

FRAG DIE ERBSE

Das 1x1 der modernen Pflanzenforschung



Grundlagen · Geschichte



- **Warum sind Pflanzen wichtig?**
- **Wozu brauchen wir Pflanzenforschung?**
- **Wie hat sich Pflanzenforschung entwickelt?**
- **Was sind die Grundlagen moderner Pflanzenforschung?**
- **Welche Rolle spielt die Gentechnik in der Pflanzenforschung?**
- **Was versteht man unter Gentechnik?**
- **Gibt es in der Natur Übertragung von Genen über Artgrenzen hinweg?**
- **Warum macht man Freisetzungsversuche?**



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

Erläuterungen, Grafiken und Animationen z. B. zu

- ↳ Grundlagen der Pflanzenforschung
 - Photosynthese
 - Aufbau und Funktionen der Pflanzenzelle
 - Chromosomen
 - Aufbau und Funktion der DNA
 - Aufbau und Funktion von Genen
 - Vom Gen zum Protein
 - Proteine und ihre Aufgaben
- ↳ Vererbung
 - Mendelsche Gesetze
- ↳ Molekularbiologische Methoden
 - Polymerasekettenreaktion (PCR)
 - DNA Sequenzierung
 - Gene Silencing – Ausschalten von Genen
- ↳ Geschichtlicher Überblick
- ↳ Moderne Forschungsthemen
 - Modellpflanzen
 - Beispiele aktueller Forschungsthemen

Warum sind Pflanzen wichtig?

Pflanzen: Grundlage des Lebens auf der Erde

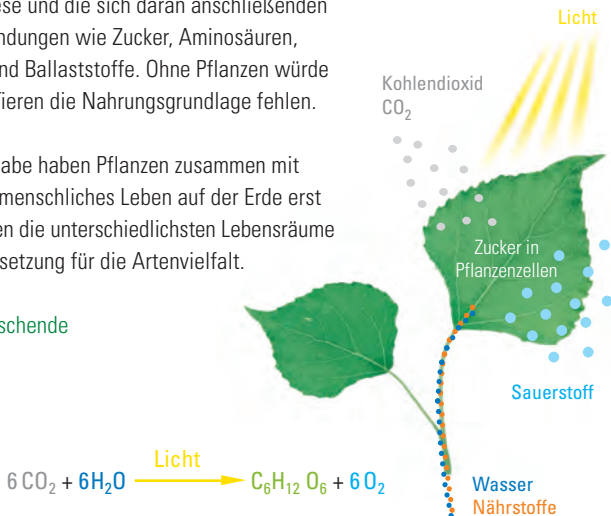
Pflanzen können aus Sonnenenergie, dem Kohlendioxid der Luft sowie Wasser und den darin gelösten Nährstoffen energiereiche Verbindungen aufbauen. Dieser Prozess, bei dem Sauerstoff in die Atmosphäre abgegeben wird, läuft in den grünen Pflanzenteilen ab und wird **Photosynthese** 🌿 genannt. Die Pflanzen bilden durch Photosynthese und die sich daran anschließenden Stoffwechselwege Verbindungen wie Zucker, Aminosäuren, Vitamine, Fette, Stärke und Ballaststoffe. Ohne Pflanzen würde den Menschen und den Tieren die Nahrungsgrundlage fehlen.

Durch ihre Sauerstoffabgabe haben Pflanzen zusammen mit Bakterien tierisches und menschliches Leben auf der Erde erst ermöglicht. Pflanzen bilden die unterschiedlichsten Lebensräume und liefern so die Voraussetzung für die Artenvielfalt.

Pflanzen sind die vorherrschende Lebensform auf der Erde.

Die Photosynthese

Mit Hilfe des grünen Blattfarbstoffs können Pflanzen die Energie des Sonnenlichts nutzen, um aus Wasser und Kohlendioxid Zucker und Sauerstoff zu erzeugen.

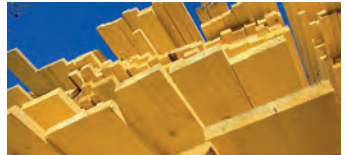


Wozu brauchen wir Pflanzenforschung?

Pflanzen verstehen, ihr Potenzial nutzen

Pflanzen dienen uns in erster Linie als Nahrungsmittel. Sie werden aber auch verwendet zur Herstellung von Arzneimitteln, Geschmacks-, Geruchs-, Farb- und Baustoffen (z.B. Holz), sowie als Energielieferant, Rohstoff für Kleidung (z.B. Baumwolle) und weitere Industrieprodukte.

Da Pflanzen für Mensch und Umwelt von solch zentraler Bedeutung sind, ist es wichtig, ihre Entwicklung und Funktionsweise, ihre Reaktionen auf die Umwelt sowie ihre Beziehungen zu anderen Organismen zu untersuchen. Das Ziel ist sie zu verstehen.



Ein grundlegendes Verständnis der Abläufe und Prozesse in Pflanzen liefert wichtige Beiträge für:

- die Produktion von Nahrungsmitteln in ausreichender Menge und guter Qualität
 - die Entwicklung einer umweltschonenden und nachhaltigen Landwirtschaft
 - die Produktion nachwachsender Rohstoffe
 - den Schutz der Artenvielfalt (Biodiversität)
-

Aufgrund der Themenvielfalt in der Pflanzenforschung arbeiten Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen zusammen. So wird das Fachwissen von Biochemikern, Pflanzenphysiologen, Genetikern, Biophysikern, Agrarwissenschaftlern, Ökologen, Biotechnologen – und in letzter Zeit verstärkt von Bioinformatikern – benötigt.



Wildeinkorn *Triticum urartu*
Der Vorfahre aller Getreide innerhalb der Weizenfamilie. Wird seit ca. 10.000 Jahren angebaut.



Emmer *Triticum dicoccoides*
Eine Kreuzung aus Wildeinkorn und einem Wildgras (*T.speltooides*). Seit ca 7000 Jahren bekannt.

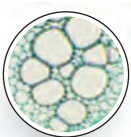


Saatweizen *Triticum aestivum*
Wird als Kreuzung von Emmer und einem weiteren Wildgras dank seiner hervorragenden Backeigenschaften seit Mitte des 18. Jhd. verstärkt angebaut.

Wie hat sich Pflanzenforschung entwickelt?

Von der äußeren Erscheinung zu den „inneren Werten“

Seit der Mensch sesshaft geworden ist, baut er Pflanzen zu seinem Nutzen an. Er setzte dazu Methoden und Techniken ein, die zu Erfolgen führten, deren Wirkungsweise er aber zunächst nicht verstand. Pflanzenforschung bestand bis in die Neuzeit hinein vor allem aus der Beschreibung von Pflanzen und ihrer Katalogisierung.



Erst ab dem 17. Jahrhundert führten Entwicklungen und Erkenntnisse in der Chemie und Physik dazu, dass Abläufe in Pflanzen genauer untersucht werden konnten. Kenntnisse physikalischer Prinzipien wurden auf Abläufe in Pflanzen übertragen. Die Entdeckung chemischer Elemente und deren Nachweis führte zur analytischen Chemie. Erstmals konnten pflanzliche Inhaltsstoffe wie z.B. Wein- oder Zitronensäure bestimmt werden. Vermutungen zu Stoffaufnahme, Stoffumwandlung und Stoffabgabe bei Pflanzen führten schrittweise zur Entdeckung der Photosynthese. Die **Mikroskopie** ermöglichte den Blick ins „Innere“ von Pflanzen. Gestalt, Lage und Struktur von Geweben konnten betrachtet, einzelne Zellen unterschieden und deren Aufbau und Bestandteile beschrieben werden.

Intensive Forschungstätigkeiten auf den Gebieten der pflanzlichen Stoffzusammensetzung, der Gewebe- und Zellanalytik sowie der Fortpflanzungsmechanismen führten Mitte des 19. Jahrhunderts zur Entstehung zweier neuer Forschungszeige: der **Vererbungslehre** (später als Genetik bezeichnet) und der **Evolutionsforschung**. ➔ **Geschichtlicher Überblick** 🌱

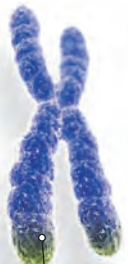


Charles Darwin und Alfred Russel Wallace stellten 1858 die Theorie der natürlichen Selektion von Merkmalen auf, die sie 1859 veröffentlichten. Von dieser Theorie leiten sich alle modernen Evolutionstheorien ab.

Der Augustinermönch **Gregor Mendel** formulierte 1866 die Vererbungsgesetze. Sie basierten auf seinen Beobachtungen bei Kreuzungsversuchen mit Erbsen. Mendels Vererbungsgesetze, die auf dem äußerlich sichtbaren Merkmal der Blütenfarbe beruhten, wurden erst Anfang des 20. Jahrhunderts durch die Forschungen von **H. de Vries, C. Correns und E. von Tschermak-Segelegg** wiederentdeckt und bestätigt. Ihre Forschungen eröffneten den Weg für eine effektivere Pflanzenzüchtung.

Unabhängig von Mendel entdeckte und isolierte **Friedrich Miescher** 1869 den Stoff, aus dem das Erbgut gemacht ist. Er nannte diesen Stoff Nuclein, da er ihn in den Kernen von Zellen gefunden hatte (von lateinisch nucleus, Kern).

Weitergehende Forschungen des Nucleins, später als Desoxyribonukleinsäure (abgekürzt DNS oder englisch DNA) bezeichnet, führten 1953 zur Aufklärung der Struktur durch **James Watson und Francis Crick** und legten die Grundlage für eine völlig neue Art von Pflanzenforschung.



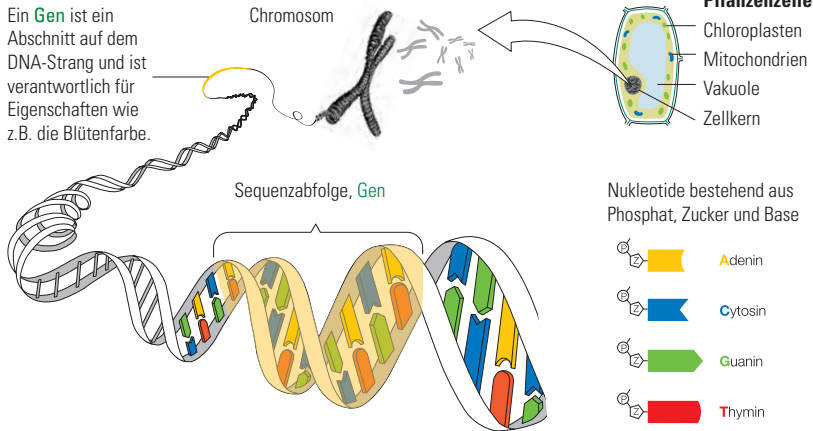
Was sind die Grundlagen moderner Pflanzenforschung?

ACGT, das Alphabet des Lebens

Die Erkenntnis, dass die **DNA** 🧬 der Träger des Erbguts ist, machte sie zum Schlüsselement der Forschung – nicht nur bei Pflanzen. Sie bestimmt das Aussehen der Pflanze und trägt die Information für alle Vorgänge wie Wachstum, Entwicklung, Stoffzusammensetzung oder Reaktion auf Umweltreize. Leben buchstabierte sich plötzlich **A, C, G, T** – nach den Basen Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin. Die Reihenfolge der Buchstaben (Sequenz) liefert die „Betriebsanleitung“ für alle Vorgänge in der Zelle. Bestimmte Sequenzabschnitte bezeichnet man als **Gene** 🧬. Die Gene sind für die Ausprägung von Merkmalen (z.B. Blütenfarbe) verantwortlich.

Ein **Gen** ist ein Abschnitt auf dem DNA-Strang und ist verantwortlich für Eigenschaften wie z.B. die Blütenfarbe.

Chromosom



Da diese auf der DNA festgeschriebene Betriebsanleitung von zentraler Bedeutung für alle Abläufe in der Pflanze ist, setzt man in der modernen Pflanzenforschung an dieser Stelle an. Mittlerweile gehört die Isolierung von genetischem Material, seine Vervielfältigung, Sequenzierung und Analyse zum Methodenstandard in den Forschungslaboren.

➔ Molekularbiologische Methoden 🌱

Die **Ackerschmalwand** 🌱 (*Arabidopsis thaliana*) war die erste Pflanze, deren gesamte genetische Information (**Genom**) im Jahre 2000 aufgedeckt werden konnte.

Es folgte Reis, eine der weltweit wichtigsten Nahrungspflanzen. Für viele weitere Kulturpflanzen ist die Entschlüsselung des Genoms auf dem Wege. Aufgabe der Pflanzenforschung in der Zukunft wird es sein, die Funktion und Steuerung der einzelnen Gene aufzuklären.

Arabidopsis thaliana: Modellpflanze der Pflanzenforscher, da das Genom klein und vollständig entschlüsselt ist und mehrere Pflanzengenerationen pro Jahr erzeugt werden können.



Welche Rolle spielt die Gentechnik in der Pflanzenforschung?

Vokabeln helfen, Fremdsprachen zu verstehen



weniger
Spaltöffnungen



vermehrte
Spaltöffnungen

Auswirkung einer Änderung der Spaltöffnungsichte auf die Pflanze, verursacht durch An- oder Abschalten des entsprechenden Gens.

In allen Forschungseinrichtungen weltweit werden gentechnische Methoden eingesetzt, um den Geheimnissen der Pflanzen auf die Spur zu kommen.

→ **Molekularbiologische Methoden** 🌱

Bei der **Gentechnik** handelt es sich im übertragenen Sinne um eine Methode, mit deren Hilfe es möglich ist, den vorhandenen Wortschatz (das Erbgut) zu erweitern (durch Hinzufügen von Genen), vergessene Vokabeln zu aktivieren (durch das Anschalten von Genen) und andere Vokabeln aus dem aktiven Wortschatz zu eliminieren (durch das Abschalten von Genen).

Für die **Pflanzenforschung** bedeutet dies: Bei der Übertragung eines Gens von einem Organismus in einen anderen oder durch das An- oder Abschalten einzelner Gene kann untersucht werden, für welche Aufgabe das entsprechende Gen zuständig ist. Hierzu wird z.B. die stoffliche Zusammensetzung der Versuchspflanze mit derjenigen der Kontrollpflanze verglichen. Darüber hinaus werden **gentechnische Methoden** dazu genutzt, das Erbgut verschiedener Sorten ein und derselben Art zu vergleichen oder aber auch Wildarten mit Kulturarten. Dabei können verwandtschaftliche Beziehungen aufgedeckt werden, die Rückschlüsse auf Entwicklungen und Evolution zulassen.

Was versteht man unter Gentechnik?

Gentechnik beinhaltet alle Methoden, die sich mit der Isolierung, Charakterisierung, Vermehrung, Veränderung und Neukombination von Erbmaterial beschäftigen.

Gentechnik ist nur deshalb möglich, weil der genetische Code universell ist, das heißt: Die Erbinformationen aller Organismen sprechen dieselbe Sprache und nutzen dieselben Buchstaben.

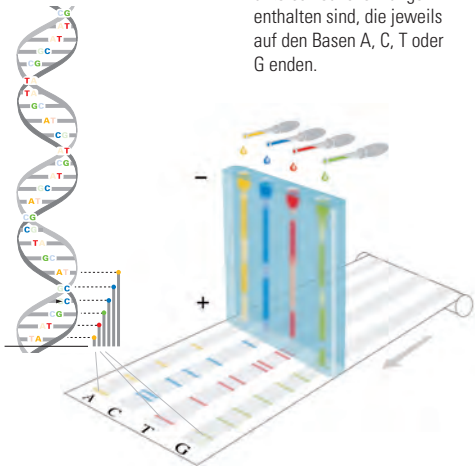
Die Banden auf dem Papierausdruck zeigen an, wie lang die DNA-Ketten sind und wie oft sie auf A, C, T oder G enden. Kürzere wandern schneller durch das Gel als längere – sie erscheinen deshalb zuerst auf dem Papierausdruck.

Betrachtet man die Banden aller Basen, so erhält man die Sequenz des zu untersuchenden DNA-Strangs. Für das angegebene Beispiel lautet die Sequenz:
ATGCCAGTCGACTGTCAGTT
GCTTG.

Moderne Untersuchungsmethoden arbeiten mit elektronischen Detektoren anstatt mit Papier.

DNA Sequenzierung nach Sanger

Das zu sequenzierende Material wird in die vier Öffnungen des Gels gegeben. Es ist so vorpräpariert, dass in den vier Flüssigkeiten DNA-Ketten unterschiedlicher Länge enthalten sind, die jeweils auf den Basen A, C, T oder G enden.



Gibt es in der Natur Übertragung von Genen über Artgrenzen hinweg?

Gentechnik: Von der Natur abgeschaut

Entgegen der landläufigen Ansicht werden auch in der Natur Erbinformationen zwischen verschiedenen Arten ausgetauscht. Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür ist die Genübertragung (**Gentransfer** 🔄) von einem Bakterium in Pflanzen.



Agrobacterium tumefaciens
auf pflanzlichem Gewebe

Das überall vorkommende Bodenbakterium *Agrobacterium tumefaciens* kann durch verletztes Gewebe in Zellen von beispielsweise Kartoffeln oder Tomaten eindringen. An der Pflanze bilden sich daraufhin kleine Ausbuchtungen, sog. Wurzelhalsgallen. In ihnen bildet die Pflanze Substanzen, die das Bakterium zum Wachstum benötigt, aber nicht selbst herstellen kann.

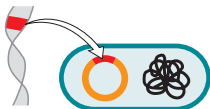
Ermöglicht wird dies dadurch, dass das Bakterium den Teil seiner Erbinformation auf die Pflanzen überträgt, der die Befehle zur Bildung dieser Stoffe enthält. Die bakterielle Erbinformation wird in das Erbgut der Pflanze eingebaut und sorgt ab sofort dafür, dass die Pflanze die vom Bakterium gewünschten Stoffe bildet.

Das Agrobacterium kann Gene in die Pflanzenzelle transportieren

Agrobacterium in der Natur



Im Labor

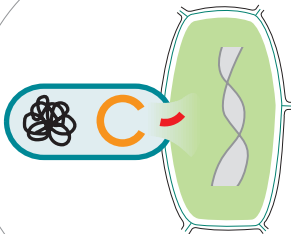


Überführung des Gens in ein Agrobacterium

Das Agrobacterium erkennt verwundete Zellen und dockt an ihnen an.



Das Gen wird vom Agrobacterium in die Pflanzenzelle eingeschleust und dort in das Erbgut eingebaut.



Warum macht man Freisetzungsversuche?

Überprüfung von Laborergebnissen



Freisetzungen 🌱 sind notwendig, um die im Gewächshaus gewonnenen Ergebnisse unter natürlichen Bedingungen zu überprüfen. Im Freiland wirken Faktoren wie Trockenheit, Sonneneinstrahlung, Krankheits- oder Schädlingsbefall, die im Gewächshaus nicht ausreichend simuliert werden können. Zudem können Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Umwelt nur durch Freilandversuche definitiv geklärt werden.

Solche Versuche müssen beim **Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit** beantragt werden. Die Entscheidung über den Antrag wird gemeinsam mit verschiedenen anderen Behörden und unter Einbeziehung der Öffentlichkeit getroffen. Ein Freisetzungsversuch wird nur dann genehmigt, wenn von ihm keine Gefahren für Mensch und Umwelt ausgehen. Der Versuchsverlauf muss dokumentiert werden. Die zuständige Landesbehörde führt Standortkontrollen durch.



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

