



## Züchtungstechniken im Kontext des biologischen Landbaus

**Pierre Hohmann, Christine Arncken, Monika Messmer\***

\*Leitung Themenbereich Pflanzenzüchtung und Sortenprüfung

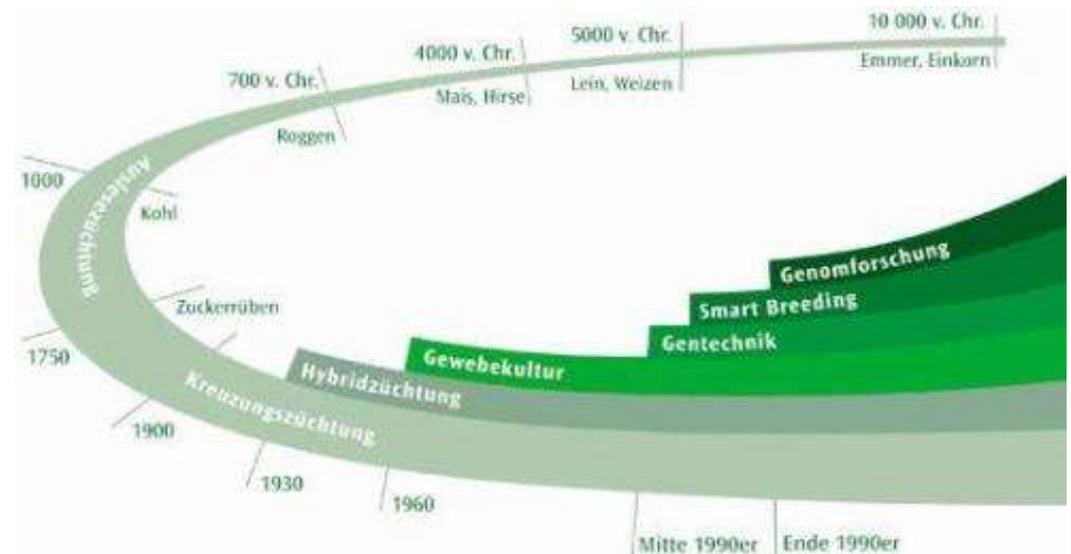
[pierre.hohmann@fibl.org](mailto:pierre.hohmann@fibl.org)

PGREL Fachtagung «Neue Züchtungstechnologien und alte Sorten»

Donnerstag, 16. November 2017

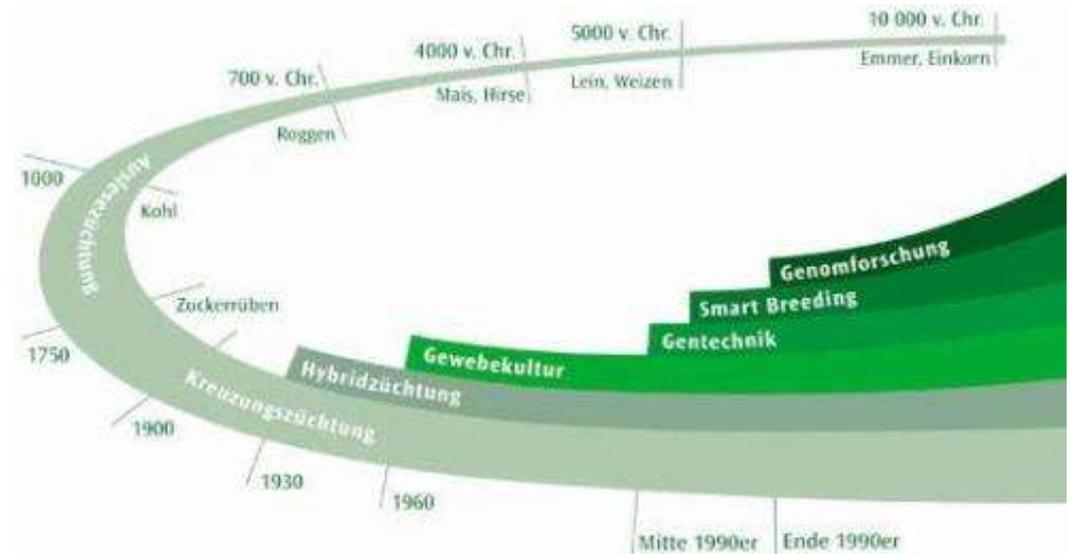
# Übersicht

1. Techniken auf den drei Ebenen: Pflanze, Zelle/Gewebe und DNA
2. Neue Züchtungstechniken
3. Kriterien für die Beurteilung von Züchtungstechniken
4. Ansätze in der Bio-Pflanzenzüchtung



# Übersicht

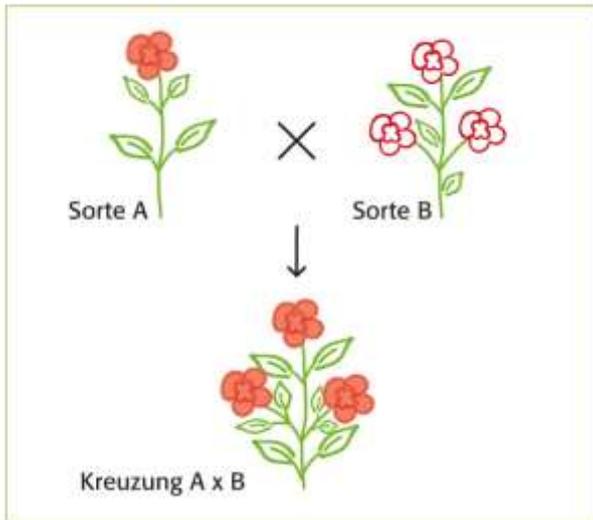
1. Techniken auf den drei Ebenen: Pflanze, Zelle/Gewebe und DNA
2. Neue Züchtungstechniken
3. Kriterien für die Beurteilung von Züchtungstechniken
4. Ansätze in der Bio-Pflanzenzüchtung



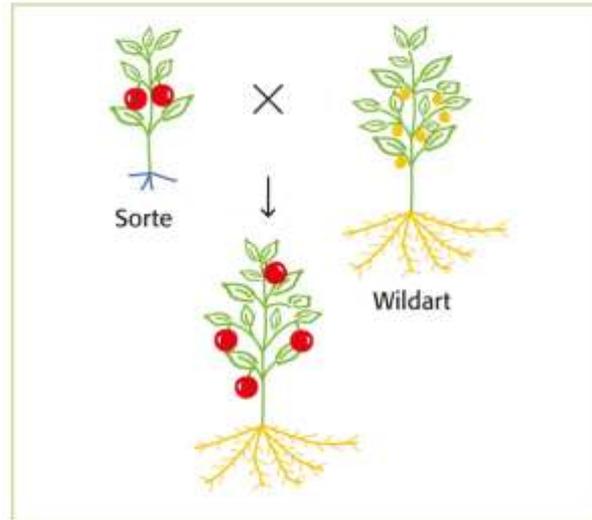
# Erzeugung genetischer Variation

## Ebene der Pflanze

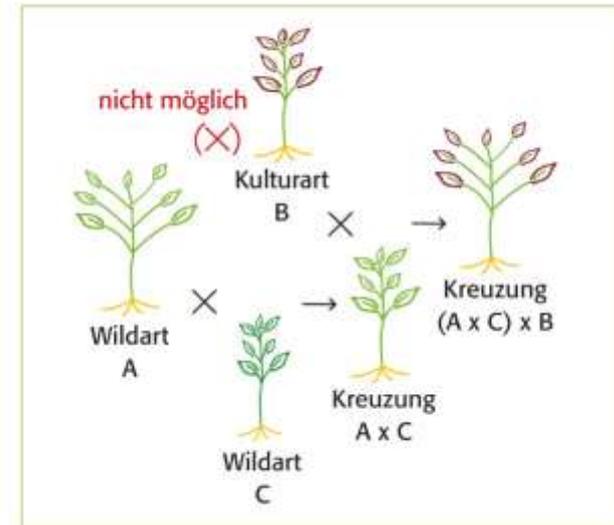
Gezielte Kreuzungen innerhalb einer Art



Interspezifische Kreuzungen



Brückenkreuzung



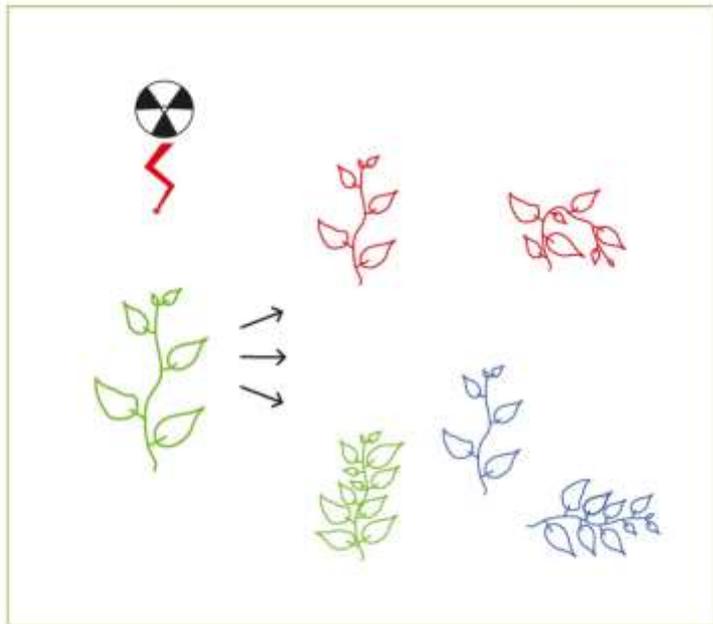
Beurteilung aus Sicht des Biolandbaus:

Keine Bedenken, aber...

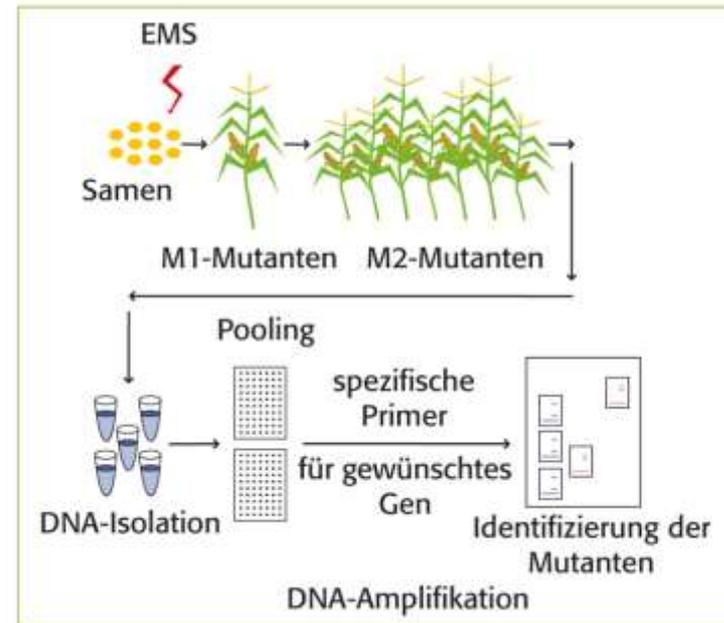
# Erzeugung genetischer Variation

## Ebene der Pflanze

### Mutationsinduktion / induzierte Mutation



### Tilling



Beurteilung aus Sicht des Biolandbaus:

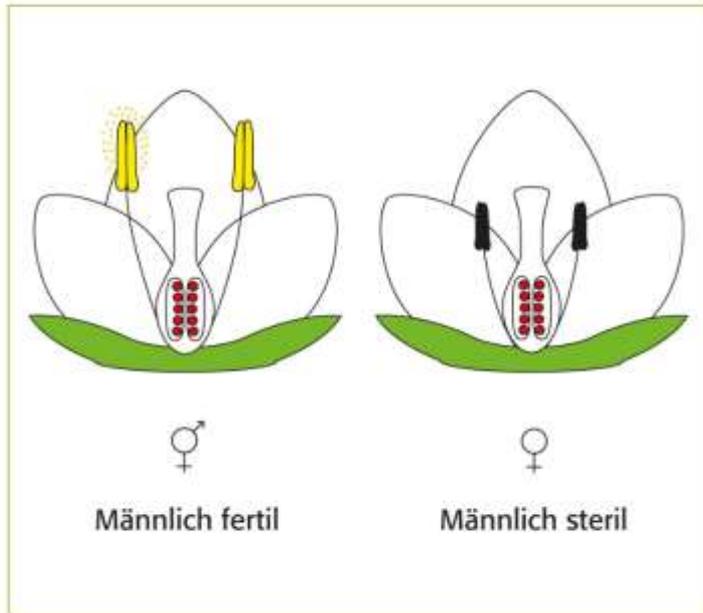
Mutagenzien sind nicht zugelassen

# Erzeugung genetischer Variation

## Ebene der Pflanze

### Cytoplasmatisch männliche Sterilität (CMS)

> durch spontane Mutation in der extrachromosomalen DNA (im Cytoplasma)



### Anwendung:

Grossflächige Produktion von Hybridsaatgut

Bsp.: Raps, Roggen, Mais und viele Gemüsearten

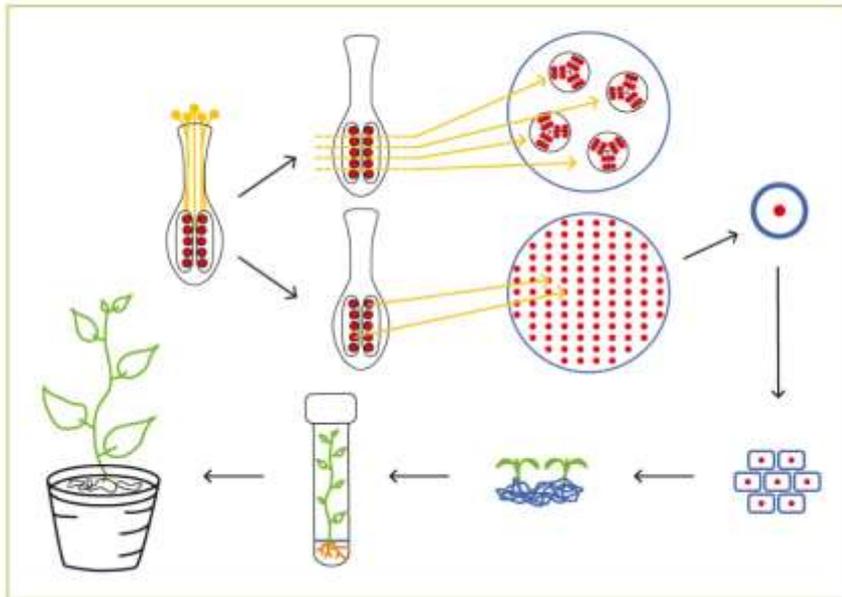
### Beurteilung aus Sicht des Biolandbaus:

Abhängig von Methodik und Vermehrungsfähigkeit

# Erzeugung genetischer Variation

Ebene der Zelle/Gewebe

## Ovarien- und Embryokultur



Anwendung:

Einkreuzen von Resistenzen naher Verwandter

U.a. Gurke, Tomate, Weizen, Triticale...

Beurteilung aus Sicht des Biolandbaus:

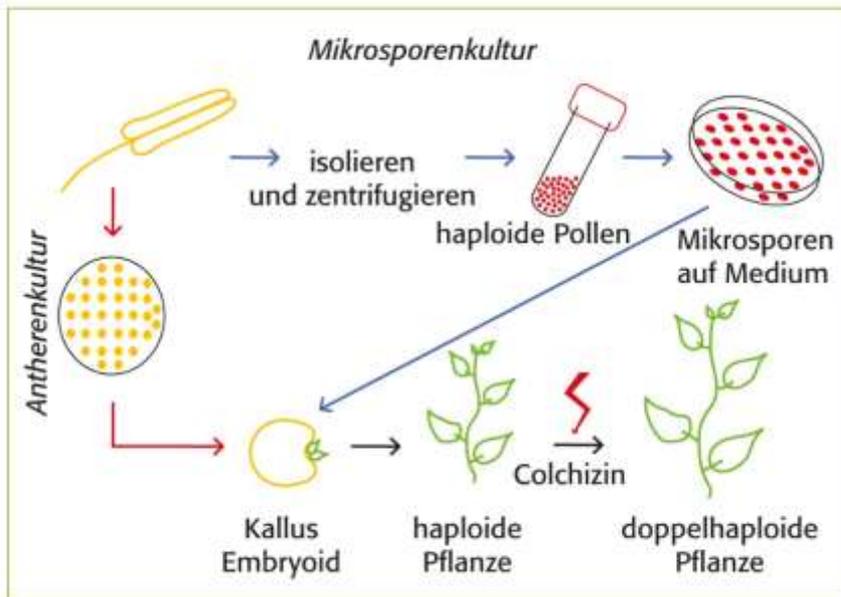
Hinausschieben der Kreuzungsbarrieren

Künstliche und sterile Wachstumsbedingungen

# Erzeugung genetischer Variation

Ebene der Zelle/Gewebe

## Doppelhaploide Pflanzen (DH)



Anwendung:

Beschleunigung des Züchtungsprozesses

Bsp.: Gerste, Mais, Kartoffel

Beurteilung aus Sicht des Biolandbaus:

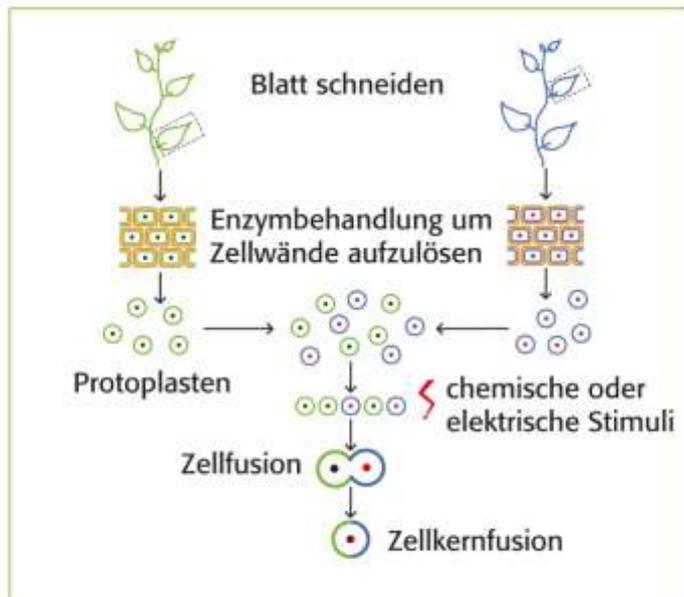
Verhinderung der natürlichen Neukombination von Genen

Synthetische Mitosehemmstoffe sind nicht zugelassen

# Erzeugung genetischer Variation

Ebene der Zelle/Gewebe

## Protoplastenfusion



Anwendung:

Schnelle Herstellung interspezifischer Hybride

Neukombination von Erbinformation

- › Monogene Eigenschaften
- › Extrachromosomale Merkmale

Fusionsprodukt ist oft tetraploid

Beurteilung aus Sicht des Biolandbaus:

Überschreitung der Kreuzungsbarrieren

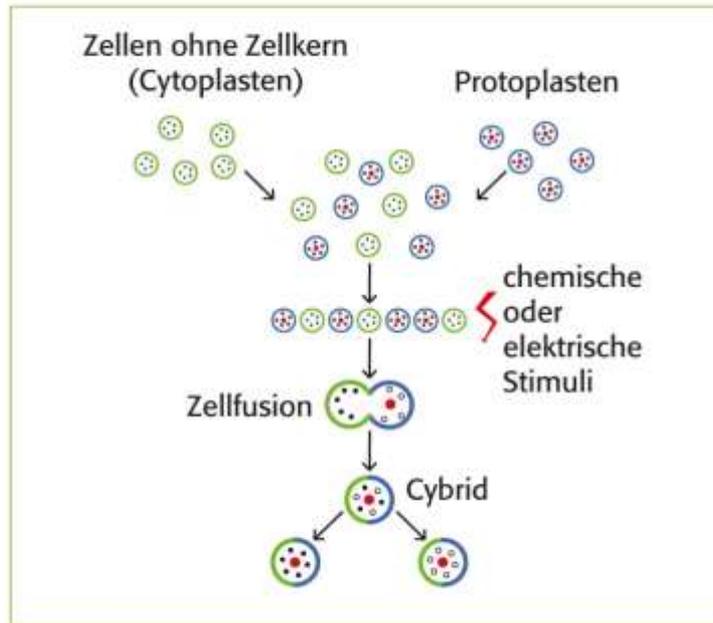
Beeinträchtigung der Integrität der Zelle

Sterile Nachkommen möglich

# Erzeugung genetischer Variation

Ebene der Zelle/Gewebe

## Cytoplastenfusion



Anwendung:

V.a. Erzeugung von CMS

Bsp.: Protoplasten vom Brokkoli mit  
Cytoplasten von Rettich

- › Männlich steriler Brokkoli für die Hybridzüchtung

Beurteilung aus Sicht des Biolandbaus:

Überschreitung der Kreuzungsbarrieren

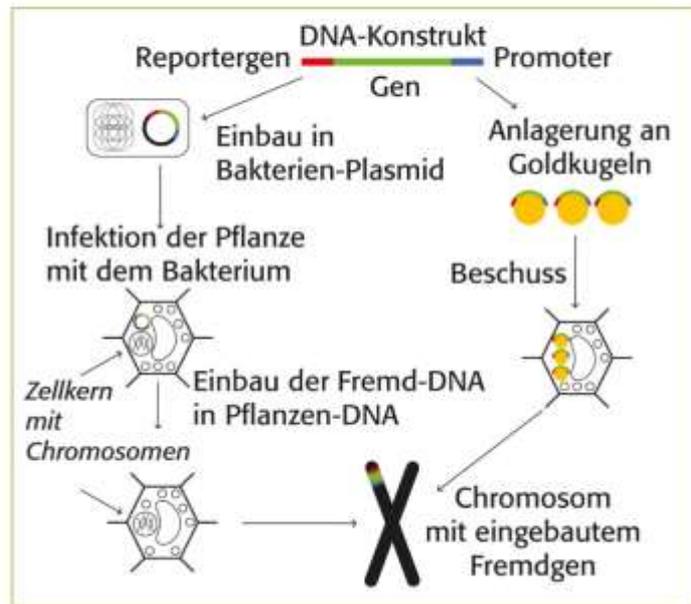
Beeinträchtigung der Integrität der Zelle

Sterile Nachkommen möglich

# Erzeugung genetischer Variation

## Ebene der DNA

### Gentransfer zur Erzeugung von transgenen Sorten



### Anwendung:

Gentransfer über Artgrenzen hinaus

Bsp.: Bt-Gen aus Bakterium auf Mais, Baumwolle, Soja etc. übertragen

### Beurteilung aus Sicht des Biolandbaus:

GVOs sind nicht erlaubt

Integrität des Genoms beeinträchtigt

Gefahr der Auskreuzung

Reduzierung auf DNA-Bausteine

Monopolbildung durch Patentierung

# Selektion

Ebene der DNA

## Markergestützte Selektion (MAS)

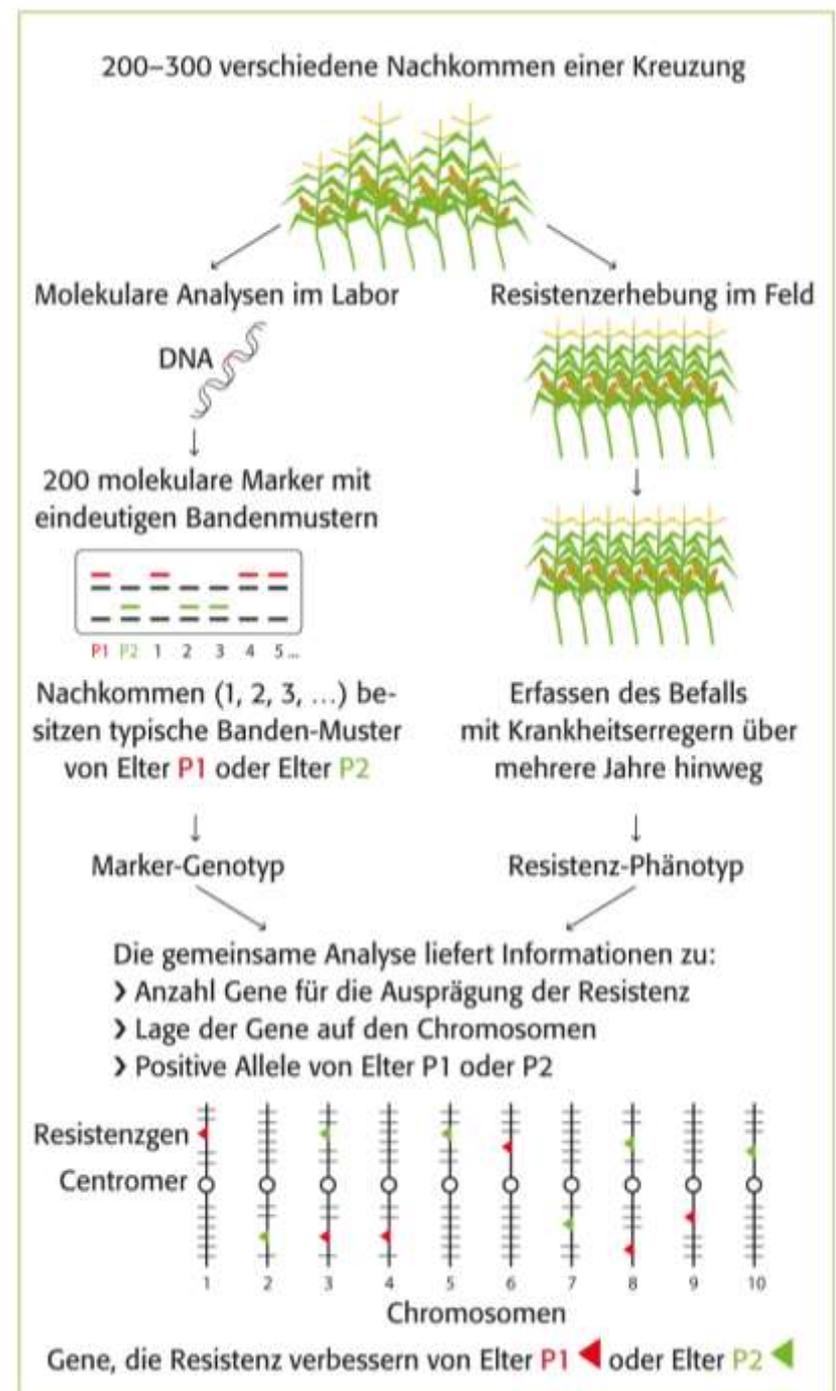
Anwendung:

- › Umweltunabhängige Diagnostik
- › Rückkreuzungen bzw. Einkreuzung bestimmter Gene
- › Quant. Merkmale, die schwer zu erfassen sind

Beurteilung aus Sicht des Biolandbaus:

Reduzierung auf DNA-Sequenz

Keine Interaktionen Boden und Umwelt

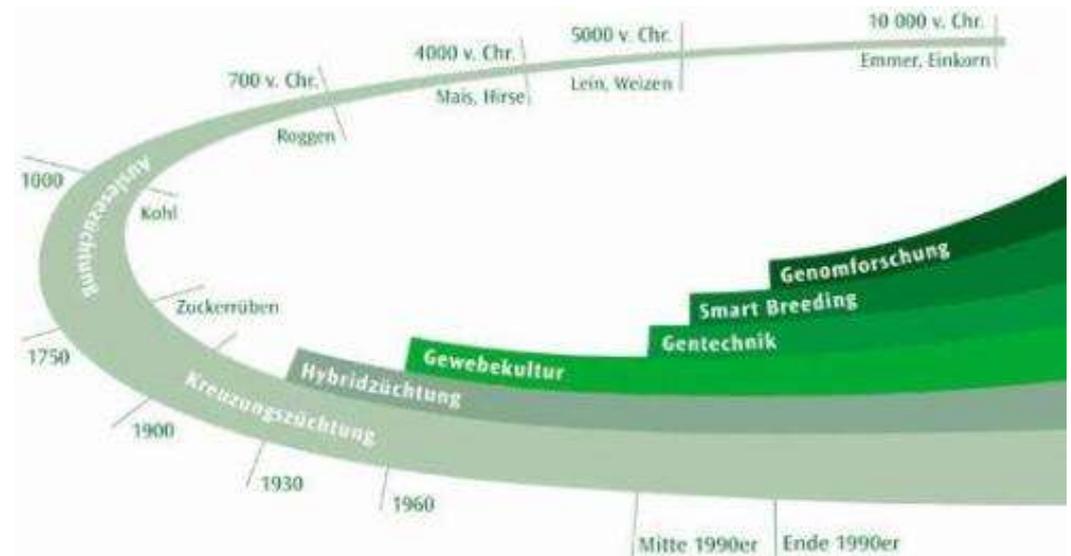


# Züchtungstechniken

Züchtungs- Methode	Eingriff Genom	Eingriff Zelle	Fortpflanz- ungsfähig beeinträcht.	Weiterzücht- ung beeinträcht.	Kreuzungs- barriern überschrit.	Nachbau beeinträchtigt	Nach- weisbar
Markergestützte Selektion	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein (Patent?)	Nein
Doppelhaploide	Evtl.	Evtl.	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Protoplastenfusion	Evtl.	JA	Möglich (Triploide)	Möglich (CMS)	Möglich	Möglich	?
Cytoplastenfusion	Nein	JA	Nein	Möglich (CMS)	Möglich	Möglich	?
Chemische Mutagenese, Bestrahlung	JA	JA	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Tilling	JA	JA	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Eco-Tilling	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

# Übersicht

1. Techniken auf den drei Ebenen: Pflanze, Zelle/Gewebe und DNA
2. Neue Züchtungstechniken
3. Kriterien für die Beurteilung von Züchtungstechniken
4. Ansätze in der Bio-Pflanzenzüchtung



# Neue Züchtungstechniken

- Übertragung Art-eigener Gene mittels **Cisgenetik**
  - z.B. Phytophthora-resistente Kartoffel, Schorf- und Feuerbrand-resistenter Apfel (Agroscope)
- Gezielte Mutationen mittels **Oligonucleotide**
  - z.B. Clearfield<sup>®</sup>-Rapssorten mit multipler Herbizidresistenz
- Gezieltes Ausschalten einzelner Gene durch **RNA-Interferenz**
  - z.B. Arctic Apples, Innate-Kartoffeln, Embrapa Pinto Bohne...
- **Site-spezifische Nukleasen**
  - ZFN: Zinkfinger Nukleasen
  - TALEN: Transcription Activator-Like Effector Nuclease
  - **CRISPR-Cas9**: Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats + Nuclease Cas9

# Neue Züchtungstechniken

## CRISPR-Cas9

Erkennungssequenz für bestimmte Genregion (CRISPR) + Nuklease (Cas9), verursacht DNA-Doppelstrangbrüche

- Doppelstrangbruch an spezifischer Stelle > z.B. Mutation
- Doppelstrangbruch & Matrize mit gewünschten Basenpaarsequenz
- Doppelstrangbruch & Gene > ein oder mehrere arteigene oder artfremde Gene

# Neue Züchtungstechniken

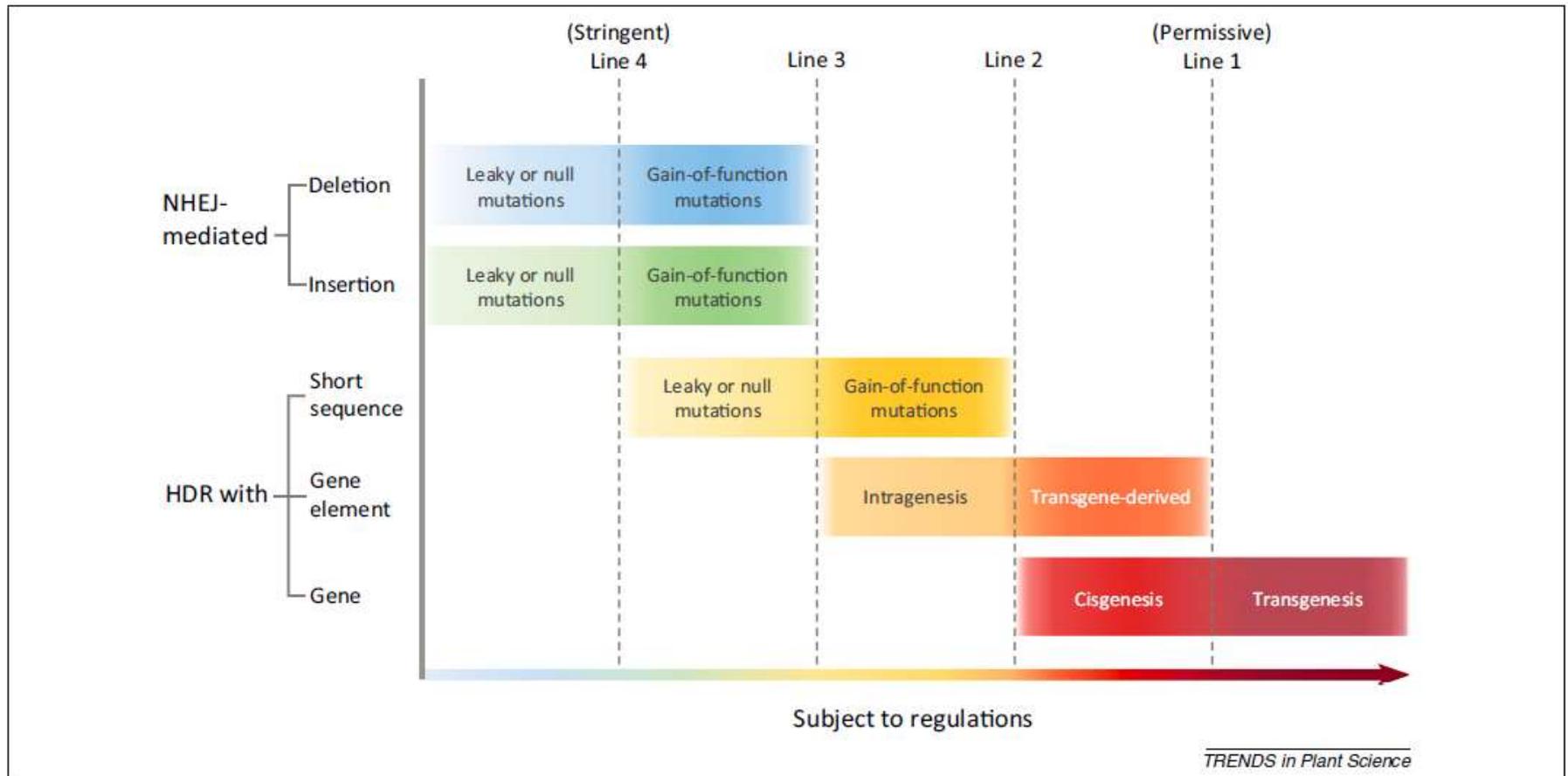
Züchtungs-Methode	Eingriff Genom	Eingriff Zelle	Fortpflanzungsfähig beeinträcht.	Weiterzüchtung beeinträcht.	Kreuzungsbarrieren überschrit.	Nachbau beeinträchtigt	Nachweisbar
Gen-editing Typ I + II	JA	JA	Nein	JA (Patent)	Nein	JA (Patent)	Nein
Gen-editing Typ III (plus Genkonstrukt)	JA	JA	Möglich	JA (Patent)	Möglich	JA (Patent)	JA
Cisgentik	JA	JA	Nein	JA (Patent)	Nein	JA (Patent)	?
Transgene	JA	JA	Möglich	JA (Patent)	JA	JA (Patent)	JA

# Akzeptanz neuer Züchtungstechniken

Araki M. & Ishii, T. Towards social acceptance of plant breeding by genome editing

Opinion

Trends in Plant Science March 2015, Vol. 20, No. 3



# Kritikpunkte gegenüber neuen Züchtungstechniken

- Symptombekämpfung
- Kontrolle schwierig
- Vermehrt Patentierungen
- Wahlfreiheit / Verfügbarkeit (Landwirt & Züchter) eingeschränkt
- Bio-Sektor ist Prozess-orientiert

Wichtige Bedingung: Transparenz & Rückverfolgbarkeit

Beurteilung aus Sicht des Biolandbaus:

GVOs sind nicht erlaubt

Integrität des Genoms beeinträchtigt

Gefahr der Auskreuzung

Reduzierung auf DNA-Bausteine

Monopolbildung durch Patentierung

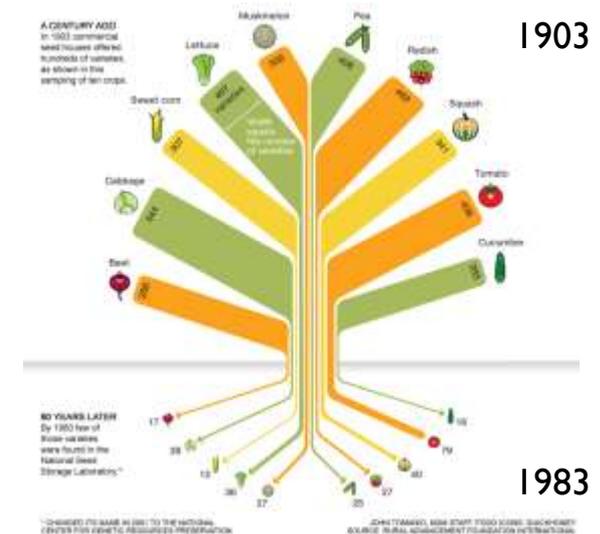
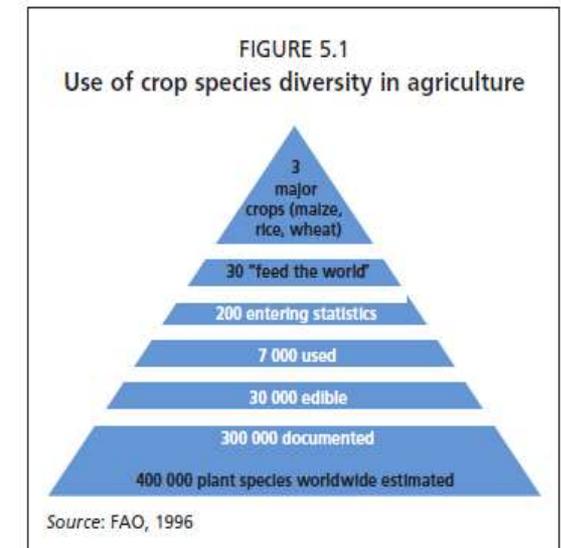
# Neue Züchtungstechniken und alte Sorten

## Genetische Ressourcen (z.B. alte Sorten)

- Quelle der Diversität
- Nicht-veränderte Ressource für die Biozüchtung

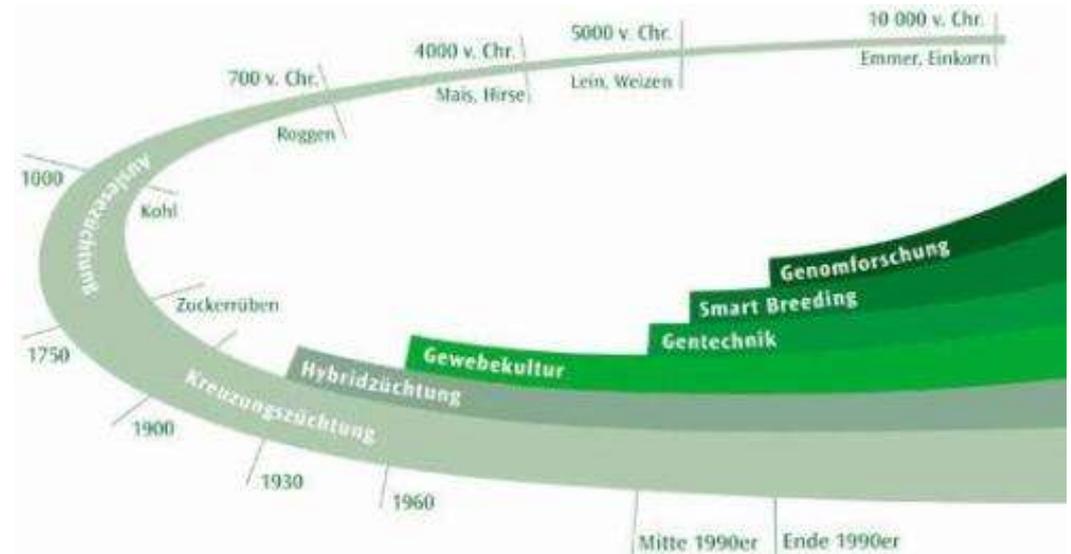
## Einsatz neue Züchtungstechniken

- Leichtere Nutzung genet. Ressourcen
- Speziell bei **alten Sorten**
  - Erhalt typischer Merkmale
  - Akzeptanz



# Übersicht

1. Techniken auf den drei Ebenen: Pflanze, Zelle/Gewebe und DNA
2. Neue Züchtungstechniken
3. Kriterien für die Beurteilung von Züchtungstechniken
4. Ansätze in der Bio-Pflanzenzüchtung



# Kriterien zur Beurteilung von Züchtungstechniken

## Ziele der ökologischen Pflanzenzüchtung

Nachhaltige **Nutzung natürlicher Ressourcen** abgestimmt auf Kulturart und Bedürfnisse der gesamten Wertschöpfungskette

Nachhaltige **Ernährungssicherung, Ernährungssouveränität**

**Erhaltung** und Vermehrung der **genetischen Diversität** der Kulturarten

Beitrag zur **Weiterentwicklung** und Anpassung an zukünftige Anbaubedingungen (z.B. Klimawandel)

# Kriterien zur Beurteilung von Züchtungstechniken

## Zusätzliche Zuchtziele für den Biolandbau

- Resistenzen gegen boden- und samenbürtige Krankheiten
- Rasche Jungentwicklung
- Hohe Unkrautunterdrückung bzw. –toleranz
- Gute Standfestigkeit bei höherer Wuchshöhe
- Erhöhte Nährstoffeffizienz
- Qualitätsmerkmale

# BioSuisse Richtlinie: CH-Biozüchtung

Weltweit erster Bio-Verband mit eigenen  
Züchtungsrichtlinien ([link: bit.ly/2yPBXxQ](https://bit.ly/2yPBXxQ))

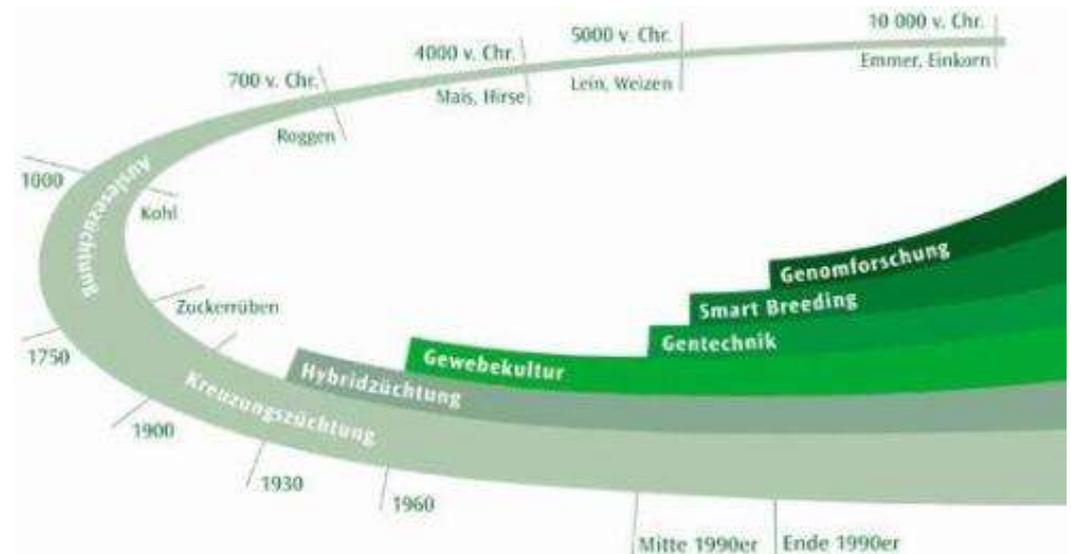


- Anforderungen an die Biozüchtung
- Zugelassene und unerlaubte Züchtungsmethoden
- **Kategorisierung der Sorten**
  - I. Biologische Züchtung (z.B. Bioverita)
  - II. Züchtung für den Biolandbau
  - III. Konventionelle Züchtung
  - IV. Kritische Züchtungsmethoden
  - X. Alte Sorten (ProSpecieRara, Nischensorten, Wildformen etc.)



# Übersicht

1. Techniken auf den drei Ebenen: Pflanze, Zelle/Gewebe und DNA
2. Neue Züchtungstechniken
3. Kriterien für die Beurteilung von Züchtungstechniken
4. Ansätze in der Bio-Pflanzenzüchtung

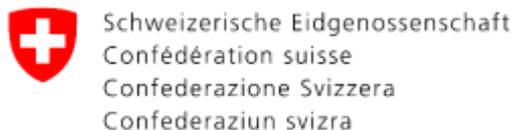


# Ansätze in der Bio-Pflanzenzüchtung

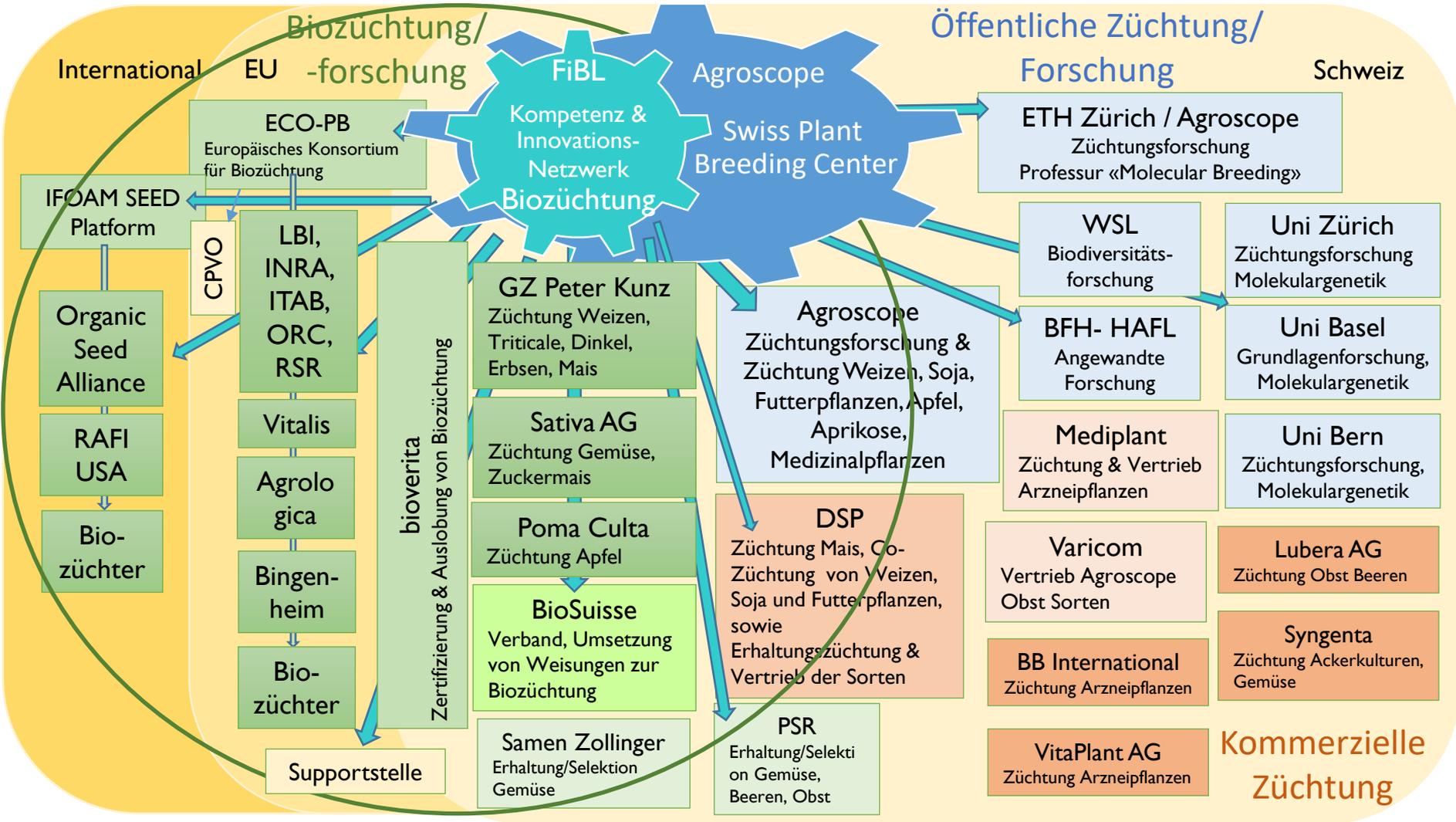
1. Nutzung der Biodiversität innerhalb der Sorte
2. Partizipative Züchtung / Systemzüchtung
3. Wertschätzung & Wertschöpfung
4. Züchtung für Mischkultursysteme
5. Züchtung für verbesserte Pflanze-Mikrobe Interaktionen
6. Ganzheitliche Selektionssysteme (Standort/Umwelt)

# Konsequenzen für die Biozüchtung

- Bio-gezüchtete Sorten > an Umwelt angepasst & ertragsstabil
- Vermeidung von Gentechnik und Protoplastenfusionen > z.B. Blumenkohl, Brokkoli,...
- Aufbau alternativer Zuchtprogramme > z.B. Baumwolle, Soja
- BioSuisse-Richtlinien „Pflanzenzüchtung und Vermehrung“ > seit 2014
- Label „Bioverita“ > seit 2012 
- IFOAM norms > Richtlinien auf internationaler und EU Ebene > seit 2012
- Konsortien und Forschungsprojekte:



# Netzwerk Biozuchtung



**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**



# EU-Züchtungsprojekte am FiBL



(Gesamtbudget: 9M €, FiBL-Anteil: 1.2M €)

- “LIVESEED aims to improve the sustainability, performance, and competitiveness of the organic sector by (i) boosting *organic seed production*, (ii) developing novel *breeding approaches* to increase the choice of cultivars of various crop species adapted to organic and low-input agriculture for different pedo-climatic conditions in Europe and by harmonizing the implementation of the *European regulations* in relation to organic seed.”
- Wissenschaftliche Koordination: Monika Messmer

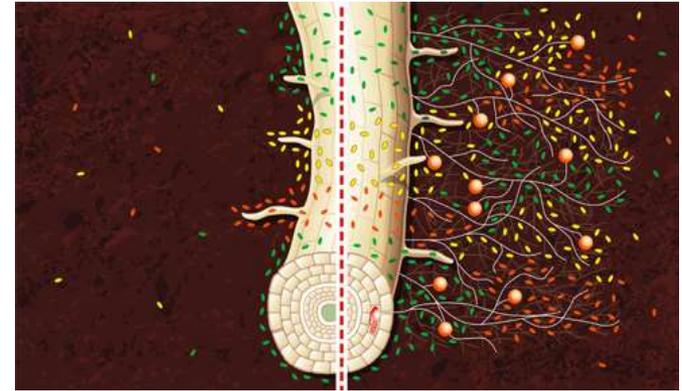


(Gesamtbudget: 5.7M €, FiBL-Anteil: 690k €)

- “The goal of ReMIX is to exploit the benefits of *species mixtures* to design productive, diversified, resilient and environmentally friendly agro-ecological cropping systems *less dependent on external inputs* than current systems and acceptable to farmers and actors in the *agri-food chain*.”

# EU-Züchtungsprojekte am FiBL

## Fokus Mischkultureignung und Pflanze x Mikrobiom



### LIVESEED

- Ausbau laufender Aktivitäten zu Lupine, Erbse, Brokkoli und Apfel
- T3.3 lead: “Enhance scientific understanding of the *plant microbiome interface* and the importance of the *holobiont* (the plant host plus all of its symbiotic microbes) as selection target to *improve resilience and product quality*.”

### ReMIX

- T3.3 lead: “*System diversity and management effects* on the soil macro- and *microbiome*.”
- T4.2 lead: “The performance in mixed cropping systems will primarily be estimated by determining *GMA/SMA* of lines/populations at *different intra- and inter-specific diversity levels*.”

# Veröffentlichungen «Neue Züchtungstechniken & Biolandbau»

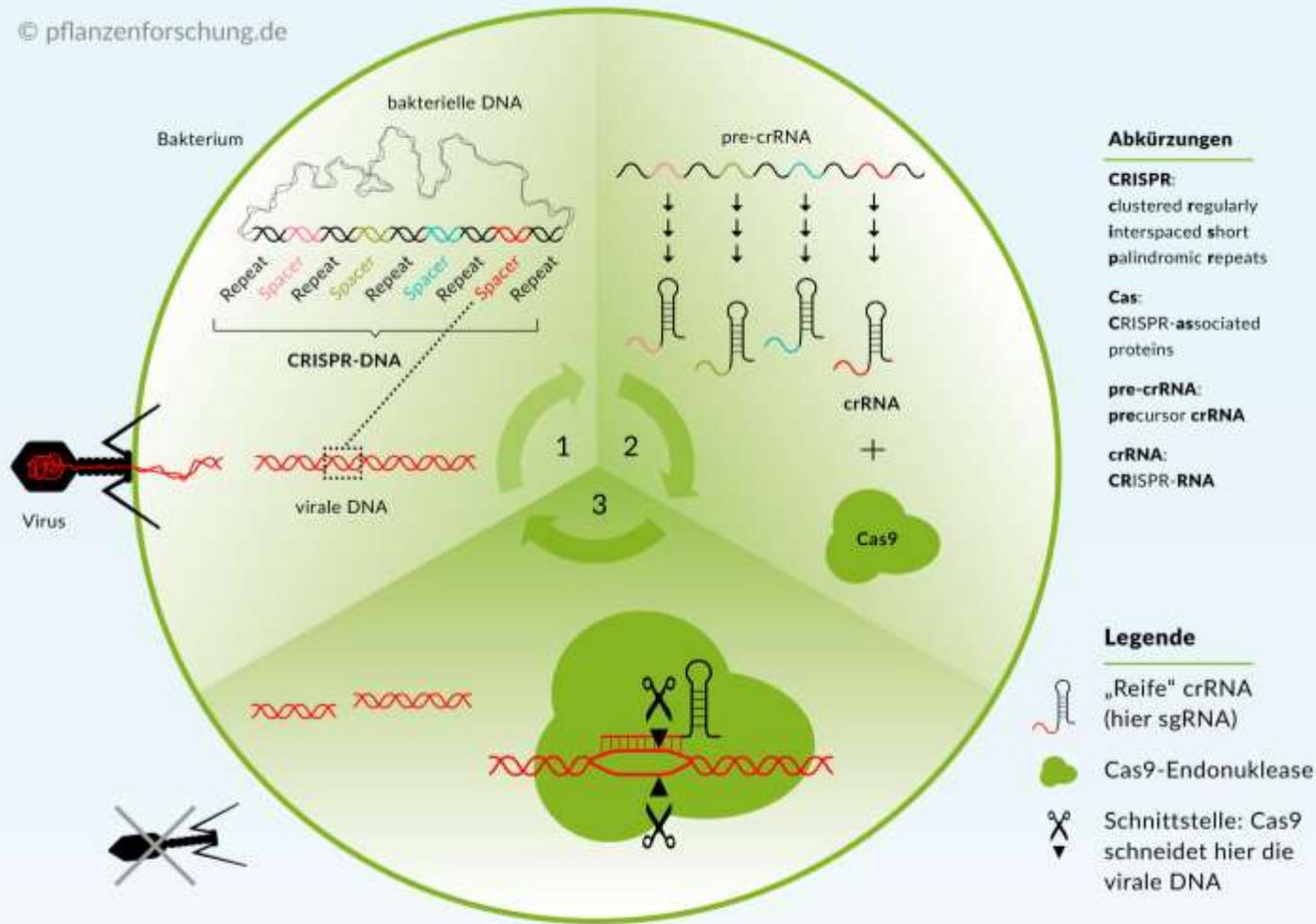
*Why Organic Farming Should Embrace Co-Existence with Cisgenic Late Blight-Resistant Potato*, Godelieve Gheysen<sup>1,\*</sup> & René Custers<sup>2</sup> *Sustainability* 2017, 9(2), 172

*Concepts and Strategies of Organic Plant Breeding in Light of Novel Breeding Techniques*, Edwin Nuijten, Monika M. Messmer & Edith T. Lammerts van Bueren, *Sustainability* 2017, 9(1), 18;

*Should Organic Agriculture Maintain Its Opposition to GM? New Techniques Writing the Same Old Story*, by Fern Wickson, Rosa Binimelis & Amaranta Herrero, *Sustainability* 2016, 8(11), 1105;

*Are we ready for back-to-nature crop breeding?* Michael G. Palmgren, Anna Kristina Edenbrandt, Suzanne Elizabeth Vedel, Martin Marchman Andersen, Xavier Landes<sup>3</sup>, Jeppe Thulin Østerberg, Janus Falhof, Lene Irene Olsen, Søren Brøgger Christensen, Peter Sandøe, Christian Gamborg, Klemens Kappel, Bo Jellesmark Thorsen, & Peter Pagh, *Trends in Plant Science* (2014) 1–10

*Towards social acceptance of plant breeding by genome editing*, Motoko Araki and Tetsuya Ishii, *Trends in Plant Science*, March 2015, Vol. 20, No. 3 145



**Phase 1: AKQUISITIONSPHASE**

Nach der Virusinfektion wird in der CRISPR-DNA ein neuer Spacer eingefügt

**Phase 2: BEARBEITUNGSPHASE**

Die pre-crRNA wird in „reife“ crRNA umgewandelt

**Phase 3: INTERFERENZPHASE**

Das Bakterium zerstört das eingedrungene Virus, indem mithilfe der „passenden“ crRNA und Cas9 das genetische Material des Virus zerschnitten wird

