

FRAG DIE ERBSE

Das 1x1 der modernen Pflanzenforschung



Grundlagen · Geschichte



- **Warum sind Pflanzen wichtig?**
- **Wozu brauchen wir Pflanzenforschung?**
- **Wie hat sich Pflanzenforschung entwickelt?**
- **Worauf beruhen Merkmale?**
- **Was sind die Grundlagen moderner Pflanzenforschung?**
- **Was versteht man unter Gentechnik und welche Rolle spielt sie in der Pflanzenforschung?**
- **Warum braucht man Mathematik und Informatik in der Pflanzenforschung?**
- **Warum macht man Freisetzungsversuche?**

**Weiterführende Informationen unter:**

http://www.mpimp-golm.mpg.de/22409/Frag_die_Erbse_Booklet

Warum sind Pflanzen wichtig?

Pflanzen: Grundlage des Lebens auf der Erde

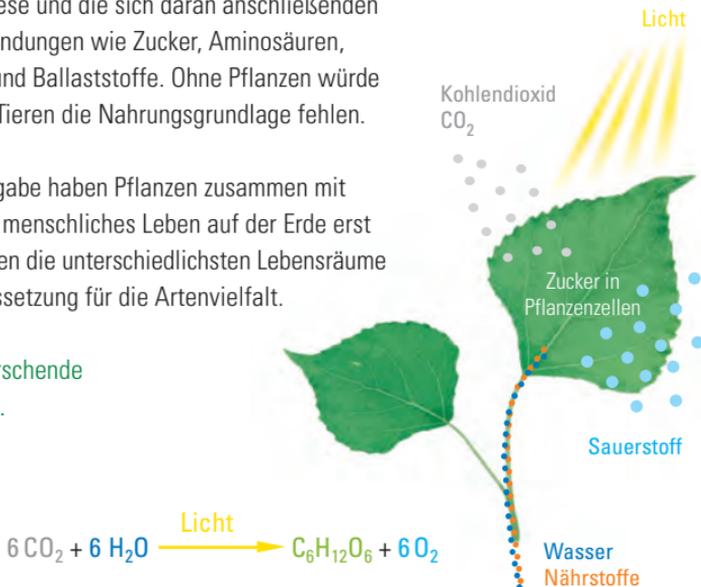
Pflanzen können aus Sonnenenergie, dem Kohlendioxid der Luft sowie Wasser und den darin gelösten Nährstoffen energiereiche Verbindungen aufbauen. Dieser Prozess, bei dem Sauerstoff in die Atmosphäre abgegeben wird, läuft in den grünen Pflanzenteilen ab und wird **Photosynthese** genannt. Die Pflanzen 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.

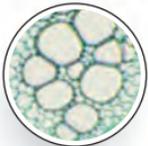


Saatweizen *Triticum aestivum*
Wird als Kreuzung von Emmer und einem weiteren Wildgras dank seiner hervorragenden Backeigenschaften seit Mitte des 18. Jhd. verstärkt angebaut.

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 konnte 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**.



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 Forschung eröffnete 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.



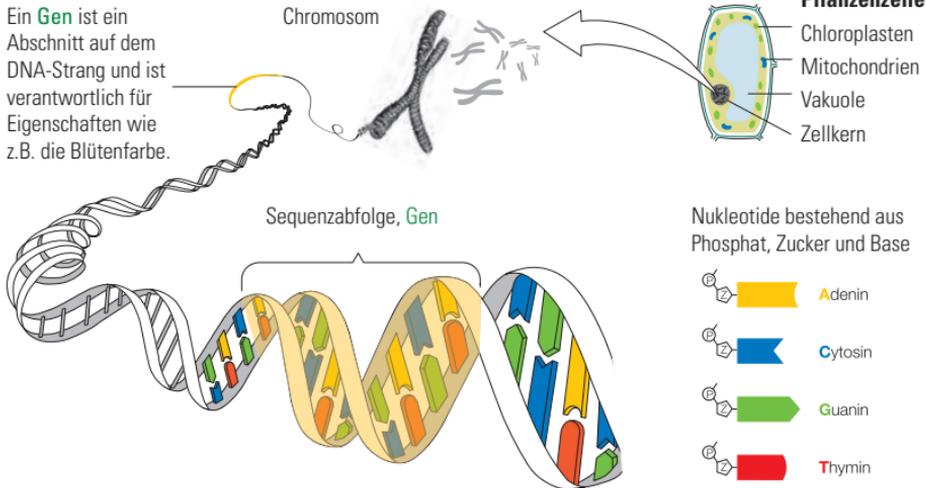
Worauf beruhen Merkmale?

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



Was sind die Grundlagen moderner Pflanzenforschung?

Von den „inneren Werten“ zur äußeren Erscheinung

Das Wissen darum, dass die auf der DNA festgeschriebene Betriebsanleitung von zentraler Bedeutung für alle Abläufe in der Pflanze ist, machte sie zum Mittelpunkt der Forschung. So wurden neue Techniken entwickelt, die es ermöglichten die DNA zu isolieren und zu vervielfältigen und die Reihenfolge der Basen A, C, G, und T aufzudecken.

Das Genom der Modelnpflanze Ackerschmalwand oder lateinisch *Arabidopsis thaliana* konnte im Jahr 2000 vollständig sequenziert werden. Das Wort „Genom“ stammt aus den 70er Jahren und stellt eine Kombination der beiden Begriffe Gen und Chromosom dar und bezeichnet die Gesamtheit des Erbguts eines Lebewesens.

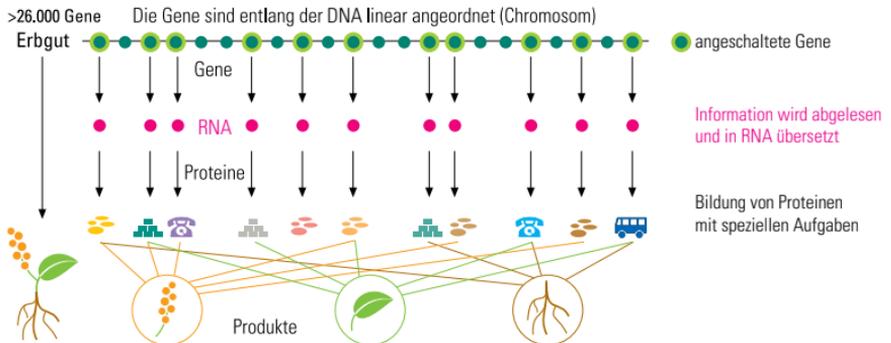
Arabidopsis thaliana: Modellpflanze der Pflanzenforscher, da das Genom klein und vollständig entschlüsselt ist und mehrere Pflanzengenerationen pro Jahr erzeugt werden können.



Als nächstes wurde der Reis, eine der weltweit wichtigsten Nahrungspflanzen, sequenziert. Für eine ganze Reihe weiterer Kulturpflanzen, wie Kartoffel oder Raps, liegen die DNA-Sequenzen ebenfalls vor.

Umweltreize und Entwicklungsstand beeinflussen Merkmalsausprägungen und Eigenschaften eines Lebewesens. Das wachsende Verständnis darüber, wie ein Gen aufgebaut ist, welches die funktionalen Einheiten sind und wie der Ablesevorgang und die Übersetzung (Transkription) in die „Aktivposten“, die Proteine, erfolgt bzw. gehemmt oder verhindert wird, ermöglicht neue Erkenntnisse darüber, wie Pflanzen auf Einflüsse reagieren.

So rückten nicht nur Basensequenzen und Funktionsbestimmungen von Genen in den Fokus der Forschung, sondern auch die Untersuchung der Ribonukleinsäuren (RNS, englisch RNA), die Bestimmung von Proteinen und die Messung von Stoffwechselprodukten (Metabolite).



Was versteht man unter Gentechnik und welche Rolle spielt sie in der Pflanzenforschung?

Vokabeln helfen Fremdsprachen zu verstehen

Gentechnik beinhaltet alle Methoden, die sich mit der Isolierung, Charakterisierung, Vermehrung, Veränderung und Neukombination von Erbmaterial beschäftigen. Die Grundlagen dafür wurden durch die Phagen-/Bakterienforschung in den 30er bis 60er Jahren des letzten Jahrhunderts geschaffen.

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). Dies ist möglich, weil der genetische Code universell ist, das heißt: Die Erbinformationen aller Organismen sprechen dieselbe Sprache und nutzen dieselben Buchstaben: A, C, G, T.

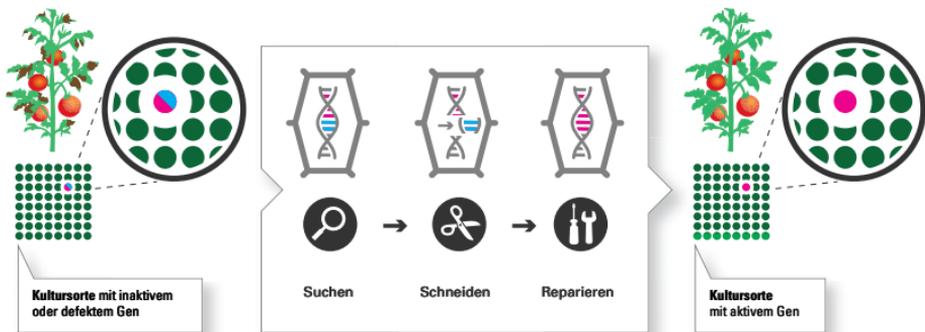
Gentechnische und molekularbiologische Methoden werden weltweit in allen Forschungseinrichtungen als Werkzeug eingesetzt, um den Geheimnissen der Pflanzen auf die Spur zu kommen. Durch die Übertragung eines neuen Gens in eine Pflanze oder durch das An- oder Abschalten einzelner Gene kann untersucht werden, für welche Aufgabe das entsprechende Gen zuständig ist. So kann z.B. ein Gen, von dem angenommen wird, dass es eine Trockentoleranz verleiht, aus einer trockenoleranten Pflanze isoliert und in eine Versuchspflanze eingebracht

werden. Sofern sie nun im Vergleich zu einer nicht-veränderten Kontrollpflanze über eine Trockenresistenz verfügt, ist belegt, dass das untersuchte Gen der Pflanze tatsächlich die Fähigkeit verleiht, mit wenig Wasser auszukommen.

In den vergangenen Jahren wurden die gentechnischen Methoden immer mehr verfeinert und präzisiert. So ist es heute möglich, punktgenaue Veränderungen (Mutationen) im Erbgut zu erzeugen, wie sie auch in der Natur vorkommen. Die neuen Verfahren werden wegen ihrer hohen Präzision unter dem Begriff „Genome Editing“ zusammengefasst.

↳ **FRAG DIE TRAUBE, Teil 2.**

Genome Editing



Quelle: Transgen/WGG

Mit dem Verfahren des Genome Editing ist es möglich, punktgenaue Veränderungen (Mutationen) im Erbgut zu erzeugen.

Warum braucht man Mathematik und Informatik in der Pflanzenforschung?

„Big Data“ in der Pflanzenforschung

Inzwischen werden nicht mehr nur einzelne Gene untersucht, sondern neue Methoden erlauben heute ebenfalls die Untersuchung verschiedener RNA-Arten, von Ablese- und Übersetzungsvorgängen (**Transkription, Translation** → **FRAG DIE TRAUBE, Teil 1**), Proteinen oder Inhaltsstoffzusammensetzungen. Für die verschiedenen Bereiche wurden die Begriffe Genomik, Transkriptomik, Proteomik und Metabolomik geprägt. Die Silbe -omik signalisiert, dass es sich um die Analyse der Gesamtheit des jeweiligen Bestandteils handelt. Darüber hinaus werden auch Enzymaktivitäten und Einzelzellen mit modernster Laser- und Mikroskopiertechnik untersucht. Mittlerweile wurden viele der Analyseschritte nicht nur verbessert, sondern auch automatisiert z.B. durch Pipettierroboter, so dass immer größere Analysedaten in immer kürzerer Zeit gewonnen werden können. Diese Daten werden in großen Datenbanken gespeichert. Die Auswertungen erfolgen über verschiedene statistische Verfahren und münden in mathematische Modellierungen von Prozessen. Mathematiker, Informatiker und Physiker arbeiten dabei Hand in Hand mit Biologen. Ziel dieser Vorgehensweise ist es u.a. Vorhersagen über die Reaktionen von Pflanzen auf sich ändernde Umweltbedingungen treffen zu können, wie steigende Temperaturen oder ein steigender CO_2 -Gehalt der Atmosphäre. Die Richtigkeit der Vorhersagen wird dann im Experiment überprüft und kann auf andere Pflanzen oder Bedingungen angewendet werden. Diese ganzheitliche Herangehensweise wird als **Systembiologie** bezeichnet.

Warum macht man Freisetzungsversuche?

Überprüfung von Laborergebnissen

Unter Freisetzungsversuchen versteht man den Anbau gentechnisch veränderter (gv) Pflanzen im Freiland. Er findet statt, um Forschungsergebnisse, die man im Gewächshaus gewonnen hat, unter natürlichen Bedingungen zu überprüfen. Im Freiland wirken Faktoren wie Trockenheit, Sonneneinstrahlung, Krankheits- oder Schädlingsbefall, die im Gewächshaus nicht ausreichend simuliert werden können. Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Umwelt können definitiv nur im Freiland geklärt werden.

Freisetzungen 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. Aufgrund von vorsätzlichen Feldzerstörungen und Feldbesetzungen militanter Gentechnikgegner gibt es seit dem Jahr 2012 in Deutschland keine Freisetzungen mehr.



Freisetzungsversuch mit gv-Kartoffeln



Zerstörter Freisetzungsversuch

Impressum

Die Herausgeber

- Hochschule für Wirtschaft und Umwelt, Nürtingen-Geislingen
- Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung
- Max-Planck-Institut für chemische Ökologie
- Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie
- Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung
- Wissenschaftlerkreis Grüne Gentechnik e.V.

Redaktion

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

Koordination: Sabine Schuh, Kommunikation, www.saskomm.de

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

Kontakt

Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie

Am Mühlenberg 1, 14476 Potsdam-Golm

E-Mail: PR@mpimp-golm.mpg.de

Design, Illustration, Herstellung

Stefan Pigur, www.pigurdesign.de

Überarbeitete 3. Auflage, Mai 2017

