

Environmental Genomics and Systems Biology  
Institute of Natural Resource Sciences  
LSFM, ZHAW Wädenswil, Switzerland

## Gentechnik – gestern und heute

Prof. Dr. Theo H. M. Smits

Bioterra Naturgartentag 2023, 24. Nov. 2023



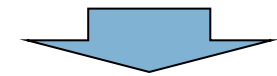
# Züchtung wird schon seit Jahrtausenden gemacht...



# Eine Tomate ist eine Tomate ist eine Tomate...



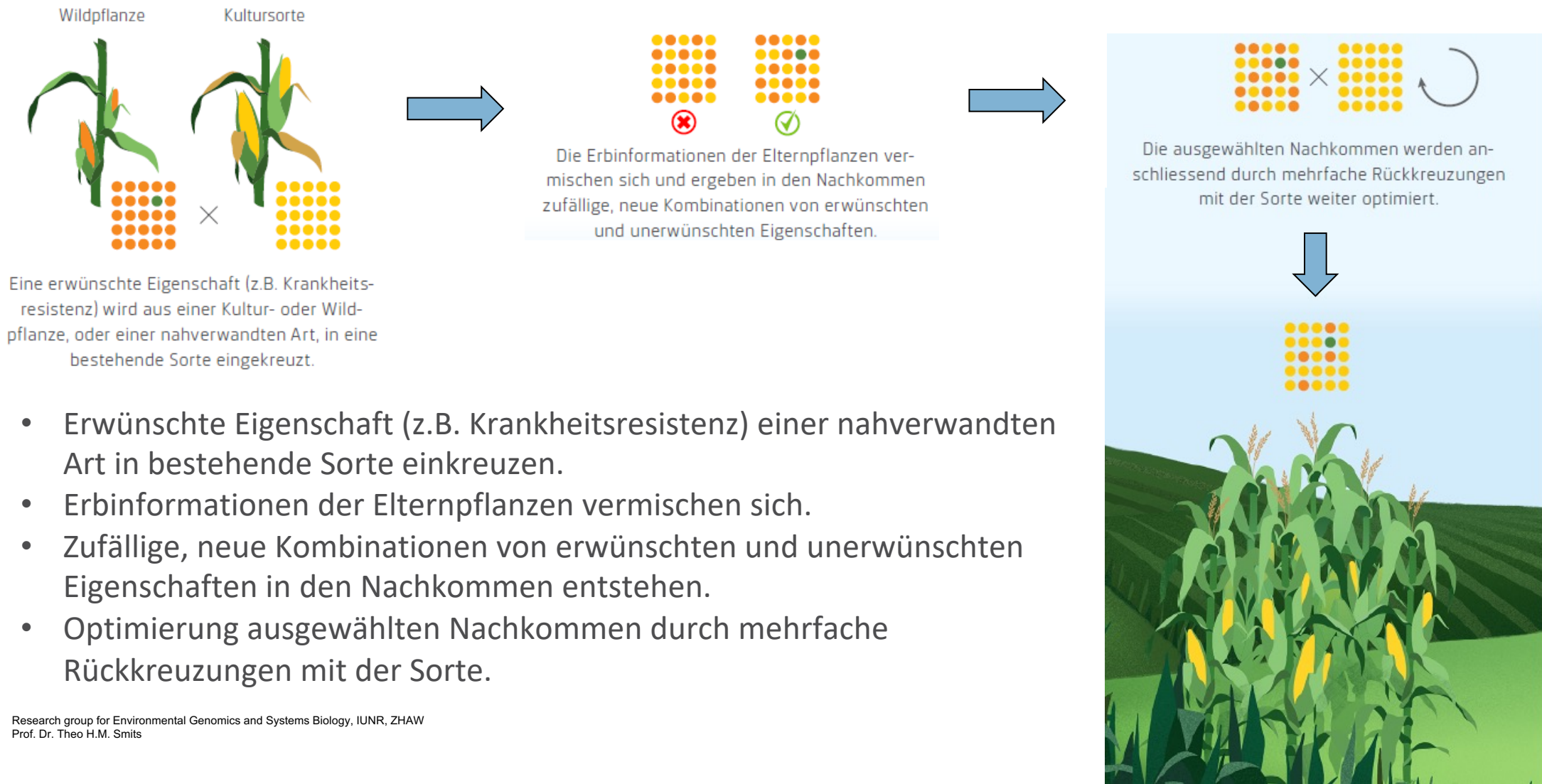
Wie ist man auf  
diesen Vielfalt  
gekommen?



Züchtung?



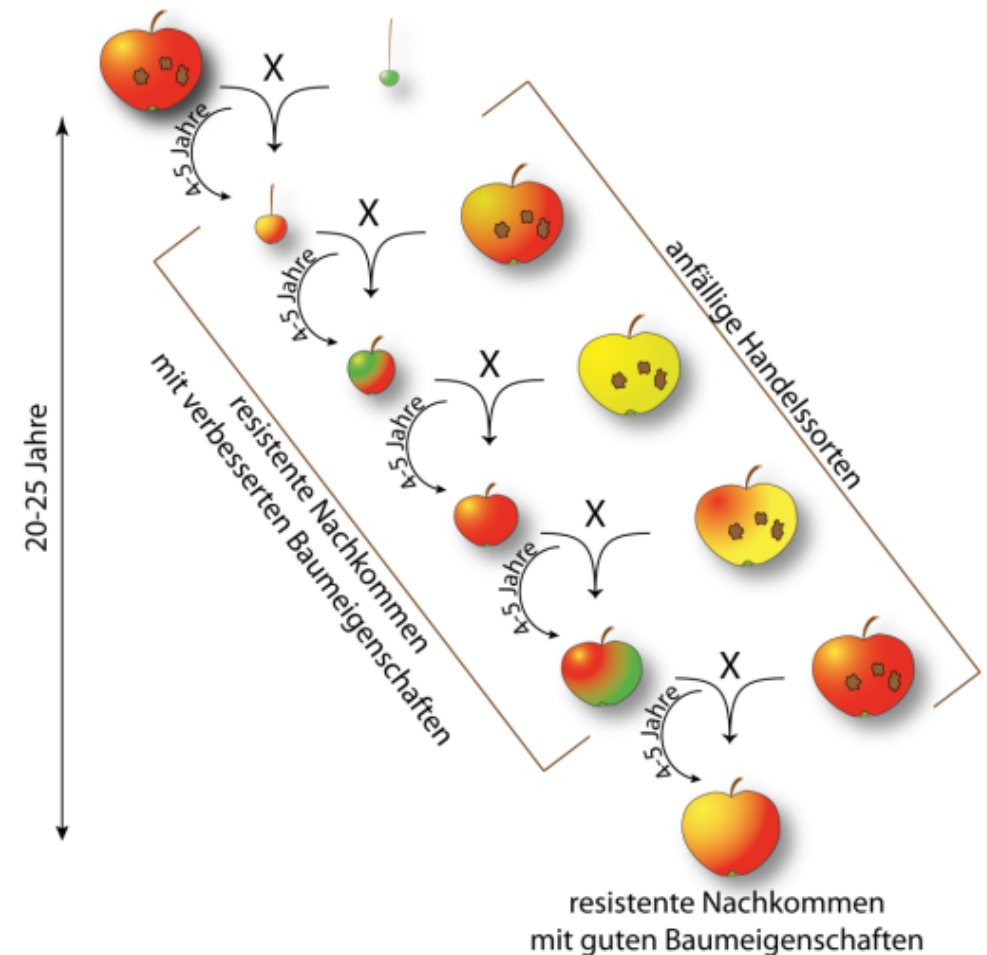
# Klassische Kreuzung: bestehende Genvarianten neu kombinieren



- Erwünschte Eigenschaft (z.B. Krankheitsresistenz) einer nahverwandten Art in bestehende Sorte einkreuzen.
- Erbinformationen der Elternpflanzen vermischen sich.
- Zufällige, neue Kombinationen von erwünschten und unerwünschten Eigenschaften in den Nachkommen entstehen.
- Optimierung ausgewählten Nachkommen durch mehrfache Rückkreuzungen mit der Sorte.

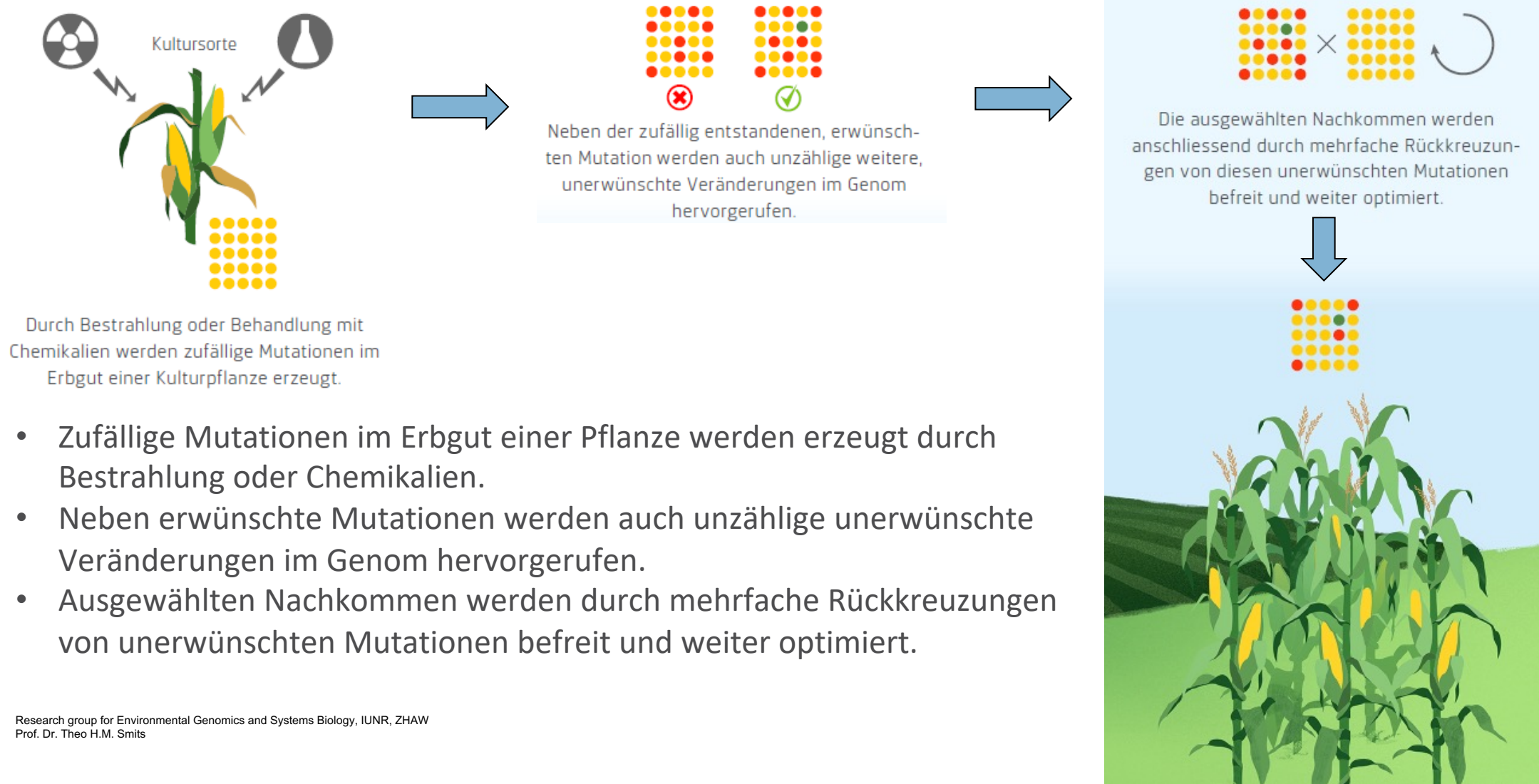
# Beispiel Apfelzüchtung und Schorfresistenz 1

- Schorfresistenz ist nicht stark vorhanden in heutige Apfelsorten
- Züchtung benützt *Malus floribunda*, ein Wildapfel, als Quelle für Schorfresistenz
- Es würde bis 25 Jahren dauern bis eine resistente Sorte verfügbar wäre!



Le Roux *et al*, Mol Breeding(2012) 30:857–874, DOI 10.1007/s11032-011-9669-4  
Schlathölter *et al*, Planta (2018), DOI 10.1007/s00425-018-2876-z

# Mutationszüchtung: neue Genvarianten künstlich erzeugen



# Mutationszüchtung

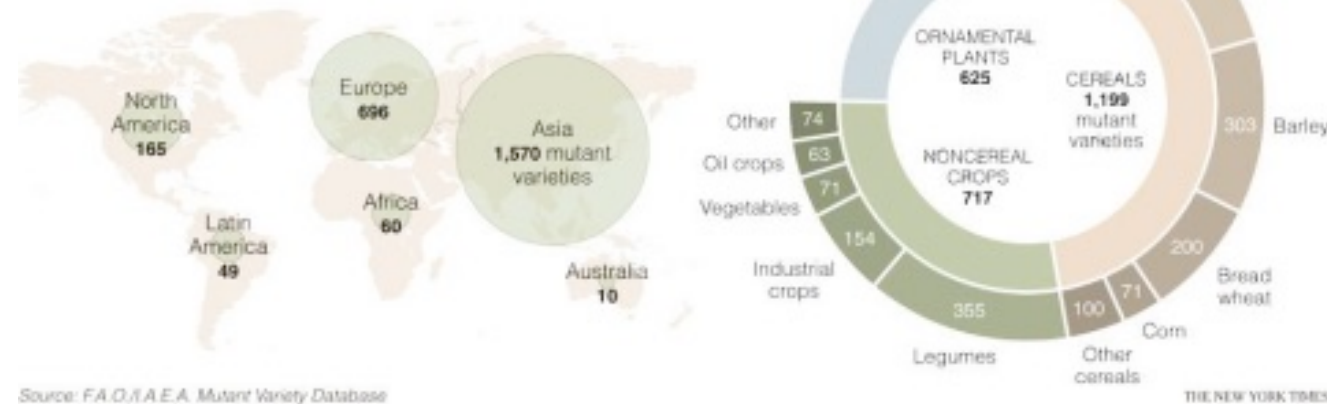


Radiation Breeding Division  
Institute of Crop Science, NARO (JAPAN)

- Seit 1950er Jahre betrieben
- Tausende neue Varietäten entstanden, z.B. rote Grapefruit, kernlose Traube
- Viele der jetzige Bio-Sorten stammen aus dieser Zeit

## Here to Stay

More than 2,500 mutant crop varieties have been officially registered with the United Nations and the International Atomic Energy Agency. About three-quarters of the varieties were directly induced by gamma radiation.

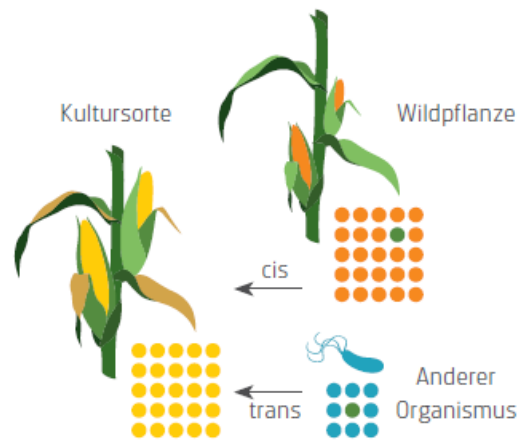


Source: FAO/IAEA Mutant Variety Database

THE NEW YORK TIMES

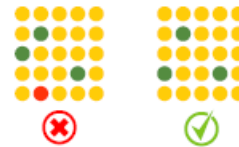


# Klassische Gentechnik: neue Gene an zufälligen Stellen einfügen

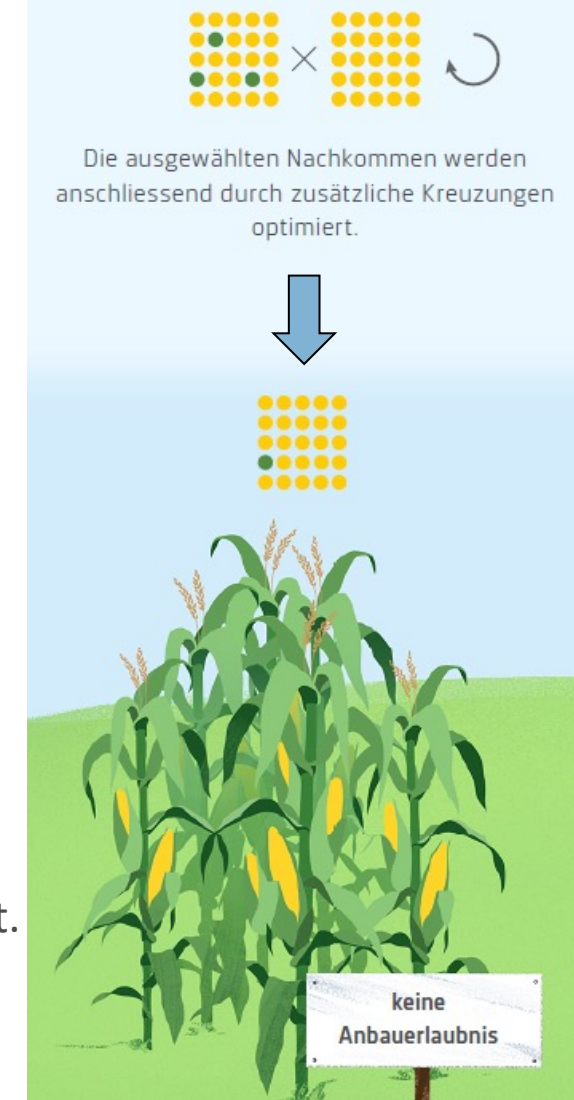


Eines oder mehrere Gene werden aus einer anderen Art (transgen) oder einer Wild- oder Kulturpflanze der gleichen Art (cisgen) durch gentechnische Methoden in die Kultursorte eingeführt.

- Eines oder mehrere Gene werden durch gentechnische Methoden in die Pflanze eingeführt. Anderer Art → transgen; gleicher Art → cisgen
- Neue Gene werden ein- oder mehrmals an zufälligen Orten im Erbgut eingebaut.
- Eventuell unerwünschten Veränderungen.
- Ausgewählten Nachkommen werden durch zusätzliche Kreuzungen optimiert.



Dabei wird das neue Gen einmal oder mehrmals an einem zufälligen Ort im Erbgut eingebaut, was manchmal auch zu unerwünschten Veränderungen führen kann.

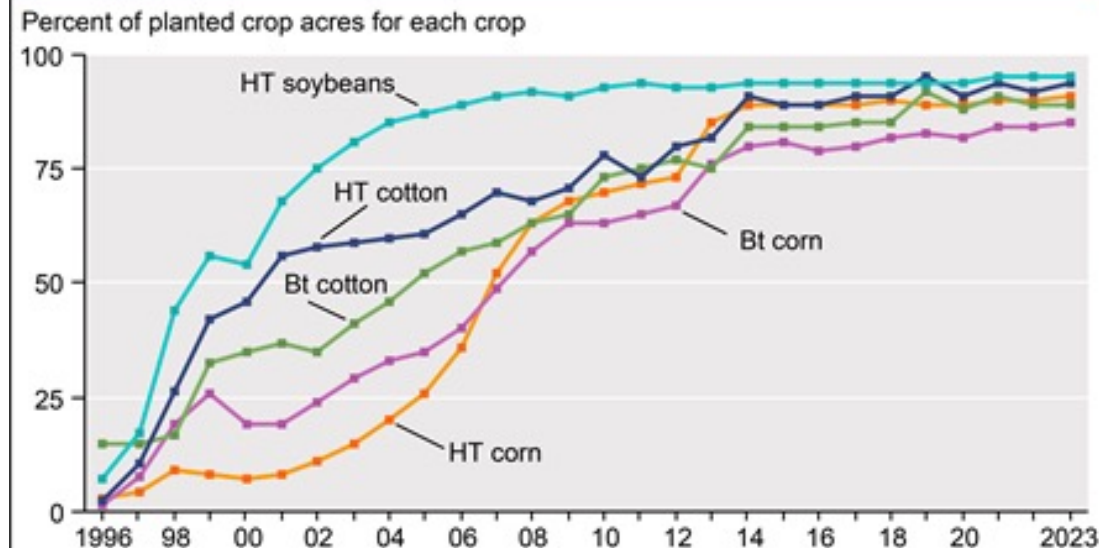


Die ausgewählten Nachkommen werden anschliessend durch zusätzliche Kreuzungen optimiert.



# Klassische Gentechnik: Beispiel BT-Mais

## Adoption of genetically engineered crops in the United States, 1996–2023



Note: HT indicates herbicide-tolerant varieties; Bt (*Bacillus thuringiensis*) indicates insect-resistant varieties (containing genes from the soil bacterium Bt). Data for HT/Bt corn and cotton are not mutually exclusive, as HT and Bt categories include those varieties with overlapping (stacked) HT and Bt traits.

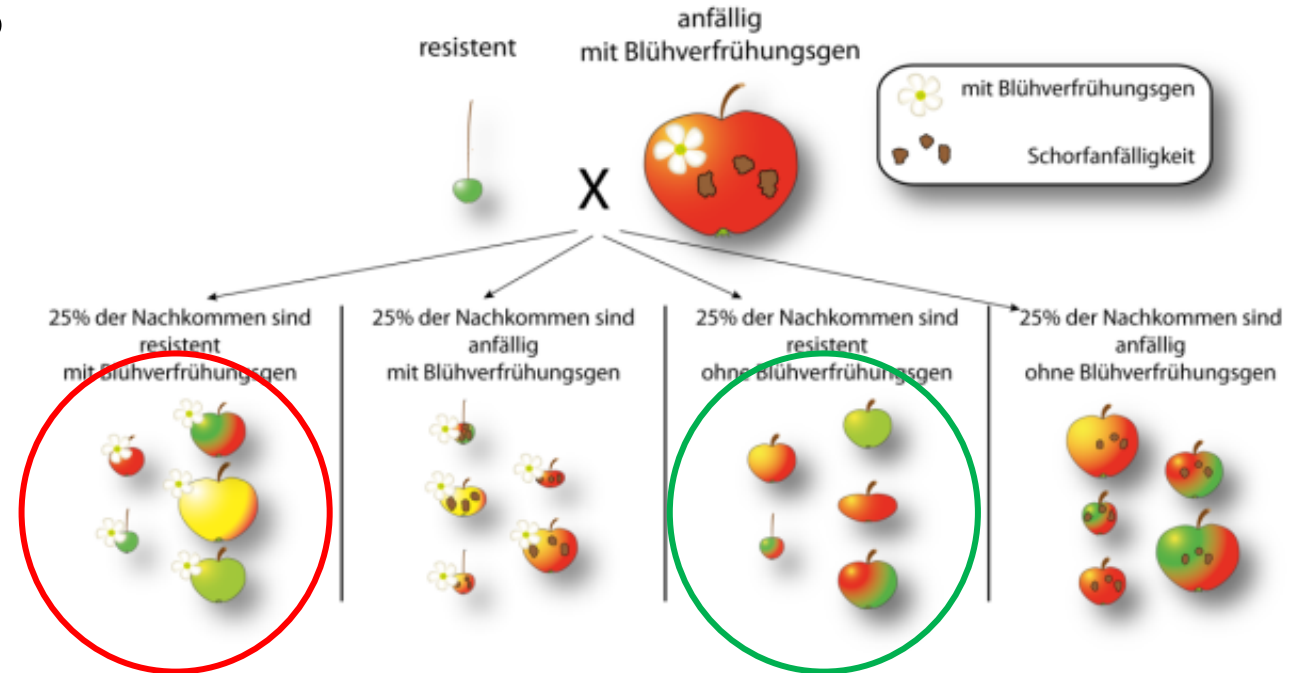
Source: USDA, Economic Research Service using data from the 2002 ERS report, Adoption of Bioengineered Crops (AER-810) for 1996–99 and National Agricultural Statistics Service, (annual) June Agricultural Survey for 2000–23.

- Insektenresistenz durch eingebautes Botulinum-Toxin Gen
- 85% der in der USA angebaute Mais ist BT-Mais



## Beispiel Apfelzüchtung und Schorfresistenz 2

- Reduktion der juvenile Phase von 5 auf 1 Jahr
- Einbau eine Transkriptionsfaktor aus dem Silberbirke
- 25% der Nachkommen haben Blühverfrühungsen und Resistenzgen → für weitere Zucht
- 25% haben Resistenzgen, aber nicht Blühverfrühungsen → Endprodukt
- Endprodukt nicht rekombinant!

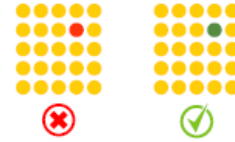


Le Roux *et al*, Mol Breeding(2012) 30:857–874, DOI 10.1007/s11032-011-9669-4  
Schlathölter *et al*, Planta (2018), DOI 10.1007/s00425-018-2876-z

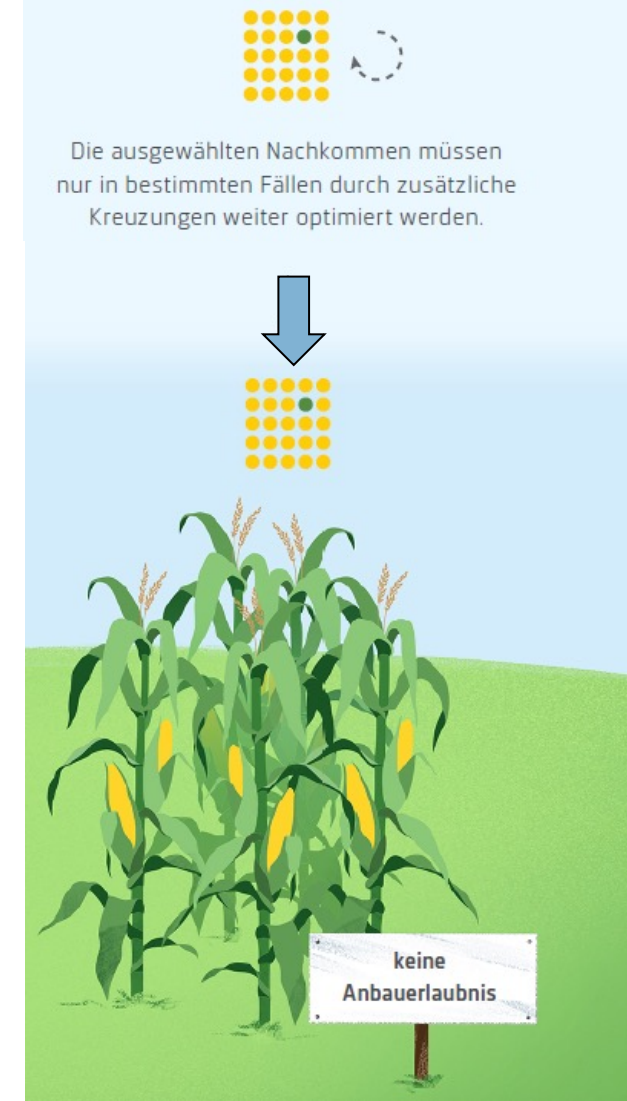
# Genom-Editierung: Einzelne Gene gezielt verändern



Das Erbgut einer Sorte wird mit Hilfe von Genom-Editierungsverfahren verändert. Damit können ausgewählte Gene zufällig mutiert, gezielt umgeschrieben oder als Ganzes eingefügt werden.



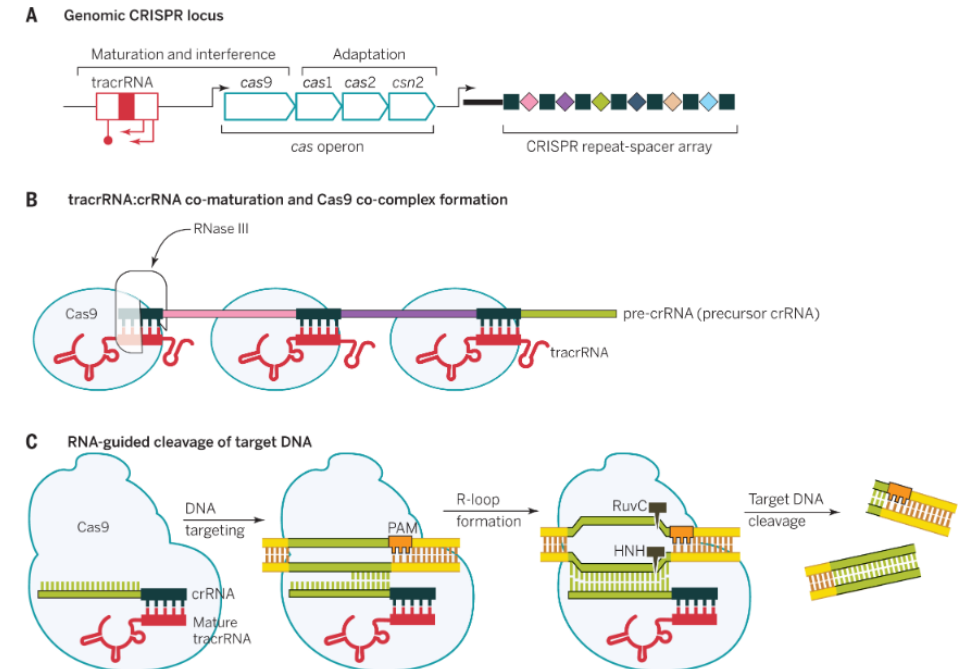
Dabei erfolgen die erwünschten Veränderungen an einem spezifischen, vorher bestimmten Ort im Erbgut der Pflanze. Dies führt nur noch in seltenen Fällen zu unerwünschten Veränderungen.



- Das Erbgut wird mit Genom-Editierungsverfahren verändert.
- Ausgewählte Gene können zufällig mutiert, gezielt umgeschrieben oder als Ganzes eingefügt werden.
- Erwünschten Veränderungen erfolgen an vorher bestimmten Ort im Erbgut der Pflanze.
- Die ausgewählten Nachkommen müssen nur in bestimmten Fällen durch zusätzliche Kreuzungen weiter optimiert werden.

# Gen-Editierung mittels Genschere: die Methode

- Erste Beschreibung durch Doudna und Charpentier in 2012
  - Bakteriell Immunsystem
  - System angepasst um spezifische Ziele zu finden und schneiden
  - Vorgeschlagen für Gen-Editierung
- Regulationen in USA: Produkten sind nicht GMO wenn keine zusätzliche Sequenzen eingebaut sind (Deletionen erlaubt)
- Schon in 2019 wurden einige tausende Paper pro Jahr publiziert welche die CRISPR/Cas Technologie benutzen
- Doudna und Charpentier haben den Nobel Preis in Chemie in 2020 bekommen



**Fig. 2. Biology of the type II-A CRISPR-Cas system.** The type II-A system from *S. pyogenes* is shown as an example. (A) The cas gene operon with tracrRNA and the CRISPR array. (B) The natural pathway of antiviral defense involves association of Cas9 with the antirepeat-repeat RNA (tracrRNA:crRNA) duplexes, RNA co-processing by ribonuclease III, further trimming, R-loop formation, and target DNA cleavage. (C) Details of the natural DNA cleavage with the duplex tracrRNA:crRNA.

Doudna and Charpentier (2014, Science 346, 1258096. DOI: 10.1126/science.1258096



# Zusammenfassung Methoden

Methoden	Vorteile	Nachteile	Zeitaufwand
Klassische Kreuzung	Natürlich	Random Durchmischung vom Genom Mehrfache Rückkreuzungen	Sehr langsam
Mutationszüchtung	Viele Pflanzen gleichzeitig	Chemikalien oder Radioaktivität Random Mutationen Mehrfache Rückkreuzungen	Sehr langsam
Klassische Gentechnik	Spezifisch	Random Insertion Selektionsmethode (ABR) Rückkreuzungen für Optimierung Verbot wegen Gentechgesetz	Langsam
Gen-Editierung	Sehr spezifisch Keine Rückkreuzung nötig <b>Vielversprechende Methode</b>	Verbot wegen Gentechgesetz	Kurz

# Die politische Diskussion: Gen-Editierung zulassen oder verbieten

- Potenzial von Gen-Editierung und deren Weiterentwicklung ist sehr gross
- Fallt momentan unter Gentechgesetz
- Mutationszüchtung hat Ausnahmestatus (da schon bekannt)
- Umdenken möglich/nötig:

## Produktorientiert vs. Prozessorientiert

- Überlassen wir das die Podiumsdiskussion nach der Pause

aus der taz | veranstaltungen | shop | fragen & hilfe abo | genossenschaft | taz zahl ich

**taz** THEMEN POLITIK ÖKO GESELLSCHAFT KULTUR SPORT BERLIN NORD WAHRHEIT suchen ... »

Ökoforscher über neue Gentech-Methode  
**„CRISPR hat großes Potenzial“**  
 Urs Niggli ist der wichtigste Wissenschaftler der Bioszene, die jede Genmanipulation ablehnt. Nun macht er seine innere Wende öffentlich.



Auch die Weinbauern könnten von den neuen Gentech-Methoden profitieren, sagt Urs Niggli  
 Foto: dpa

**SCHWERPUNKT GENTECHNIK**

Öko / Wissenschaft 6. 4. 2016, 08:17 Uhr

**DAS INTERVIEW FÜHRTE**  
**JUST MAURIN**  
 Redakteur für Wirtschaft und Umwelt

THEMEN  
 #CRISPR #Urs Niggli  
 #Schwerpunkt Bio-Landwirtschaft

# Danke fürs Zuhören



**Wir würden wirklich gerne dieser neue Mutant überprüfen, aber wir waren noch nicht in der Lage ihm zu Fangen.**

## Zwei sehr gute Videos über diese Thematik:

Joram unterwegs: CRISPR/Cas9 in der Pflanzenzüchtung  
<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=NmhEXkvYRgQ>

SCNAT: Pflanzenzüchtung – von der klassischen Kreuzung bis zur Genom-Editierung  
<https://www.youtube.com/watch?v=U92xd5hNKC4>

Die methodische Folien würden gestaltet mit Hilfe von:

U Grossniklaus, M Messmer, R Peter, J Romeis und B Studer (2020) Pflanzenzüchtung – von klassischer Kreuzung bis Genom-Editierung. Swiss Academies Factsheet 15 (3)

Alle anderen sind entnommen aus der Vorlesung “Molecular Biodiversity Analysis” der ZHAW.