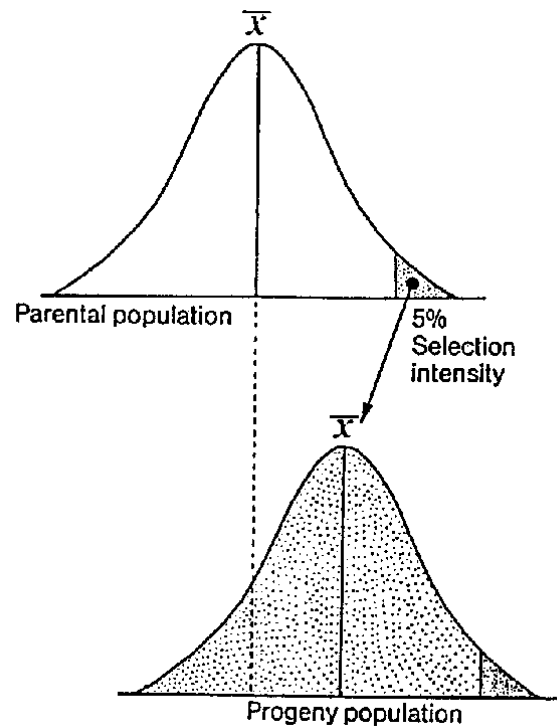


# PFLANZENZÜCHTUNG

957.106 VO



Universität für Bodenkultur Wien



<http://plantbreeding.boku.ac.at/957106/>

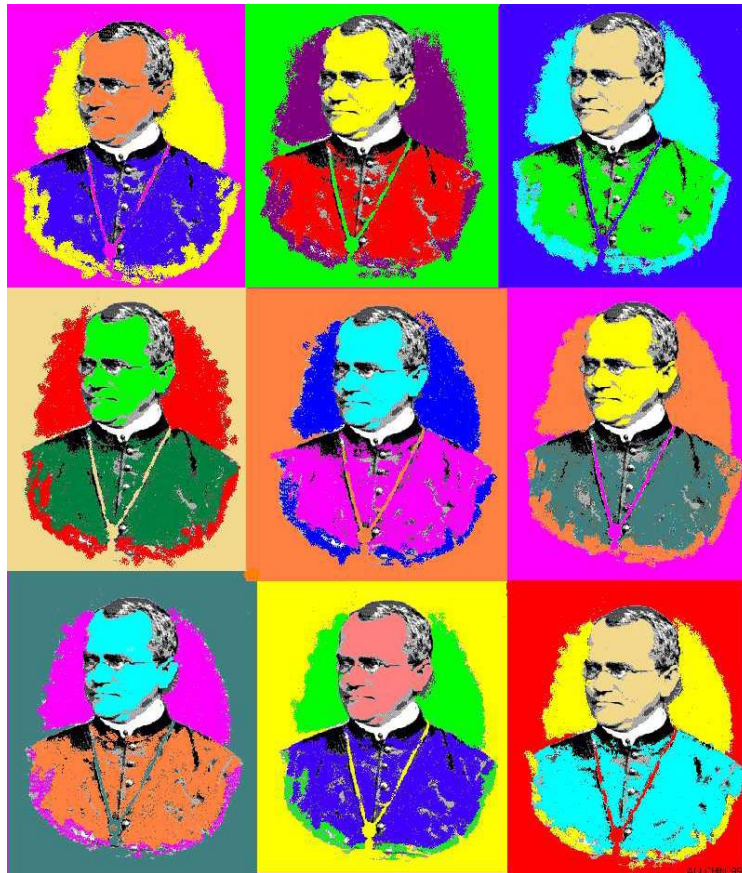
**Heinrich Grausgruber**

Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Abteilung Pflanzenzüchtung

Konrad Lorenz-Str. 24

3430 Tulln an der Donau



8. März 1865: Johann Gregor Mendel – 2.Vorlesung zu „Versuche über Pflanzen-Hybriden“ in der Sitzung des Naturforschenden Vereins in Brünn

**PFLANZENZÜCHTUNG** ist die Wissenschaft, Kunst und wirtschaftliche Unternehmung, die genetische Konstitution der Pflanzen so zu verändern, dass diese an die Anforderungen des Menschen besser angepasst sind.

Die genetische Konstitution der Pflanzen wurde erstmals mit der **DOMESTIKATION** durch den Menschen verändert → Umwandlung von Wildpflanzen zu Kulturpflanzen; Auslese von Formen die an die Bedürfnisse des Menschen hinsichtlich Nutzbarkeit angepasst sind.

Mit der Entdeckung der **MENDEL'SCHEN REGELN** und der darauf aufbauenden **GENETIK** bildete sich die Pflanzenzüchtung als Spezialisierungsrichtung der Landwirtschaft heraus.

A person in a dark jacket and blue jeans stands in a green field, looking down at something in their hands. The background shows rolling green hills and a line of trees under a dramatic, cloudy sky. The text 'Plant Breeding Matters' is overlaid in large white letters, with the subtitle 'The best job in the world' below it.

# Plant Breeding Matters

*The best job in the world*

# Beispiel: Domestikationsmerkmale Einkorn-Weizen



Wildeinkorn *Triticum urartu*



Kultureinkorn *Triticum monococcum*



Wildeinkorn *Triticum baoticum*

**Wildform**

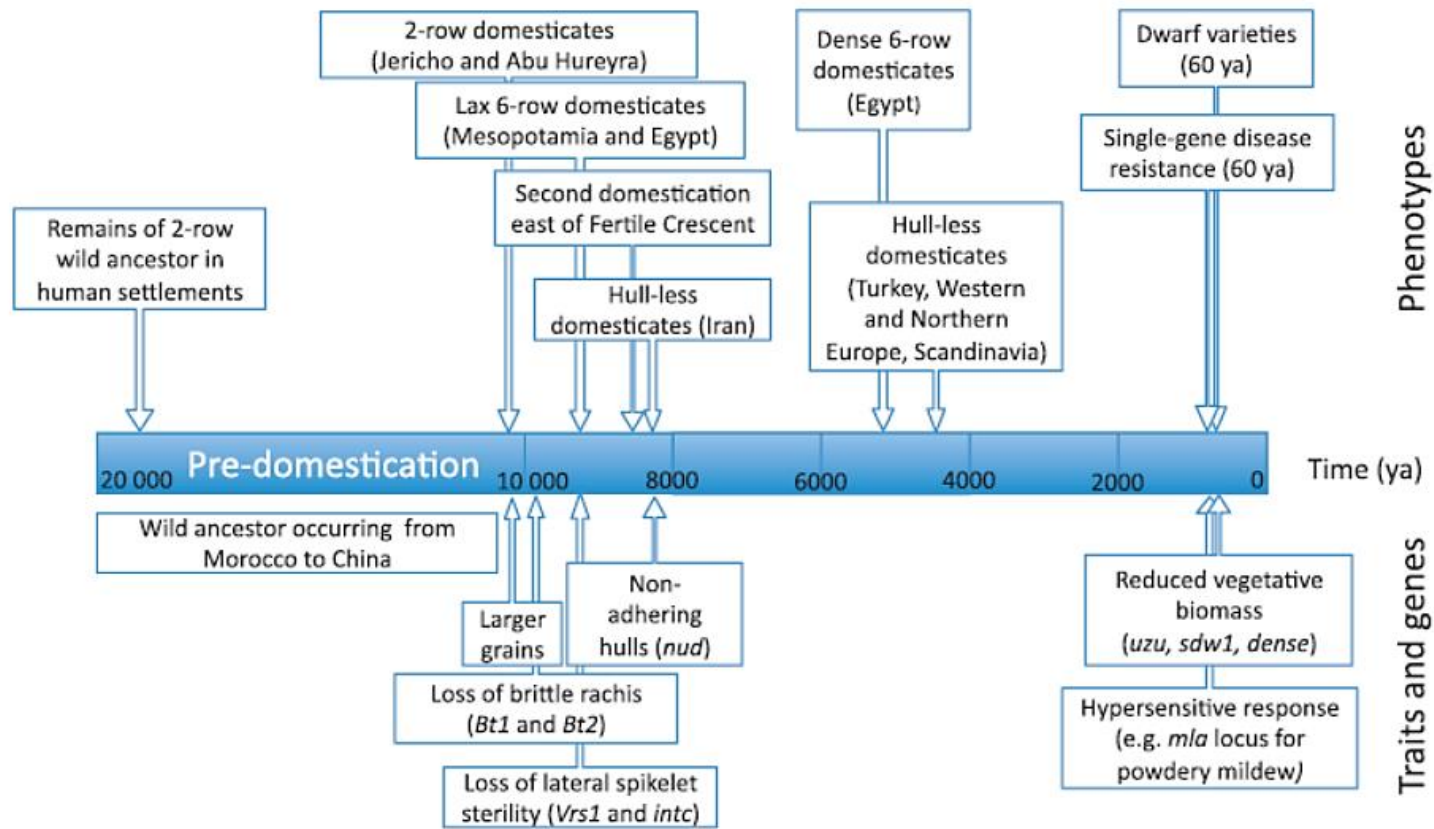
spindelbrüchig  
 kleine & schmale Körner  
 extrem fester Spelzenschluss  
 widerhakenartige Grannen

**Kulturform**

spindelfest  
 grössere Körner  
 gerade Grannen

Quelle: Salamini et al. (2002)

# Beispiel: Domestikationsmerkmale Gerste



Domestikation der Gerste (*Hordeum vulgare*) aus ihrer Wildform *H. spontaneum*

Quelle: Meyer et al. (2012)

# Beispiel: Domestikationsmerkmale Erbse

## Wildform

(Vorfahre von *Pisum sativum* wahrscheinlich ausgestorben)

**aufspringende Hülsen**

**ausgeprägte Dormanz (80-90%)**

**Hartschaligkeit**

**starke Verzweigung**

**indeterminierter Wuchs**

**kleine Samen**

**geringe Samenqualität**

**Langtagpflanze**

## Kulturform

**platzfeste Hülsen**

**keine Dormanz**

**dünne Samenschale (Testa)**

**keine – geringe Verzweigung**

**determinierter Wuchs**

**große Samen**

**gute Samenqualität (Futter, Gemüse)**

**Tagneutralität**



Quellen: T. Slotta, USDA Nat. Resour. Conserv. Ctr., Image gallery; [www.flowersinisrael.com](http://www.flowersinisrael.com); Gottschalk 1978

# Beispiel: Domestikationsmerkmale Mais

## Wildform (Teosinte)

dicke feste Spelze  
starke Bestockung  
brüchige Spindel  
Einzelne ♂ Blütchen pro Ährchen  
Zwei Kornreihen pro Kolben (♀)



Teosinte *ssp. parviglumis* im Vergleich zu Mais (Tian et al. 2009)

## Kulturform

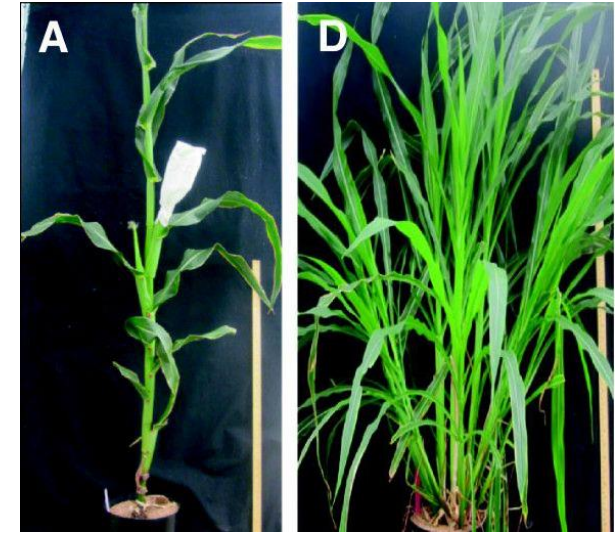
sehr dünne/fast gänzlich reduzierte Spelze  
keine Bestockung  
feste Spindel  
Zwei ♂ Blütchen pro Ährchen  
Mehrere Kornreihen pro Kolben (♀)



*Zea diploperennis* (H. Iltis, [teosinte.wisc.edu/images.html](http://teosinte.wisc.edu/images.html))



Brüchige Spindel (links) bei einer F1 B73×teosinte (USDA-ARS, Flint-Garcia)



Pflanzenarchitektur einer modernen Maissorte (links) und der Wildform Teosinte (rechts) (modifiziert nach Gaudin et al. 2014, BMC Genetics 15:23)



Die genetische Konstitution der Pflanzen wurde erstmals mit der **DOMESTIKATION** durch den Menschen verändert.



Artenvielfalt

## Die Ernährung der Welt

sueddeutsche.de

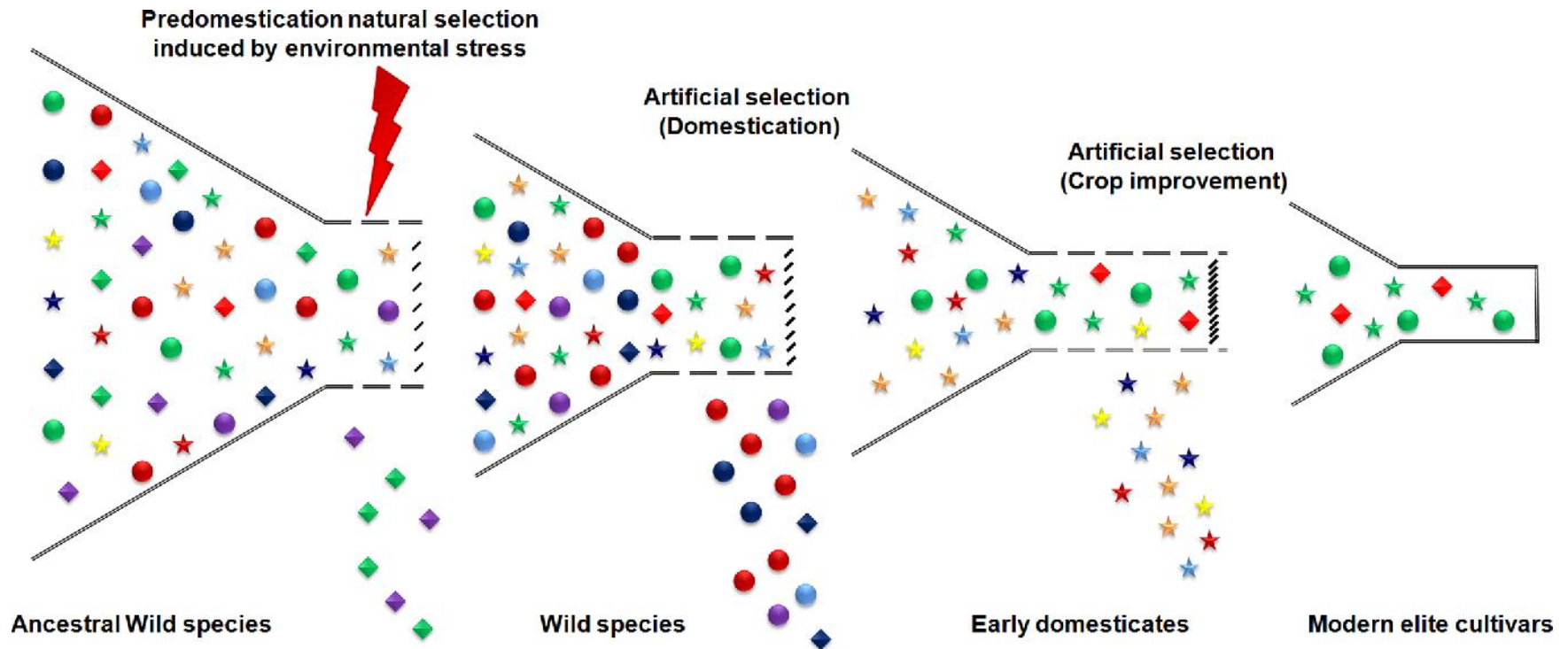
...hängt von etwa 30 Pflanzenarten ab. Die Spezialisierung auf wenige Getreide- und Gemüsesorten mit hohem Ertrag macht die Menschheit verwundbar. Es reicht nicht, genetische Vielfalt nur in Samenbanken zu bewahren.

Von Heiko H. Parzies

Die genetische Vielfalt dieser Nahrungspflanzen hat mit dem Beginn des intensiven Anbaus in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts stetig abgenommen - ein Phänomen, das gegenwärtig häufig mit dem plakativen Begriff "genetische Erosion" bezeichnet wird.

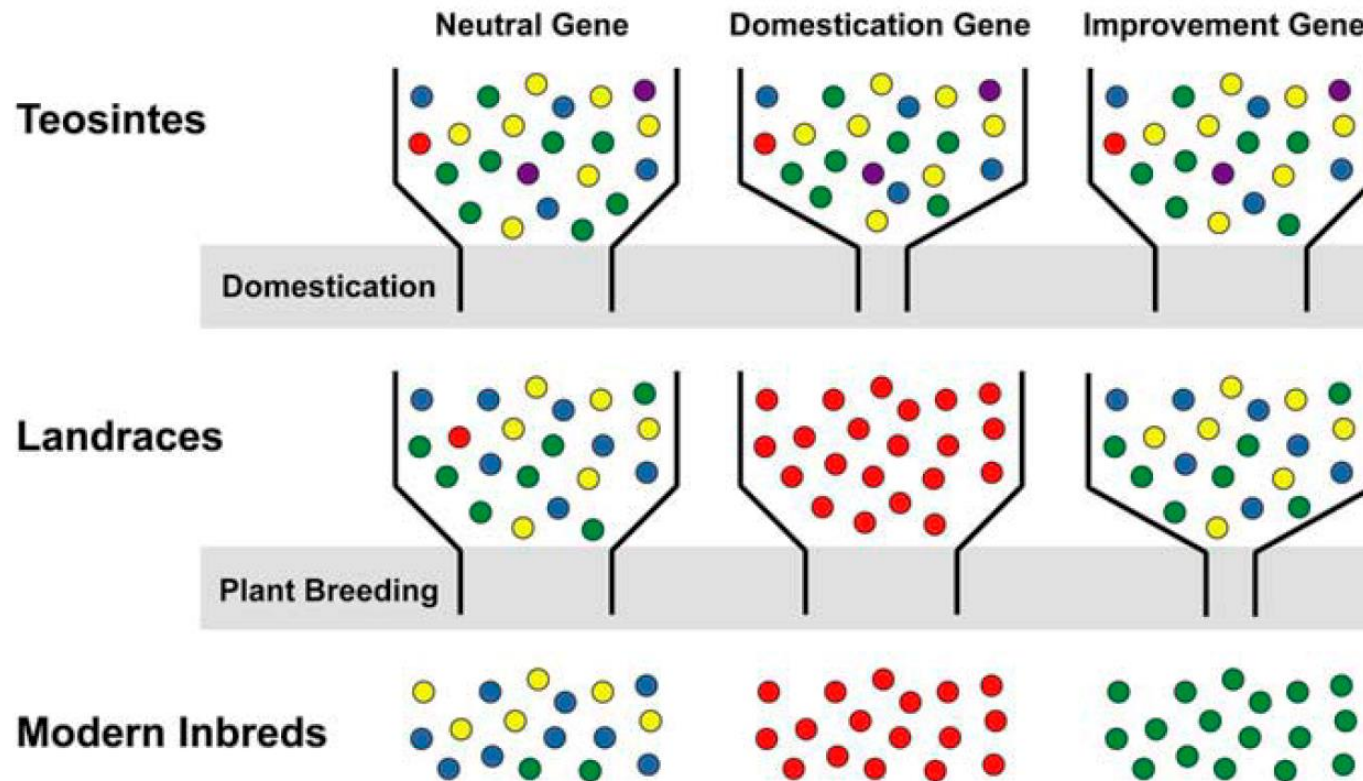


# Effekt von natürlicher und künstlicher Selektion auf die genetische Diversität von Wildpflanzen, ersten domestizierten Kulturpflanzen und modernen Zuchtsorten



Quelle: Krishnan et al. (2014) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098843>

Gen-/Allelfrequenz von Wildpflanzen, Landsorten und modernen Inzuchtlinien bei Mais für „neutrale“ Gene/Merkmale, Domestikationsmerkmale und agronomisch relevante Gene → die Selektion auf Domestikations- und wichtige agronomische Merkmale wirkt sich auch auf die Zusammensetzung „unwichtiger“ Gene/Allele aus



Quelle: Yamasaki et al. (2007) <https://doi.org/10.1093/aob/mcm173>

- **wissenschaftliche Grundlage → v.a. Genetik**

- Auswahl der besten Selektionsmethodik

- Auswahl der besten Kreuzungseltern etc.

→ Entscheidungen in der Praxis letztendlich jedoch subjektiv

⇒ **Intuition / „ZÜCHTERBLICK“**

Jede Verbesserung der heute bereits auf einem sehr hohen Leistungsniveau stehenden Sorten landwirtschaftlicher Kulturpflanzen bedeutet einen enormen Einsatz an Ressourcen. Es genügt nicht eine Sorte in nur einem Merkmal zu verbessern – gleichzeitig darf sich diese in keinem anderen Merkmal verschlechtern!

**Pflanzenzüchtung ist ein Spezialgebiet der Landwirtschaft und ist noch immer eng mit der landwirtschaftlichen Produktionstechnik und der Praxis verwurzelt.**

# FORTPFLANZUNG UND VERMEHRUNG

~2000 v.Chr.: **Assyrer** – Bestäubung von Dattelpalmen durch Priester des Königs Hammurabi



1694: Rudolph Jacob **Camerarius** (Camerer) - *De sexu plantarum epistola*

- sexuelle Phänomene auch bei Pflanzen für die Entstehung der Nachkommen bedeutsam
- Bedeutung des Pollens für die Fruchtbildung
- Fruchtknoten/Griffel/Narbe = weibliche Blütenteile

⇒ **Geschlechtlichkeit / Sexualität der Pflanzen**

# FORTPFLANZUNG UND VERMEHRUNG

1761: Josef Gottlieb **Kölreuter**

*Vorläufige Nachricht von einigen, das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen*

Übertragung des Pollens auf die Narbe

1. *"Ohne fremde oder äußerliche Beyhülfe, ganz allein"*
2. *"Durch den Wind...."*
3. *"Durch Insekten bei Nektarsaugen an den Blüten ..."*

→ Bedeutung der Insekten für die Bestäubung

→ Spezifität des artemischen Pollens

→ gleichrangige Rolle des ♂ und ♀ Geschlechts





Bedeutung von Bestäuber in der Landwirtschaft:

z.B. Verwendung von Insekten (Hummelkästen) zur sicheren Bestäubung in der Saatgutproduktion vieler Gemüsearten (Tomate, Zwiebel, Radies, etc.)

z.B. Bestäubungs-/Wanderimker - Bestäubung in Obstplantagen



Fotos: H. Grausgruber



Windbestäubung bei Roggen: offenes  
Abblühen → Antheren platzen ausserhalb der  
Ähre → Pollenkörner werden durch Wind  
vertragen



Isolation einer Roggenpopulation bzw. einer Mohnblüte  
um eine Fremdbefruchtung durch Wind oder Insekten  
zu verhindern



Fotos: H. Grausgruber



1898: Sergej Gawrilowitsch **Navashin**

*„Resultate einer Revision der Befruchtungsvorgänge bei Lilium Martagon und Fritillaria tenella“*

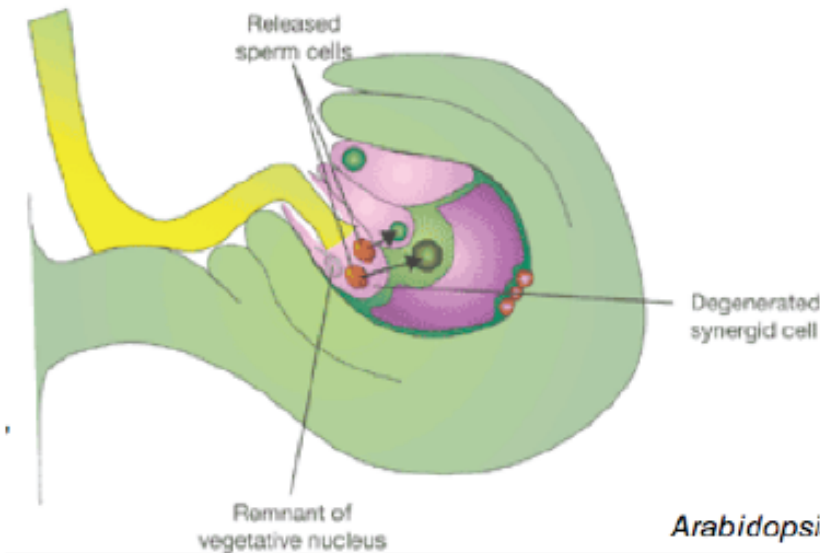
1899: Leon **Guignard**

*„Sur les anthérozoïdes et la double copulation sexuelle chez les végétaux angiospermes“*

→ Entdeckung der **“doppelten Befruchtung”**

Jeder Pollenschlauch enthält 3 Zellen/Kerne:

1 vegetativen Kern und 2 Spermienzellen

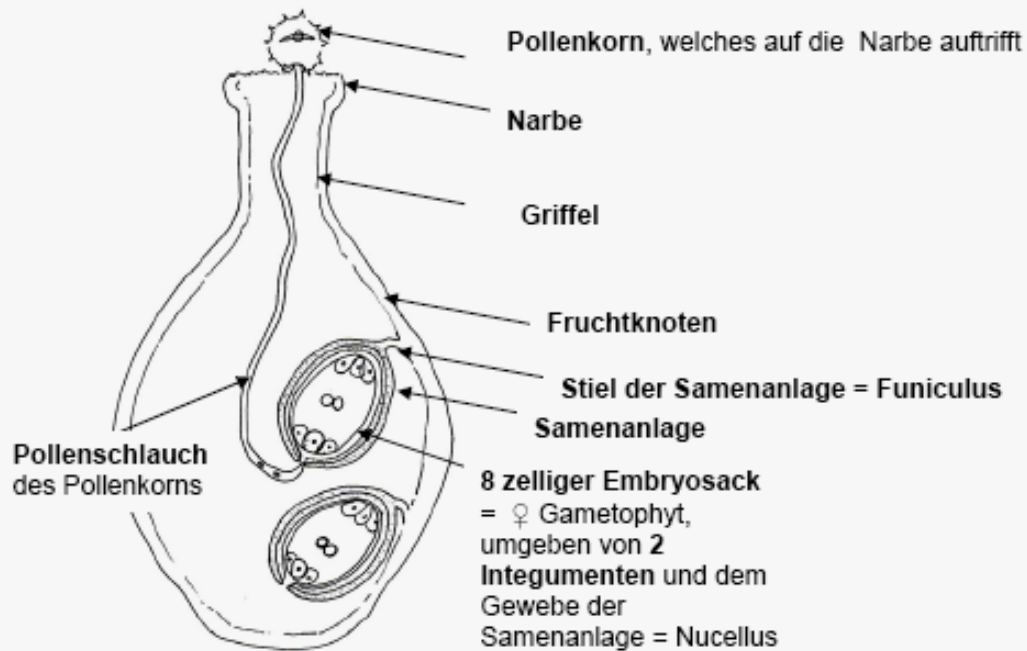


Die doppelte Befruchtung der Blütenpflanzen (entdeckt 1898) besteht darin, dass 1 Spermienzelle mit der Eizelle verschmilzt > zum diploiden Embryo sein Bruder (der 2. Spermakern) aber mit den beiden Polkernen („central cell“) > zum triploiden Endosperm

**2/3 aller Kalorien in der menschlichen Nahrung kommen vom polyploiden Endosperm**

Quelle: S. Renner, Univ. München

## Von der Blüte zur Frucht



© Susanne Till

Jedes Fruchtblatt = Karpell ist differenziert in :  
Narbe (=Pollenauffangorgan = Stigma)  
Griffel (=Pollenschlauchleitorgan = Stylus)  
Fruchtknoten (= Ovar =Sitz der Samenanlagen)

### Embryosack Details

In jeder Samenanlage ist der haploide ♀ Gametophyt = 8-zelliger Embryosack eingeschlossen.  
Der 8-zellige Embryosack besteht aus : 1 Eizelle + 2 Synergiden, 2 Polkerne, 3 Antipodenzellen.

Quelle: S. Till, Univ. Wien

## AMPHIMIXIS

- geschlechtliche Vereinigung von Genomen zweier Individuen
- Vermischung der elterlichen Genome

## APOMIXIS

ungeschlechtliche Vermehrung („Vermehrung ohne Sex“): keine Verschmelzung von Gameten → Reduktion der genetischen Rekombination; Nachkomme besitzt das gleiche Genom wie die Elternpflanze; → geringe Anpassungsfähigkeit an wechselnde Umweltbedingungen; → schädliche Mutationen können sich anreichern

Apomixis umfasst vegetative Vermehrung, Jungfernzeugung (Parthenogenese) oder Samenbildung ohne Befruchtung der Eizelle (Agamospermie); Agamospermie ermöglicht eine sichere Reproduktion über Samen auch bei Abwesenheit von Pollen; Embryonen entwickeln sich aus mütterlichen Zellen = eingeschlechtliche Vermehrung

# SEXUALITÄT

**BISEXUELL** → jede Pflanze besitzt ♂ und ♀ Reproduktionsorgane

**MONÖZIE** → getrennte ♂ und ♀ Blütenstände

**HERMAPHRODITEN** → zwittrige Blüten

**UNISEXUELL** → beide Geschlechter auf verschiedenen Individuen

**DIÖZIE** → getrenntgeschlechtlich

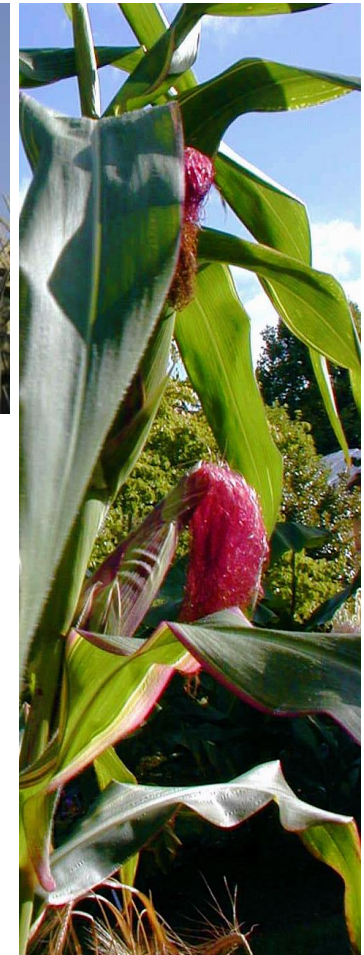
⇒ es gibt auch Arten in denen bisexuelle und unisexuelle Pflanzen vorkommen; die Geschlechtsausprägung wird durch innere (Phytohormone) und äussere (Umwelt, z.B. Temperatur) Bedingungen modifiziert



Diözie am Beispiel Hanf: links ♂ Blütenstand, rechts ♀ Blütenstand



Monözie am Beispiel Mais



Zwitterblüte am Beispiel Weizen

# BLÜHVERHALTEN

## FREMDBEFRUCHTUNG (ALLO-, XENOGAMIE)

→ fördert genetische Variabilität – Anpassungsfähigkeit einer Population

## SELBSTBEFRUCHTUNG (AUTOGAMIE)

→ <3-4% natürlich vorkommende Fremdbefruchtung

→ stärkere Homogenität

→ nachteilig für Verbreitung & Reaktion auf veränderte Umweltbedingungen

→ Fruchtansatz auch an nur einer Pflanze → Pionierpflanzen & Unkräuter

## FAKULTATIVE SELBST-/FREMDBEFRUCHTUNG

→ FA v.a. bei Polyploiden und Erstbesiedlern (Ruderalpflanzen) verbreitet

⇒ Förderung der Fremdbefruchtung

DIÖZIE

HERKOGAMIE → räumliche Trennung von ♂ und ♀ Geschlechtsorganen

HETEROSTYLIE → Verschiedengriffeligkeit

PROTANDRIE → Vormännlichkeit

PROTOGYNIE → Vorweiblichkeit

SELBSTINKOMPATIBILITÄT → Pflanze erkennt eigenen Pollen und verhindert Befruchtung

MÄNNLICHE STERILITÄT → Pollensterilität; NMS oder CMS

⇒ Förderung der Selbstbefruchtung

KLEISTOGAMIE → Knospenbestäubung





HETEROSTYLIE bei *Primula vulgaris*: Langgriffelige Blüte (links) vs. kurzgriffelige Blüte (rechts); 1 = Staubblätter, 2 = Griffel

Foto: E. Blasutto

# VEGETATIVE VERMEHRUNG

## IN VIVO

- KLONUNG: genetisch idente Kopien (ausgen. Mutation)
- FRAGMENTATION: oberirdische Ausläufer z.B. Erdbeere
  - unterirdische Sprossknollen z.B. Kartoffel
  - Rhizome z.B. Maiglöckchen
  - Wurzelknollen z.B. Dahlien
  - Zwiebeln z.B. Tulpen
  - Brutspresse / Bulbillen z.B. Zwiebel, Brutblatt
- STECKLINGE z.B. Ananas, Banane, Zuckerrohr, Sisalagave
- PFROPFUNG z.B. Rosen, Kernobst, Melonen (↑ resistente bzw. wüchsige Unterlagen)
  
- PARTHENOGENESE, APOGAMIE, **AGAMOSPERMIE**: bei Kulturpflanzen selten



Quellen: D. Pol (2014); arriva.de; katzenzauber.blogspot.co.at; BlueRidgeKitties; T. Thujon; Autogenes Training

**IN VITRO** → ZELL- & GEWEBEKULTUR

↑ PHYTOSANIERUNG

↑ SOMAKLONALE VARIATION

↑ PROTOPLASTENKULTUR → Zellfusion, Mutation, Transformation

## **KULTUR VON ANTHEREN, SAMENANLAGEN UND EMBRYONEN**

→ ANTHEREN-, POLLEN-/MIKROSPORENKULTUR

HAPLOIDE ANDROGENESE: Entwicklung von haploiden Pflanzen aus Pollen

→ Colchicin: Induktion von Endomitosen – DIHAPLOIDE Pflanzen (DH's)

→ EMBRYOKULTUR

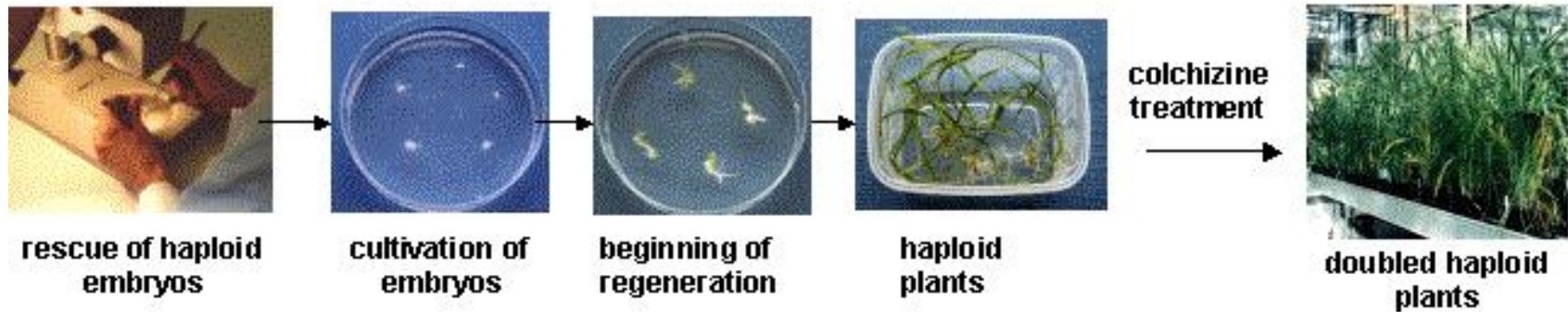
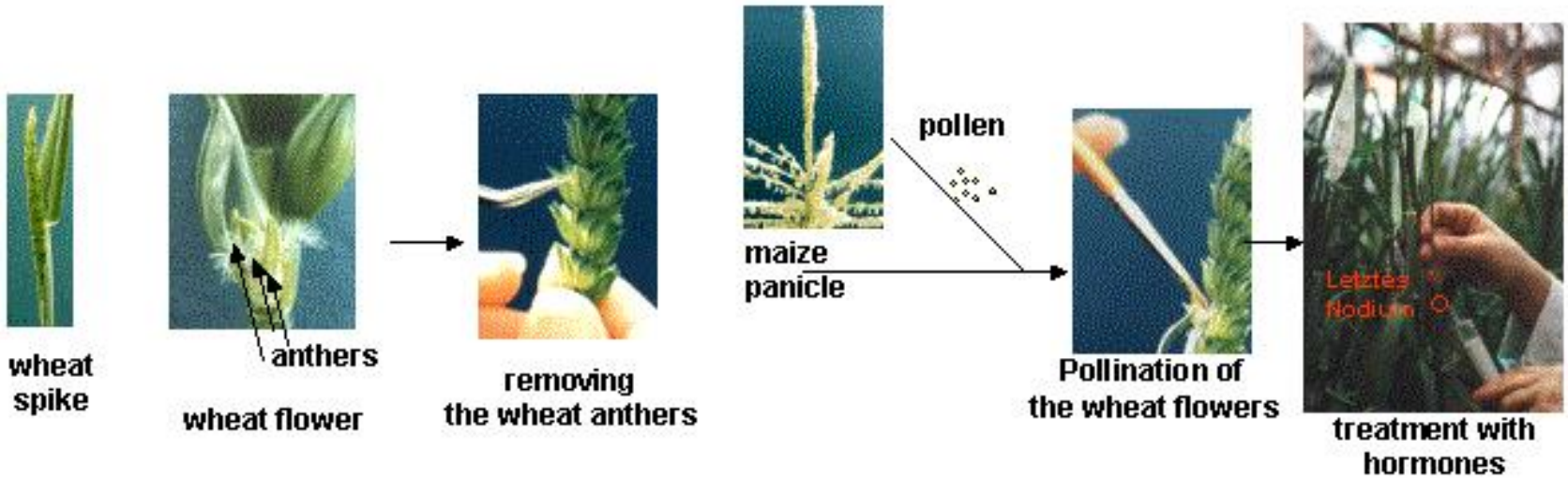
GYNOGENESE → *Hordeum vulgare* × *Hordeum bulbosum*

→ *Triticum aestivum* × *Zea mays*

doppelte Befruchtung; jedoch POSTZYGOTISCHE INKOMPATIBILITÄT:

Endospermkern kann sich aufgrund einer Unverträglichkeit der beiden elterlichen Genome nicht zum Nährgewebe entwickeln ⇔ EMBRYO RESCUE

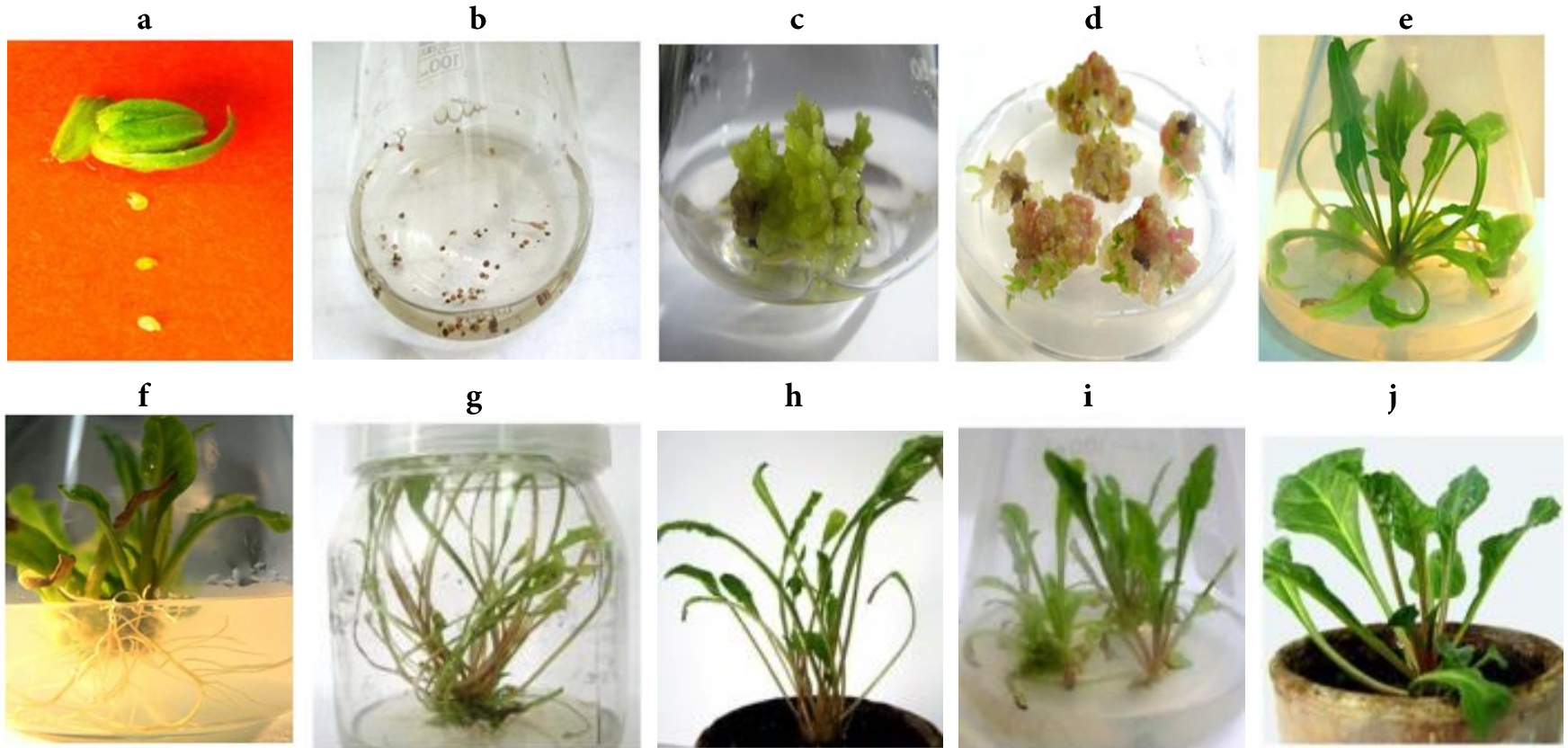
# DH-Erzeugung bei Weizen durch Bestäubung mit Maispollen



Quelle: LfL Bayer, Freising

## Eizellenkultur bei Zuckerrübe

(a) Blüte mit isolierten Eizellen; (b) Eizellenkultur und (c) differenzierende Eizellen im Flüssigmedium; (d, e) Regeneration der Sprosse auf festem Medium; (f) Bewurzelung der Sprosse; (g, h) haploid Pflanzen; (i, j) diploid Pflanzen nach Colchizininierung



Quelle: Tomaszewska-Sowa (2010) E J Pol Agric Univ 13 (4): 9.

Weiterführende Literatur zum Thema „Doppelhaploide“:

### Interspezifische Kreuzung:

Doubled haploid production using the *Hordeum bulbosum* technique

Making wheat doubled haploids

(Source: <https://www.youtube.com/watch?v=zwPrj05eEk8>)

### Antherenkultur:

Production of barley doubled haploids using anther culture

(Source: [http://barleyworld.org/sites/default/files/2014\\_dh\\_poster.pdf](http://barleyworld.org/sites/default/files/2014_dh_poster.pdf) - OSU, Corvallis, OR)

(Source: [https://media.oregonstate.edu/media/t/0\\_e50etqqw](https://media.oregonstate.edu/media/t/0_e50etqqw) – OSU, Corvallis, OR)