

FRAG DIE PFLAUME

Das 1x1 der modernen Pflanzenforschung



Ökologie und Umwelt



- Was ist Ökologie?
- Womit beschäftigt sich ökologische Forschung?
- Was ist ein Ökosystem?
- Warum gibt es so viele Tier- und Pflanzenarten?
- Was haben Darwin und Mendel miteinander zu tun?
- Was bedeutet Koevolution?
- Wie verhalten sich Ökosysteme?
- Ökologisch = natürlich = gut?
- Ökologie und Naturschutz – Zwei Begriffe für dieselbe Sache?
- Was bedeutet Begleit- bzw. Sicherheitsforschung?



Eine CD-ROM/Webseite mit weiterführenden Informationen ist in Planung mit:

Erläuterungen, Grafiken und Animationen z.B. zu

- ↳ Grundlagen der Ökologie
 - Haeckel
 - Autökologie
 - Populationsökologie
 - Synökologie
- ↳ Evolution
 - Faktoren: Selektion, Mutation, Rekombination, Isolation, Genfluss, Gendrift
- ↳ Beispiele für Ökosysteme
- ↳ Beispiele moderner ökologischer Grundlagenforschung
- ↳ Ökologie und Naturschutz
- ↳ Beispiele aus der Sicherheitsforschung

Was ist Ökologie?

Keiner lebt für sich allein

Der Begriff „Ökologie“ stammt aus dem Griechischen (oikos = Hausgemeinschaft) und bezeichnet ursprünglich die Lehre von den Wechselbeziehungen der Organismen untereinander und zu ihrer belebten (biotischen) und unbelebten (abiotischen) Umwelt. Geprägt wurde der Begriff vor fast 150 Jahren von dem Entwicklungsbiologen Ernst Haeckel. Haeckel verstand unter Ökologie eine weitgehend beschreibende Lehre von den Anpassungen eines Organismus an die Umwelt.

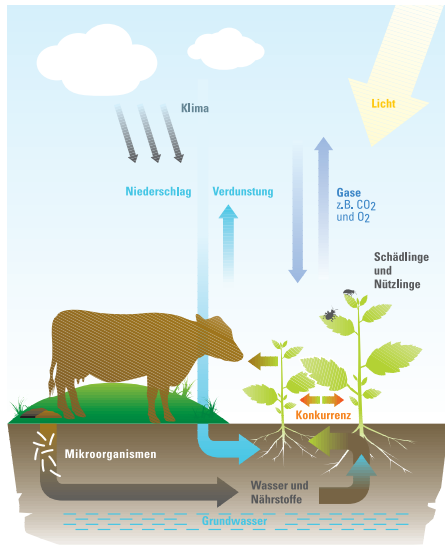


In der **Ökologie** wird zwischen abiotischen und biotischen Faktoren unterschieden. Alle diese Faktoren bewirken, ob, wann und wo sich Pflanzen- und Tiergemeinschaften zusammenfinden.

Womit beschäftigt sich ökologische Forschung?

Wer, was, wann, wo und mit wem?

Ziel der ökologischen Forschung ist es, die Beziehungen von Lebewesen untereinander und zu ihrer Umwelt zu verstehen, Modelle zu entwickeln, die eine Vorhersage über Änderungen ermöglichen, oder Gesetzmäßigkeiten aus den beobachteten Systemen abzuleiten.



Ökologische Fragestellungen ergeben sich auf drei unterschiedlichen Ebenen:

1. Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und Umweltfaktoren, wie z.B. Nahrung, Licht, Temperatur
2. Beziehungen zwischen den Lebewesen einer Art (z.B. Zu- oder Abnahme der Anzahl an Lebewesen innerhalb einer Art in Abhängigkeit von Standortfaktoren) oder zwischen verschiedenen Arten (z.B. Räuber-Beute Beziehungen)
3. Beziehungen ganzer Lebensgemeinschaften zu ihrer Umwelt (z.B. Stoffflüsse und -kreisläufe) oder anders ausgedrückt: Untersuchungen von Ökosystemen.

Ökologie arbeitet fachübergreifend z.B. mit Klimatologen, Geologen oder Systematikern zusammen. Wie die Kapitel über Darwin und Mendel zeigen werden, sind Evolutionsbiologie und Genetik wichtige Disziplinen der Ökologie.

Neben den klassischen Methoden, wie Bestimmung von Standortfaktoren und Artenzusammensetzung oder Beschreibungen von Wechselwirkungen, haben auch gentechnische Methoden Eingang in die ökologische Forschung gefunden. So werden Erbgutanalysen eingesetzt, um Verwandtschaftsbeziehungen von Organismen und ihre entwicklungsgeschichtliche Entstehung zu untersuchen oder es werden Genveränderungen durchgeführt, um die Funktion von Genen zu verstehen.



Ökologische Forschung mittels Gentechnik:

Um beispielsweise die Fähigkeit von Pflanzen zur Schädlingsabwehr genauer zu untersuchen, werden gentechnisch veränderte Pflanzen genutzt: Pflanzen mit abgeschaltetem potenziellen „Insektenabwehrgen“ können zu Versuchszwecken unter strengen Auflagen freigesetzt werden. Ist die „Feindabwehr“ tatsächlich ausgeschaltet, werden die Pflanzen stärker von Schädlingen befallen. Das verantwortliche Gen ist identifiziert und kann nun genauer auf seine Funktionsweise hin untersucht werden.

Was ist ein Ökosystem?

Wohngemeinschaften der Natur

Ein Ökosystem ist ein System, das die Gesamtheit der Lebewesen (Biozöosen) und ihre unbelebte Umwelt – den Lebensraum (Biotop) – in ihren Wechselbeziehungen umfasst.

Ökosysteme können sehr vielgestaltig sein, von der Tiefsee reichen sie bis hinauf zu den höchsten Berggipfeln, vom tropischen Regenwald bis zu landwirtschaftlich genutzten Flächen. Sie können natürlich oder durch menschliches Einwirken entstanden sein. Ihre Ausdehnung ist unterschiedlich und oftmals fällt die Abgrenzung zwischen verschiedenen Ökosystemen schwer. Wie die Beispiele Tiefsee und Berggipfel zeigen, gibt es ganz unterschiedliche Ökosysteme, die entsprechend der jeweils einwirkenden Umweltfaktoren von ganz unterschiedlichen Lebewesen besiedelt werden oder aber von unterschiedlichen Typen derselben Art. Wie aber kommt es zur Entstehung von Arten oder der Ausbildung neuer Eigenschaften bei ein und derselben Art?



Warum gibt es so viele Tier- und Pflanzenarten?

Die Evolutionstheorie nach Darwin

Der Begriff Evolution kommt aus dem Lateinischen (evolvere = abwickeln, entwickeln) und bedeutet Entwicklung. Die Frage nach der Abstammung der Arten voneinander und die Entwicklung neuer Arten wird in der **Evolutionstheorie** behandelt. Dieser von Charles Darwin Mitte des 19. Jahrhunderts begründete Zweig der Biologie stellt den naturwissenschaftlichen Ansatz dar, die Entstehung und Veränderung von Lebewesen im Laufe der Erdgeschichte zu erklären.

Grundlage für die Entstehung der Artenvielfalt (Biodiversität) ist, dass die Nachkommen von Lebewesen andere Eigenschaften besitzen können als ihre Eltern. Die neuen Eigenschaften können günstiger für das Überleben sein oder auch von Nachteil – jeder „neue Typ“ muss sich in der Natur bewähren. Umwelteinflüsse wie z.B. Klima, Licht- und Bodenverhältnisse, Feinde oder Individuendichte sind (**Selektions**)**Faktoren**, die auf die Lebewesen eines Standortes einwirken **Selektionsdruck**. Die Entwicklung aller Lebewesen erfolgt nach dem Prinzip der **natürlichen Selektion**: Sie erfolgt zwangsläufig, ohne ein vorher geplantes Ziel. Sie bringt zunächst zufällig besser an die Umwelt angepasste Individuen hervor. Je angepasster ein Lebewesen an seine Umwelt ist, oder je schneller es sich an ändernde Bedingungen anpassen kann, umso größer sind seine Chancen, sich gegenüber anderen Individuen durchzusetzen, das eigene Erbgut an die Nachkommen weiterzugeben und so zu vermehren („**Darwinian Fitness**“). Im Verlaufe vieler Generationen führt dieser Vorgang zu einer deutlichen Veränderung des Erbgutes innerhalb der Individuen einer Art (**Ökotyp; natürliche Variationen**) bis hin zur Entstehung einer neuen Art.

Arten wiederum, die sich schnell an geänderte Umwelteinflüsse anpassen können, sind gegenüber jenen, die dies nicht können, im Vorteil. Dies führt letztendlich zu einer Artenverschiebung am jeweiligen Standort. Am Ende ist dieses Zusammenspiel verschiedener Tier- und Pflanzenarten die Grundlage für die Artenvielfalt an einem gegebenen Ort.



Birkenspanner in England, ein klassisches Beispiel für natürliche Selektion:

Ursprünglich waren die Falter durch ihre hellgefleckten Flügel auf den hellen Birkenstämmen gut vor Vögeln geschützt. Durch die Luftverschmutzung während der Industrialisierung wurden die Baumstämme dunkler. Zufällig dunkler gefärbte Falter waren seither besser getarnt als hellere. Sie konnten sich deshalb verstärkt vermehren und die dunkle Färbung an ihre Nachkommen weitergeben. Durch natürliche Auslese fand eine Anpassung an veränderte Umweltbedingungen statt.

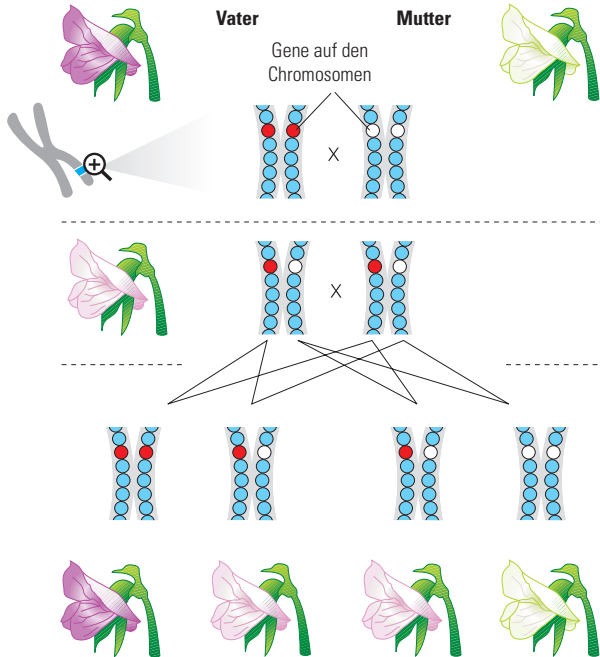
Was haben Darwin und Mendel miteinander zu tun?

Evolution und Genetik

Darwin nahm zwar eine Vererbung von Merkmalen an, wusste aber nicht, worauf sie beruht. Er konnte das Aussterben nicht konkurrenzfähiger Arten und die Auslese nützlicher Anpassungen deuten, nicht aber die Entstehung neuer Arten oder die Ausbildung neuer Anpassungen. Eines der fehlenden Puzzleteile zum Verständnis der Artenentstehung und der Anpassungsmechanismen lieferte Gregor Mendel 1866 durch seine gezielten Kreuzungen von Erbsen. In seinen Versuchen konnte er einerseits nachweisen, dass die Weitergabe von Eigenschaften an die nachfolgende Generation nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten erfolgt → **Mendelsche Gesetze** 🌱, andererseits zeigte sich in seinen Versuchen aber auch, dass die Nachkommen aus einer Kreuzung die Eigenschaften der Eltern in einer Mischung mit unterschiedlich starker Ausprägung besitzen. **Kinder können also andere Eigenschaften besitzen als ihre Eltern.** Dies ist für die Entstehung neuer Arten oder einer besseren Anpassung an einen Standort von großer Bedeutung.

Vier Erbsenrassen, die Mendel zur Untersuchung von Samengestalt und Samenfarbe verwendete.





1. Mendel'sche Regel:
Die **1. Tochtergeneration** ist uniform.

2. Mendel'sche Regel:
Die **2. Tochtergeneration** spaltet in die Genotypen der Eltern und der 1. Tochtergeneration im Verhältnis 1:2:1 auf.

Die Nachkommen aus einer Kreuzung können die Eigenschaften der Eltern in einer Mischung mit unterschiedlich starker Ausprägung besitzen.

Manche der neuen Eigenschafts-Zusammensetzungen der Kinder erweisen sich als günstiger für das Überleben am Standort als andere und erhöhen damit die Darwinian Fitness. Seit Mendel komplettierte sich das Puzzle um das Verständnis von Vererbung und Artenentstehung immer mehr. Molekularbiologische Untersuchungen offenbarten schließlich, dass Nachkommen die Eigenschaften ihrer Eltern nicht nur in einer neuen Kombination besitzen, sondern dass sie sogar völlig neue Eigenschaften aufweisen können. Dies beruht auf Mechanismen, die auf der Ebene der Chromosomen und Gene ablaufen.

→ Mutationen, Crossing over 

links: typische Tomatenblätter,
rechts: Mutante mit
fehlendem Blattfarbstoff



Was bedeutet Koevolution?

Nach dem Spiel ist vor dem Spiel

Unter Koevolution versteht man die gegenseitige Beeinflussung der Entwicklung zweier Arten. Neben Umweltfaktoren wie Licht, Temperatur oder Nährstoffe, die über die Erhaltung oder das Auftreten einer Art entscheiden, spielen für die Artenvielfalt eines Standortes auch die Beziehungen und die Kommunikation zwischen den vorhandenen Organismen eine entscheidende Rolle.

Ein Beispiel für diese Anpassungen und Gegenanpassungen kann beim wilden Tabak (*Nicotiana attenuata*) beobachtet werden: Normalerweise vergiftet dieser seine Feinde mit Nikotin. Manchen Raupen ist es aber inzwischen gelungen, einen Abwehrmechanismus gegen das Gift zu entwickeln. Man sagt auch, sie haben eine Toleranz gegen das Nikotin erworben. Daraufhin hat der wilde Tabak eine neue Strategie hervorgebracht, um auch solche Raupen abzuwehren. Er ruft per eigens gebildeter Duftstoffe die natürlichen Feinde dieser Raupen herbei, zum Beispiel Schlupfwespen, und produziert sogar zusätzlich in seinen Blättern Stoffe, die den Schädlingen „auf den Magen schlagen“, indem sie ihre Verdauung stören.

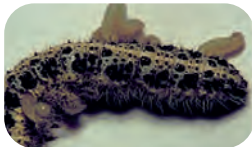
Koevolution sorgt also dafür, dass sich die Kräfteverhältnisse zwischen Organismen immer wieder ändern.

Durch Raupenfraß induzierte
Duftstoffe der Pflanze
locken Nützing an



Schädling befällt
Pflanze

Parasitierte
Raupe



Schlupfwespe findet
befallene Pflanze



Eiablage der Schlupfwespe
in der Raupen

Wie verhalten sich Ökosysteme?

Gute Zeiten, schlechte Zeiten

Ökosysteme erscheinen stabil, sind es aber in geologischen Zeiträumen betrachtet nicht. Den Mechanismen der **Evolution** und **Koevolution** folgend, ändert sich die **Artenzusammensetzung** – vom Mikroorganismus (Pilze, Bakterien) im Boden bis zum Säugetier oder Baum – beständig. Alle Lebewesen eines Biotops sind von dessen abiotischer Natur (Licht, Temperatur, Mineralien) genauso abhängig wie von ihren „Zeitgenossen“, mit denen sie sich zusammen an einem Standort befinden. Das so genannte „**ökologische Gleichgewicht**“ ist ein dynamisches und kein statisches. Die Änderung nur eines Faktors – sei er biotischer oder abiotischer Natur – kann zu Veränderungen des gesamten Ökosystems führen. ➔ **Evolution** 🌐

Es gibt natürliche Faktoren, die sehr abrupt und kurzfristig vorhandene Ökosysteme verändern. Durch Blitzschlag verursachte Wald- oder Steppenbrände beispielsweise lassen die gesamte Entwicklung des Standortes erneut ablaufen, wobei sich manche Organismen an die wiederkehrenden Brände so gut angepasst haben, dass sie diese zu ihrem Vorteil nutzen. Die Einwanderung neuer Arten kann ein Ökosystem vollkommen verändern. Eine Verdrängung der „alt eingesessenen“ Arten kann beispielsweise stattfinden, wenn die neue Art für die bereits vorhandenen Arten einen Feind darstellt oder die Konkurrenzkraft der eingewanderten Art sehr groß ist.

Der Mensch ist – neben vielen anderen – **ein** Faktor, der die Entwicklung eines Standortes beeinflusst.

Ökologisch = natürlich = gut?

Die Änderung des Ökologiebegriffs

Rasante produktionstechnische Entwicklungen und Veränderungen auf dem industriellen und landwirtschaftlichen Sektor führten nach dem zweiten Weltkrieg in Deutschland und ganz Europa einerseits zu einer Zunahme des Wohlstands. Andererseits wurde durch diese Prozesse die Umwelt beeinträchtigt. Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzungen waren die Folge. Dem galt es, entgegen zu steuern.

Begünstigt durch den zunehmenden Wohlstand, die ausreichende Nahrungsmittelproduktion bzw. Überproduktion und eine geringe Arbeitslosenquote konnte der Blick verstärkt auf diese Negativfolgen gerichtet werden. Der durch Haeckel einst geprägte **Ökologiebegriff** vollzog eine Wandlung: Seit den 1960er und -70er Jahren wird er nicht mehr allgemein auf Wechselbeziehungen zwischen Lebewesen und Umwelt bezogen, sondern schwerpunktmäßig **für die Beziehung zwischen Mensch und Umwelt genutzt**. Es galt, Umwelt und Natur vor den negativen Folgen menschlichen Handelns zu schützen. Das Wort **Ökologie** wurde fortan im Zusammenhang mit Umwelt- oder Naturschutz bzw. als Synonym für Unberührtheit, Natürlichkeit oder Vollkommenheit verwendet; **ökologisch** im Sinne von umweltverträglich, sauber, rücksichtsvoll oder gesund benutzt.

Weitestgehend verschont von Naturkatastrophen, Seuchen und Hunger wird Natur mittlerweile in ihrer Gesamtheit als positiv betrachtet – zumindest in der westlichen Welt.



Zwei Begriffe für dieselbe Sache?

Ökologie und Naturschutz

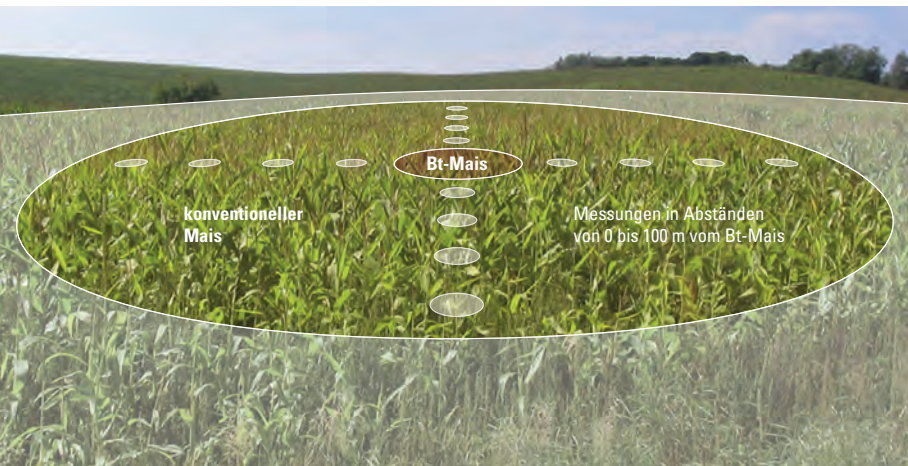
Neben der ökologischen Grundlagenforschung, die sich mit dem Beziehungsgefüge zwischen Organismen und ihrer Umwelt beschäftigt, spielt die **angewandte Ökologie** eine wichtige Rolle. Sie versucht, die Kenntnisse über die Beziehungen von Umwelt und Organismen auf praktische Fragen des Natur- und Artenschutzes anzuwenden. So müssen beispielsweise, bevor eine gravierende Nutzungsänderung einer Fläche genehmigt wird, Gutachten erstellt werden. Sie beschreiben, ermitteln und bewerten, welche Auswirkungen das jeweilige Vorhaben auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landwirtschaft sowie Kultur- und Sachgüter haben wird. Wechselwirkungen verschiedener Faktoren untereinander sind genauso Gegenstand solcher Gutachten wie Maßnahmen zur Vermeidung, Minderung und zum Ausgleich von ermittelten Auswirkungen.

Prinzip zur Ermittlung von Sicherheitsabständen:


In unterschiedlicher Entfernung zu mit gentechnisch verändertem Mais bestellten Parzellen werden Untersuchungen zum Polleneintrag in umgebende Felder vorgenommen. Aus den Ergebnissen sollen Mindestabstände zwischen Bt-Maisflächen und mit konventionellem Mais bestellten Flächen abgeleitet werden.

Was bedeutet Begleit- bzw. Sicherheitsforschung? Gentechnik und Umwelt

In der Begleit- oder Sicherheitsforschung werden die Beziehungen zwischen gentechnisch veränderten Pflanzen und ihrer Umgebung untersucht. Durch diese Untersuchungen soll sichergestellt werden, dass gentechnisch erzeugte Pflanzen keine Auswirkungen auf bestehende Ökosysteme haben und es nicht zu unvorhergesehenen Ereignissen kommen kann. Gleichzeitig liefert sie aber auch Erkenntnisse darüber, unter welchen Bedingungen ein Nebeneinander (Koexistenz) von landwirtschaftlicher Produktion mit und ohne Gentechnik möglich ist.





Aus der **Sicherheitsforschung**  liegen zahlreiche Untersuchungen zu gentechnisch veränderten Pflanzen wie Mais, Zuckerrüben, Raps, Kartoffeln, Gerste und Weizen vor.

Die Ergebnisse lassen bisher kein Risiko von gentechnisch veränderten Pflanzen im Vergleich zu anderen Techniken erkennen.

Bisher sind in Europa nur gentechnisch veränderter Mais und Kartoffeln zum Anbau zugelassen worden.

Gentechnisch veränderte Pflanzen durchlaufen ein langwieriges und umfangreiches Prüfverfahren von der ersten Freisetzung bis zur Zulassung. Damit sind sie die am besten untersuchten Pflanzen. Mit einem **anbaubegleitenden Monitoring** wird weiterhin überprüft, ob genveränderte (GV)-Pflanzen nicht doch, entgegen aller Erwartungen, Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Impressum

Die Herausgeber

- Wissenschaftlerkreis Grüne Gentechnik e.V.
Postfach 12 01 27 · 60114 Frankfurt/Main · e-mail: zentrale@wgg-ev.de
- Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie
- Max-Planck-Institut für chemische Ökologie
- Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung
- Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung
- Hochschule für Wirtschaft und Umwelt, Nürtingen-Geislingen

Redaktion

Text und Konzeption: Ursula Roß-Stitt, Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie (MPI-MP)

Koordination: Sabine Schuh Wissenschaftskommunikation, www.saskomm.de

Redaktionelle Mitarbeit: Joachim Rinder, Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie (MPI-MP)
Dr. Jan Kellmann, Max-Planck-Institut für chemische Ökologie (MPI-CE)

Design, Illustration, Herstellung

Stefan Pigur, www.pigurdesign.de

2. Auflage, Juni 2010

WICHTIGE FRAGEN:

- Was ist Ökologie?
- Was ist ein Ökosystem?
- Warum gibt es so viele Tier- und Pflanzenarten?
- Was haben Darwin und Mendel miteinander zu tun?
- Was bedeutet Koevolution?
- Wie verhalten sich Ökosysteme?
- Ökologisch = natürlich = gut?
- Ökologie und Naturschutz – Zwei Begriffe für dieselbe Sache?
- Was bedeutet Begleit- bzw. Sicherheitsforschung?

Zur kompletten thematischen Reihe von „**FRAG DIE ERBSE**“ gehören:
ERBSE · MÖHRE · GERSTE · PFLAUME · CHILI · TRAUBE