Vizepräsident des Umweltdachverbandes Peter Hasslacher (OeAV).

Besonders interessant war der Vor-

trag von Univ. Prof. Dr. Wolfgang Holzner „Landwirtschaft und Biodiversität“. Er betonte, dass sehr vieles von dem, was wir als Natur bezeichnen vom Menschen geschaffen wurde. Die Häufigkeit zehntausender Arten, sowie die landschaftliche als auch genetische Diversität ist daher in hohem Maße von der Art und Intensität der menschlichen Nutzung abhängig. (HOLZNER) Daraus ergeben sich laut Univ. Prof. Dr. Holzner erstens der Schutz bzw. Erhaltung einer entsprechenden Landwirtschaft und zweitens eine entsprechende Bewusstseinsbildung. Nach einem landwirtschaftlichen Vortrag über die österreichische Agrarzukunft nach 2013 hielt Johannes Frühauf von BirdLife Österreich einen Vortrag zum Thema „Artensterben“ und „Bauernsterben“.

Am Nachmittag folgten weitere interessante Vorträge zum Thema Wertschöpfung aus der Biodiversität. Besonders aktuell war in diesem Zusammenhang der Vortrag zum Thema: „Der ökonomische Wert von Biodiversität: Messung und Bewertung von Ökosystemleistungen – Ansätze und Hindernisse.“ Für einen Biologen war interessant zu hören, wie Ökosystemleistungen in bare Münze umgerechnet werden können.

Insgesamt sollten wir uns in den Umweltdachverband vermehrt einbringen, da wir als Verein genügend Potenzial besitzen in verschiedenen Problemstellungen unterstützend tätig zu werden oder wollen wir ökologische Probleme anderen zu überlassen, diese scharren nämlich bereits in den Startlöchern.

## :: Bestell- und Beitrittsformular

Ich abonniere die Zeitschrift bioskop für ein Jahr.

(4 Ausgaben) zum Preis von EUR 25,-

Das Abonnement verlängert sich automatisch nach Ablauf des Jahres, wenn es nicht 4 Wochen vor Jahresbeginn gekündigt wird.

Ich beantrage die Aufnahme als ordentliches Mitglied\*

(zutreffendes bitte ankreuzen)

Vollmitglied (EUR 25,- jährlich)

SchülerIn/StudentIn (EUR 10,- jährlich)

Ich trete als förderndes Mitglied bei und spende mind. EUR 37 jährlich.\*

\* Im Mitgliedsbeitrag ist das Abonnement der Zeitschrift bioskop enthalten.

### Bankverbindung:

BLZ 51000 Bank Burgenland, Kontonummer: 916 269 10100

Name, Titel

Straße, Nr.

PLZ / Wohnort

Tel. Nr.

E-Mail

Dienstanschrift

Ort, Datum

Unterschrift

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Angaben vereinsintern zur Datenverarbeitung weiterverwendet werden dürfen.

### Einsenden an die ABA-Schatzmeisterin:

Mag. Irmgard Reidinger-Vollath  
Rebengasse 10 A-7350 Oberpullendorf  
www.aba-austrianbiologist.com

# :: Rund ums Darwin-Jahr

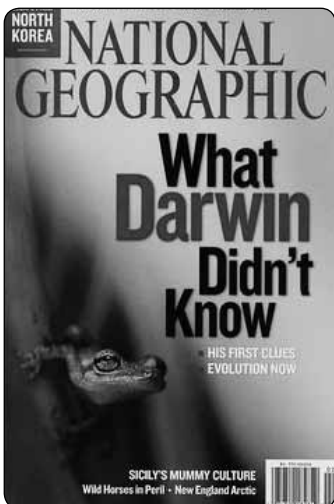
## Eine kritische Betrachtung der Literatur

Text: Dr. Bernt Ruttner



### Dr. Bernt Ruttner

Jahrgang 1947, Biologiestudium, langjähriger Arbeitsgemeinschaftsleiter der Biologieprofessoren in OÖ, verschiedene Referate zum Thema Darwin u. Schöpfung (ARGE ev. Religionslehrer, Bildungswerk, PH Baden).



**These:** Was am (Sach)Buch- und Zeitschriftenmarkt erscheint, lässt auch ein Rückschlüsse auf die gesellschaftliche und geistige Entwicklung zu. Dies nicht nur hinsichtlich der Zahl der Publikationen, sondern auch in Bezug auf die Formulierungen der Titel und Untertitel, vom Inhalt ganz zu schweigen. In diesem Artikel soll versucht werden, diese Überlegung zu den Publikationen um das Darwin-Jahr zu untersuchen und entsprechende Rückschlüsse zu ziehen.

### Das Darwin-Jahr in der Presse

Darwin macht auch noch posthum als bedeutender Wissenschaftler auf sich aufmerksam. Es ist kaum anzunehmen, dass eine derart kontroverse Fach- und Sachliteratur etwa bei einem Einstein-Jubiläum auf dem Markt erscheinen würde.

Der Ehre halber muss man aber sagen, dass die Fachliteratur weit weniger kontrovers ist, denn dabei geht es um etwa um Fragen wie weit die neuesten molekularbiologischen Erkenntnisse eher für eine gradualistische oder eher für eine sprunghafte Evolution sprechen.

Auch die Auseinandersetzung mit der Philosophie und der Theologie verläuft über weite Strecken sachlich – die Kreationisten-Diskussion sei hier ausdrücklich ausgenommen. Unsachlichen Argumenten ist es oft schwer sachlich und vernünftig zu begegnen.

Aber bevor wir auf eine nähere Besprechung dieses oder jenes Aspektes eingehen, eine Zusammenstellung von Titeln:

Besonders reißerisch sind natürlich die

Zeitschriftenartikel und eine auffallende Häufung von „Nichtwissen“ zeigt sich in den Überschriften. Entweder wusste Darwin etwas noch nicht, oder wir wissen über Darwin nichts oder Evolution ist ein Geheimnis (das kennt man ja auch nicht).

So titelt der Spiegel 4/2009: „Das Geheimnis der Gestalt. Wie Evolution funktioniert“ (Woher weiß man, wenn es ein Geheimnis ist, wie es funktioniert?)

Im „bild der wissenschaft 1/2009: Evolution 2009. Was sie über Darwin noch nicht wissen.

„Was Darwin noch nicht wusste“ ist im National Geographic (deutsche Ausgabe, Februar 2009) nach zu lesen. „natur + kosmos“ vom Februar 2009 erklärt Darwin schlicht für tot und gewinnt damit eine „neue Sicht auf die Evolution“. Die ist allerdings nicht ganz so neu, wie es der Titel ankündigt.

Darwin ist offensichtlich noch immer ein journalistischer Renner – ganz gleich ob er „lebt“ oder „tot“ ist. Dennoch erhebt dieser Querschnitt durch die Darwin-Literatur keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll eine kritische Orientierungshilfe bieten.

Grob gesprochen, lässt sich die erschienene Literatur in mehrere große Gruppen einteilen. Eine Gruppe beschäftigt sich mit Darwin, seinem Leben, seiner Entwicklung. Eine weitere mit der Bedeutung von Darwin's Theorie für die Jetztzeit, welche Weiterentwicklungen, vor allem durch die Molekularbiologie zu beobachten sind und in wie weit sie ins ursprüngliche Theoriegebäude passen. Eine große Gruppe setzt sich

mit dem Phänomen „Glauben und Darwin“ auseinander. Dies kann auf theologisch-philosophischer Ebene passieren und geht damit weit über die Auseinandersetzung mit den Kreationisten hinaus. Auch hier kann man einige Untergruppen hinsichtlich ihrer Argumentationsweise feststellen.

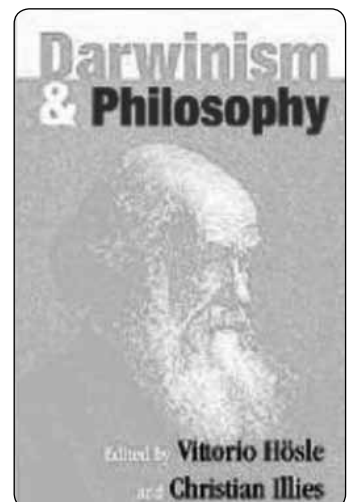
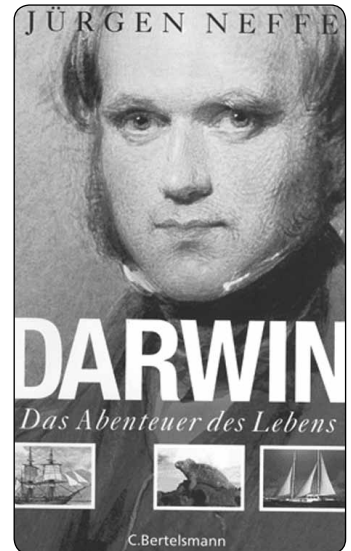
## Darwin – ein Popstar der Naturwissenschaft?

Es gibt eine Fülle von Darwin Biographien, beginnend mit seiner Autobiographie, so dass man sich unwillkürlich fragt, was sein Leben so interessant macht. Eigentlich war es, bis auf die Reise mit der „Beagle“ vollkommen unspektakulär. Zuerst ein fast verkrachter Student, der seinen Jagdvergnügungen nachging („Meine Zeit in Cambridge war auf traurige Weise vergeudet....Meine Leidenschaft für das Schießen und Jagen..., für Ritte über Land – führte mich mit einer Gruppe jagdlustiger Leute zusammen.. Wir aßen abends oft zusammen... und wir tranken manchmal zuviel, sangen dann laut, waren lustig und spielten Karten. (Darwin, 2008, S 69 gek.), dann ein zwar professionell vorgehender, aber akademisch nicht qualifizierter Naturforscher auf Reisen. Später blieb er in seinem Landhaus zu Downe, verließ es kaum mehr, hielt aber weltweiten Kontakt mit vielen Wissenschaftlern durch seinen intensiven Briefverkehr. Insofern hat Jürgen NEFFE (2009) recht, wenn seine Darwin-Biographie, in der er die Stationen der Beaglereise nachvollzieht, mit dem Untertitel „Das Abenteuer des Lebens“ versieht. HÖSLE und ILLIES (1999) führen drei Faktoren an für den Reiz den das Werk und die Persönlichkeit Darwins ausübt:

- 1) „...die radikal neue und gleichzeitig extrem folgenreiche, in unserem Jahrhundert immer glänzender bestätigte biologische Theorie...“
- 2) „...sind Darwins Werke in einem Maße dem gebildeten Laien zugänglich, das nur für ganz wenige Klassiker der Wissenschaftsgeschichte gilt...Nur wenige intellektuelle Neuerer haben eine bessere wissenschaftliche Prosa geschrieben als Darwin.“
- 3) „...seine neue Theorie auch das Selbstverständnis des Menschen revolutionieren würde

– seine Einsichten in die Psyche, das Verhalten und die Institutionen des Menschen sind ähnlich bedeutsam wie diejenigen Freuds.“ (HÖSLE, ILLIES S 7 ff, gek.)

In einem Essay bezeichnet GOULD (2005, S 282) Darwin als wichtigste Leitfigur der Paläontologie, der in konservativ-intellektuellen Kreisen entweder als Geißel bezeichnet wird oder als „Verbündeter zur Unterstützung liebgeordneter Doktrine“, eben „Ein Darwin für alle Gelegenheiten“. Damit wird aber auch schon die politische und weltanschauliche Seite des Phänomens „Darwin“ angesprochen. Während sich die Biographie von HÖSLE, ILLIES mehr mit den philosophischen Aspekten befasst, möchte VOSS (2008) aufzeigen, „wie Evolution und Weltanschauung miteinander verknüpft sind“ (S 11). Diese Einführung – auch für Schüler und Studenten hervorragend und verständlich lesbar – bietet auch Einblicke in das soziologische und philosophische Umfeld Darwins. So zeigt die Autorin auf, dass die Frage „Was macht Darwin populär?“ schon im 19. Jahrhundert gestellt wurde, denn Darwin war nicht der erste, der eine Evolutionstheorie entwarf, nicht der erste, der den Schöpfergott aus der Natur verbannte. Aber „er brach mit einer bis zu Julien Offray de La Mettrie oder René Descartes zurückreichenden Denktradition. Natur nach Darwin war unvollkommen, veränderlich in einem fort dauernden Prozess des Werdens und Vergehens. (S 36)“ VOSS untersucht auch, ob Darwin Atheist oder Rassist war. Während Darwin sich selbst als Atheisten bezeichnete und sich spätestens seit dem Tod seiner Tochter von der Vorstellung eines gütigen Gottes verabschiedete, zeigt VOSS auf, dass „Bibellektüre und Evolutionstheorie in der Kindererziehung nicht als Widerspruch begriffen“ wurden (S 172). Punkto Rassismus kommt sie zu dem Schluss, dass Darwin keinen biologischen Rassismus vertrat. Aber als Kind des Viktorianischen Zeitalters war er fest von der Überlegenheit des Engländers überzeugt. Es war erst Ernst HAECKEL der, zur Untermauerung der Evolutionstheorie, die Einwohner Afrikas in die Nähe der Gorillas rückte.



## Rund um Darwins Leben

Jürgen NEFFE (2008) nahm für seine Darwin-Biographie, wie erwähnt, die Beagle-Reise, als Ausgangspunkt und vollzog die Reise nach, stellte seine und Darwins Eindrücke gegenüber. Journalistisch hochgelobt (z.B. <http://www.dradio.de/dkultur/sendungen/kritik/871951/>) erweist sich die fachliche Kritik – nicht zuletzt, wenn man selbst an diesem Thema arbeitet – als differenzierter. Sabine PAUL zeigt Widersprüchlichkeiten in NEFFEs Buch auf („Anders als bei Darwin findet man hier gerade keine durchdachten Argumente. An ihre Stelle treten sattsam bekannte, politisch korrekte Halbwahrheiten zur Ressourcenausbeutung und Artenzerstörung, zum Verhältnis von Natur und Kultur sowie zur Eugenik...(gek.)“). <http://www.evolution-ernaehrung-mezizin.de/resources/Rezension+Neffe.pdf> 29. 3. 2009). Resümierend findet sie, dass es besser sei, Darwins Original zu lesen.

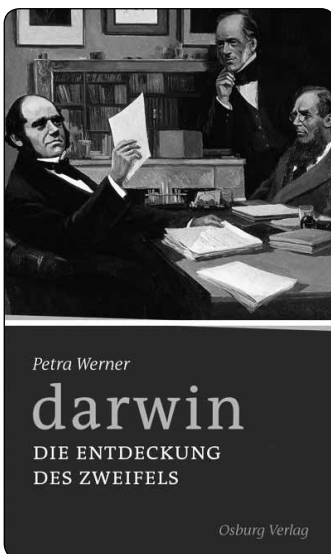
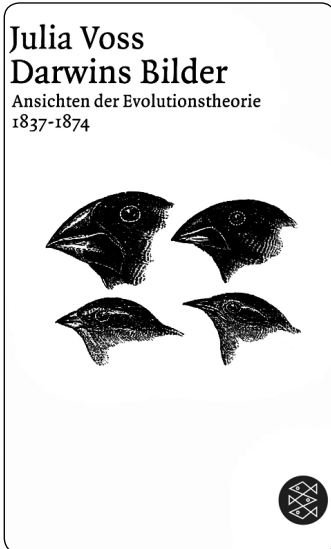
Da Darwins Leben relativ unspektakulär war, greifen eine ganze Reihe von Autoren Teilaspekte seines Lebens heraus, um daran bestimmte Interpretationen und Sichtweisen des Darwinschen Denkens fest zu machen. NICHOLS (2004) untersucht die Lebensgeschichte von „Darwins Kapitän“ Robert Fitzroy. Es werden die „Up and Downs“ in der Beziehung der beiden Männer beschrieben, die ja bekanntlicher Weise damit endete, dass Kapitän Fitzroy, ein hochqualifizierter Seemann, sich mehr und mehr zum christlichen Fundamentalisten entwickelte. Daneben geht NICHOLS noch sehr eindringlich auf die Schicksale jener Feuerländer ein, die der Kapitän von seiner ersten Beagle-Reise nach England mitbrachte. Dort wurde, in typisch viktorianisch-kolonialistischer Weise versucht, die „Wilden“ zu zivilisieren. Wie dieses Experiment ausging, ist im Buch gut dokumentiert.

Julia VOSS (2007) untersucht als Kunstgeschichtlerin und Philosophin „Darwins Bilder“. Auf diesem für „biologische“ Biographien sehr unüblichen Weg wird versucht

in die Gedankenwelt Darwins und seiner Zeit einzudringen. Ein Versuch, der sich zu lesen lohnt, da er nicht nur die Entwicklung der berühmten Stammbaum-Skizze aus Notebook B eingeht, sondern auch die späteren Ansätze (Stichwort: sexuelle Selektion, Gemütsbewegung) beinhaltet. Nicht umsonst wurde dieses Buch mit der Otto-Hahn-Medaille der Max-Planck-Gesellschaft ausgezeichnet. Beeindruckend auch, wie sich die Tierdarstellungen im Laufe der Zeit und im Gefolge der Evolutionstheorie bis zum Ende des 19. Jahrhunderts entwickelten. WERNERS (2009) romanhafte Darwin-Biographie stellt den Konflikt mit A. Russell Wallace in den Mittelpunkt. Der Wissenschaftshistorikerin gelingt es den allseits bekannten Namen, wie Lyell, Hooker, Chambers usw. menschliche, allzumenschliche Züge zu verleihen.

Der bekannte Londoner Genetiker JONES (2009) nimmt als Ausgangspunkt seiner Untersuchungen „Darwins Garten“. „In diesem Buch geht es um den verkannten Darwin...(gek. S 10)“. Er geht auf die vielen Einzeluntersuchungen, die Darwin im Laufe seines Lebens machte, ein und vermeidet in dieser Beschreibung bewusst den Konflikt mit der Theologie, um so Darwins naturwissenschaftliches Wirken in den Vordergrund zu stellen und versucht die scheinbar unzusammenhängenden Schriften Darwins (Stichworte: Regenwürme, Rankenfüßer, Orchideen etc) in gesamtheitlicher Betrachtung darzustellen. Insofern ist der Titel in guter darwinischer Tradition metaphorisch zu betrachten, denn ganz England und letztlich die ganze Welt wird zu Darwins Garten hochstilisiert. Der gemeinsame Aspekt ist, dass es darum geht, „wie kleine Veränderungen im Laufe der Zeit zu großen Unterschieden führen können (S 13)“. Dabei bezieht er auch die heutigen Forschungsergebnisse ein und streift dabei in einem Parforceritt alle wichtigen Themen des modernen „biologischen Gartens“.

Damit leitet das Buch zu einer neuen Bücherreihe über, die sich mit der Geschichte der Evolutionstheorie nach Darwin beschäftigt.





## Darwin nach Darwin

„Darwins Erbe“ verwaltet Richard MORRIS (2002). Dabei stellt er, sehr kurz und prägnant, die verschiedenen Richtungsstretigkeiten innerhalb der Evolutionsbiologie dar. Das Positive daran ist, dass er zwar die unterschiedlichen Richtungen und Problempunkte anspricht, aber in keinsten Weise einen Zweifel daran lässt, dass die Evolutionstheorie auf der darwinischen Basis das naturwissenschaftliche Erklärungsmodell ist und man sich nicht höherer Mächte oder intelligenter Designer bedienen muss. Im Gegensatz zu Joachim BAUER (2008) muss er sich auch nicht vom „Darwinismus verabschieden“, nur weil Forschungsergebnisse darauf hindeuten, dass nicht nur die natürliche Selektion die treibende Kraft der Evolution ist. Der Konstanzer Evolutionsbiologe Axel MEYER geht mit BAUER hart ins Gericht: „Bauers Thesen von Kooperativität, Kommunikation und Kreativität werden wissenschaftlich nicht erklärt und zeigen tiefstes Unverständnis und oberflächlich angelesenes Halbwissen (<http://brightsblog.wordpress.com/2008/12/07/dummes-zeug-uber-darwin/> 29.3.09)“. Dennoch wird das Buch in den Feuilletons der Presse gelobt und avancierte, trotz fragwürdigen Inhalts zum Bestseller.

Im Gegensatz dazu zeigt Sean CARROLL (2008) in seinem Buch „Die Darwin DNA“ wie sich die jüngsten Ergebnisse der Molekularbiologie in die Evolutionstheorie integrieren lassen. Während BAUER Darwin verabschiedet, liefert für CARROLL die Entwicklungsbiologie genügend Material, um das Entstehen von Komplexität zu erklären: „Evo-Devo verknüpft die Unterschiede in der alltäglichen Entwicklung der verschiedenen Arten mit den langfristigen Formveränderungen der Evolution (S226)“. Im letzten Kapitel greift er auch die Zusammenhänge der Evolution mit der Ökologie auf und kommt, im Zusammenhang mit der Überfischung der Meere zu einem betrüblichen Resumée: „Da stehen wir nun am Beginn des einundzwanzigsten Jahrhunderts, kön-

nen auf zweihundert Jahre der Evolutionsforschung zurückblicken und streiten immer noch darüber, ob es die Evolution überhaupt gibt. Und trotz der mehr als zweihundertjährigen Erfahrungen mit Überfischung, übermäßiger Jagd und Umweltverschmutzung stellen wir den wenigen verbliebenen Fischen nach (S 287).

Die Innsbrucker Forscherin Gabriele WERNER-FELMAYER (2007) geht in ihrem kleinen Büchlein mit drei Essays ebenfalls auf die Zusammenhänge zwischen moderner molekularbiologischer Forschung (z.B. Epigenetik) und Evolution ein. Sie stellt fest, dass der eigentlich wesentliche Unterschied zwischen dem Menschen und seinen nächsten Verwandten genomisch noch nicht gefunden wurde und daher sich das Selbstverständnis des Menschen sich noch aus anderen Wissenschaftszweigen speisen muss.

In „Darwins Vermächtnis“ hebt der Philosoph und Wissenschaftstheoretiker John DUPRÉ (2005) die Bedeutung der Evolution für die Gegenwart des Menschen (so der Untertitel) hervor. Als Skeptiker und Empirist setzt er sich nicht nur mit den Problemkreisen der Soziobiologie, der Evolutionspsychologie und Begriffen wie Rasse und Gender auseinander, sondern auch mit der Theologie und dem Glauben. Und wendet sich dabei strikt gegen Versöhnungsversuche zwischen „Evolution und Glauben“. „Wir haben Belege, die für die Evolution sprechen, aber wir haben keine Belege, die für einen Glauben an eine Gottheit sprechen. Ich meine, dies ist einer von mehreren guten Gründen, uns mit der Evolution auseinanderzusetzen (S 12).“

## Darwin im Himmel?

Dieses letzte Zitat soll zu jenem aktuellen und großen Themenkomplex überleiten, der rund ums Darwin-Jahr bibliophil mehr als präsent ist: die Auseinandersetzung der Evolutionstheorie mit dem Themenkreis rund um Glauben und Kirche.

In Österreich hat kirchlicherseits Kardinal SCHÖNBORN die Diskussion nicht nur mit dem Artikel in der New York Times (7.7.2005)



sondern auch mit dem Buch „Ziel oder Zufall? Schöpfung und Evolution aus der Sicht eines vernünftigen Glaubens“ eröffnet. Wobei mir schon der Terminus „vernünftiger Glaube“ eine *Contradictio in se* zu sein scheint. Ohne jetzt näher einzugehen, aber viele Argumente sind auf einer merkwürdigen Zweiteilung aufgebaut. Evolution ja, aber sobald Gott weggelassen wird, ist es Ideologie (Evolutionismus). Auch der Jesuit Christian KUMMER – übrigens auch Biologe – verfolgt eine ähnliche Strategie auf höherer Ebene. Er verlagert das Problem auf die metaphysische Ebene und erklärt daraus den (schwachen) ontologischen Naturalismus, eine Position die viele Evolutionsbiologen vertreten, zur Ideologie. Ist gegen Kreationisten und Intelligent Design-Anhänger relativ leicht zu argumentieren, wird die Sache bei KUMMER's „Fall Darwin (2009) schon verzwickter. Letztlich läuft aber seine Argumentation auch auf das selbe hinaus: „Wo ich die Stacheln aufstelle, ist erst, wenn man mir weismachen möchte, der Naturalismus bzw. Atheismus sein eine praktisch unvermeidliche Konsequenz der Evolutionstheorie und über jeden Ideologieverdacht erhaben (S 265)“. Eine klärende Kritik von KUMMERs Position ist unter <http://www.darwin-jahr.de/evo-magazin/ontologische-naturalismus-ist-keine-ideologie> zu finden.

„Gott oder Darwin?“ (2008) , „Darwin und Gott“ (2004) sind beides Sammelbände in denen sowohl Theologen, Philosophen wie auch Naturwissenschaftler publizieren. Das Feine an beiden Bänden ist, dass eine große Bandbreite der Meinungen abgedeckt ist, dass man wirklich unterschiedlichste Denkweisen und Positionen kennen lernen kann. Es erstaunt einen Naturwissenschaftler, wenn er von einem evangelischen Theologen Sätze wie diesen lesen kann. „Dem methodischen Ansatz, auch Religion, Moral, Geist als Elemente der biotischen Evolution und unter deren Gesetzen und Bedingungen entstanden zu denken, ist im Blick auf die Frühphase der Evolution m.

E. umstandslos zuzustimmen.“ (KROEGER in „Darwin und Gott“ S 129).

Die kritische Auseinandersetzung mit den Kreationisten führte schon KUMMER (2009) sehr pointiert. Schade, dass er mit transzedenten Argumenten letztlich das Gleiche wie sie versucht. Eine gute Zusammenfassung der Kontroverse „Evolutionisten versus Kreationisten“ findet man bei Christoph SCHRADERs (2007): „Darwins Werk und Gottes Beitrag“. Neben einer guten Zusammenstellung vieler theologischer und naturwissenschaftlicher Argumente geht er auch auf die europäische und im speziellen deutsche Szene des Kreationismus ein. Denn längst ist diese Glaubensrichtung nicht mehr nur ein amerikanisches Phänomen und bei uns vernachlässigbar. (Wer sich darüber genauer orientieren will, dem sei KUTSCHERA (2004): „Streitpunkt Evolution“ empfohlen). Schön ist die Schlusspointe SCHRADERs, wo er darauf hinweist, dass Familien mit konservativen, religiösen Werten mehr Kinder haben als liberale. „So gesehen ist die Kritik an der Evolution womöglich ein Evolutionsvorteil“ (S 132). Da könnte sogar Richard DAWKINS zustimmen.

Diesem Argument wird unter anderem auch in „Gott, Gene und Gehirn“ (VAAS, BLUME 2009) breiter Raum gewidmet. Allgemein wird das Phänomen „Religiosität“ aus genetischer, soziobiologischer, psychologischer und neurotheologischer Sicht behandelt. Letztlich, so das Fazit, bleibt der Selektionsvorteil der Religiosität noch eine Hypothese.

Mit den Argumenten amerikanischer Kreationisten setzt sich der Philosoph Philip KITCHER (2009) auseinander. Eines seiner Hauptargumente: „ Intelligent Design gehört deshalb nicht in den Biologieunterricht, weil es sich um überwundene, tote Wissenschaft handelt“ (S 29). Diesen Satz beweist er ausführlich und kommt dann auf die Bedeutung der Religion zu sprechen. Letztlich reduziert er die Funktion der Religion auf ein Gemeinschaftsgefühl, das



Trost und gegenseitige Hilfe bietet. „Der Ausspruch von Marx, wonach die Religion das Opium des Volkes sei, hat etwas Wahres, doch die Einnahme dieses Opiums erfolgt zu medizinischen Zwecken und nicht zur bloßen Unterhaltung (S 200, gek.)“. Damit meint er, dass wir endlich den Glauben an das Übernatürliche aufgeben sollten und „Mit Darwin leben“ könnten.

## Die Conclusio

Buchtitel sollen der Vermarktung des Buches helfen, gleichzeitig aber über den Inhalt des Buches eine Aussage treffen. Wenn ich die Erscheinungen am Büchermarkt beobachte: Darwin ist noch immer ein zugkräftiger Name, vor allem für jene Bücher, die für die Evolutionstheorie und ihre Schlussfolgerungen eintreten (Darwins Vermächtnis, Darwin Code, Darwins Erbe.....). Dazu zähle ich auch Bücher, die die Evolutionstheorie mit neuen Aspekten versehen,

wie z. B. KIRSCHNER, GERHART (2007): „Die Lösung von Darwins Dilemma“. Gegner der Evolutionstheorie vermeiden den Namen Darwin eher, lediglich KUMMER macht einen „Fall“ daraus. Hier dominiert eindeutig der Begriff der Schöpfung, zumindest in den Untertiteln (z. B. SCHÖNBORN oder LOGAN (2004): Crashkurs: Schöpfung und Evolution). Damit zeigt sich auch, dass sich die Fronten zwischen Evolutionisten und Schöpfungsgläubigen (i.w.S.) kaum verändert haben. Während im amerikanisch-englischem Raum mit offenen Visier gefochten wird, denken wir an den „Gotteswahn“ von DAWKINS, zeigt sich, dass im deutschen Sprachraum, wohl im Gefolge der deutschen philosophisch-idealistischen Tradition, eine Auseinandersetzung, die mit vielen „Ja, aber“ geführt wird, das Ergebnis ist aber das Gleiche: Ablehnung der Evolutionstheorie als allgemein

gültiges Erklärungsmodell unseres Daseins. (Wie dies etwa in BUSKERS (2008): „Evolutionär denken“ oder in KUTSCHERAS (2009): „Tatsache Evolution“ beschrieben wird.)

Tatsache ist, dass gerade in den letzten zehn Jahren auch in Europa eine Rückkehr des fundamentalistischen Gedankengutes zu bemerken ist. Ist es die Komplexität der modernen, vernetzten Informationsgesellschaft, ist es die zunehmende Trennung in Arm und Reich, ist es die Unüberschaubarkeit gesellschaftlicher Prozesse, die den Menschen wieder nach einfachen Modellen und Erklärungen rufen lassen? Historisch hat sich gezeigt, dass einfache Erklärungsmodelle zwar kurzfristig Lösungen bringen, langfristig aber ein Desaster hinterlassen. Daher glaube ich, dass auch im Biologieunterricht, diese Aspekte einen Raum bekommen sollten, damit Schüler lernen mit diesen Argumentationsweisen umzugehen.

## ⊙ Literatur

- BAUER, Joachim (2008): Das kooperative Gen: Abschied vom Darwinismus. Hoffmann und Campe, Hamburg
- BUSKES, Chris (2008): Evolutionär denken. Darwins Einfluss auf unser Weltbild. Primus Verl. Darmstadt
- CAROLL, Sean B. (2008): Die Darwin DNA. Wie die neueste Forschung die Evolutionstheorie bestätigt. S. Fischer, Frankfurt a. Main
- DARWIN, Charles (2008): Mein Leben. Insel Verlag, Frankfurt a. Main, Leipzig
- DAWKINS, Richard (2007): Der Gotteswahn. Ullstein Verl. Berlin
- DUPRÉ, John (2005): Darwins Vermächtnis. Die Bedeutung der Evolution für die Gegenwart des Menschen. Suhrkamp Verlag, Frankfurt a. Main
- GOULD, Stephen Jay (2005): Ein Darwin für alle Gelegenheiten. In: Das Anfang vom Ende der Naturgeschichte. S. Fischer, Frankfurt a. Main, S 282 ff
- HÖSLE Vittorio, ILLIES Christian (1999): Darwin. Verlag Herder, Freiburg i. Breisgau
- JONES, Steve (2009): Darwins Garten. Leben und Entdeckungen des Naturforschers Charles Darwin und die Entdeckungen der modernen Biologie. Piper, München
- KIRSCHNER, Marc; GERHART, John (2007): Die Lösung von Darwins Dilemma. Wie die Evolution komplexes Leben schafft. Rowohlt Verl. Reinbek b. Hamburg
- KITCHER, Philip (2009): Mit Darwin leben. Suhrkamp, Frankfurt a. Main
- KLOSE, OEHLER (2008): Gott oder Darwin. Vernünftiges Reden über Schöpfung und Evolution. Springer Verl. Berlin, Heidelberg
- KUMMER, Christian (2009): Der Fall DARWIN. Patloch Verlag, München
- KUTSCHERA, Ulrich (2004). Streitpunkt Evolution. Darwinismus und Intelligent Design. LIT Verlag, Münster
- KUTSCHERA, Ulrich (2009): Tatsache Evolution. Was Darwin noch nicht wissen konnte. Deutscher Taschenbuch Verlag, München
- LOGAN; Kevin (2004): Crashkurs: Schöpfung und Evolution. R. Brockhaus, Wuppertal
- LÜKE, SCHNAKENBERG, SOUVIGNIER (Hrsg.) (2004): Darwin und Gott. Das Verhältnis von Evolution und Religion. WBG, Darmstadt
- MORRIS, Richard (2002): Darwins Erbe. Der Kampf um die Evolution. Europa Verlag, Hamburg
- NEFFE, Jürgen (2008): Darwin. Das Abenteuer des Lebens. C. Bertelsmann, München
- NICHOLS, Peter (2004): Darwins Kapitän. Europa Verlag, Hamburg
- PAUL, Sabine (2009): Das wahre Abenteuer des Lebens. www.darwin-jahr.de/Evomagazin (14.01.09)
- SCHÖNBORN, Christoph (2007): Ziel oder Zufall? Herder, Freiburg i. Breisgau
- SCHRADER, Christopher (2007)999: Darwins Werk und Gottes Beitrag. Evolutionstheorie und Intelligent Design. Kreuz Verlag, Stuttgart
- VAAS, Rüdiger; BLUME, Michael (2009): Gott, Gene und Gehirn. Warum Glaube nützt. Die Evolution der Religiosität. S. Hirzel, Stuttgart
- VOSS, Julia (2007): Darwins Bilder. Ansichten der Evolutionstheorie 1837 – 1874. Fischer Taschenbuchverlag, Frankfurt a. Main
- VOSS, Julia (2008): Charles Darwin. Junius Verlag, Hamburg
- WERNER, Petra (2009): Darwin. Die Entdeckung des Zweifels. Osburg Verl. Berlin
- WERNER-FELMAYER, Gabriele (2007): Die Vorsicht der Schildkröten. Über Charles Darwin, den heimlichen Krieg der Natur und die zukünftigen Bewohner von Santa Rosalia. Berlin University Press, Berlin

# :: Darwins evolutionärer Humanismus

Die Evolutionstheorie beeinflusst nicht nur die Naturwissenschaften sondern hat Auswirkungen auf unser alltägliches Denken und Handeln. Ein philosophischer Zugang zu Darwin wirft neues Licht auf die Zustimmung oder Ablehnung, den Platz für den Menschen und die Moral einer seit jeher umstrittenen Theorie.

Text: Emer. Univ.Prof. Dr. Erhard Oeser

## ↓ Erhard Oeser

Emer. Univ.Prof. Dr.

geboren 1938, ist Professor em. für Philosophie und Wissenschaftstheorie an der Universität Wien.



Obwohl heutzutage niemand an dem wissenschaftlichen Wert der biologischen Evolutionstheorie zweifeln kann, ist ihre Anwendung auf den Menschen noch immer ein umstrittener Punkt, der auch emotional, weltanschaulich, religiös stark belastet ist. Für viele Theologen, Philosophen Sozial- und Geisteswissenschaftler scheint Darwins Lehre von dem Hervorgehen des Menschen aus dem Tierreich der Gipfel menschlicher Selbsterniedrigung zu sein. Geprägt wurde dieses Bild von der Evolutionstheorie als „größter Selbsterniedrigung“ des Menschen zwar nicht von Darwin selbst, sondern von seinen streitbaren Zeitgenossen wie z.B. Thomas Henry Huxley, den man die „Bulldogge Darwins“ nannte, oder von dem deutschen Zoologen Karl Vogt, der den Spitznamen „Affenvogt“ bekam, oder schließlich von dem Vulgärmaterialisten Ludwig Büchner. Die Redewendung vom „evolutionären Humanismus“, die von Julian Huxley stammt, scheint daher in jedem Fall paradox zu sein.

Darwin war zwar in seinen Aussagen vorsichtiger als manche seiner Anhänger, wie Vogt und Büchner, aber mindestens ebenso konsequent. Deshalb war er von Wallace und Lyell enttäuscht, die in der explosionsartigen Entwicklung des menschlichen Gehirns geradezu ein Wunder sahen, nach dem Motto: Unseren Kopf hat Gott geschaffen und unsere Lungen die natürliche Zuchtwahl. Für Darwin war es jedoch klar,

dass dort, wo man ein Wunder, d.h. eine Erklärungslücke zulässt, tausend andere folgen. Die Abstammung des Menschen von einer niedriger organisierten Form ohne irgendwelche Konzessionen war daher für Darwin eine unumgängliche Konsequenz seiner Evolutionstheorie. Aber - und darin besteht sein evolutionärer Humanismus - er hat für alle diejenigen, denen der Gedanke einer solchen niedrigen Abstammung widerwärtig ist, einen Trost bereit: „Denn gerade der Umstand“, sagt er, dass der Mensch die höchste Stufe der organischen Stufenleiter selbst erstiegen hat, anstatt von Anfang an auf sie gestellt zu sein, kann ihm die Hoffnung geben, dass in ferner Zukunft ihm eine noch höhere Bestimmung vorbehalten ist“. Ein Zeitgenosse Darwins, Claparede, der Systematiker der niederen Tiere, hat unabhängig von Darwin diese Überlegung kürzer und drastischer ausgedrückt: „Besser ein veredelter Affe als ein heruntergekommener Adam.“

Ausgehend von der Überlegung, dass „kein Stamm als solcher existieren könnte, wenn Mord, Raub und Verrat allgemein verbreitet wären“, kommt Darwin zur Auffassung, dass sich zunächst innerhalb des Stammes soziale Tugenden entwickeln, die sich später auf größere Gemeinschaften erstrecken. So dass sich schließlich die sozialen Tugenden auf die ganze Nation ausdehnen. Als Endzustand schildert Darwin einen Zustand, in dem sich die Sympathie „auf die Menschen



„Und er scheut sich auch nicht, die von Kant unbeantwortet gelassene Frage, woher dieser Sinn für Moral stammt, vom Standpunkt der Naturgeschichte zu beantworten.“

Foto: kallejipp@photocase.com

aller Nationen und Rassen“ ausgebreitet hat. Dass dieser Endzustand ein utopisches Bild ist, von dem wir noch weit entfernt sind, wenn wir es überhaupt je erreichen sollten, davon hat auch Darwin selbst eine Ahnung gehabt. Denn er weist darauf hin, dass intellektueller und moralischer Fortschritt des Menschen keineswegs immer parallel laufen müssen.

Dass für Darwin trotzdem nicht der „got-tähnliche Intellekt, welcher die Bewegungen und den Bau des Sonnensystems erforscht hat“, den eigentlichen Unterschied zwischen Tier und Mensch ausmacht, sondern der Sinn für Moral oder das Gewissen, hat er deutlich genug und in voller Übereinstimmung mit der Pflichtethik von Kant ausgesprochen. Denn er sieht Kants bekannte Worte über die Pflicht in der „Grundlegung zur Metaphysik der Sitten“ als den Fundamentalsatz jeder Moralphilosophie an und zitiert ihn auch wörtlich aus einer englischen Übersetzung aus dem Jahr 1836: „Pflicht wunderbarer Gedanke, der du weder durch törichte Aufdringlichkeit, Schmeichelei, noch durch irgend eine Drohung dein Werk verrichtest, sondern dir nur dadurch, dass du dein nacktes Gesetz in der Seele aufrecht hältst, wenn nicht immer Gehorsam, so doch immer Ehrerbietung erzwingst, du vor dem alle Begierden schweigen, wie sehr sie sich im geheimen empören mögen; woher stammst du?“ . Darwin hat dieses Übergewicht des mor-

alischen Sinns über jeden anderen Beweggrund menschlichen Handelns in dem, wie er selbst sagt, „ebenso kurzen wie gebieterischen Wort >müssen<“ zusammengefasst, was wiederum eine genaue Entsprechung zur Kantischen Pflichtethik bedeutet. Und er scheut sich auch nicht, die von Kant unbeantwortet gelassene Frage, woher dieser Sinn für Moral stammt, vom Standpunkt der Naturgeschichte zu beantworten.

Im Sinn des Humanismus der Aufklärungszeit und ihres bedeutendsten Vertreters Kant haben moralische Entscheidungen ihre Grundlage im freien Willen. Darwin spricht zwar nicht ausdrücklich vom freien Willen, aber er führt Beispiele an, die zeigen sollen, dass es bereits im Tierreich Ansätze dafür gibt, entgegen dem fundamentalen Überlebensinstinkt Handlungen auszuführen, die man „moralisch“ nennen könnte. So führt er eine Erzählung von Dr. Hooker an, der in Indien einen Elefanten ritt und in tiefen Schlamm geriet. Unter solchen Umständen pflegen Elefanten mit ihrem Rüssel jeden Gegenstand, er sei tot oder lebendig, zu ergreifen und ihn unter ihre Knie zu schieben, damit sie nicht noch tiefer in den Schlamm versinken. Obwohl der Treiber des Elefanten fürchtete, dass der Elefant den Dr. Hooker ergreifen und totdrücken würde, kümmerte sich das Tier nicht um sein eigenes Überleben, sondern verhielt sich ganz ruhig, bis es am nächsten Tag von herbeigeholten Leuten mit Stricken herausgezogen werden

„Allerdings muss der ursprüngliche Unschuldszustand des Menschen als eine Illusion angesehen werden, seitdem man Australopithecus als „Mörderaffen“ entlarvt und dem Neandertaler eine höchst unangenehme Neigung zum Kannibalismus nachgewiesen hat.“



Foto: kallejipp@photocase.com

konnte. Nach Darwins Meinung ist eine solche Überwindung für ein so schweres Tier in so schrecklicher Lage ein wunderbarer Beweis von edler Treue. Obwohl er nicht behaupten will, dass es sich hier um genau denselben moralischen Sinn handelt, wie es der menschliche ist, sieht er doch zumindest Ansätze dazu, die sich aus den geselligen Instinkten des Tieres ergeben. Nicht nur ein wesentlicher Teil, sondern der Grundstein des gesellschaftlichen Instinktes ist nach Darwin ein gewisser Grad von Sympathie, der besonders zwischen Eltern und Kinder ausgeprägt ist. Hinzu kommt dann, wenn sich die Geisteskräfte hoch entwickelt haben, dass die Bilder aller vergangenen Handlungen und ihre Beweggründe durch das Gehirn jedes Individuums gehen. Und schließlich, nachdem das Sprachvermögen erworben worden ist und die gemeinschaftlichen Wünsche ausgedrückt werden konnten, pflegte die allgemeine Meinung darüber, wie jedes Mitglied dem öffentlichen Wohl gemäß handeln sollte, sich in eine zwingende Richtschnur zu verwandeln. Auch dieser Gedanke Darwins stimmt mit der von Kant so betonten Zwangsstruktur des positiven Rechts überein.

Soweit Darwin selbst und seine nicht übersehbare Übereinstimmung mit Kant, so dass man hier ähnlich wie von der evolutionären Erkenntnistheorie von einer evolutionären Ethik sprechen kann, die man beide als nat-

uralistische Umdeutungen des Kantischen aufklärerischen Humanismus sehen kann, zu denen Kant selbst Ansätze geliefert hat. Damit stellt sich auch notwendigerweise wieder die von Darwin selbst aufgeworfene Frage nach dem Bewusstsein und dem freien Willen der Tiere, insbesondere der höheren Säugetiere, wie Hunde und Affen, an denen traditioneller Weise derartige Experimente durchgeführt worden sind. Wenn man aber die Ergebnisse der Evolutionsbiologie und der vergleichenden Verhaltensforschung mit einbezieht, muss man unterschiedliche Stufen des Bewusstseins unterscheiden und dementsprechend unterschiedliche Stufen dessen, was man Wille oder freier Wille nennt. Eine derartige Skala hat z. B. der Verhaltensphysiologe Donald R. Griffin aufgestellt der als Mitentdecker der Echolotung der Fledermäuse und als Fachmann der Orientierung und des Heimfinde-Vermögens von Tieren bekannt geworden ist. Am Anfang einer solchen Skala stehen Begriffe wie „Mustererkennung“, „Affekt“, „Spontaneität“, „Erwartung“ und am Ende Begriffe wie „Gedanke“, „Wahl“, „Selbstbewusstsein“ und „freier Wille“. Griffin kann sich in der Verteidigung des tierischen Bewusstseins auf Darwin berufen, der fast die gesamte Skala der Bewusstseinszustände den Tieren zugesprochen hat und der Meinung war, dass zwischen den sogenannten höheren Säugetieren, wie Hunde und Affen, und

dem Menschen kein fundamentaler Unterschied besteht sondern lediglich graduelle Abstufungen. Trotzdem muss er aber im Sinn eines evolutionären Humanismus die Einzigartigkeit des Menschen behaupten. Worin besteht aber diese Einzigartigkeit der biologischen Art homo sapiens, die sich von der prinzipiellen und wesentlichen Sonderstellung des Menschen unterscheidet, wie sie der geisteswissenschaftliche, theologisch-philosophisch orientierte „klassische Humanismus“ angenommen hat?

Bekanntlich versucht ja gegenwärtig eine interdisziplinär orientierte Anthropologie eine Antwort auf diese Frage zu geben. Einig ist man sich darüber, dass diese Einzigartigkeit des Menschen weder auf mehreren noch auf einem einzelnen Merkmal beruht, die ihm allein zukommen. Das stimmt mit Darwins Meinung überein, der alle diese Merkmale in abgestufter Weise auch bei den Tieren vorgezeichnet sieht. Das gilt nicht nur für die körperlich-organischen Merkmale sondern auch für die kognitiven und moralischen menschlicher Fähigkeiten. Doch eine solche gradualistische Vorstellung schließt nicht aus, dass aus der Kombination und Steigerung dieser Fähigkeiten schließlich einzigartige Leistungen entstehen, die im vormenschlichen Bereich nicht vorkommen können und die auf der Komplexität und Struktur des Menschenhirns beruhen, das sich gerade durch diese Leistungen im Sinn einer Rückwirkung weiterentwickelt hat. Darwin hat nicht nur den „got-tähnlichen Verstand“ des Menschen sondern auch seinen besonderen Sinn für Moral mit der Rückwirkung der Sprache auf das Gehirnwachstum des Menschen begründet.

Trotz seines grundsätzlichen Glaubens an den moralischen und sozialen Fortschritt der Menschheit war sich Darwin darüber im klaren, dass es keine Garantie dafür gibt, dass die sozialen Instinkte des Menschen die Ober-

hand gewinnen und nicht „jene Affen und Tigermethoden“, mit denen der Mensch erblich belastet ist und von denen schon Thomas Henry Huxley behauptet hat, dass sie mit wohl fundierten ethischen Grundsätzen unvereinbar sind. So konnte auch Darwin, wie er selbst zugibt, zeit seines Lebens nicht den „schrecklichen Zweifel loswerden, ob die Überzeugungen des menschlichen Geistes, der sich von den niederen Tieren herauf entwickelt hat, von irgendeinem Wert sind, oder ob man ihnen überhaupt trauen kann“. Aber auch einen anderen düsteren Verdacht hat bereits Darwin an versteckter Stelle in einer Anmerkung anscheinend widerspruchlos akzeptiert. Die auf den Menschen übertragene Evolutionstheorie behauptet keineswegs die Notwendigkeit einer absolut parallelen Entwicklung von Wissen, Moral und Religion. Vielmehr gibt es für Darwin Beispiele genug, „dass der Erkenntnisgewinn des Menschen die Ursache einer zeitweiligen, jedoch lange andauernden moralischen Degeneration“ sein kann. Das aber ist, wie ein ungenannter Kritiker Darwins bereits im »Spectator« vom 12. März 1871 bemerkt hat, eine „neue Theorie des Sündenfalles des Menschen“, über deren Orthodoxie sich Darwin selbst nicht im Klaren war. Denn damit scheint die jüdisch christliche Lehre von der moralischen Entartung des Menschen infolge seiner Jagd nach Erkenntnis auch evolutionistisch ihre Rechtfertigung zu haben. Allerdings muss der ursprüngliche Unschuldzustand des Menschen als eine Illusion angesehen werden, seitdem man Australopithecus als „Mörderaffen“ entlarvt und dem Neandertaler eine höchst unangenehme Neigung zum Kannibalismus nachgewiesen hat. Dass die ursprüngliche Raubtiernatur des Menschen durch die Vermehrung seines Wissens nicht gelitten hat, zeigt die gesamte Geschichte der Menschheit. Kaum eine wissenschaftliche Entdeckung wurde jemals gemacht, ohne dass

sie zugleich auch zu einem Werkzeug der Folter und der Vernichtung wurde. Die Erfindung des Rades, die Verwertung und Bearbeitung der Metalle, die Erfindung des Schießpulvers sind klassische Beispiele dafür.

In doppelter Hinsicht scheint der schreckliche Zweifel Darwins an dem moralischen Fortschritt der Menschheit heutzutage bestätigt zu sein. Wir wissen heute mehr über die Vorgeschichte der Menschheit als zu Darwins Zeiten, wir wissen heute aus den Erfahrungen zweier mörderischer Weltkriege und dem heute weltweit verbreiteten Terrorismus, dass der strahlende Optimismus der frühen Vertreter der Evolutionstheorie des 19. Jahrhunderts unberechtigt war. Aus der Vorgeschichte der Menschheit wissen wir, dass der Weg der Menschwerdung durch ein „dunkles Tal“ geführt hat. Denn unsere direkten Vorfahren ebenso wie ihre Seitenzweige waren keine friedlichen, Früchte essenden Waldbewohner, sondern Jäger und Fleischfresser. Wer könnte es daher heutzutage Darwin übelnehmen, wenn sich in seinen grundsätzlich auf der Idee der Selbsterkenntnis und Selbstüberwindung beruhenden „evolutionären Humanismus“ auch jene verächtlich düsteren Töne mischen, die am Ende seines berühmten Buches über die Abstammung des Menschen auftauchen: „Was mich betrifft, so will ich lieber von jenem heroischen kleinen Affen abstammen, welcher seinen Todfeind anfiel, um das Leben seines Wärters zu retten, oder von jenem alten Pavian, welcher vom Berge herabkam, um seinen kleinen Kameraden im Triumph aus einem Haufen bestürzter Hunde hinweg zu tragen, als von einem Wilden, welcher ein Vergnügen daran findet, seine Feinde zu martern, blutige Opfer darbringt, den Kindermord ohne Gewissensbisse übt, sein Weib als Sklavin behandelt, keine Scham kennt und durch den größten Aberglauben gängigst wird“.

# :: Wie Orchideenblüten Insekten-Männchen täuschen

Die Bestäubungstricks der mediterranen Ragwurzgattung *Ophrys*.

## 1. Einleitung

Die Arten der mediterranen Orchideengattung *Ophrys* sind schon lange als besonders fremdartig aussehend bekannt. Ihre Blüten zeigen eine gewisse Insektenähnlichkeit, die ihnen Bezeichnungen wie Bienen-, Hummel- oder Fliegenragwurz eingebracht haben, um nur die in Mitteleuropa bekanntesten Arten zu nennen. Erst der Franzose Pouyanne hat im Jahre 1916 in Algerien erkannt, welches Geheimnis hinter den Blüten der Gattung *Ophrys* steckt. Es erschien in der Zeitschrift der französischen Gesellschaft für Gartenkunde ein Artikel in französischer Sprache mit dem Titel: „Un curieux cas de mimétisme chez les Ophrydées (*Ophrys*)“. Er beobachtete, dass als einzige Besucher und Pollenüberträger der Blüten dieser mediterranen Spiegelragwurz *Ophrys speculum* ausschließlich Männchen der sehr bienenähnlichen Dolchwespen *Dasyscolia ciliata* (= *Campsoscolia*) (Hymenoptera, Scoliidae) auftraten. Diese führten auf den Blüten Paarungsversuche aus und waren nicht etwa auf der Suche nach Nahrung. Er schloß er daraus folgerichtig, dass diese Männchen die *Ophrys*-Blüte für ihr Weibchen halten. So hatte Pouyanne ein neues Bestäubungsprinzip entdeckt, das ihm zu Ehren gelegentlich „Pouyanne'sche Mimikry“, häufiger aber als „Pseudokopulation“ genannt wird. Erst viel später hat der Schwede Kullenberg (1961) schließlich in einer umfangreichen Studie das Phänomen im Prinzip geklärt. Fast alle *Ophrys*-Arten erlangen Bestäubungen über diesen Mechanismus der Sexualtäuschung. Es interessant zu erwähnen, dass Sexualtäuschung inzwischen

auch bei anderen Orchideen-Gattungen in Australien, in Südamerika und Südafrika gefunden wurden.

Kullenberg (1961) hatte bereits klar aufzeigen können, dass *Ophrys*blüten Bestäuberweibchen imitieren, indem sie vor allem Duftbouquets produzieren, die die Bestäubermännchen für das Sexualpheromon ihrer Weibchen halten. Demnach stellte sich eine Reihe von weiteren Fragen:

Auf welchem Weg erreichen die Blüten diese Sexualtäuschung? Die plausible Annahme besteht darin, dass eine *Ophrys*-Blüte alle wichtigen paarungsauslösenden Signale imitieren muss, damit die Bestäubermännchen diese Blüte auch für ihr Weibchen halten und demnach mit Paarungsverhalten antworten. Die hierfür notwendigen Signale sollten optische, olfaktorische und taktile sein. Für alle diese Signale ist eine entsprechende sensorische Ausstattung beim Empfänger (hier den zu täuschenden Männchen) ausgebildet, da diese zur Weibchenerkennung in der Evolution der Männchen notwendig entstanden sind. Worin die artspezifische Auslösung auf der Rezeptor- und der neuronalen Ebene besteht, ist in nur sehr wenigen Fällen genauer bekannt. Darüber hinaus mußte in Freilandtests aufgezeigt werden, dass die vermutete Artspezifität der Anlockung bei den vielen Arten der Gattung *Ophrys* tatsächlich besteht.

In langjährigen und aufwendigen Freilandstudien konnten Paulus und Mitarbeiter in zahlreichen Wahltests zeigen, dass jede *Ophrys*-Art nur einen einzigen effektiven Bestäuber hat. Gelegentlich fanden sich auch weitere Blütenbesucher, die aber entweder nächstverwandte

## Hannes F. Paulus

O. Univ.- Prof. Dr.

Department für Evolutionsbiologie, Fakultät für Lebenswissenschaften, Universität Wien





Arten waren oder aus nicht bekannten Gründen von den Blütensignalen ebenfalls ange-lockt wurden. Die zunächst kleine Liste der bekannten Bestäuber bei Kullenberg (1961) konnte von mir im Verlauf der vergangenen Jahre beträchtlich erweitert werden. Dabei wurden auch zahlreiche noch unbekannt neue Arten entdeckt und ihr eigenständiger Artstatus über den Biotest eines eigenständigen Bestäubers gezeigt werden. Daraus konnte ein Biospezieskonzept entwickelt werden, dass bei diesen Pflanzen bedeutet, dass jede Artbildung stets über das Erschließen eines neuen Bestäuber abgelaufen sein muß. Durch konsequente Anwendung dieses Konzeptes konnte erkannt werden, dass die Gattung statt der ursprünglich 30 – 40 inzwischen weit über 260 Arten enthält.

## 2. Das Prinzip der Bestäubung

Als Bestäuber der Gattung *Ophrys* sind bislang Männchen der aculeaten Hymenopteren (Stechimmen) und zwei Arten der Käfer-Gattung *Blitopertha* der Scarabaeidae beobachtet worden. In erster Linie sind Arten verschiedener Bienenfamilien (Apoidea) Pollinarienüber-träger. Lediglich *Ophrys speculum* wird von der Dolchwespe *Dasyscolia* (= *Campsoscolia* auct.) *ciliata* (Scoliidae) und unsere Fliegenrag-wurz (*O. insectifera*) von der Grabwespe *Argogorytes mystaceus* besucht. Unter den Bienen sind es vor allem die Sandbienen (Andrenidae) mit vielen Arten der Gattung *Andrena*, drei Arten der Seidenbienen (*Colletes*, Colletidae) (*Ophrys arachnitiformis-exaltata*-Gruppe, Pelz-bienen der Gattung *Anthophora*, Kuckucksbi- enen der Gattungen *Melecta* und *Eupavlovskia*, Langhornbienen der Gattungen *Eucera* (s.lat.) und *Tetraloniella* (zahlreiche Arten der Hum- melragwurzugruppe), die Holzbienen *Xylocopa iris* (*O. sipontensis*, *O. spruneri*) und *X. valga* (*O. grigorigiana*) sowie die Schmarotzerhummel *Psithyrus vestalis* (*O. chestermanii* und *O. nor- manii*, Sardinien).

Der Blütenbesuch selbst läuft fast immer nach einem bestimmten Schema ab. Gerät ein auf Weibchensuche befindliches Bestäubermän- nchen in die Duftfahne einer auf ihn passenden *Ophrys*blüte (nach meinen Freilandbeobach- tungen ab ca. 5 - 10 m), so beginnt ein Suchflug in Richtung Duftquelle. Dieser ist meist mehr

oder weniger zickzackförmig, um dann ab etwa 1 - 2 m vor der Blüte immer enger zu werden. Schließlich sieht das Männchen das vermeintli- che Weibchen und stürzt sich blitzschnell auf die Blüte, landet, sucht nach der richtigen Sitzposi- tion und beginnt mit heftigen Kopulationsbe- wegungen. Dazu wurde der Begattungsapparat meist schon vor der Landung weit ausgestülpt. Das getäuschte Männchen versucht immer und immer wieder mit stechenden Hinterleibsbe- wegungen verbunden mit lautem Summen, die Geschlechtsöffnung des Pseudoweibchens zu finden. Dann sitzt das Tier oft ganz ruhig, um mit heftigem Flügelschwirren eine erneute Stimulation zu versuchen. Bei diesen heftigen Bewegungen kommt das Männchen sehr schnell mit den Klebscheiben der Pollinarien in Berührung, die dann aus den Fächern heraus- gezogen werden. Meist fliegt das Tier nach 10 - 30 sec ab, um dann aber sehr oft auf einer wei- teren Blüte zu landen. Dann wiederholt sich das Spiel wieder, wird aber in der Regel schneller abgebrochen.

Welche Bedeutung die einzelnen Verhalten- skomponenten haben, ist auch im normalen Paarungsverhalten der Bestäuberbienen wenig untersucht. Das zick-Zackförmige Anfliegen mit enger werdenden Amplituden entspricht der Auffassung, dass nicht einem Konzen- trationsgefälle gefolgt wird, sondern dass die Männchen versuchen in einer Art Dufttunnel zu bleiben, um so zur Duftquelle zu gelangen. Das heftige Flügelschwirren und periodische Thoraxbrummen kommt bei allen bestäuben- den Bienenarten vor.

Da nach einer Landung auf der *Ophrys*-Lippe oft die Pollinarien sofort entnommen worden sind, haben die Blüten einen einfachen Trick erfunden, um während weiterer Kopulations- versuche auf derselben Blüte und damit die Ge- fahr einer Selbstbestäubungen zu vermeiden. Die entnommenen Pollinien stehen zunächst noch ca. 1 – 2 Minute senkrecht in die Höhe, bevor sie sich nach einem Trocknungsprozess der Stielchen nach vorne senken. Erst dann sind sie für eine Pollination einsatzbereit. In die- ser Zeit kann sich also ein Männchen ohne Gefahr der Selbstbestäubung auf derselben Blüte oder Pflanze zu schaffen machen oder zu ihr zurückkehren. Diese Pollinien kleben im Übrigen so fest am Kopf oder Hinterleib,



↑ *Ophrys insectifera*  
Foto: Bernd Haynold

dass sie diese trotz heftiger Putzbewegungen nicht mehr entfernen können. Solche Männchen sind dann viele Tage oder auch einige Wochen regelrecht markiert. Vor dem letzten Abflug streifen viele Männchen mit ihrem Vorderbein-Putzkamm über die Fühler. Danach können besonders die Lanthornbienen noch sekundenlang im Schwirrflug vor der Blüte stehen. Regelrecht „ungläubig“ scheinen sie sich die Blüte noch einmal genau anzuschauen und zu riechen, um sich diese einzuprägen. Sie kehren dann fast nie wieder zu derselben Blüte zurück, da sie diese offenbar individuell wiedererkennen können, sondern besuchen anschließend neue Blüten. Tatsächlich konnten wir zeigen, dass die getäuschten Bestäubermännchen nach kurzer Zeit sogar den Blütenschwindel durchschauen und auf die Attrappe nicht mehr hereinfliegen (Paulus et al. 1983, Paulus & Gack 1984, Paulus 1988a). Zunächst vermeiden sie individuell diejenigen Pflanzen, die sie schon einmal besucht haben, um später überhaupt keine Ophrysblüten mehr zu besuchen. Neue Anflüge erhalten Ophrysblüten daher meist nur von noch Blüten unerfahrenen anderen Männchen. Dies erklärt auch, warum man das Phänomen der Pseudokopulation bisher so selten beobachtet hat. Die Wahrscheinlichkeit, bei der Pseudokopulation gerade dabei zu sein, ist sehr gering, da sie in der Blütezeit einer Pflanze mit viel Glück gerade ein einziges Mal passiert. Ein bestimmtes Pflanzenindividuum blüht ca 3 - 4 Wochen lang. Die Bestäubungsrate in einer Ophryspopulation ist kaum je höher als 5 - 10%! Dennoch reicht diese Rate bei weitem aus, um den Fortbestand der Population zu sichern. Wenn Bestäubungen auch selten sind, so sind sie doch sehr effektiv. Jede bestäubte Blüte kann über 15000 - 30000 Samen liefern. Nehmen wir einen Standort mit 10 Pflanzen mit jeweils 4 Blüten. Davon wurden 5% bestäubt = 2 Blüten.

Das ergibt eine Produktion von 40000 Samen. Das ist nun keineswegs wenig! Natürlich werden nicht alle 40000 Samen zur Keimung kommen, da der Weg zu einer erwachsenen Pflanze bei Orchideen außerordentlich hinderungsreich ist. Doch Orchideen sind langlebig und können daher viele Jahre solche immensen Samenzahlen produzieren. Doch mit welchen Tricks ist eine Ophrysblüte in der Lage, die Bestäubermännchen zu täuschen und sogar nur solcher ganz bestimmter Arten?

### 3. Methoden der Signal-fälschung

Um Bestäubermännchen anzulocken, müssen die Blüten die wichtigen paarungsauslösenden Signale imitieren, welche auch die Bienenweibchen einsetzen, um schließlich begattet zu werden. Damit nur artgleiche Männchen angelockt werden, sind diese Signale natürlich artspezifisch. Dadurch dienen sie gleichzeitig als gut funktionierende Mechanismen der Arterkennung und damit zur Verhinderung von Hybridisierungen. Darüber hinaus dürften sie eine wichtige Rolle im Rahmen der sexuellen Selektion spielen. Drei Grundtypen von Signalen oder Reizen spielen hierbei eine wichtige Rolle:

- Duft- oder olfaktorische,
- optische und
- taktile Reize,

die jeweils als mehr oder wenige komplexe Muster den Charakter von Schlüsselreizen haben und daher in angeborener Weise von einem sogenannten AAM (angeborener Auslösemechanismus) im Gehirn der Männchen erkannt werden. Aus der Fortpflanzungsbiologie vieler Insekten weiß man, dass zur Anlockung des Geschlechtspartners chemische Lockstoffe (Sexualpheromone) eingesetzt werden, auf die Männchen in artspezifischer Weise dank ihrer anten-nalen Geruchsrezeptoren erkannt und mit Suchflügen nach ihren Weibchen

beantwortet werden. Die Männchen können unter tausenden von Duftstoff-freizen genau diejenige Duftstoffmischung erkennen, die von ihren Weibchen als Lockmittel eingesetzt wird.

In der Nähe der Weibchen werden dann optische Signale ihrer Weibchen wahrgenommen und auch diese in artspezifischer Weise erkannt. Auf dem Weibchen gelandet, vermittelt dem Männchen der Strich der feinen Blütenlippenbehaarung als taktiles Signal, wo bei dem vermeintlichen Weibchenkörper hinten und vorne ist. Sie müssen auch hierbei sehr schnell sein, weil auch andere Männchen identische Absichten verfolgen, und es dann letztlich darauf ankommt, wer der Schnellste ist (scramble competition, sexuelle Selektion). Der Schnellste ist der, der ein Weibchen schneller findet, erkennt und schließlich dank der richtigen Orientierung auf dem Weibchen selbst zur Kopulation kommt.

Wie unsere Untersuchungen der Vergangenheit gezeigt haben, imitieren Ophrysblüten tatsächlich alle diese Signale, um erfolgreich spezifische Bestäubermännchen anzulocken, sie zu täuschen und für ihre Pollinienübertragung zu nutzen.

### Duftsignale

Eine Ophrys-Blüte produziert über das Labellum verteilt in vielen Drüsenzellen hunderte verschiedener Duftkomponenten, deren jeweilige Mischungsverhältnisse und Konzentrationen ein für die Ophrysarten spezifisches Duftbouquet („Parfüm“) ergibt. Die Stoffe selbst sind vor allem Terpene, langkettige aliphatische Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, Ketone und 1-, 2-Alkohole sowie cyclische (aromatische) Verbindungen, also Stoffe, die auch sonst im Tier- und Pflanzenreich häufig als Duftstoffe eingesetzt werden. Aus diesen Molekülen haben alle Ophrys-Arten tatsächlich ein jeweils hochspezifisches Duftstoffgemisch evolviert.

## Das Duftbouquet: Eine

Da nach bisherigen Duftstoffuntersuchungen gänzlich unklar war, welche der zahlreichen Substanzen die reizwirksamen sind, mußte ein neues Verfahren eingesetzt werden, um aus dem Gesamtbouquet der über 100 Molekülen diejenigen herauszufinden, die für die Männchen das Signal-Bouquet für ihr noch unbegattetes Weibchen darstellt. Dazu mußte allerdings vorher das Sexuallockstoff-Bouquet des Bestäuberweibchen geklärt werden, da sonst nicht klar ist, wonach gesucht werden soll. Erschwerend kam hinzu, dass bis vor kurzem von keiner einzigen Wildbiene ein Sexualpheromon bekannt war. Die Extraktion der Weibchen erbrachte nämlich ebenfalls nur eine ungewöhnliche große Ansammlung von vor allem langkettigen Kohlenwasserstoffen, von denen ihrerseits ebenfalls nicht bekannt war, welche davon in welcher Mischung als Sexuallockstoff fungieren.

Die Methode, dies herauszufinden bestand darin, die gaschromatografische Analysetechnik (im Verband einer Massenspektrometrie, um die Moleküle zu identifizieren) für die vielen Duftmoleküle mit einer elektrischen Ableitung aller Duftsensoren auf dem Fühler eines Männchens (gas chromatography-electroantennography = GC-EAD) zu koppeln. Das funktioniert im Prinzip so, indem die Duftbouquets der Ophrysblüten zur Analyse in die Gaschromatographie-Säule eingespritzt werden. Dort werden sie in der Reihenfolge ihrer Molekülgrößen verdampft und als chromatographisches Pik-Muster sichtbar gemacht. Jeder Pik entspricht einem einzelnen Molekül in diesem Gemisch. Als erstes verdampfen natürlich die leicht flüchtigen, später die schwerer flüchtigen Moleküle. Die Kopplung mit einer Elektroantennogramm-Analyse besteht darin, dass man nun im Verband der chemischen Analyse gleichzeitig jedes dieser

Moleküle einzeln über die Nase der Bienenmännchen bläst und diese quasi „befragt“, ob sie den Stoff riechen oder nicht. Diese Befragung erfolgt so, dass man zwei Elektroden an die Basis und an die Spitze der Antenne einsticht, die einen Strom dann messen, wenn eine oder viele der zahlreichen Geruchsrezeptoren auf dieser Antenne antworten. Sie antworten dann, wenn sie mit ihren Sinneszellen das Molekül wahrnehmen. Diese Antworten können als Elektrodenstrom sichtbar gemacht werden. Genau mit diesen Methoden identifizierten wir die spezifischen Duftstoffgemische der Spinnenragwurz (*Ophrys sphegodes*) und bei den Weibchen seiner Bestäuberbiene *Andrena nigroaenea*. Das gleiche taten wir auch mit *Ophrys speculum* und ihrer Bestäuberdolchwespe *Dasyscolia (=Campsoscolia) ciliata*. Zunächst wurden alle von der Lippe emittierten Duftmoleküle charakterisiert und diese mit Cuticula-Abwaschen noch unbegatteter *Andrena nigroaenea*- und *Dasyscolia ciliata*-Weibchen verglichen. Jeweils beide Duftstoffgemische wurden über die Gaschromatographie in ihre Komponenten zerlegt und jeder Molekültyp einzeln über die Antenne von Männchen geblasen. An ihnen wurden auf elektrophysiologischem Weg über Summenpotentiale Reaktionen gemessen. Dabei stellte sich heraus, dass Rezeptoren auf den Antennen der *Andrena nigroaenea*-Männchen in beiden Duftbouquets genau auf dieselben Gruppen von etwa 16-18 Molekülen reagierten. In anschließenden Verhaltenstest (Biotests) wurden wiederum genau diese 16 Moleküle als Bouquet frei fliegenden Männchen geboten. Auch sie reagierten nur auf diese Mischung mit spezifischen Kopulationsreaktionen. Damit war zum ersten Mal gezeigt worden, mit welchen Komponenten gelockt wird und dass diese bei der Blüte und dem unbegatteten Bestäuberweibchen völlig identisch sind. Offenbar operieren viele der nah verwandten *Ophrys*-Arten in der

Weise, dass sie mit einem Komponenten reichen Set an langkettigen Kohlenwasserstoffmolekülen einen jeweils artspezifisches Bouquet erzeugen.

Im Fall der Spiegelragwurz *Ophrys speculum* und ihrer Bestäuberwespe *Dasyscolia ciliata* wird nur mit wenigen Molekültypen, nämlich ( $\omega$ -1)-Hydroxy und ( $\omega$ -1)-oxo Säuren, insbesondere 9-Hydroxydecanoid Säure operiert. Es handelt sich um eine Molekülgruppe, mit der auch die Honigbienenkönigin ihre Männchen anlockt.

Eine weitere interessante Frage ist, ob für Männchen virginelle Weibchen dieselbe Reizwirksamkeit haben wie die entsprechenden *Ophrys*-Blüten. Dazu liegt bislang für *Ophrys speculum* nur ein Experiment vor, das zeigt, dass tatsächlich kein wesentlicher Unterschied in der Attraktion besteht, wenn es nur um die Duftanlockung geht. Wenn man dagegen im Wahlexperiment offen sichtbare Blüten gegenüber einem Weibchen testet und beide aber identischen Duft hatten, dann wurde die Blüte deutlich bevorzugt. Die Optik der Blüte stellt für die Männchen offenbar ein übernormaler Auslöser dar. Das ist verständlich, wenn man beachtet, dass die Blüten der Spiegelragwurz ein deutlich großflächigeres blaues Signal auf ihrer Lippe haben, als die entsprechend blauen Flügel der Weibchen. Hinzu kommt, dass dieser Spiegel gleichzeitig im UV reflektiert und durch den Glanzeffekt polarisiert ist. Ob letzteres reizwirksam ist, muss noch getestet werden.

## Optische Signale

Nachdem Insekten- oder hier Bienenmännchen der Duftfahne folgend ihren Weibchen so nahe gekommen sind, dass sie diese auch sehen können, folgen in der Kette der Paarungsauslöser optische Signale, die dem Männchen nicht nur genauer zeigen, wo das Weibchen sich befindet, sondern auch durch besondere optische Merkmale weiter signalisiert, ob es sich tatsächlich um ein art eigenes Weibchen handelt. Bislang gibt es keine

spezifischen Untersuchungen, an welchen Formen oder Farben Männchen ihre Weibchen erkennen. Wir können daher vorläufig nur aus den zahlreichen Arbeiten zum Formen- und Farbsehen bei der Honigbiene und wenigen anderen Insekten auf einige basale Mechanismen schließen, die sicher auch für andere Insekten gelten. Etwas vereinfacht gesagt, nehmen wir (und wohl die meisten Wirbeltiere) unsere Welt als komplexe Bilder wahr, während Insekten offenbar ihre optische Welt „abstrakter“ sehen. Verhaltensbiologisch setzen sich Objekte außerdem aus einer Summe von Signalen zusammen, die nach einer Perzeption neuronal danach bewertet werden, ob sie „interessant“ oder „uninteressant“ sind, ob sie Auslösecharakter haben und/oder gelernt werden können. Dies ist für die Interpretation des Aussehens und der Färbungen der Ophrys-Blüten mit ihren Zeichnungsmustern von Bedeutung. So locken Ophrysblüten, die Holzbiene der Gattung *Xylocopa* anlocken, dass diese auf der Blütenlippe mit einem blau schillerndem Fleck in derselben Weise Männchen anlocken, wie dies auch im normalen Geschehen zwischen den Bienengeschlechtern erfolgt. Dieser Blauschiller ist außerdem durch UV- und sicher auch durch Polarisations-Reflexion verstärkt. Dies spricht dafür, dass das Lippenmal stets eine optische Imitation der Flügel mit ihren Reflexionen ist. Bei den hier erwähnten Färbungstypen können wir auch schöne Fälle von Konvergenzen in den Label- lum-Grundfarbtypen finden. Es handelt sich um solche nicht näher verwandte Ophrys- Arten, die in Anpassung an dieselbe Bestäuberbiene ähnliche oder identische Label- lumtypen evolviert haben. Hierher gehören im Mittelmeerraum *Ophrys bertolonii* – *O. ferrum-equinum* und *O. atlantica* oder *O. cretica* – *O. kotschy* – *O. reinholdii*.

Ansonsten bietet die Orchideenlippe lediglich eine Passung der Allgemeinfärbung der Biene.

Die hohe Reizwirksamkeit der UV-Reflexion der Lippenmale wurde in einigen Experimenten getestet. Hierzu wurden 2 Einzelblüten in je ein Glaskästchen gegeben und

von außen über ein Y-Rohr zu beiden Blüten identischer Ophrys-Blütenduft gegeben. Dadurch waren die Blüten selbst nicht duftend. Diese wurden frei fliegenden Männchen zur Wahl geboten. Wenn Wahlen stattfanden, dann mußten diese allein aufgrund der Optik erfolgt sein. Die Frontscheiben der Glaskästchen bestanden aus normalem Plexiglas oder aus UV durchlässigen Kunststoff. So konnten anfliegenden Männchen immer zwei Blüten zur Wahl geboten werden und dabei die Bedeutung der UV-Reflexion der Lippen getestet werden.

Resultate dieser Wahlexperimente zeigten, dass Lippen mit UV im Vergleich zu solchen ohne UV-reflektierendem Mal für die Männchen attraktiver sind. Interessant ist hierbei, dass dies nur im unmittelbaren Vergleich gilt. Wenn man im Experiment Männchen von *Eucera* (*Synhalonia*) *berlandi* (*Anthophoridae*) zwischen zwei simultan gebotenen duftfreien Blüten wählen läßt, wird nur dann eine bevorzugt, wenn eine der beiden im UV reflektiert. Im anderen Fall wird die Blüte gewählt, die die Männchen vorher noch nicht gesehen hatten. Auf diese Lernexperimente gehe ich weiter unten ein. Ähnliche Experimente führten wir mit Ophrys speculum-Blüten und ihren Bestäubermännchen, *Dasyscolia ciliata*, in Mallorca durch. Auch zeigte sich, dass Blüten mit UV gegenüber solchen, bei denen die UV-Reflexion abgeschirmt war, bei weitem häufiger angefliegen wurden.

Aus diesen Beobachtungen und den vergleichenden Betrachtungen der Blütenmale muss man folgern, dass sie die Flügel der Bestäuberweibchen mit ihrem Glanz oder Reflexionserscheinungen imitieren. Aus der Vielfalt der Malformen bei den verschiedenen Ophrys-Arten darf man auf eine entsprechende Vielfalt der optical cues in der Männchen-Anlockung schließen. Besonders interessant scheinen mir hier die hochkomplexen Malmuster in der Ophrys holoserica-scolopax-Gruppe zu sein. Hier gibt es komplizierte mäandrierende, asymmetrische Zeichnungsmuster auf dem Labellum, die

↓ *Ophrys vernixia*



von Blüte zu Blüte so verschieden sind, dass in einer Population der Hummelragwurz keine zwei Pflanzen mit identischen Mustern vorkommen. Da diese Muster nach allem was wir jetzt sagen können, Flügelimitationen sind, könnten diese komplexen Zeichnungen Licht-Reflexionsmuster sein. Da auch sie stets stark im UV reflektieren, werden sie von den Männchen auch sehr gut gesehen. Wie in späteren Experimenten noch zu zeigen sein wird, werden diese Muster von den Männchen individuell gelernt und wieder erkannt, um einmal bereits erfolglos besuchte Weibchen/Blüten in Zukunft zu vermeiden, da sie diese verständlicher Weise als unattraktiv interpretieren.

## Die Spezifität der Bestäuber

Da normalerweise jede Ophrys-Art die spezifischen artisolierenden Signale einer Bestäuberart (selten auch weniger verwandter Arten) kopiert, ist auch die Beziehung Ophrys-Art/Bestäuber-Art ja beinahe notgedrungen hochspezifisch. Eine Mimikry funktioniert dann am besten, wenn der Nachahmer sich auf eine einzige Art als bestimmtes Vorbild beschränkt. Die Imitation von mehreren Bestäuberweibchen-Arten kann notgedrungen als Kompromiß nur schlechter sein als diejenige von nur einer einzigen Art. Die hohe Spezifität ist natürlich eine Konsequenz einer ebenso spezifischen Bestäuberselektion. In einer zunächst Duft variablen Ophrys-Population sorgen eben nur die Männchen einer einzigen bestimmten Art für den Pollentransfer und damit für den Fortpflanzungserfolg. Durch diesen Besitz von nur einer Bestäuberart nutzt die betreffende Ophryssippe den gut funktionierenden Artisolationsmechanismus des Bestäubers für sich (sie parasitiert sozusagen an den AAM's der Bestäuber). Bestäuber stellen daher für die Ophrys-Arten einen praegamen Isolationsmechanismus dar, der normalerweise durch seine hohe Spezifität eine Hybridisierung verhindert.

Nachweise für die hohe Spezifität der Ophrys-Bestäuber-Beziehungen haben wir in der Vergangenheit auf zahlreichen Reisen ins

Mittelmeergebiet durch kritische Wahltests immer wieder beweisen können. Sie haben gezeigt, dass die These: eine Ophrys-Art - eine Bestäuberart in der Regel erfüllt ist. Neben diesen Bestäubern, die sozusagen legitim, weil durch Selektionsprozesse angepaßt, gibt es allerdings Besucher, die zwar selten, aber gelegentlich erfolgreich ebenfalls Pollinarien übertragen können. Gut dokumentiert sind die seltenen Besuche des Gartenlaubkäfers *Phyllopertha horticola* und der Schwebfliege *Microdon* auf unserer Hummelragwurz. Beide entnehmen bei ihren etwas unorientierten Kopulationsversuchen oft eher zufällig die Pollinarien. Dennoch dürften sie gelegentlich zu Bestäubungen beitragen. Ähnliche „Nebenbesucher“ dürften die Erzeuger der sehr seltenen natürlichen Hybriden sein. Der größte Teil der Hybriden wird allerdings leider künstlich erzeugt, in dem „Liebhaber“ mit ihrem Fingernagel Pollinarien entnehmen, um sie dann zu einer falschen Ophrys-Art zu transferieren (Dactylogamie).

## 3. Üben Bestäuber Selektion auf Ophrys-Blüten aus?

Bereits das Vorkommen von erstaunlichen Konvergenzen zwischen Ophrys-Arten, die unabhängig in ihrer Stammesgeschichte dieselben Bestäuberarten erschlossen haben. Dies führte dann notgedrungen zu konvergenten Signalen, da ja dieselben Männchen zur Bestäubung angelockt wurden. Um aufzuzeigen, dass Bestäuber permanent Selektion auf die Blüten ausüben, muß gezeigt werden, dass Männchen zwischen Blüten so wählen, dass dadurch der Fortpflanzungserfolg beeinflusst wird. Dies setzt voraus, dass Blüten innerhalb von Populationen variabel sind und die Männchen darauf mit unterschiedlichen Anflughäufigkeiten reagieren. Dazu wurde eine Reihe von Freilandexperimenten durchgeführt.

Hinzu kommen einige Überlegungen, wie Ophrys-Blüten bei einem so seltenen Bestäubungsereignis Selbstbestäubung vermeiden, da dadurch der Pollenverlust sehr hoch ist. Wie ich in anderen Zusammenhän-

## ↓ Ophrys tenthredinifera

Foto: Orchi



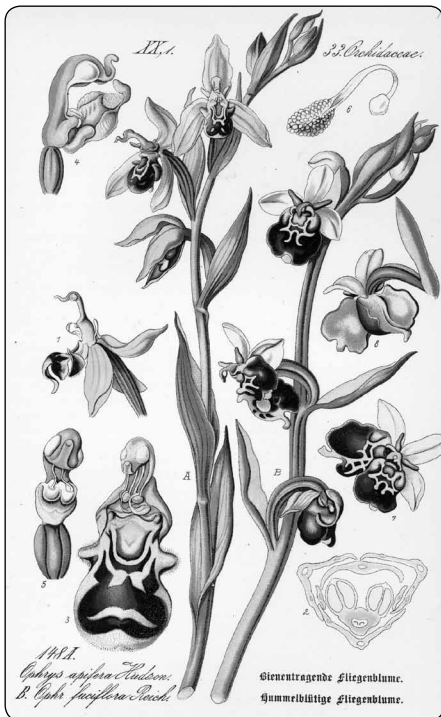
## © Literatur

Ausführlichere Abhandlungen zum Thema sind in folgenden zwei Publikationen von Paulus zu finden - einschließlich einer ausführlichen Literaturangabe:

Paulus, H.F. (2005): Bestäubungsbiologie heimischer Orchideen (p. 98-140). - in: Arbeitskreise heimische Orchideen (Herausgeber): Die Orchideen Deutschlands. - Uhlstädt-Kirchhasel, 800pp.

Paulus, H.F. (2007): Wie Insekten-Männchen von Orchideenblüten getäuscht werden - Bestäubungstricks und Evolution in der mediterranen Ragwurzgattung Ophrys. - *Denisia* (Linz) 20: 255-294.

gen zeigen konnte, ist dies ein generelles Problem aller Orchideen, da sie ja alle mit Pollinien oder Pollinarien operieren. Diese sind zwar gut für maximale Pollenübertragung bei geringen Blütenbesucherraten (der Bestäuber entnimmt sofort den gesamten Pollen oder doch wesentliche Mengen und bestäubt beim nächsten Besuch bereits maximal), doch ist die Bestäubung eben auch maximal bei Selbstbestäubung. Der erste und häufigste Evolutionschritt bei allen Orchideen war die Erfindung von Täuschungsmanövern, die verbunden mit einer hohen Attraktion für die Anlockung jedoch eine starke Enttäuschung verursacht. Die meisten Orchideen setzen auch Nahrungsvortäuschung (so alle unsere Knabenkräuter), Ophrys eben auf Sexuالتäuschung. Diese Täuschung baut auf dem Lernvermögen ihrer Besucher auf. Bis die Täuschung zu Konsequenzen führt, probieren die Männchen noch weitere Blüten als vermeintliche Weibchen aus, bis sie dann eben doch „beschießen“, diese Pseudodamen nicht weiter zu beachten. Das setzt allerdings voraus,



dass diese Männchen die von ihnen besuchten Blüten wieder erkennen, diese Blüten also individuell verschieden sind. Genau das ist auch im Sinn der Erfinder. Die getäuschten Männchen kehren nicht zu denselben Blüten zurück. Eine Reihe von Experimenten hatte daher zum Ziel, diese Hypothesen zu belegen.

## Wie oft besuchen Bestäuber-männchen Blüten?

Bei den zahlreichen Freilandbeobachtungen des Pseudokpopulationsverhaltens war immer wieder aufgefallen, dass die Männchen zwar intensiv angelockt werden, ihr Interesse aber nach erstaunlich kurzer Zeit erlahmte. Zwei Typen von Tests belegten, dass die Pflanzen individuell wiederkannt und danach gezielt gemieden werden:

Eine Pflanze wurden in Schwarmbahnen patroulierender Bestäuber-Männchen gestellt und die Anflugraten in Zeitintervallen gezählt. Dazu war vorher durch Beobachtungen und Markierung der fliegenden Männchen festgestellt worden, dass in einem gut besetzten Schwarmareal etwa 10-12 Männchen konstant fliegen. Das Ergebnis war stets gleich. Zunächst kommen in kürzester Zeit fast alle Männchen des Schwarmareals und machen mit den verschiedenen Blüten dieser Pflanze Paarungsversuche. Innerhalb von nur 10-15 Minuten ist das Interesse so stark erlahmt, dass die Anflugrate auf Null geht. Innerhalb eines Schwarmareals wurde der Ort mehrfach gewechselt, um Ortsdressur auszuschließen.

Anschließend tauscht man die präsentierte Pflanze gegen eine neue Pflanze derselben aus. Sofort steigt die Anflugrate wieder deutlich an, um wiederum nach kurzer Zeit auf Null zu gehen. Dies kann man noch zwei oder höchstens drei Mal wiederholen. Dann kommen die Männchen überhaupt nicht mehr. Mit den bereits getesteten Pflanzen gin-

gen wir in benachbarte Schwarmareale, in denen neue Männchen flogen, die also Ophrys-Blüten unerfahren waren. Hier wiederholte sich im Prinzip das Verhalten der Vorexperimente. Die Mehrzahl der Männchen kam sofort, um mit den Blüten zu kopulieren. Ihr Interesse ließ schnell nach und konnte erst nach Austausch der schon präsentierten Pflanze gegen eine noch nicht präsentierte wieder ausgelöst werden.

Wenn man den Männchen schließlich eine schon vorher präsentierte Pflanze wieder anbot, stieg die Anflugrate nicht an.

Aus diesen Ergebnissen kann man nun folgendes schließen:

Die Attraktivität der Blüten selbst hat sich nicht verändert, da sie noch Blüten unerfahrenen neuen Männchen präsentiert, sofort Paarungsverhalten auslösten. Daraus folgt, dass die Bienenmännchen die Pflanze individuell erkennen und erlernen, um sie anschließend zu meiden.

## Bestäuber-Männchen unterscheiden

### Blüten unterschiedlicher Pflanzenindividuen

Als unterscheidbare und daher erlernbare Unterschiede kommen sowohl die optischen als auch die olfaktorischen Signale in Frage. Leicht zu erkennen ist, dass in der Artengruppe um unsere Hummelragwurz erstaunlich variable Labellumzeichnungsmuster verbreitet sind, die so komplex sind, dass es kaum zwei Pflanzenindividuen gibt, die identische Muster besitzen. Die Blüten innerhalb eines Blütenstandes hingegen haben nahezu identische Muster. Dazu haben wir zunächst zwei Typen weiterer Freilandexperimente durchgeführt, die klären sollten, wie sicher zwei Blüten voneinander unterschieden werden können, wenn man sie simultan zur Wahl bietet. Wenn Männchen sie

unterscheiden können und dies für sie eine Rolle spielt, sollten die Anflugraten zwischen beiden Blüten sich deutlich unterscheiden. Das sollte daran liegen, dass die Lippen der Blüten praktisch identische Lippen-Zeichnungsmuster und sicher auch Duftmuster haben. In beiden Typen von Wahltests kam eindeutig heraus, dass die Männchen die Blüten unterscheiden und sogar individuell lernen.

Da dieses Experiment noch keinen Schluss zulässt, ob die Unterscheidung anhand der Optik und/oder des Duftes erfolgt ist, wurden dieselben Experimente so wiederholt, dass die Bienenmännchen nur noch anhand der Optik allein wählen konnten. Dazu wurden Blüten in Acrylglaskästchen gestellt, deren Frontscheiben UV durchlässig waren. Damit konnte der jeweilige Blütenduft abgeschirmt werden. Da Männchen auf die optischen Signale von Ophrys-Blüten allein so gut wie nicht reagieren, wurde Blütenduft mit Hilfe einer Luftpumpe zu den Glaskästchen geblasen. Über ein Y-Rohr wurde zu jedem Kästchen identischer Duft gebracht, so dass Wahlen nur anhand der Optik allein erfolgt sein können.

Tatsächlich waren die Resultate ähnlich: Zwei Blüten verschiedener Pflanzen wurden deutlich unterschiedlich häufig gewählt. Zwei Blüten desselben Pflanzenindividuums wurden jetzt sogar nicht unterschieden. In Untersuchungen der Duftbouquets konnten wir dann außerdem zeigen, dass auch diese Mischungen neben der Artspezifität außerdem Individuen spezifisch sind.

Die Interpretation dieser Varianz kann nur die sein, dass diese in einem Zusammenhang mit der Maximierung des Bestäubungserfolges stehen muß, da sie unterschiedliche Anflughäufigkeiten und damit unterschiedlichen Fortpflanzungserfolg hervorrufen

Zur Bestäubungsmaximierung haben Ophrys-Blüten noch weitere Tricks

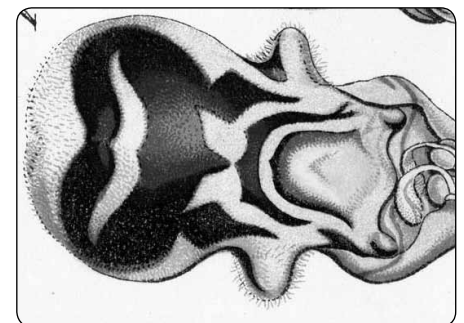
evolviert. Durch die Vermeidereaktion einmal getäuschter Männchen fliegen diese daher mit höherer Wahrscheinlichkeit zur nächsten Blüte im Blütenstand. Sie können dadurch ein weiteres Paar Pollinarien entnehmen und falls sie bereits alte Pollinarien mitbringen auch diese zweite Blüte bestäuben. Die zuvor entnommenen Pollinarien sind erst nach 2 – 3 Minuten einsatzfähig für eine Pollination, da ihre Stiele erst im Verlauf dieser Zeit so eintrocknen, dass sie sich nach vorne gesenkt haben.

Da Ophrys-Blüten bereits mit einer einzigen Bestäubung wesentlich mehr Pollen für die Befruchtung übertragen als für die Zahl Samenanlagen notwendig wäre, sind weitere Anflüge Pollenverschwendung. Diese Männchen sollten dann eher zu den anderen noch nicht besuchten Blüten des Blütenstandes geleitet werden. Zwei prinzipielle Möglichkeiten sind denkbar. Ähnlich wie begattete Bienenweibchen für ihre Männche sehr schnell unattraktiv werden, da sie entweder die Produktion ihrer Sexualpheromone einstellen oder gar ein Antiaphrodisiakum produzieren, könnten auch Ophrys-Blüten in gleicher Weise operieren. Freiland- und Labor-Experimente mit *Andrena nigroaenea* und *Ophrys sphegodes* (Wien) sowie *Eucera nigrilabris* mit *Ophrys tenthredinifera* (Tunesien) zeigten, dass die Männchen klar zwischen bestäubten und nicht-bestäubten Blüten unterscheiden können. Dabei wurden den Männchen im Experiment fremd bestäubte und selbst bestäubte Blüten gleichzeitig zur Wahl geboten. Wie zu erwarten zeigten die Männchen auf den unbestäubten Blüten fast immer heftige, auf den fremdbestäubten Blüten nur selten Reaktionen. Bemerkenswert ist, dass auf den selbstbestäubten Blüten, wenn auch weniger als bei den unbestäubten, aber dennoch Kopulationsverhalten gezeigt wurde. Wie die chemische Analyse der ent-

sprechenden Blüten von *Ophrys sphegodes* mit anschließenden Biotests im Gelände zeigte, beruht die ablehnende Haltung der *Andrena nigroaenea*-Männchen darauf, dass die Ophrys-Blüten nach erfolgter Bestäubung genau wie die Bienenweibchen Farnesylhexoan als Antiaphrodisiakum produzieren. Bei *Ophrys vernixia* mit *Dasyscolia ciliata*-Männchen finden wir den anderen Fall. Hier wird die Produktion des Sexualpheromons, bestehend aus wenigen Molekültypen aus der Gruppe der Hydroxysäuren sowohl bei den Weibchen als auch bei den Ophrys-Blüten nach erfolgter Begattung bzw. Bestäubung reduziert.

#### 4. Fazit

Ophrysblüten produzieren in artspezifischer Weise Bouquets der Sexuallockstoffe ihrer Bestäuberweibchen, um damit Männchen anzulocken, zu Paarungsversuchen zu veranlassen. Dabei werden die Pollinarien entnommen und beim nächsten gelungenen Täuschungsmanöver zur Bestäubung eingesetzt. Damit diese Männchen nicht zur selben Blüte zurückkehren, sollen diese die besuchte Blüte individuell wiedererkennen können, um diese auf Grund der Enttäuschung (die Pseudodame hatte ja nicht reagiert) bei der nächsten Begegnung gezielt zu vermeiden. Dazu haben die Ophrysblüten außerdem individuelle Duftkomponenten und sogar individuell erlernbare Zeichnungsmuster. So wird Bestäubung maximiert und gleichzeitig Selbstbestäubung minimiert.



# :: Optische Kommunikation bei Anuren

## Evolutionsökologische Betrachtungen an heimischen und tropischen Fröschen

Text: Doris Preininger, Marc Sztatecsny & Walter Hödl  
Bildnachweis: Walter Hödl

Farben spielen in der Tierwelt eine wichtige Rolle und sie werden oft als Anzeigesignale zwischen Sender und Empfänger eingesetzt. Die Selektion hat dabei ein entscheidendes Problem der Signalübertragung gelöst, indem durch Farben die Erkennung der Signale gegen den Hintergrund verstärkt wird. Um solche Signale untersuchen zu können studieren wir das Kommunikationsverhalten von Amphibien. Frösche sind perfekte Modellorganismen für Kommunikationsstudien; sie senden artspezifische Anzeigerufe (akustische Signale), die durch hochwertige Aufnahme- und Analysetechniken heutzutage bereits gut untersucht sind. Ebenso senden Frösche visuelle Signale in Form von Farbe und Bewegung;

obwohl die Untersuchungsmöglichkeiten dieser Signale bis dato begrenzt sind, eröffnet der technische Fortschritt auch hier neue Möglichkeiten. Bis vor kurzem wusste man nur wenig über visuelle Merkmale bei Fröschen. In der Regel ist bekannt, dass sie zur Tarnung (Krypsis) dienen oder als Warnfarbe (Aposematismus) um das Prädatorenrisiko zu verringern. Doch bereits die bunt gefärbten Schallblasen von Fröschen, die während des Rufens aufgebläht werden, lassen vermuten, dass auch hier visuelle Signale eine Rolle spielen. So zum Beispiel konnte in Labortests gezeigt werden, dass die Schallblase des Tungara Froschmännchens im aufgeblähten Zustand stärker reflektiert und das Weibchen eine Kombi-

→ Optische Kommunikation in der Gruppe





## ← Optische Paarkommunikation



nation aus akustischen und visuellen Reizen bevorzugen (Cummings, 2008). Auch beim Pfeilgiftfrosch zeigten Freilanduntersuchungen, dass territoriale Männchenkämpfe nur durch bimodale Signale (Anzeigeruf und pulsierende Schallblase) ausgelöst werden (Narins et al., 2003,2005).

Um jedoch die visuelle Kommunikation weitgehend unabhängig von der Lautäußerung untersuchen zu können konzentrieren sich unsere Untersuchungen einerseits auf die tropischen Winkerfrösche und andererseits auf die heimischen Moorfrösche.

Winkerfrösche senden ein kurzes, dynamisches Signal mit den Hinterbeinen. Die gut getarnten Frösche heben alternativ ein oder beide Hinterbeine und spreizen die Zehen wodurch die hell gefärbten Schwimmhäute sichtbar werden, welche einen deutlichen Kontrast zum Hintergrund bilden. Untersuchungen in Sabah, Borneo an der Gattung *Staurois* zeigten, dass während territorialen Männchenkämpfen visuelle Signale häufiger verwendet werden als Rufe. Die lautstarke Umgebung, schnellfließende Bergbäche und Wasserfälle, in der die Tiere vorkommen erschwert vermutlich die akustische Kommunikation. Das Rauschen des Baches belegt fast alle hörbaren Frequenzen und ist besonders lautstark in tiefen Frequenzbereichen. Obwohl die hochfrequenten Anzeigerufe der Frösche das Signal-Rausch-

Verhältnis erhöhen, ermöglichen visuelle Signale dennoch einen weiteren, möglicherweise effizienteren Kanal der Informationstransmission in geräuschvoller Umgebung. Anders als die Winkerfrösche senden die heimischen Moorfrösche ein kontinuierliches visuelles Signal. Während der Paarungszeit färben sich die Männchen für wenige Tage strahlend blau. Die Moorfrösche sind so genannte Explosivlaicher, die in hoher Dichte zum Paarungsgewässer anwandern. Die deutlich in der Überzahl vorkommenden Männchen suchen dort aktiv nach Weibchen. Freilanduntersuchungen zeigten, dass die Reflexion, gemessen an Körperstellen der Männchen, in blauen und ultravioletten Wellenlängenbereichen während der Laichperiode deutlich ansteigt und mit der Wassertemperatur korrespondiert. Da dies jedoch keinen Aufschluss über die Körperkondition der Männchen gibt wird angenommen, dass die Färbung möglicherweise eine rasche und effiziente Geschlechtererkennung ermöglichen soll und somit Fehlpaarungen vermieden werden.

Es gibt noch viele offenen Fragen um herauszufinden welche Selektionsfaktoren die Evolution von visueller Kommunikation vorantreiben. Anhand der tropischen Winkerfrösche und der heimischen Moorfrösche hoffen wir einige davon in Zukunft beantworten zu können.

## ↓ *Staurois latopalmatus*



# :: Das Mammut: Zeuge einer vergangenen Welt

Durch die Verbesserung der Sequenziermethoden für DNS ist es mittlerweile möglich, das gesamte Genom ausgestorbener Arten zu decodieren. Ein Meilenstein in der Evolutionsforschung.

Text: Mag. Reinhard Nestelbacher

Bildnachweis: Wikipedia (sofern nicht anders angegeben)

Welchen Sinn hat es, die DNA eines längst ausgestorbenen Tieres, wie des Mammuts, zu entschlüsseln? Denn dass es in naher Zukunft wieder Mammuts geben wird, die auf der Erde herumspazieren ist zurzeit äußerst unwahrscheinlich. Die einzige Antwort neben der des Erkenntnisgewinns ist wohl, dass die Forscher damit mehr über die Evolution erfahren können.

Nahezu 99% aller Arten, die je auf der Erde lebten, sind ausgestorben. Es gibt zwar unzählige Fossilien, die in Museum herumliegen und stehen, doch diese verraten nur wenig über das Aussehen, die Umweltpassung, Verhalten oder die Lebensweise dieser Tiere. Viel mehr Einblicke würden allerdings die Genome gewähren. Doch auch DNA hält sich nicht ewig und nachdem ein Organismus gestorben ist, Reparaturmechanismen nicht mehr ablaufen, beginnt sofort der Zerfallungsprozess. Damit wird es auch immer schwieriger, an die gespeicherte Erbinformation heranzukommen. Das ist aber für Wissenschaftler, die mit Uralt-DNA arbeiten, nicht das einzige Problem. Durch die meist geringe Ausbeute an DNA ist es fast unmöglich Kontaminationen durch menschliche

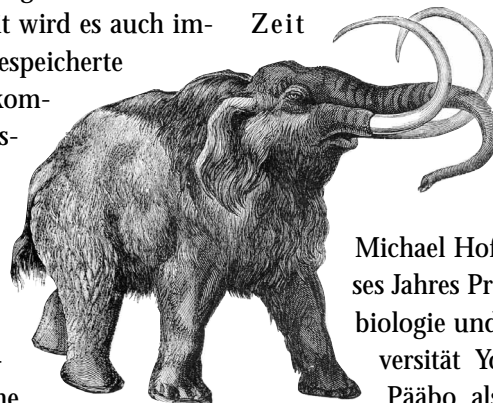
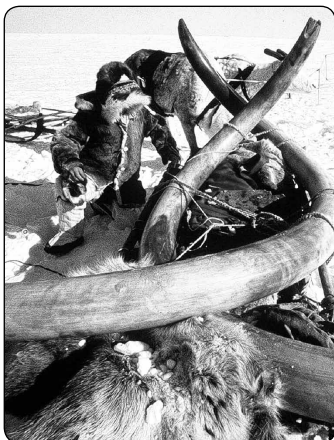
DNA, bzw. Pilze oder Bakterien zu vermeiden. Durch die hohe Sensibilität der PCR-Technologie, einer Möglichkeit winzigste Mengen an DNA milliardenfach zu kopieren, wird fremdes Erbmaterial unweigerlich mitkopiert. Und zudem muss der Forscher mit einer Verunreinigung durch einer Vielzahl von Stoffen, beispielsweise Huminsäuren aus dem Boden, rechnen. Es ist deshalb bei der Extraktion alter DNA wichtig, während der Reinigung alle hemmenden Stoffe zu entfernen, dabei aber möglichst wenig analysierbares Erbmaterial zu verlieren. Da mitochondriale DNA in Zellen in größerer Kopienzahl vorkommt, wurden viele Untersuchungen vor allem damit durchgeführt. Aber inzwischen haben sich die Reinigungsmethoden verbessert und auch die Methoden zur DNA-Sequenzierung wurden weiterentwickelt so dass es nur mehr eine Frage der Zeit

war, bis auch die Sequenz des Genoms eines bereits ausgestorbenen Tieres auf dem Tisch liegt.

Michael Hofreiter, seit Anfang dieses Jahres Professor für Evolutionsbiologie und Ökologie an der Universität York gilt neben Svante Pääbo als einer der „Shooting

## ↓ „tiefgekühlt“

Niedrige Temperaturen helfen bei der Konservierung der DNA.





## ← Zeuge einer vergangenen Welt

Die letzten Vertreter der beeindruckenden Verwandten der Elefanten starben erst vor ca. 4000 Jahren aus.

Bild: Niederösterreichisches Landesmuseum St. Pölten

stars“ in der Analyse uralter DNA. Im November 2008 veröffentlichte er in Kooperation mit weiteren WissenschaftlerInnen aus den U.S.A. und Russland eine Genomsequenz zweier im sibirischen Eis tiefgekühlter Wollhaarmammuts. Die Qualität des analysierten Genoms entspricht zwar noch nicht dem von Genomsequenzen lebender Arten, doch damit war ein gewaltiger Meilenstein für weiter führenden Analysen zur Genetik des Mammuts gesetzt.

Zum ersten Mal in der Geschichte der Evolutionsbiologie könnte es damit möglich werden, molekulare Evolutionsvorgänge nicht nur anhand experimenteller Fliegen- oder Bakterienpopulationen, sondern direkt an natürlichen Populationen über Zeiträume von mehreren 10.000 Jahren zu beobachten.

Bereits zwei Jahre vorher gelang Michael Hofreiter bereits ein Meilenstein in der Forschung an „Ancient DNA“. Es gelang seiner Arbeitsgruppe, wiederum bei einem Mammut, aus einer Vielzahl kleiner DNA-Bruchstücke eines Mammutknochens ein komplettes Gen zu rekonstruieren. Die Forscher verwendeten dabei mindestens 30 Mal mehr Knochensubstanz als damals üblich, um die DNA zu konzentrieren. Die vielen DNA-Bruchstücke die sie auf diese Weise erhielten, ver-

vielfältigten sie parallel in der so genannten Zwei-Schritt-Multiplex-PCR. Dabei werden im ersten Schritt viele DNA-Fragmente gleichzeitig vervielfältigt und in einem zweiten Schritt jedes Bruchstück einzeln. Diese kürzlich entwickelte Technik, mit der sich alte DNA vervielfältigen lässt, optimierten die Wissenschaftler sodass es Ihnen ermöglicht wurde lange DNA Sequenzen relativ problemlos aus sehr vielen kurzen Stücken zu rekonstruieren. Das so erhaltene Gen wurde nun sequenziert und analysiert. Es trägt den Namen Melanocortin-Typ 1-Rezeptor-Gen (MC1R) und bestimmt bei Säugetieren zusammen mit anderen Genen die Haut- und Fellfarbe. Ein Funktionsverlust dieses Gens führt beim Menschen zu roten Haaren und zu einer sehr hellen Haut. Daher bekommen sie sich eher einen Sonnenbrand und entwickeln auch schneller Hautkrebs. Die Forscher fanden zwei Varianten dieses Gens (Allele) im Mammut, bauten beide nach und testeten deren Funktion im Labor. Das eine Allel war aktiver und erklärt die bekannte braune Fellfarbe des Mammuts. Das zweite, weniger aktive Allel hat einige Mammuts vermutlich hellbraun bis blond gemacht. Funde blonder Mammuthaare im Sibirischen Permafrostgebiet unterstützen diese Theorie. Die Wissenschaftler vermuten, dass sich die Mammuts mit ihrer hellen Fellfarbe

## ↓ Zeugen der Vergangenheit

Die Sequenzierung des Mammut-Genoms erlaubt Einblicke in die Evolutionsgeschichte.

Foto: Lozhkin



an die Bedingungen der Eiszeit angepasst haben. So besitzen auch viele der heute in arktischen Regionen lebenden Tiere wie z.B. der Eisbär eine helle Fellfarbe. Die Methode der Leipziger Wissenschaftler erlaubt damit neue Einblicke, wie ausgestorbene Tiere und Pflanzen damals lebten – eine Sensation in der Evolutionsforschung!

Die Rekonstruktion „ausgestorbener Gene“ oder die Sequenzierung archäologischer Genome bedeutet aber noch nicht, dass es deswegen möglich sein wird, diese ausgestorbenen Tiere wieder zum Leben zu erwecken. Während zahlreiche Arten weiterhin vom Aussterben bedroht sind, stellt sich zwar die Frage nach der Sinnhaftigkeit derartiger Ambitionen – doch cool wäre es schon, ein Mammut, einen Höhlentiger, einen Säbelzähntiger oder ein Quagga in natura „constructa“ bestaunen zu können.

Um aber ein ausgestorbenes Tier klonen zu können, von dem keine intakten Körperzellen mehr existieren, müssten stabile künstliche Chromosomen erzeugt werden – davon aber ist die Wissenschaft noch sehr weit entfernt. Eine andere denkbare Methode wäre es, Elefanten schrittweise in Mammuts zu verwandeln. Die Gene, die beide Arten voneinander unterscheiden, müssten ausgetauscht werden. Hier scheitert die Wissenschaft bisher am Faktor Zeit: Von Generation zur Generation könnte man zurzeit nur einige wenige Gene einbauen. Zudem müssten die Forscher an die Eizellen einer Elefantenkuh herankommen und sie wieder in deren Gebärmutter einpflanzen. Schon bei natürlichen Zuchtvorhaben erweisen sich Elefanten in Gefangenschaft aber als durchaus schwierig. Noch erfolgloser waren bisher auch russische Versuche, aus Eiern gefrorener Tiere Mammuts zurückzuzüchten.

Welche weiteren Erkenntnisse für die Evolutionsforschung lassen sich also mit den Projekten an der Uralt-DNA gewinnen? So

ist nun bekannt, dass sich das Erbgut des ausgestorbenen Mammuts nur um ca 0,6 Prozent von dem des heutigen Afrikanischen Elefanten unterscheidet. Das ist nicht viel, wenn man in Betracht zieht, dass der genetische Unterschied zwischen Schimpansen und einem Menschen schon in etwa doppelt so groß ist. Der letzte gemeinsame Vorfahre von Mammut, Afrikanischem und Asiatischem Elefanten lebte vor rund sechs Millionen Jahren. Das Mammut war eine eiszeitliche Elefantenart und starb vor rund 10.000 Jahren aus.

Die Trennung von Mammuts und Asiatischen Elefanten passierte ca. 440.000 Jahre später.

Die Rekonstruktion der Stammbaumgeschichte verschiedener Arten ist für die Evolutionsbiologie von zentraler Bedeutung. Und es ist inzwischen klar, dass sich mit Hilfe von DNA-Sequenzen häufig auch solche Stammbäume richtig rekonstruieren lassen, an denen klassische morphologische Methoden scheitern. Für die Populationsgenetik lassen sich Frage beantworten, wie hoch die genetische Diversität einer Art ist und wie diese genetische Diversität geographisch strukturiert ist. Daraus lassen sich Rückschlüsse das so genannte phylogeographische Muster ziehen. Ähnlich wie bei der Artbildung, die bei vielen Artgruppen etwa zeitgleich stattfand, könnte die zeitliche Übereinstimmung zwischen Wanderungen unterschiedlicher Arten zur selben Zeit auf vermutlich gemeinsame klimatische Ursachen zurückgehen. Die Ergebnisse der Untersuchungen alter DNA weisen auch Tatsächlich in zunehmendem Maße darauf hin, dass klimatische Faktoren eine entscheidende Rolle in der Evolutionsgeschichte vieler Arten gespielt haben.

Das Genom ist jetzt ein offenes Buch, Forscher wie Michael Hofreiter lesen aber nicht nur, sondern versuchen daraus auch die dahinter liegende Geschichte freizulegen. Evolutionsforschung viele Jahre nach Darwin ist spannender denn je zuvor.

## ⊙ Literatur

Miller, W. et al., Sequencing the nuclear genome of the extinct woolly mammoth, *Nature* 456, 387–390 (2008)

H. Römpler, N. Rohland, C. Lalueza-Fox, E. Willerslev, T. Kuznetsova, G. Rabeder, J. Bertranpetit, T. Schöneberg, M. Hofreiter, Nuclear gene indicates coat-color polymorphism in mammoths, *Science* 2006, 313, 62.

J. Krause, P. H. Dear, J. L. Pollack, M. Slatkin, H. Spriggs, I. Barnes, A. M. Lister, I. Ebersberger, S. Pääbo, M. Hofreiter, Multiplex amplification of the mammoth mitochondrial genome and the evolution of Elephantidae. *Nature* 2006 439, 724–727.

# :: Ch. Darwin: Das Leben

Charles Robert Darwin, geboren am 12. Februar 1809 in der englischen Stadt Shrewsbury, war ein britischer Naturforscher. Er verstarb am 19. April 1882 in Down.

Nachdem er nach Wunsch seines Vaters 1825 mit dem Medizinstudium begonnen hatte, wechselte er bald nach Cambridge um dort Theologie zu studieren. Zu dieser Zeit gehörten die meisten Naturforscher dem Klerus an. Im 19. Jhd. gehörten die Naturwissenschaften noch zum Theologiestudium. Darwin hörte auch Vorlesungen zur Geologie und Botanik und bekam Kontakt zu bedeutenden Naturwissenschaftlern.

Nach Abschluss des Theologiestudiums als Bachelor wurde ihm durch eine glückliche Fügung 1831 angeboten, bei einer staatlich unterstützten Expedition teilzunehmen. Diese

heute weit bekannte Reise auf dem Forschungsschiff „Beagle“ ermöglichte es ihm, Beobachtungen zu machen, auf die seine berühmten Theorien beruhen. Nach fünfjähriger Reise hatte er weit entfernte, und damals noch weitgehend unbekannte Inseln und wenig erforschte Gegenden beschrieben und betrat 1836 wieder englischen Boden.

Die Grundlagen zu seinem wohl bekanntesten Werk „On The Origin Of Species By Means Of Natural Selection“ (zu deutsch: „Von der Entstehung der Arten durch natürliche Auswahl“) entstehen 1837. Darwin sammelt in den nächsten Jahren Argument um Argument um seine neue Theorie zu untermauern. Als die fertige Ausgabe im November 1859 mit 1250 Exemplaren erscheint sind alle bereits am ersten Tag verkauft.

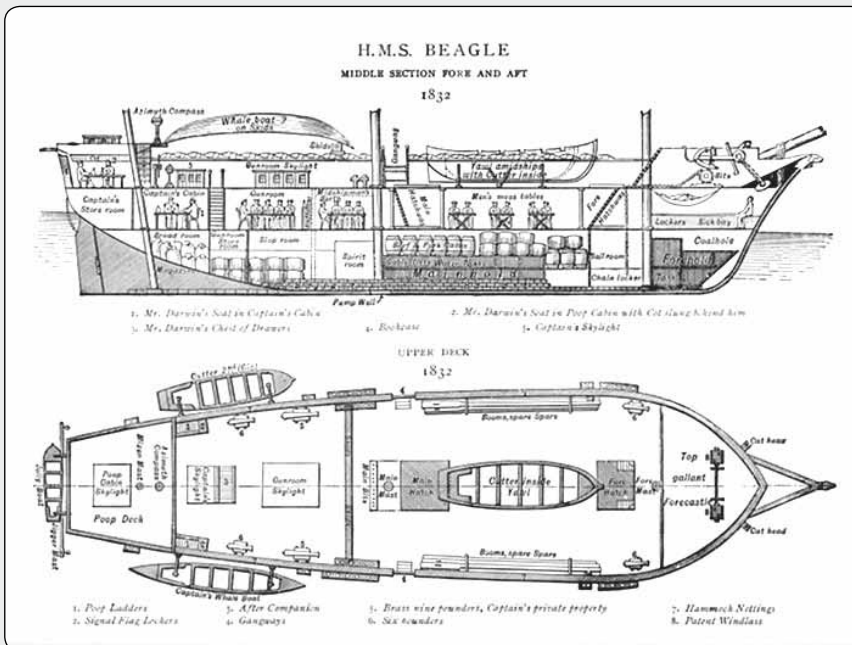
Die Arbeit Charles Darwins zu Beginn die wissenschaftliche Welt. Während ein Teil die neuen Erkenntnisse begierig aufnahm und weiter entwickelte, stießen sie bei anderen auf Ablehnung. Er verstarb aber als anerkannter und gewürdigter Forscher.



## ↑ Arbeitszimmer

Das Arbeitszimmer von Charles R. Darwin in Down House, nahe London.

# :: HMS Beagle: Die Reise



## ↑ Die HMS Beagle

Pläne der H.M.S. Beagle die zuerst als Kriegsschiff gefertigt wurde und erst später zu einem Vermessungsschiff umgebaut wurde.

In Cambridge lernte Charles Darwin, vermittelt durch seinen Mentor, Professor John Henslow, Captain Fitzroy kennen, der ihm vorschlug, als naturwissenschaftlicher und gesellschaftlicher Begleiter auf der „Beagle“, einem Forschungs- und Vermessungsschiff, eine Weltreise mitzumachen.

Die Weltreise führte die HMS Beagle über Teneriffa und die kapverdischen Inseln nach Südamerika. In Südamerika unternahm Darwin die ersten ausgedehnten Forschungslandgänge. Nach der Durchquerung der Magellanstraße ging die Crew in Feuerland, Chile und Peru an Land. Danach erreichte Darwin die berühmten Galápagos-Inseln und nach der Durchquerung des Pazifiks Neuseeland und Australien. Die Heimreise führte die Beagle über Mauritius und Madagaskar sowie an Südafrika vorbei.

Während der Rückreise hatte Darwin seine Notizen geordnet und insgesamt zwölf Kataloge seiner Sammlungen erstellt. Tausende Seiten im Notizbuch, 1529 in Spiritus konservierte Arten sowie 3907 Häute, Felle, Knochen, Pflanzen etc. waren das Ergebnis seiner fast fünfjährigen Reise. Rückblickend resümierte Darwin später in seiner Autobiographie: „Die Reise mit der Beagle war das bei weitem bedeutendste Ereignis in meinem Leben und hat meinen gesamten Werdegang bestimmt.“

# :: Darwin: Das Hauptwerk

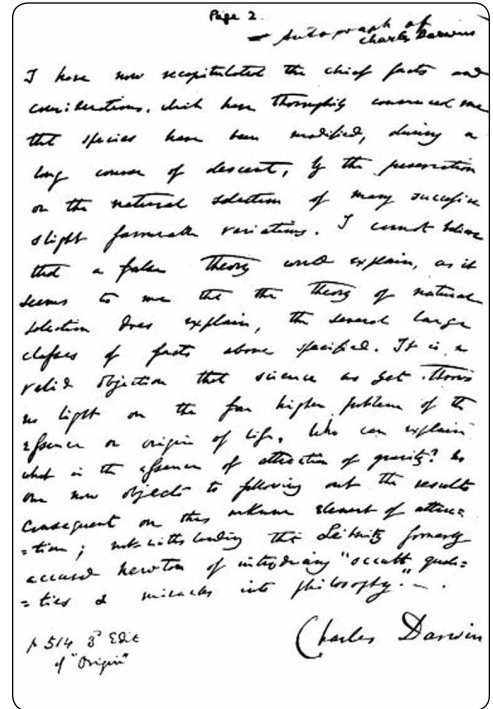
„On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life“, kürzer deutsch: „Von der Entstehung der Arten durch natürliche Auswahl oder Die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampfe ums Dasein“ ist das Hauptwerk Charles Darwin's lebenslanger Forschungstätigkeit. Es wurde am 24. November 1859 veröffentlicht und gilt als zentrales Werk in der Wissenschaftsgeschichte mit grundlegender Bedeutung im Bereich der Evolutionstheorien.

Die darin vorgestellte Theorie besagt, dass Gruppen von Organismen sich allmählich durch den Vorgang der natürlichen Selektion entwickeln.

Dieses Konzept einer natürlicher Selektion wurde durch das Buch erstmals einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Dabei werden zahlreiche Belege für die Theorie vorgestellt welche Darwin vor allem auf seiner Reise mit der HMS Beagle und seit seiner Rückkehr 1836 gesammelt hatte. Die damals in der Wissenschaft und Gesellschaft vorherrschende Theorie der „created kinds“ (geschaffene Arten), wurde in diesem Buch ausführlich widerlegt.

Die erste deutsche Übersetzung erschien 1860 unter dem Titel „Über die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzen-Reich durch natürliche Züchtung, oder Erhaltung der vollkommensten Rassen im Kampfe um's Daseyn“.

Darwin ergänzte seine Argumentation später insbesondere durch seine beiden Bücher über „Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl,“ (1871) und zum Thema „Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei dem Menschen und den Tieren“ (1872).



## ↑ Schriftstück

Ein Schriftstück von Darwin über seine These der „natürlichen Selektion“.

# :: Diskussionen Die Evolution

Seine außerordentlichen Leistungen brachten Charles Darwin auch Spott und Kritik der oft streng gläubigen Gegner ein. Er erhielt zwar zu Lebzeiten noch viele Auszeichnungen und Ehren von Universitäten und Akademien, dennoch blieb die darwinsche Theorie lange Zeit umstritten. Dies nicht zuletzt deshalb weil sie sowohl eine Abkehr von der biblischen Schöpfungsgeschichte sowie von der Sonderstellung des Menschen im System der Biologie bedeutete.

Es war für viele undenkbar, dass der Mensch als Krone der Schöpfung durch evolutionäre Entwicklung entstanden sein soll. Obwohl Darwin in seiner Theorie Gott gar nicht in Zweifel gezogen hatte, war er

sich der Tragweite seiner Theorie besonders in Kirchenkreisen bewusst. Als er 1859 nach einigem Zögern sein Hauptwerk veröffentlichte, erntete er neben Zustimmung aus Wissenschaftskreisen auch Spott und Kritik. Trotz seiner Kritik der Kirche bekam Darwin ein Ehrengrab in der Winchester Cathedral!

Nach wie vor ist Darwin's Theorie, dass sich die Arten durch natürliche Selektion wandeln, grundlegend für die moderne Biologie. Heute gilt die Evolution für die meisten Menschen - mit Ausnahme einiger weniger - als Fakt.

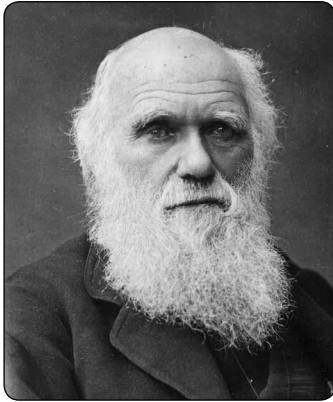
Im Rahmen des Darwin-Jahrs 2009 ist wieder eine Vielzahl von Büchern und anderen Beiträgen um die Evolutionstheorie aber auch insbesondere um Charles Darwin erschienen. Die Diskussion hat sich allerdings von den Fragen der Richtigkeit der Evolutionstheorie weg verlagert. Vielmehr wurde die Person Charles Darwin, seine Gedankenwelt oder seine Briefwechsel eingehend diskutiert.



## ↑ Spott

„Der Mensch ist nichts anderes als ein Wurm“: Auch Darwin war Spott ausgesetzt.

# :: Darwins Erbe I: Die Welt danach



↑ **Charles Darwin**  
Wissenschaftlicher Pionier und Begründer einschneidender Änderungen in Wissenschaft und Gesellschaft.

Die Erkenntnisse Darwins haben die Welt des 19. Jahrhunderts in ihren Grundfesten erschüttert. Es war Charles Darwin, der den Menschen ihre natürliche Herkunft erklärte und "eine Zukunft von riesiger Dauer" prophezeite, in der sie "immer mehr nach Vervollkommnung streben". Ebenso gelang es ihm, die verschiedenen Bereiche der Biologie, so wie wir sie heute kennen, mit dem Band der Evolution zu verbinden.

Die Transformation, weg von einem schöpfungsgeschichtlich geprägten Weltverständnis, stellte die damaligen Gesellschaften vor gewaltige Herausforderungen. Die Ablehnung, die den Theorien Darwins entgegengebracht wurde, lässt sich damit auch besser verstehen. Die Erfolgsgeschichte der Evolutionstheorie wird jedoch auch heute noch getrübt. Nicht

nur, dass vor allem streng konservativ-gläubige Menschen die Kernaussagen nach wie vor ablehnen, sondern vielmehr, dass mit dem Begriff des "Darwinismus" versucht wird Phänomene zu erklären, für die diese Theorie nicht vorgesehen war. Die Bezeichnung Darwinismus wird dabei oft abwertend von Gegnern gebraucht. Obwohl die öffentliche Meinung doch in Richtung der Akzeptanz der von Darwin formulierten Theorie geht, steht Darwinismus im gängigen Sprachgebrauch für Sozialdarwinismus, für Ellbogen und das Recht des Stärkeren im allgegenwärtigen Verdrängungswettbewerb. Je darwinistischer eine Gesellschaft ist, desto egoistischer, unsozialer, kälter ist sie.

Es bleibt abzuwarten, wie sich das Verständnis der Theorien Darwin's zukünftig entwickelt.

# :: Darwins Erbe II: Kreationismus

Ein Gegenmodell zu den Erkenntnissen der Evolutionstheorie stellt der Kreationismus dar. Anhänger dieser Auffassung bestehen darauf, dass die wörtliche Interpretation der Heiligen Schriften der abrahamitischen Religionen (insbesondere 1. Buch Mose) die tatsächliche Entstehung von Leben und Universum beschreibt.

Entstanden ist diese Bewegung in Teilen des Protestantismus als Opposition gegen die frühen Ideen der neuzeitlichen Naturforscherbewegung zum Erdalter und zur Evolution. Heute wird diese Auffassung wieder verstärkt von fundamentalistischen und evangelikalen Richtungen des Christentums vertreten.

Von den verschiedenen Richtungen des Kreationismus sind heute die drei Zweige des sogenannten neo-Kreationismus, das "Intelligent Design", "Abrupt Appearance" und "Evidence against Evolution" die bedeutendsten. Dies zeigt sich insbesondere in den USA wo stellenweise mit beachtlichem Erfolg die kreationistische Weltanschauung in Politik und Gesellschaft verankert wurde. Im Bundesstaat Kansas wurde das kreationistische Weltbild als gleichberechtigte Erklärung zusätzlich zur Evolutionstheorie in die Schulbücher aufgenommen. Auch der ehemalige Präsident der USA, George W. Bush, hat sich im August 2005 dafür ausgesprochen, dass die Lehre vom „Intelligent Design“ als gleichwertig mit der Evolutionstheorie in den Schulen im Fach Biologie gelehrt werden sollte. In der Vergangenheit wurden entsprechende Gesetze aber immer wieder vom obersten Gerichtshof der USA aufgehoben.

In Europa nimmt der Kreationismus allgemein eine Nischenstellung ein. Dennoch beurteilte der Europarat im Oktober 2007 Kreationismus an Schulen als mögliche Bedrohung für Menschenrechte.



↑ **Die Erschaffung des Lichts**  
von Gustave Doré

# FWF :: Abrupter Opioid-Entzug steigert Schmerzempfindlichkeit

Österreichische Forscher zeigen, dass die erhöhte Schmerzempfindlichkeit bei abruptem Opioid-Entzug ganz ähnlich funktioniert wie die Gedächtnisbildung im Gehirn.

## ☉ Kontakt

Prof. Jürgen Sandkühler  
Abteilung für Neurophysiologie  
Zentrum für Hirnforschung  
Medizinische Universität Wien

## ☉ Literatur

Ruth Drdla, Matthias Gassner, Ewald Gingl and Jürgen Sandkühler. Induction of synaptic long-term potentiation after opioid withdrawal. *Science* 325 (2009), July 10th. DOI: 10.1126/Science/1171759.

Opioide sind die ältesten und wirksamsten Schmerzmittel. Sie kommen z. B. häufig bei Operationen zum Einsatz, oder wenn andere Therapien versagen. Opioide binden nämlich - im Gegensatz zu anderen Schmerzmitteln - an so genannte Opioid-Rezeptoren, die die Weiterleitung von Schmerzsignalen hochwirksam bremsen. Beim abrupten Absetzen, z. B. am Ende von chirurgischen Eingriffen, kann es dann aber zu einer abnormen, überschießenden Steigerung der Schmerzempfindlichkeit kommen. Ursachen dieses Phänomens konnten nun im Rahmen eines Forschungsprojektes der Abteilung für Neurophysiologie am Zentrum für Hirnforschung der Med. Uni. Wien aufgeklärt werden.

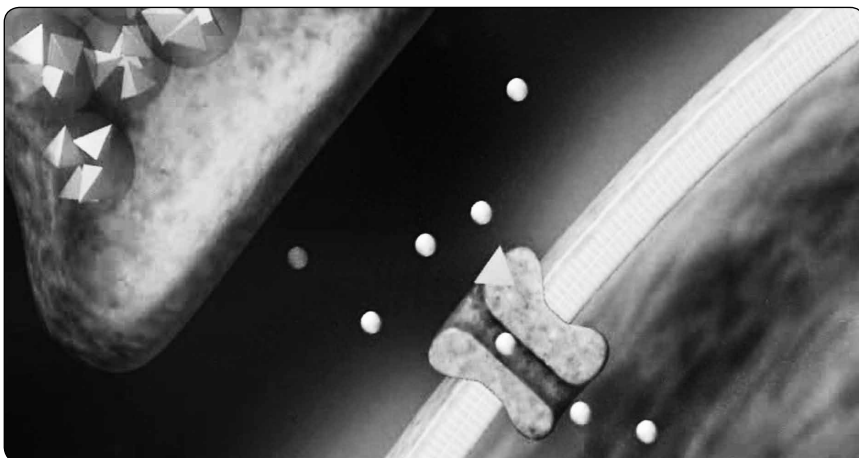
## Schmerzhafter „kalter Entzug“

Demnach führt das abrupte Absetzen der Opioide, der so genannte „kalte Entzug“, zu einer „Langzeit-Potenzierung“ (engl. Long-Term Potentiation, LTP) der synaptischen Erregung in Schmerzbahnen des Rückenmarks. Dadurch wird die Schmerzempfindlichkeit anhaltend und über das normale Maß hinaus gesteigert. Im Gehirn ist die LTP

an sich ein physiologischer Mechanismus beim Lernen und bei der Gedächtnisbildung. Dabei wird die Erregungsübertragung zwischen Nervenzellen an den Kontaktstellen, den Synapsen, aktivitätsabhängig für lange Zeit gesteigert. Im Rückenmark können Schmerzreize eine LTP auslösen und zum sogenannten „Schmerzgedächtnis“ führen. Neu ist, dass auch Opioide bei abruptem Entzug eine „Gedächtnisspur“ im Schmerzsystem hinterlassen. Der Grund ist die Erhöhung der Konzentration von Kalzium-Ionen in Nervenzellen des Rückenmarks.

## Neurone im Kalziumrausch

Die Kalzium-Ionen sind wichtige zelluläre Botenstoffe, die zahlreiche Enzyme aktivieren und in weiterer Folge zur LTP führen. Bei der LTP zur Gedächtnisbildung strömen Kalzium-Ionen über NMDA-Rezeptorkanäle in die Nervenzellen des Gehirns. Eine Blockade dieser Kalziumkanäle durch selektive NMDA-Rezeptoren-Blocker sollten auch die LTP im Rückenmark verhindern können. Tatsächlich zeigte sich, dass diese Blocker, die es übrigens auch als Medikamente gibt, die LTP beim Entzug von Opioiden sicher verhindern konnten. „Allerdings muss der Blocker rechtzeitig vor Beginn des Entzugs verabreicht werden“, ergänzt der Projektleiter Prof. Sandkühler. Darüber hinaus erbrachte das Team eine weitere, für die Schmerztherapie wichtige Erkenntnis: Wenn das Opioid nicht abrupt, sondern langsam und kontrolliert abgesetzt wird, kann man auf ganz einfache Weise die durch Opioid-Entzug verursachte LTP verhindern und somit die Entstehung von Entzugsschmerzen vermeiden.





# :: Biologie-Olympiade 2010

Die 21. IBO findet vom 11. - 18. Juli 2010 in Changwon, Korea, statt.

Österreich nimmt daran leider nicht teil. Siehe auch: [www.biologieolympiade.de](http://www.biologieolympiade.de)

## Aufgabe 1: Reine Geschmackssache (Zellbiologie der Sinne)

Unterschiedliche Speisen lösen eine Vielzahl von Geschmacksempfindungen aus, viel nuancierter als nur süß, sauer, salzig und bitter. Die moderne Zellbiologie hat geholfen, einige Aspekte des Schmeckens im Detail zu erklären.

a) Erläutern Sie auf molekularer Ebene, wie die Signaltransduktion der Geschmacksempfindungen süß und sauer realisiert wird.

b) Kosten Sie jeweils etwas Senf, schwarzen Pfeffer, Chili und ein Pfefferminzbonbon. Beschreiben Sie ihre Sinneseindrücke. Benennen Sie die Moleküle, die hierfür hauptsächlich verantwortlich sind und informieren Sie sich über deren Struktur.

c) Formulieren Sie je eine Hypothese, mit welchen Flüssigkeiten man die Wirkung der ersten drei Stoffe aus Versuch 1b) vermindern kann. Überprüfen Sie Ihre Hypothesen im Experiment und protokollieren Sie.

d) Trinken Sie zunächst etwas Leitungswasser, danach etwas Zuckerlösung und schließlich erneut einen Schluck Leitungswasser. Erklären Sie Ihre Geschmacksempfindungen.

## Aufgabe 2: „Antikörper an die Front“ (Immunologie)

Wirbeltiere können auf das Eindringen von Antigenen mit der Bildung von Antikörpern durch Plasmazellen reagieren. Im Zeitverlauf werden zwei unterschiedliche Antikörper-Isotypen gebildet. Eine schnelle aber eher vergängliche Immunantwort wird durch eine anhaltende Antwort mit höherer Affinität abgelöst.

a) Benennen Sie die beiden Antikörper-Isotypen und ordnen Sie diese den Immunantworten zu. Erklären Sie, welcher der Isotypen auch im fötalen Blut nachgewiesen werden kann.

b) Beschreiben Sie, wie Serum und Plasma aus einer Blutprobe gewonnen werden und wodurch sie sich unterscheiden.

c) In der Immunologie kann man mit Hilfe einer modifizierten Ouchterlony-Technik nach Doppeldiffusion von Proben auf einer Membran und anschließendem Anfärben Linienmuster erkennen. In einem Experi-

ment wird in der Mitte einer Folie polyklonales Anti-Human-Serum aufgetragen.

Für die vier Auftragungspunkte in den Ecken (1-4) werden folgende Proben verwendet:

(A) Rhesusaffen-Serum, (B) humanes

Serum, (C) Rinder-Albumin, (D) humanes Albumin. Die Abbildung zeigt schematisch das Ergebnis. Erklären Sie das Entstehen der Linien. Ordnen Sie die Proben (A-D) begründet den Auftragungspunkten (1-4) zu.

d) Begründen Sie jeweils, welche Ergebnisse tendenziell zu erwarten sind, wenn man die Proben bzw. das Anti-Human Serum vor dem Auftragen mit SDS (Natriumdodecylsulfat) kocht.

e) Impfungen können den Körper durch frühzeitigen Aufbau einer Abwehr vor Infektionskrankheiten schützen. Die Schluckimpfung gegen Poliomyelitis wurde in Deutschland 1998 von einer Impfung in Form einer Injektion abgelöst. Erklären Sie den Grund des Wechsels trotz verringerter Wirksamkeit.

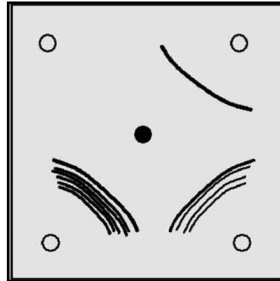
## Aufgabe 3: Strengt mal eure Rübe an (Botanik)

Für die menschliche Ernährung finden verschiedene Organe von Nutzpflanzen Verwendung. Diese sind beispielsweise bedeutsam, wenn sie durch Metamorphose zum Speicherorgan werden.

a) Bei ein- oder zweijährigen Pflanzen kann man unterschiedliches Wachstumsverhalten der Wurzel feststellen, so dass eine Holzrübe, Bastrübe oder Betarübe entsteht. Ordnen Sie diese Typen folgenden Pflanzen zu: *Daucus carota*, *Raphanus sativus*, *Beta vulgaris*. Fertigen Sie Querschnitte der Rüben dieser Pflanzen an, skizzieren und beschriften Sie diese.

b) Beschreiben Sie, wie die drei Rüben-Typen entstehen.

c) Erklären Sie die Entstehung der läng-



lichen Narben bei *Daucus carota* und im unteren Bereich des Kohlrabis. Begründen Sie, weshalb solche Narben bei *Beta vulgaris* weitestgehend fehlen.

d) Seit einigen Jahren gibt es wieder dunkelviolett gefärbte Varianten von *Daucus carota* auf dem Markt. Ermitteln Sie, ob sich der Saft dieser Pflanzen im Vergleich zum Saft von *Beta vulgaris* als pH-Indikator eignen würde und begründen Sie.

## Aufgabe 4: GENialer Reis? (Pflanzen-genetik)

Gentechnisch veränderte Lebensmittel sind seit ihrer Einführung umstritten. Ein Verständnis der Herstellung transgener Pflanzen ist daher wichtig.

a) Erklären Sie drei Methoden, mit denen transgene Pflanzen erzeugt werden können. Stellen Sie die gemeinsame Grundlage dieser Methoden heraus.

b) Informieren Sie sich über den BLAST-Algorithmus. Erklären Sie die Funktionsweise und mögliche Anwendungen am Beispiel von Nukleotidsequenzen.

c) Die folgende Sequenz ist ein Teil der kodierenden Sequenz eines Transgens, das in *Oryza japonica* eingebracht wurde. Identifizieren Sie mit Hilfe einer BLAST-Suche, um welches Gen es sich handelt, welchem Organismus es zugeordnet werden kann und welche allgemeine Funktion es hat.

d) Als zweites wurde ein Phytase-Gen, das ursprünglich von *Aspergillus fumigatus* stammt, in die gleiche Pflanze eingebracht. Erläutern Sie die biochemischen Veränderungen in der nun doppelt transgenen Pflanze. Erklären Sie den möglichen Nutzen dieser Pflanze für den Menschen.

e) Benennen Sie die sinnvollste Methode, um die erfolgreiche Integration der Transgene nachzuweisen. Begründen Sie in Hinblick auf Alternativmethoden.

```
ATGCTTCTTAGGATTGCGTCGTCTCCG
GCCGCCGTCGCCCGGCTAGCCAGCTC
TCTGCGTCAAGCCCGGCCACGGTTAT
GCGAGGCTGCCCGGTTAGCGAAAGTG
TCGTCGACGGCGTGCAGGGCCGCGGG
AAGGGGAAAAAGAG
```

# :: Eine globale Datenbank für Tierbewegungen

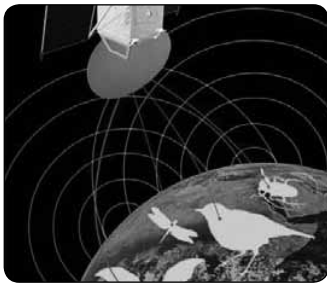
Weltweit untersuchen Wissenschaftler die Zugmuster wandernder Tierarten. Änderungen in den Zugrouten sind Anzeichen für sich verändernde Lebens- bzw. Umweltbedingungen.

Quelle: MaxPlanck Gesellschaft;  
<http://www.movebank.org>

↓ Bildquellen: Kays, R.W. and M. Wikelski 2007. Review of the NSF sponsored animal tracking and physiological monitoring workshop. Report published online at [www.movebank.org](http://www.movebank.org)

Die aus Ringfunden, Radiotelemetrie etc. gewonnenen Daten lassen sich jedoch kaum vergleichen. Eine international zugängliche Datenbank soll hier nun Abhilfe schaffen. Initiiert wurde dieses Gemeinschaftsprojekt der National Science Foundation in den USA und der Max-Planck-Gesellschaft von Martin Wikelski, Direktor am Max-Planck-

Institut für Ornithologie in Radolfzell. In der MOVEBANK sollen Forscher zukünftig alle historischen und aktuellen Informationen über globale Tierbewegungen präsentieren können. Seit Januar 2009 gibt es eine vorläufige Beta-Version (<http://www.movebank.org>). Dort kann man sich beispielsweise über die Flugbewegungen venezuelanischer Ölvögel informieren und sogar den Aufenthaltsort eines einzelnen Individuums auf einer Google Map bestimmen. Anhand daraus erstellter Rechenmodelle könnten in Zukunft auch Vorhersagen über die Ausbreitung von Infektionskrankheiten wie der Vogelgrippe möglich werden. Noch dieses Jahr soll dann die finale Version von MOVEBANK zur Verfügung stehen.



# :: Mehr als ein blinder Wurm

Der Blindarm ist bei Durchfall ein wichtiger Zufluchtsort für Bakterien, von dem aus nach der Krankheit der Darm wieder neu besiedelt werden kann.

Quelle:  
 Journal of Evolutionary Biology

Der Wurmfortsatz des Blinddarms, auch Appendix genannt, ist wohl doch mehr als der kümmerliche Überrest eines früher einmal funktionierenden Organs: Er kommt im Tierreich nicht nur viel häufiger vor als bislang angenommen, er existiert auch schon seit mindestens 80 Millionen Jahren und ist damit weit älter als gedacht. Das be-

richten US-Forscher, die nach den evolutionären Wurzeln des Blinddarm-Anhängsels gesucht und dazu die Wurmfortsätze bei verschiedenen Tieren verglichen haben. Erst vor zwei Jahren hatte das gleiche Team übrigens die Funktion des Appendix entdeckt: Der Fortsatz gewährt Darmbakterien während einer Durchfallerkrankung Zuflucht, so dass sie anschließend den Darm schnell neu besiedeln können. Dass der Mensch trotzdem ohne ihn leben kann, verdankt er vermutlich den extrem verbesserten hygienischen Bedingungen, schreiben William Parker von der Duke-Universität in Durham und seine Kollegen im «Journal of Evolutionary Biology»

↓ Appendix Entfernung



# :: Schulprojekt: Krebsvorbeugende Auberginen

SchülerInnen der HLFS Ursprung demonstrieren eindrucksvoll, dass die Gentechnik in der Landwirtschaft auch ihre guten Seiten hat.

Die Möglichkeiten für SchülerInnen bei großen Forschungsprojekten mitzuarbeiten sind rar gesät. Ein ungewöhnliches Angebot erhielten diesen Sommer SchülerInnen der HLFS Ursprung. Vermittelt von Prof. Konrad Steiner und Bodo Trognitz vom ARC Seibersdorf durften Sie für ein Praktikum nach Spanien ins Labor „Genética Vegetal“ der „Universidad Politécnica de Valencia“.

Die Aufgabenstellung für Maximilian Bamberger, Christina Fuchs und Sieglinde Neudorfer der HLFS Ursprung war die Züchtung neuer Auberginensorten, die mehr sogenannter Polyphenole enthalten, als die im Handel erhältlichen Sorten. Polyphenole gelten als äußerst gesundheitsfördernd - sie wirken unter Anderem entzündungshemmend und krebsvorbeugend. Um einen höheren Anteil der gewünschten Substanzen und deren Gene in Kultursorten

einbringen zu können musste diese mit einer Wildaubergine gekreuzt werden. Größter Nachteil ist es, dass damit auch nicht gewünschte neue Eigenschaften mitvererbt werden. Diese auszusortieren war vor einigen Jahren noch ein zeitraubendes Unterfangen. Doch mit der Entwicklung der analytischen Gentechnologie erhielten die Wissenschaftler Werkzeuge mit ungeahnten Möglichkeiten in ihre Hände.

Für die SchülerInnen begann nun erst die eigentliche Arbeit und diese erfolgte nicht am Feld, sondern im High-Tech-Labor. Moderne gentechnische Analysemethoden eröffnen die Möglichkeit die Qualität der Kreuzung rasch und punktgenau zu kontrollieren. Dazu extrahierten die engagierten Jungforscher das Erbmaterial aus den Blättern der Pflanzen, reinigten die DNA und bestimmten deren Konzentration. Danach wurden mit Hilfe der

PCR-Technologie unter Anderem die Gene geprüft, die für die Polyphenole von Bedeutung sind. Erst die umfassende und moderne Ausbildung an der Landwirtschaftsschule in Ursprung ermöglichte den SchülerInnen dieses anspruchsvolle Labor-Praktikum.

Gentechnik in der Landwirtschaft bedeutet nicht automatisch, dass damit transgene Pflanzen hergestellt werden auch wenn dies reflexartig immer angenommen wird. Ein großer Teil der Anwendungen im Nutzpflanzenbereich konzentriert sich aber auf die Analyseverfahren. Die Gentechnik in Bausch und Bogen zu verdammen würde auch diese neuen Werkzeuge dem modernen Pflanzenzüchter verschließen.

Und die Zukunft? Was wäre, wenn man anstatt zu kreuzen die gewünschten Gene aus der Wildaubergine direkt in die Kulturpflanze gezielt übertragen könnte?

## :: Die DNA der Neandertaler

Bei der Aufklärung der evolutionären Beziehung zwischen Neandertalern und heutigen Menschen hilft die moderne Technologie der Sequenzierung.

↓ Das Neandertaler-Forschungsteam aus Leipzig: Johannes Krause, Adrian Briggs, Richard E. Green, Svante Pääbo.



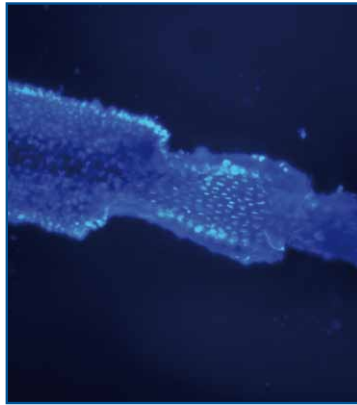
Er ist unser nächster Verwandter und vor etwa 30 000 Jahren ausgestorben – der Neandertaler. Seit mehr als einhundert Jahren versuchen Paläontologen und Anthropologen die evolutionäre Beziehung von Neandertalern und heutigen Menschen aufzuklären. Im Juli 2006 startete Svante Pääbo, Direktor am Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie, ein ehrgeiziges Projekt: die vollständige Sequenzierung des Neandertaler-Genoms. Zweieinhalb Jahre später – genau zu Darwins 200. Geburtstag am 12. Februar 2009 – haben Pääbo und seine Mitstreiter eine erste Version des Neandertaler-Genoms der Öffentlichkeit präsentiert. Es ist den Forschern tatsächlich

gelingen, mehr als eine Milliarde DNA-Fragmente – also ca. 60% des Genoms zu lesen. Diese Sequenzen können nun mit den bereits sequenzierten Genomen von Menschen und Schimpansen verglichen werden, um festzustellen, wie das Genom der ausgestorbenen Neandertaler von dem des heutigen Menschen abweicht. Die Forscher hoffen damit, Antwort auf eine der spannendsten Fragen zur Menschheitsgeschichte zu finden, nämlich welche genetischen Veränderungen zur Entwicklung des modernen Menschen beigetragen und dazu geführt haben, dass er sich vor etwa 100 000 Jahren von Afrika ausgehend über die gesamte Welt verbreiten konnte.

# The flying labs

## Wissenschaftskurse für den Schulalltag

Lehnen Sie sich als LehrerIn einen Tag zurück und gönnen Sie Ihren SchülerInnen ein High-Tech-Labor auf höchstem wissenschaftlichen Niveau – in Ihrer Schule und zu geringstmöglichen Kosten.



### Kurs I: (8. Klasse) Forensik DNA - Analytik

DNA-Extraktion aus Epithelzellen der TeilnehmerInnen; DNA-Reinigung; PCR Analyse von mehreren forensischen DNA-Abschnitten. Agarosegelelektrophorese, Diskussion forensischer Analytik, Modellsysteme in der Molekularbiologie, 3D-Molekülmodelle, DNA und deren unglaubliche Dimension (bis zu 30 Personen)

### Kurs II (neu): (8. Kl.) Genanalytik und Genomics

DNA-Extraktion mit Chelex; Spektrometrische Mengen- und Qualitätsanalyse; Real-Time-PCR einiger spannender Gene (zur Auswahl für die SchülerInnen: zum Beispiel Haarfarbe, Ohrschmalztyp, Bittertasting, Muskeltypen, Alkoholempfindlichkeit); Schmelzkurvenanalyse; Einblicke in internationale Gendatenbanken (24 Personen)

### Kurs III: (5. - 8. Kl.) Das immunologische Klassenzimmer

Arbeiten mit einem Forschungs-Fluoreszenzmikroskop, Antikörperfärbungen der TeilnehmerInnenzellen (Epithel und Haare); Allergen-Proteinanalyse mit einem SDS-PAGE System; DotBlot für Simulation von ELISATest, Diskussionen über Immunsystem, Allergie, Gesundheit, Mikroskopie und Zellen. 3D- und LiveCellimaging. (ca 24 Personen)

- Für einen spannenden Labortag müssen die SchülerInnen die **Schule nicht mehr verlassen**, denn das Gentechniklabor wird in einem Klassenzimmer aufgebaut.

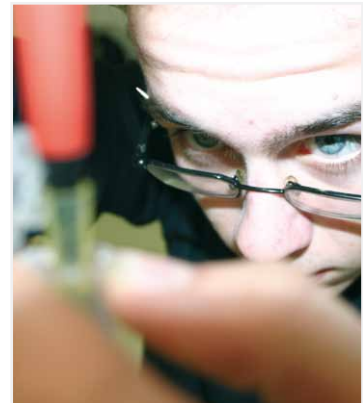
- Als LehrerIn müssen Sie **keine Exkursion anmelden**, keine Busse reservieren, keine Begleitpersonen suchen, nichts organisieren - Sie erhalten ein vollständiges Labor-Unterrichts-Paket.

- Die **Betreuung** der SchülerInnen bzw. des Kurses wird durchgehend von DNA-Consult übernommen.



Die Kurse dauern jeweils 8h mit angemessenen Pausen. Praxisanteile (3/4) und an das Niveau der SchülerInnen angepasste High-Tech-Vorträge oder Diskussionen (1/4). Geeignet für 6. bis 8. Klasse, AHS, HTL, HAK und HBLA. Das Labor wird in der Schule in einem herkömmlichen Klassenzimmer aufgebaut. Materialien und Chemikalien sind über Sponsoren kofinanziert.

**Bitte rechtzeitig buchen.**



- Für die SchülerInnen bietet sich eine spannende Abwechslung zum Schulalltag durch praxisnahes Lernen und Kennenlernen einiger grundlegender gentechnischer Methoden – begleitet von einem Gentechnik-Spezialisten.

- Es handelt sich nicht um ein „Durchschleuslabor“, sondern um einen kompletten, logisch durchgehenden Labortag – von Probenahme, Probenaufbereitung über die Analyse bis zum coolen dokumentierten Ergebnis zum Weiterarbeiten im Unterricht.



Die flying labs sind eine Initiative von **Prof. Fatima Ferreira, Wissenschaftlerin des Jahres** - in Zusammenarbeit mit DNA-Consult Sciencetainment.

Ziel ist es, den Schulen spezielle **High-Tech- Unterrichtsthemen** zu einen für SchülerInnen akzeptablen Preis **in der Schule** zur Verfügung zu stellen. Damit soll die **schwierige Arbeit** der Biologie- oder Chemielehrer, neue Wissenschaftsthemen **praxisnah** zu vermitteln, unterstützt werden. Wir betreuen zur Zeit **120 Schulen**.



#### DNA-CONSULT

Simling 4; 5121 Ostermiething  
Tel: 0043 (0)6278 20142  
Fax: 0043 (0)6278 20142-16  
Mobil: 0043 (0)676 7774565  
office@sciencetainment.com  
www.sciencetainment.com

#### KOSTENBEITRAG

Kosten pro Kurs: 410€ + Anfahrt  
Anfahrt (von Ostermiething): 0,4€ / km  
Max. Anfahrtskosten: 120€

ab 2 Kurse (»2 Tage): 390€ / Kurs  
zuzüglich nur 1x Anfahrt!



Der Wissenschaftsfonds.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bioskop](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [2009\\_1](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Darwin 1](#)