



Die Potentiale neuer Züchtungsmethoden

13. März 2018, Berlin

Dr. Carl-Stephan Schäfer, Bundesverband Deutscher
Pflanzenzüchter e.V.

Innovationen in der Züchtung -

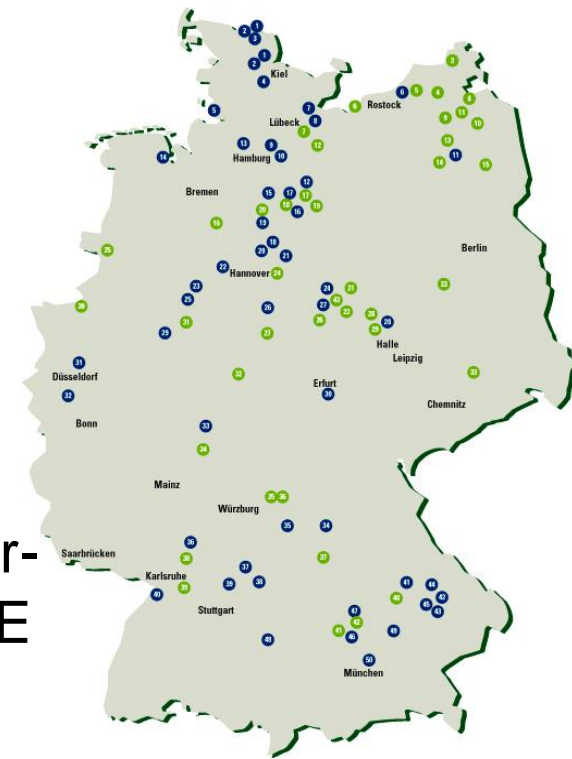
neue Werkzeuge im Werkzeugkasten des Pflanzenzüchters

- Welches sind die Neuen Züchtungsmethoden und was spricht für den Einsatz in der Pflanzenzüchtung?
- Wie ist der Stand der Diskussion zur Regulierung von neuen Züchtungsmethoden bzw. Pflanzen, die damit erzeugt wurden?
- Kriterien zur Bewertung von Pflanzen, die mit Neuen Züchtungsmethoden erzeugt wurden.

Branchenkennzahlen

Pflanzenzüchtung in Deutschland

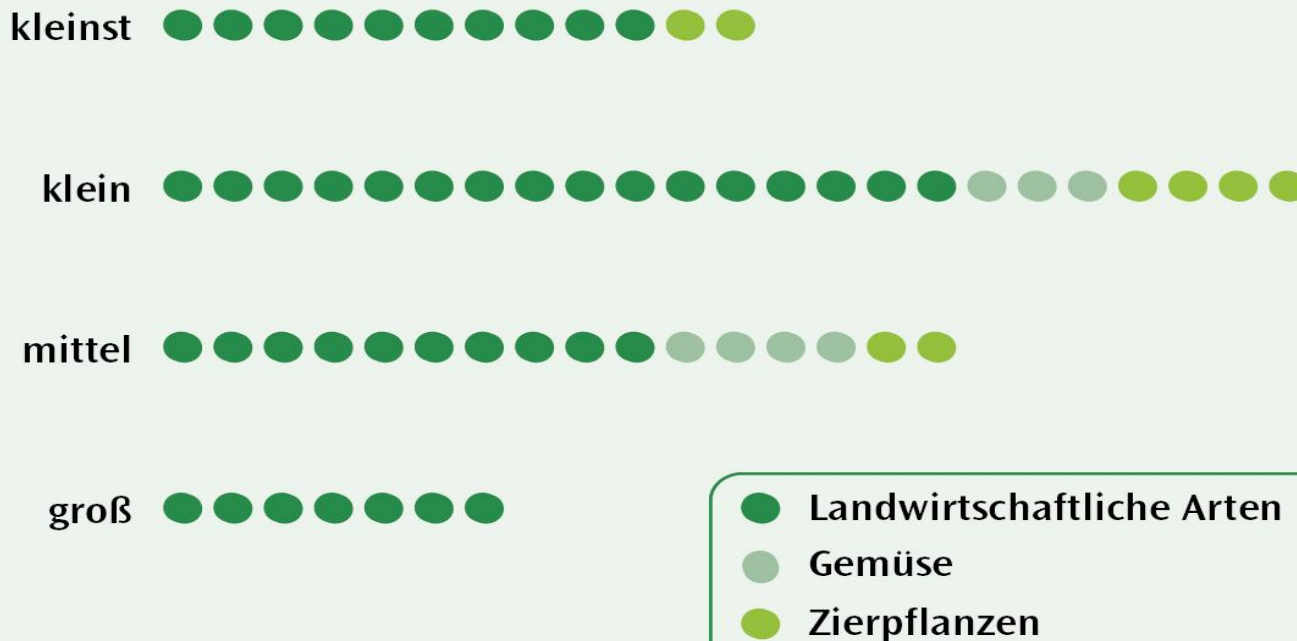
- **130** Pflanzenzüchtungs- und Saatenhandelsunternehmen sind im BDP organisiert
- **58** Unternehmen in Deutschland verfügen über eigene Zuchtprogramme
- **900** Millionen Euro beträgt der Umsatz der Züchtungsunternehmen in Deutschland
- rund **70** Prozent des Gesamtumsatzes generieren die Unternehmen im Ausland
- **5.773** Mitarbeiter sind in den Züchtungsunternehmen beschäftigt, **2.364** Mitarbeiter in F&E
- **15,1 %** F&E-Quote



Struktur – mittelständische Prägung

Marktstruktur, BDP-Mitgliederbefragung 2012/2013

Unternehmensgröße der Betriebe mit eigenem Zuchtprogramm nach den Umsatzschwellen*, die in Commission Recommendation 2003/361/EC zur Abgrenzung empfohlen werden.



* Die Auswertung lässt die Anzahl der Arbeitnehmer und die Jahresbilanzsummen außer Betracht.

Neuzulassungen, zugelassene Sorten BSA

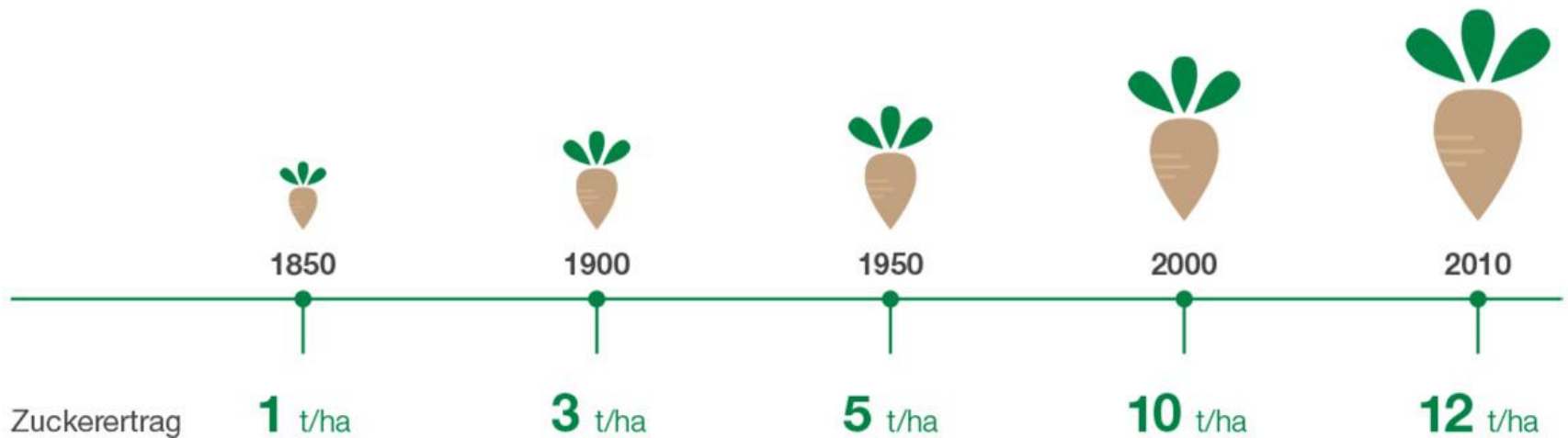
Sortenzulassungen in Deutschland

Sortenzulassungen	Neuzulassungen 01.07.2015–30.06.2016	zugelassene Sorten am 01.07.2016
Getreide ohne Mais	66	450
Mais	44	359
Kartoffeln	10	204
Futterpflanzen (Futterpflanzen und Gräser)	46 (23/23)	898 (215/683)
Öl- und Faserpflanzen	35	266
Zuckerrüben	33	357
Runkelrüben	0	9
Reben	0	128
Gemüse	30	545
Sonstige	0	1
	264	3.217

Quelle: Blatt für Sortenwesen 07/2016, Bundessortenamt, S. 156–157

Ertragsentwicklung am Beispiel der Zuckerrübe

Durchschnittlicher historischer Ertragszuwachs

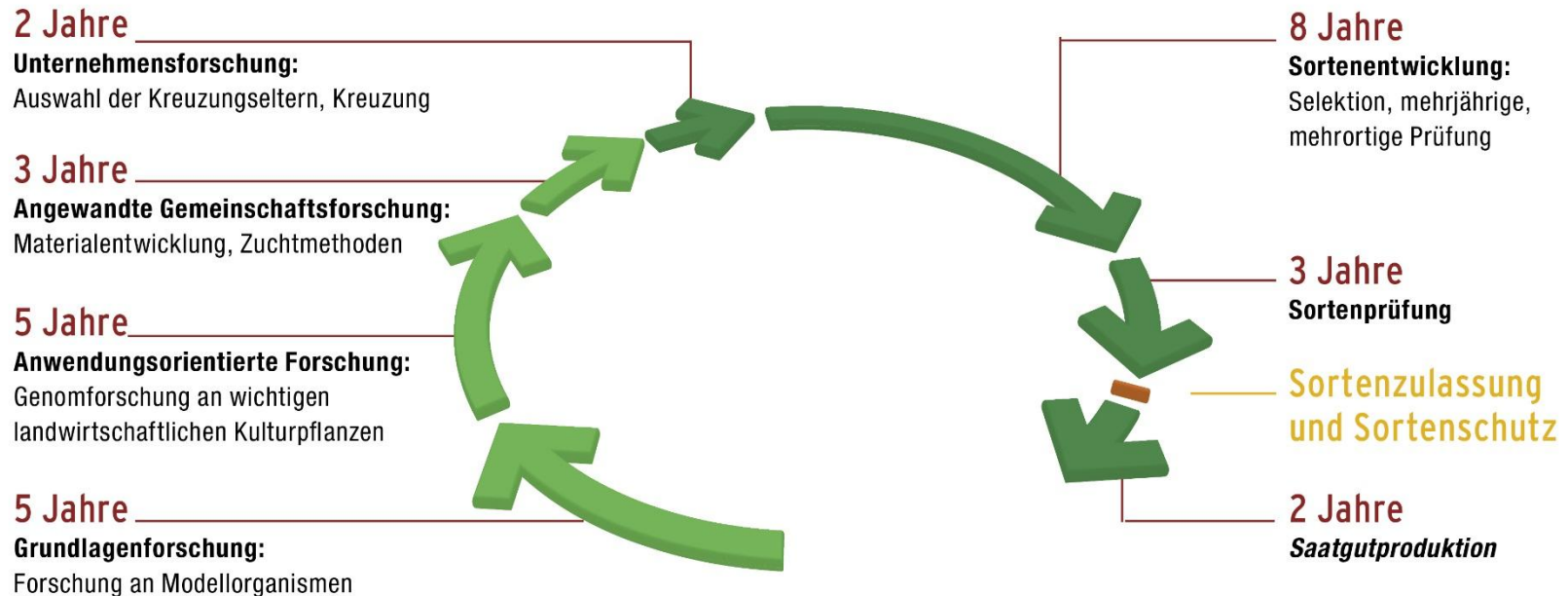


Wie funktioniert Pflanzenzüchtung?

- Was ist das Ziel der Pflanzenzüchtung?
 - Identifizierung des leistungsfähigsten Genotyps und unbegrenzte Reproduzierung
- Wie erreicht die Pflanzenzüchtung dieses Ziel?
 - Durch Schaffung neuer Ausgangsvariation
 - Durch Selektion von potentiellen Sortenkandidaten
 - Durch Prüfung von Experimentalsorten
- Welche Faktoren sind maßgebend für den Züchtungserfolg?
 - genetische Varianz
 - Selektionsintensität
 - Generationsintervall

Der lange Weg bis zur neuen Sorte

Züchtungszyklus – der lange Weg zur Sorte



- 1. Jahr: Ausgangskreuzung
- 2.-3. Jahr: Merkmalsausprägung, Selektion
- 4.-8. Jahr: Prüfung und Selektion

Meilensteine der Pflanzenzüchtung



Mendelsche Regeln
1866

Triticale
1888

Zuckerrübe
1750

Roggen
1000 v. Chr.

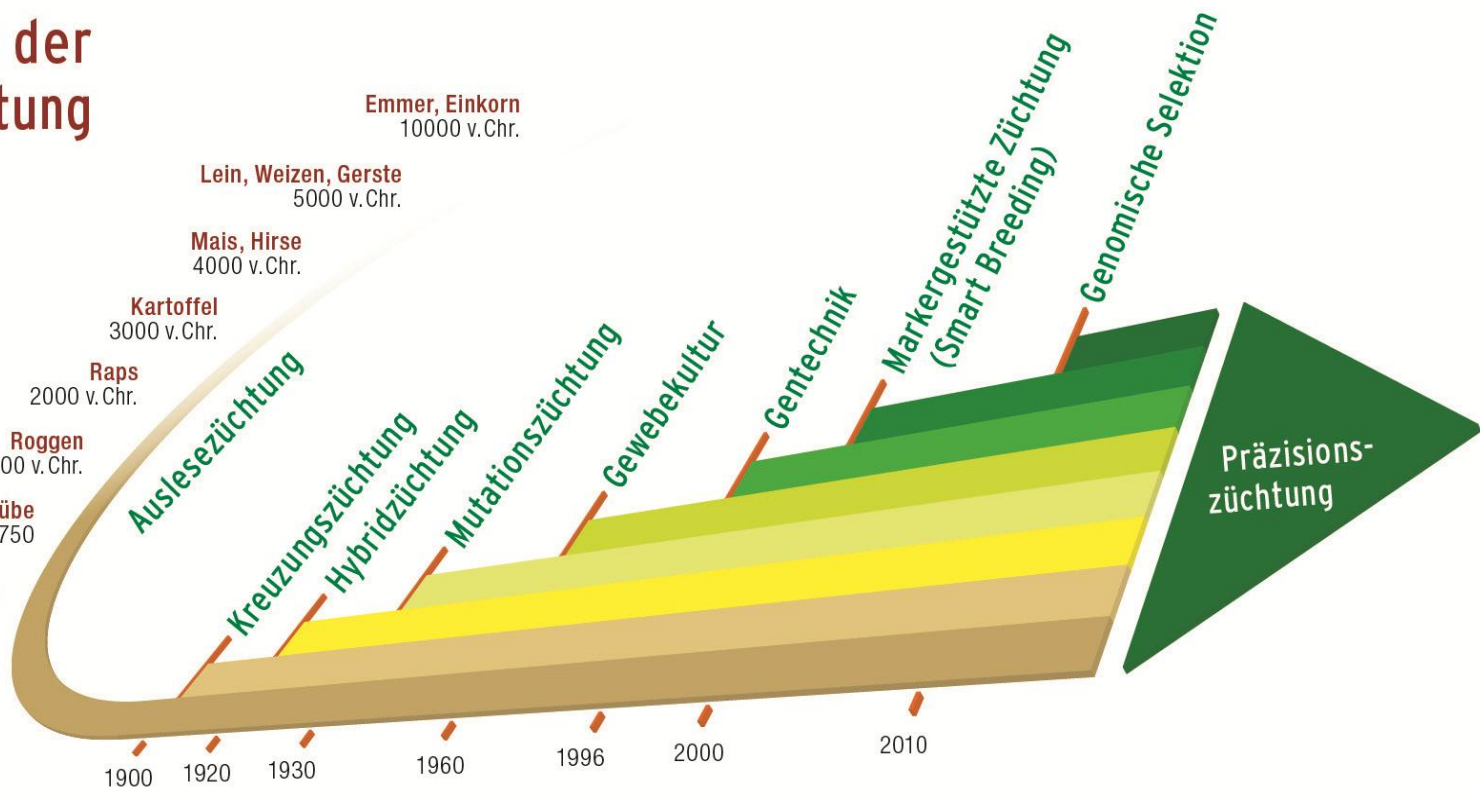
Raps
2000 v. Chr.

Kartoffel
3000 v. Chr.

Mais, Hirse
4000 v. Chr.

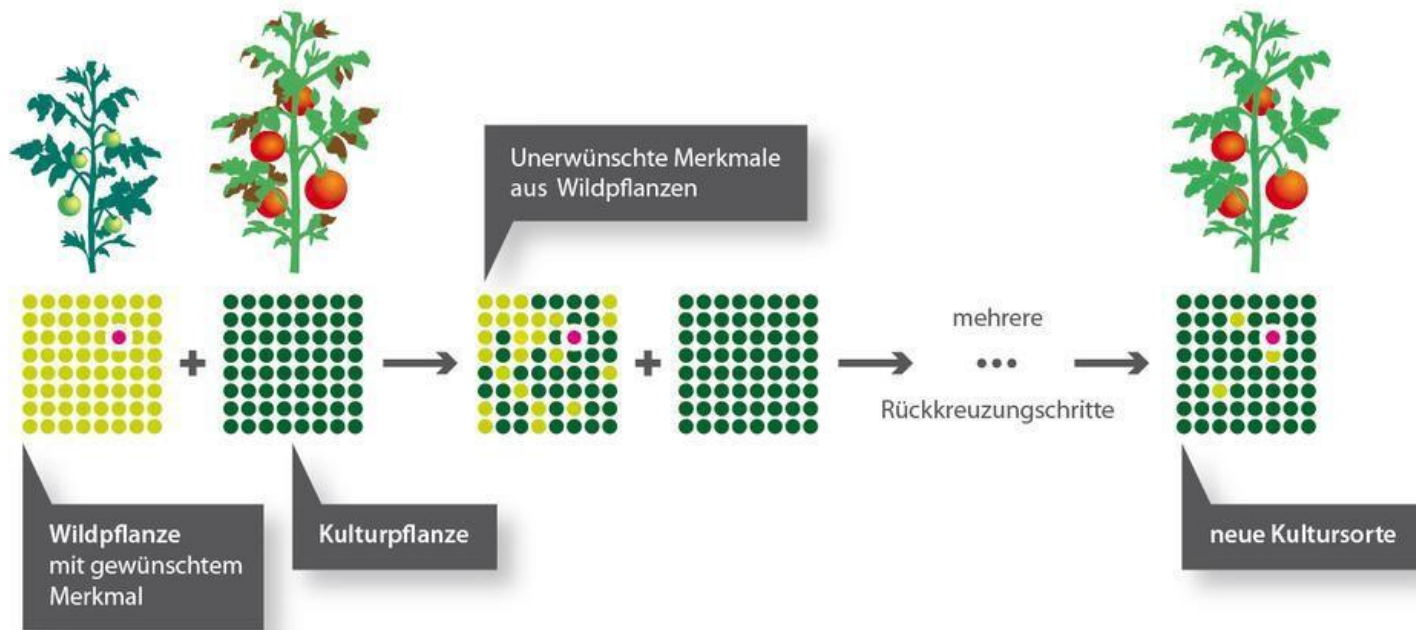
Lein, Weizen, Gerste
5000 v. Chr.

Emmer, Einkorn
10000 v. Chr.



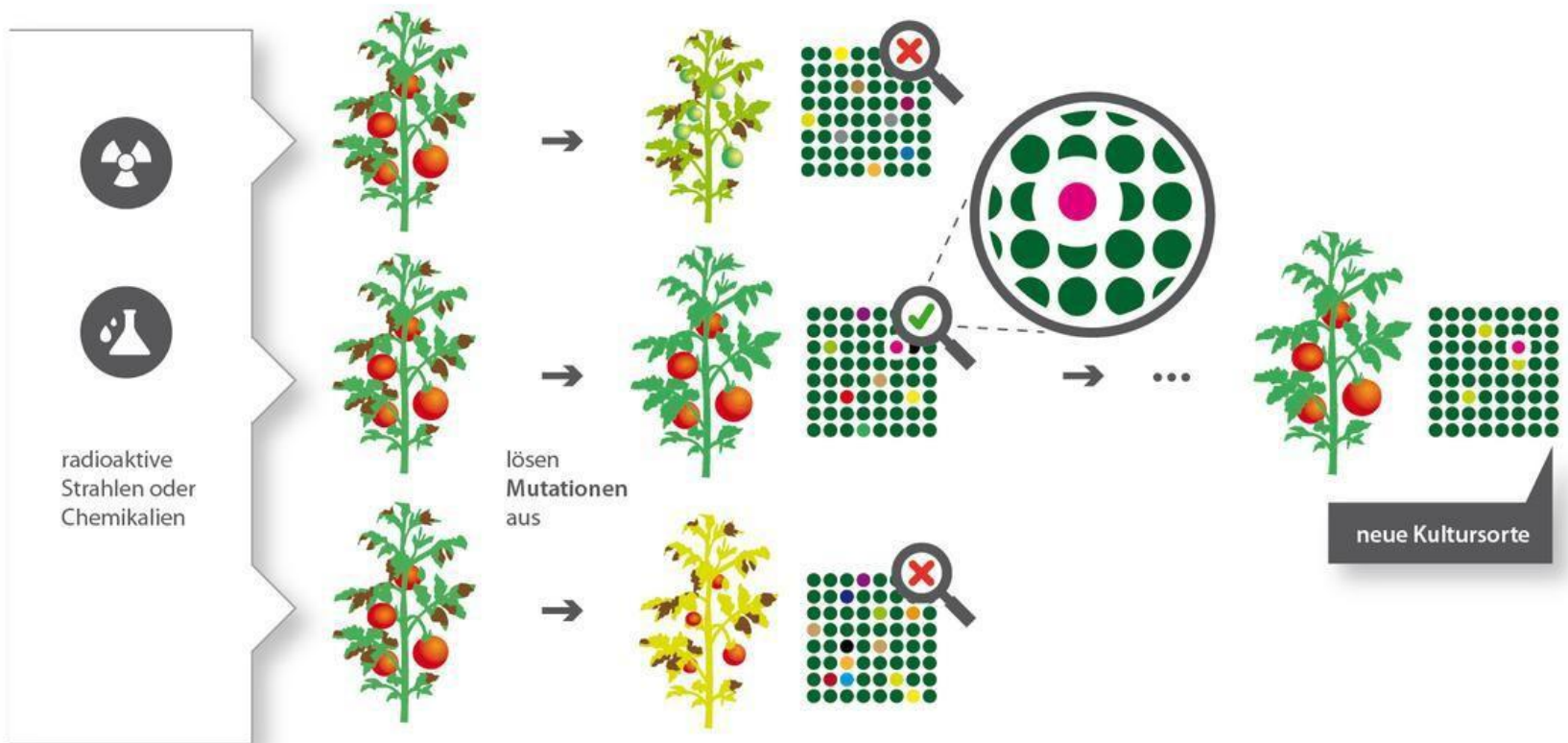
Pflanzenzüchtung - Viele Wege führen nach Rom

Klassische Kreuzungszüchtung



Klassische Mutagenese

Mutationszüchtung



Grafik: pigurdesign.

www.transgen.de/WGG

Mutationszüchtung



Wildkohl

Grünkohl

Kopfkohl

Rosenkohl

Kohlrabi

Blumenkohl

Stammform

Blattmutation

**Mutation
des
Haupttriebs**

**Mutation
des
Seitentriebs**

**Mutation
der
Sprossachse**

**Mutation
der
Blüte**

Quelle: www.transgen.de/WGG

V
A
R
I
A
T
I
O
N

konventionell

biotechnologisch

Auswahl
Kreuzungs-
partner

Kreuzung

Zellkultur

Gentechnik

CrisprCas
& Co.

Prototypen

Gendiagnostik/
Marker

Prüfung

Jahre, Orte,
Wiederholungen

Neue Pflanzen

Resistenz,
Ertrag, Qualität

Selektion

Offizielle Prüfung

Neue Sorte

S
E
L
E
K
T
I
O
N

Neue Methoden in der Pflanzenzüchtung

CRISPR/Cas9

RNA-dependent DNA methylation

PLANT agro-inoculation

REVERSE

ZINC FINGER NUCLEASE

BREEDING

double stranded

TALEN *ODM*

cisgenesis

AGRO-INFILTRATION

site-directed mutagenesis

SILENCING

INTRAGENESIS

oligonucleotide

GENE TARGETING

Neue Züchtungsmethoden

Genome Editing/ Side Directed Nukleasen (SDN)

- Eine zentrale Bedeutung bei der Diskussion um die neuen Züchtungsmethoden kommt *CRISPR/Cas9* (**C**lustered **R**egularly **I**nterspaced **S**hort **P**alindromic **R**epeats) zu.
- Die CRISPR/Cas-Methode basiert auf einem adaptiven antiviralen Abwehrmechanismus von Bakterien, dem CRISPR. Sie wird verwendet, um DNA an einer bestimmmbaren DNA-Sequenz zu schneiden.
- präzise Änderungen an der DNA Sequenz in identifizierten Genen bewirken
 - kann verschiedene Ziele in verschiedenen Genen adressieren
 - Gene können ausgeschaltet werden
 - Nutzung des pflanzlichen DNA Reparatur Mechanismus

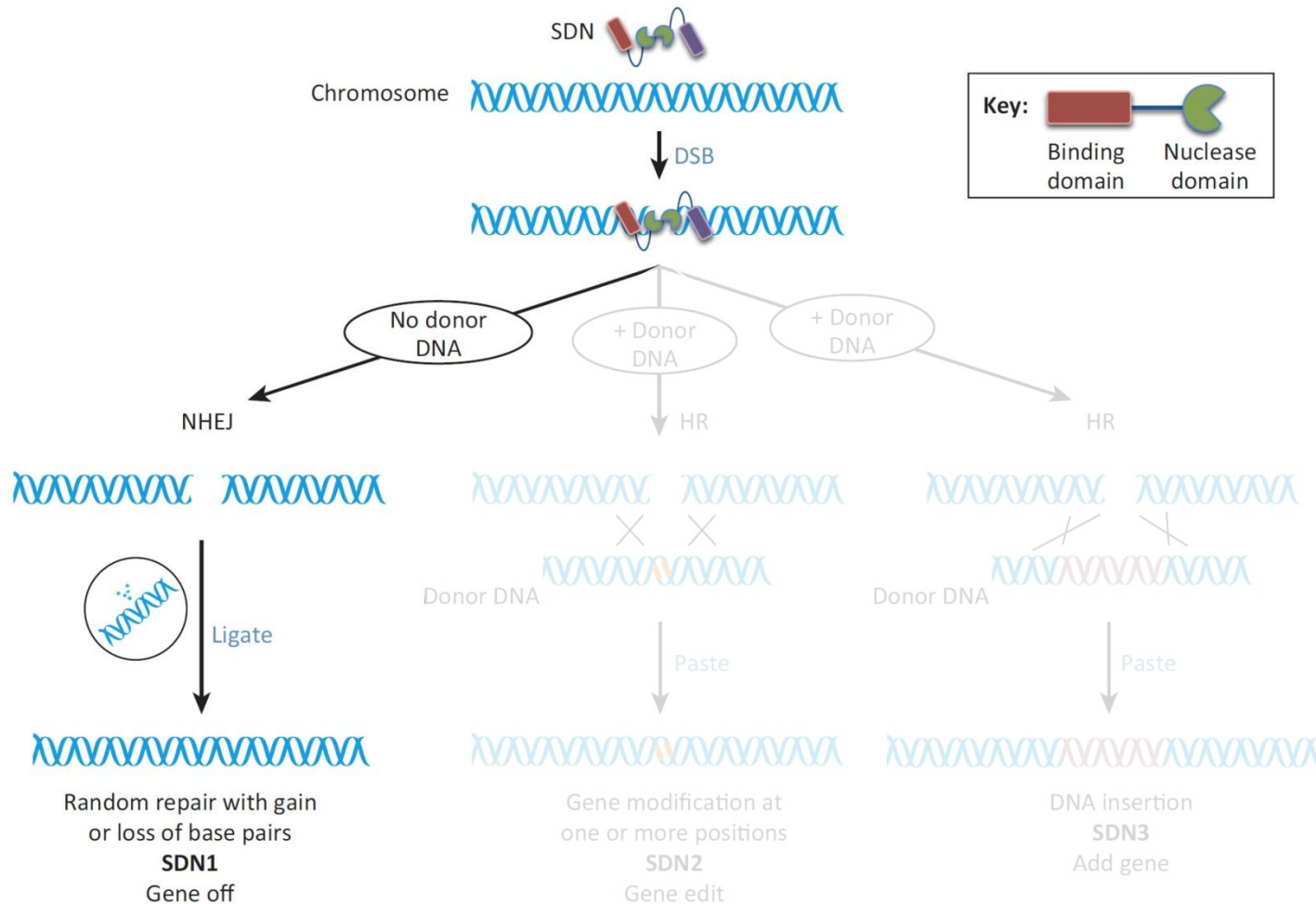
Neue Züchtungsmethoden

Bedeutung für Züchter

- Methoden können für alle Kulturarten verwendet werden
- Effizient und präzise
 - keine aufwendigen Rückkreuzungen
 - Reduzieren die F&E-Zeit und Züchtungsdauer, insbes. bei
 - Pflanzen mit langen Generationszeiten (Apfel, Rebe)
 - Pflanzen mit komplexen Genomen (Kartoffel, Weizen)
 - Pflanzen, bei denen sich neue Krankheiten schnell entwickeln (Klimawandel)
- Erzeugung (neuer) genetischer Variation
- keine ungewollten Nebeneffekte
- Zugänglich und relativ preisgrünstig
 - wichtig für alle Unternehmensgrößen

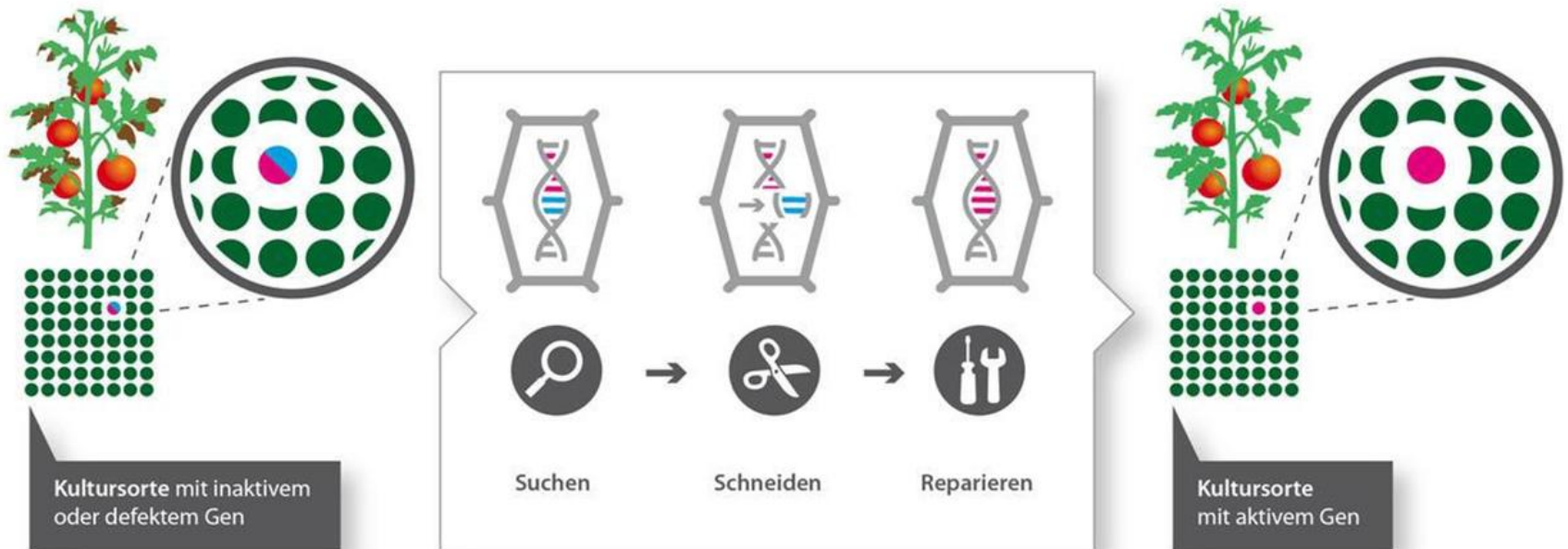
Gezielte Mutagenese mit Site-Directed Nucleases

Überblick: SDN – Technologien (1-3)



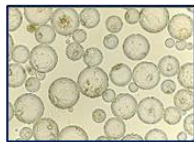
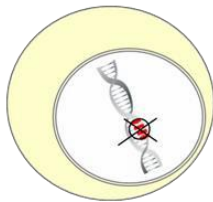
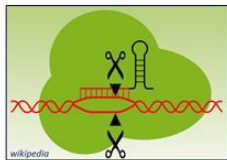
Gezielte Mutagenese mit neuen Züchtungsmethoden

Genome Editing



Neue Züchtungsmethoden sind aufwendig

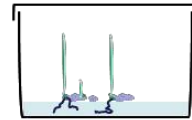
Behandlung einer Einzelzelle



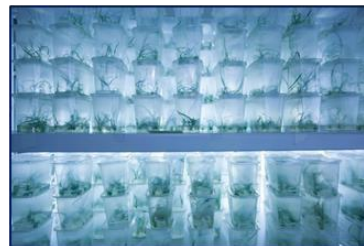
Gewebekultur



Induktion



Regeneration



Überprüfung



Kernfragen

- 1) Kann man die Techniken unter der **bestehenden EU-Gentechnikgesetzgebung** (Freisetzungsrichtlinie 2001/18) regeln oder bedarf es einer **Gesetzesänderung**?
- 2) Welche Techniken fallen unter die Gesetzgebung, welche nicht?

Worum geht es?

Richtlinie 2001/18 – GVO-Definition:

Ein Organismus mit Ausnahme des Menschen, dessen **genetisches Material** so **verändert** worden ist, **wie es auf natürliche Weise** durch Kreuzen und/oder natürliche Rekombination nicht möglich ist.

Ausnahmen:

1. **Mutagenese**
2. **Zellfusion** (einschließlich Protoplastenfusion) von Pflanzenzellen von Organismen, die mittels herkömmlicher Züchtungstechniken genetisches Material austauschen können.

BDP-Position

Kriterien zur Bewertung Neuer Züchtungsmethoden

- Die Bewertung von Pflanzen, die mit Neuen Züchtungsmethoden gezüchtet wurden, muss **prozess- und produktbasiert** erfolgen.
- Generell keine Regulierung erforderlich für **Pflanzen, die auch natürlicherweise und/oder durch Kreuzung entstehen könnten.**
- Pflanzen, die mit Neuen Züchtungsmethoden entwickelt wurden, fallen **nicht** unter das Gentechnikrecht, wenn sie
 1. ausschließlich durch **Mutagenese** entstanden sind, **oder**
 2. ausschließlich genetisches Material **kreuzbarer Arten** und
 3. **keine Neukombination** von genetischem Material enthalten, wie sie **natürlicherweise** nicht vorkommen würde

Tabelle 1:
Übersicht über die Verfahren und ihre Anwendung in der Pflanzenzüchtung

Methode		kein gentechnisch veränderter Organismus (GVO) nach Richtlinie 2001/18/EG	Gentechnisch veränderter Organismus (GVO) nach Richtlinie 2001/18/EG
		Pflanze enthält nur punktuelle Veränderungen des Genoms, die auch natürlicherweise auftreten könnten bzw. nur Erbmateriale aus kreuzbaren Arten (Nutzung natürlicher Prozesse bzw. Nachahmung der Natur).	Pflanze enthält „fremdes“ Erbmateriale im Genom über die Kreuzungsbarriere hinweg und kann natürlicherweise nicht entstehen.
herkömmliche Verfahren	Kreuzung	✓	
	Nutzung natürlicher Mutationen	✓	
	Mutationen herbeigeführt mittels Strahlung	✓	
	Mutationen herbeigeführt mittels Chemikalien	✓	
Gentechnik	Einfügen von Fremdgenen mittels Genkanone		✓
	Einfügen von Fremdgenen mittels Agrobakterium		✓
Neue Verfahren	RNA-induzierte Methylierung (RdDM)	✓	
	Genome Editing:		
	• Oligonukleotid gerichtete Mutagenese (ODM)	✓	
	• Zinc-Finger Enzyme (ZFN)	✓	✓
	• TALEN	✓	✓
• CRISPR/Cas	✓	✓	

ZFN: Zink Finger Nukleasen

TALEN: Transcription Activator-Like Effector Nuklease

CRISPR/Cas: Clustered Regular Interspaced Short Palindromic Repeats/ CRISPR associated

Modulbericht zu neuen Techniken

Modul III Nachweis und Identifizierbarkeit

Wissenschaftlicher Bericht zu den neuen Techniken in der Pflanzenzüchtung und der Tierzucht und ihren Verwendungen im Bereich der Ernährung und Landwirtschaft



Bundesamt für
Verbraucherschutz und
Lebensmittelsicherheit



Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Federal Research Centre for Cultivated Plants



Max Rubner-Institut
Bundesforschungsinstitut für
Ernährung und Lebensmittel



Johann Heinrich
von Thünen-Institut
Bundesforschungsinstitut
für Ländliche Räume, Wald
und Fischerei

FRIEDRICH-LOEFFLER-INSTITUT



Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
Federal Research Institute for Animal Health



Bundesinstitut für Risikobewertung

Schlussfolgerungen

- Ein **Nachweis der genetischen Veränderung** ist mit geeigneten Techniken mit gewissen Einschränkungen möglich
- Die **Identifizierung** des genomeditierten Organismus und die Unterscheidung von anderen Organismen sind **nur unter bestimmten Voraussetzungen** und **nur im Vergleich zu einer Referenz** eindeutig möglich.
 - ABER: Der **Nachweis genetischer Unterschiede** und die **Identifizierung des genomeditierten Organismus** allein geben **keine Auskunft zur Ursache der Nukleotidsequenzänderung**.
- Ob nachgewiesene genetische Veränderungen durch Techniken des Genome Editing oder andere Techniken erzeugt wurden, ist **nicht zweifelsfrei** zu klären.

Vorabentscheidungsanfrage des Conseil d'Etat

Europäischer Gerichtshof (EuGH)

- 2014/15: Französische NGOs stellen vor dem Hintergrund der Genehmigung konventioneller, herbizidtoleranter Sorten die rechtmäßige nationale Umsetzung der RL 2001/18/EG in Frage und klagen in Frankreich.
- Oktober 2016: Der Conseil d'Etat (Staatsrat) stellt Vorabentscheidungsanfrage an den EuGH mit konkreten Fragen zur Bewertung von Mutageneseverfahren (SDN, ODM) bzw. daraus resultierender Produkte:
 - Fallen diese Produkte unter die GVO-Definition der RL 2001/18 EG und/oder der RL 2001/53 EG (gemeinsamer Sortenkatalog)?
 - Besteht Ermessensspielraum für die Mitgliedstaaten bei der Bewertung neuer Mutageneseverfahren?
 - Wäre eine Einordnung als nicht-GVO mit Vorsorgeprinzip vereinbar?

Vorabentscheidungsanfrage des Conseil d'Etat

EuGH-Verfahren

Stellungnahme des Generalanwalts

- Begriff der Mutagenese nicht auf Verfahren beschränkt, die bei Abfassung der Richtlinie bekannt und als sicher eingestuft waren (d. h. auch auf neue Verfahren anwendbar)
- Durch Mutagenese gewonnene Organismen können GVOs sein, sind aber grundsätzlich von den Verpflichtungen der RL 2001/18 ausgenommen
- Ausnahme gilt allerdings nur dann, wenn keine rekombinante Nukleinsäure verwendet wurde
- Mitgliedstaaten wird Möglichkeit eingeräumt, durch Mutagenese gewonnene Organismen, unter Beachtung übergreifender Grundsätze des Unionsrechts, gesondert zu regulieren



Wer schafft **Vielfalt** beim
Saatgut - wenn nicht wir?

Am Anfang der Wertschöpfungskette steht die pflanzliche Produktion in der Landwirtschaft. Wir Pflanzenzüchter entwickeln hochleistungsfähige und angepasste Sorten – damit die Pflanzen den Anforderungen als Nahrungs-, Energie- und Rohstofflieferanten gerecht werden können. Pflanzenzüchtung ist der Motor für den Ertragsfortschritt in der Landwirtschaft.