



# Die Pflanzenzüchtung auf dem Weg ins 21. Jahrhundert

Neue Verfahren in der Pflanzenzüchtung – Nutzen und Herausforderungen  
Dienstag, 27. Januar 2015, 13 - 18 Uhr, Universität Bern

Prof. Dr. Bruno Studer, Institut für Agrarwissenschaften, ETH Zürich

# Inhalt

- Die Pflanzenzüchtung gestern...
  - Historische Errungenschaften der Pflanzenzüchtung
  - Bedeutung der Pflanzenzüchtung
- Die Pflanzenzüchtung heute...
  - Kulturarten und Akteure
  - Zuchtziele
  - Eckpfeiler moderner Pflanzenzüchtung
- Die Pflanzenzüchtung morgen...
  - Herausforderungen
  - Technologische Entwicklungen

# Die Pflanzenzüchtung gestern...



# Von der Populations- zur Hybridzüchtung

- Mais (*Zea mays* L.)
  - Verbesserung des Kornertrages von fast 400% seit der Einführung in den späten 20er Jahren



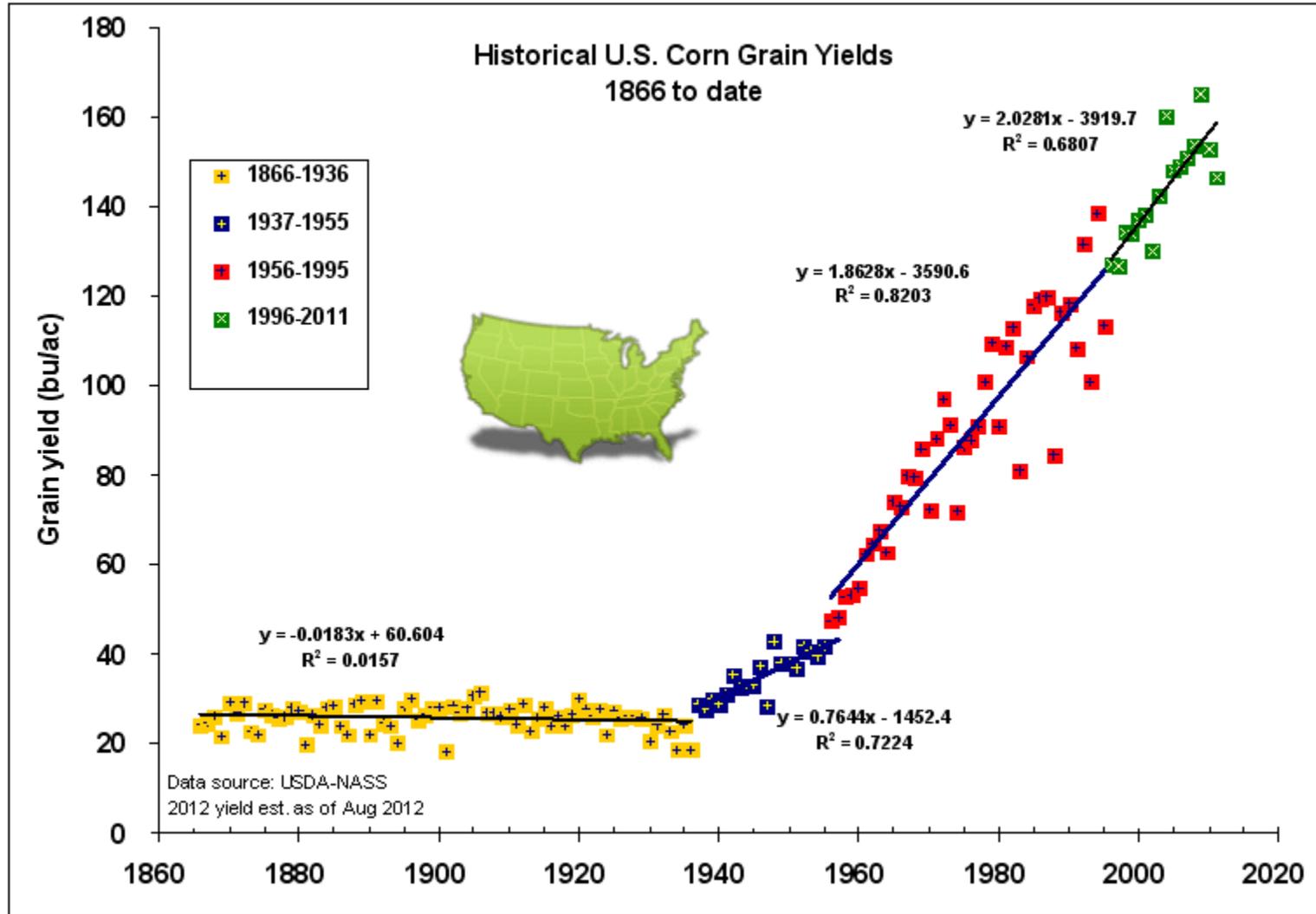
Mo17

F<sub>1</sub>

B73



<http://www.cmbb.arizona.edu/>  
Springer und Stupar, 2007



www.agry.purdue.edu-762

# Von der Linien- zur Hybridzüchtung

- Mais (*Zea mays* L.)
  - Verbesserung des Kornertrages von fast 400% seit der Einführung in den späten 20er Jahren
- Reis (*Oryza sativa* L.)
  - Der Anbau von Hybridsorten hat von 2.1 Millionen ha (1977) auf 15.3 Millionen ha (1997) zugenommen, Ertragsvorteil von 20 bis 30%

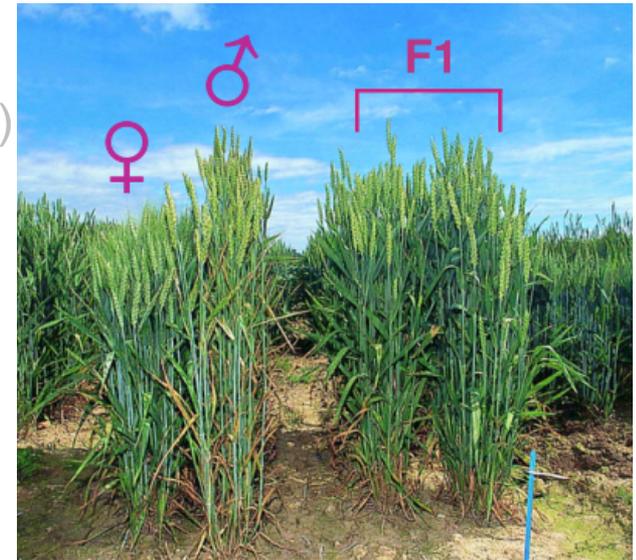


Zhenshan 97(i) F1 Nipponbare(j)

Wang et al, 2012

# Von der Linien- zur Hybridzüchtung

- Mais (*Zea mays* L.)
  - Verbesserung des Kornertrages von fast 400% seit der Einführung in den späten 20er Jahren
- Reis (*Oryza sativa* L.)
  - Der Anbau von Hybridsorten hat von 2.1 Millionen ha (1977) auf 15.3 Millionen ha (1997) zugenommen, Ertragsvorteil von 20 bis 30%
- Weizen (*Triticum aestivum* L.)
  - In der Entwicklungsphase...

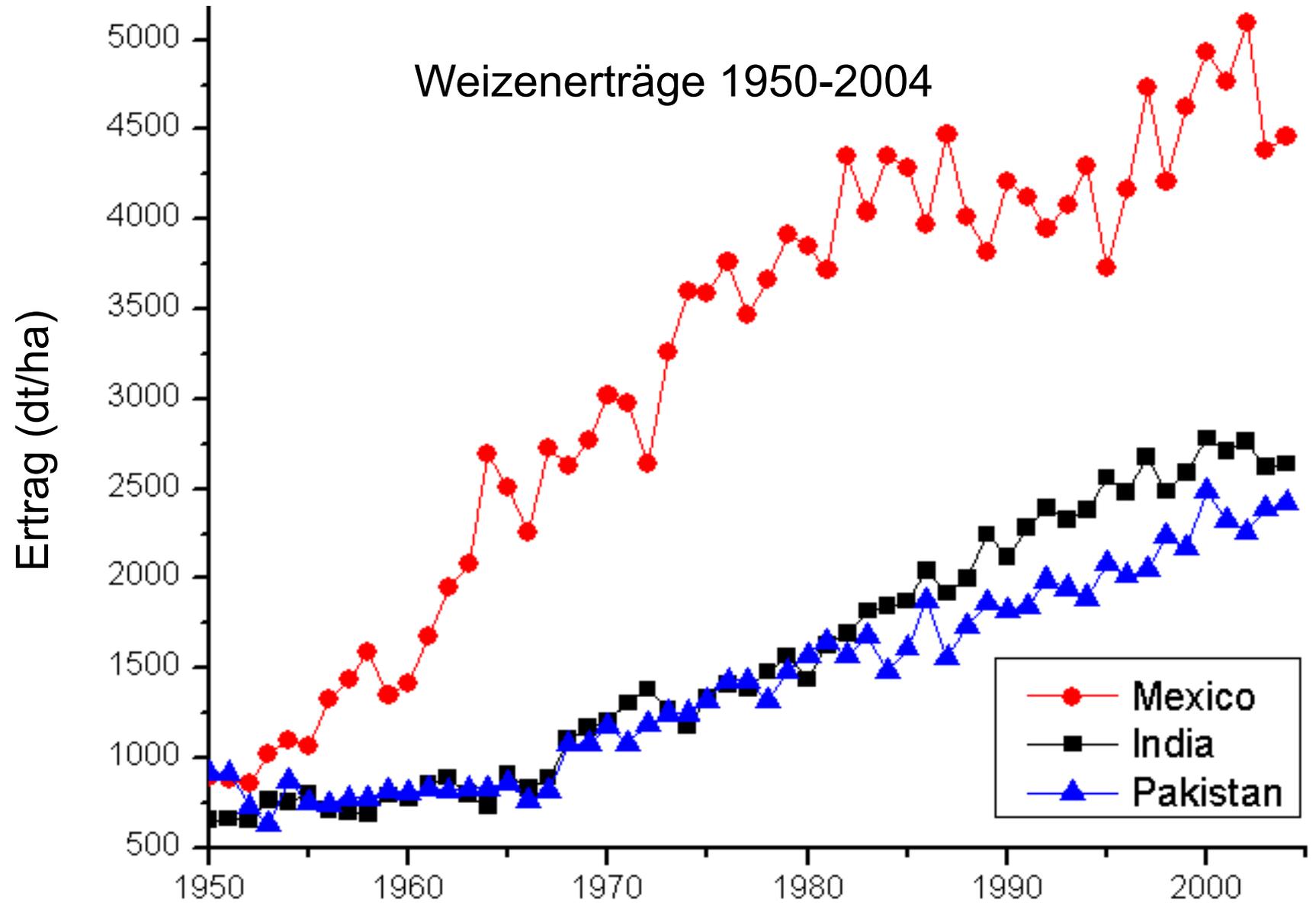


Hund et al, 2014

# Hybridzüchtung

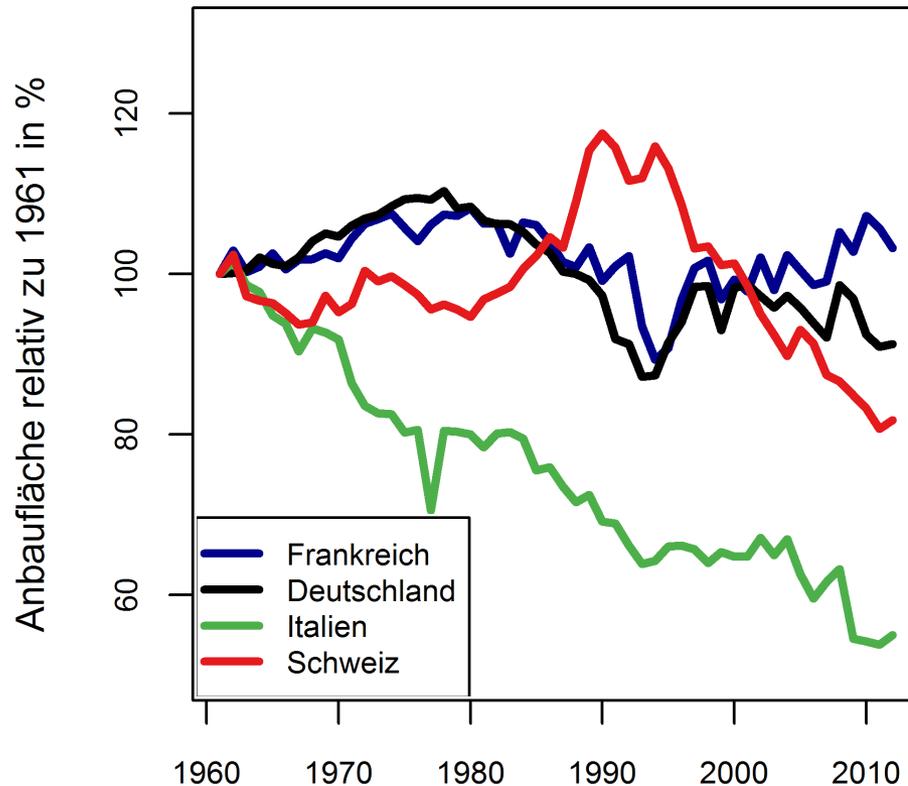
- Mais (*Zea mays* L.)
  - Verbesserung des Kornertrages von fast 400% seit der Einführung in den späten 20er Jahren
- Reis (*Oryza sativa* L.)
  - Der Anbau von Hybridsorten hat von 2.1 Millionen ha (1977) auf 15.3 Millionen ha (1997) zugenommen, Ertragsvorteil von 20 bis 30%
- Weizen (*Triticum aestivum* L.)
  - In der Entwicklungsphase...
- Raps (*Brassica napus* L.)
- Zuckerrübe (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*).
- Roggen (*Secale cereale* L.)
- Zahlreiche Gemüsearten
- ...



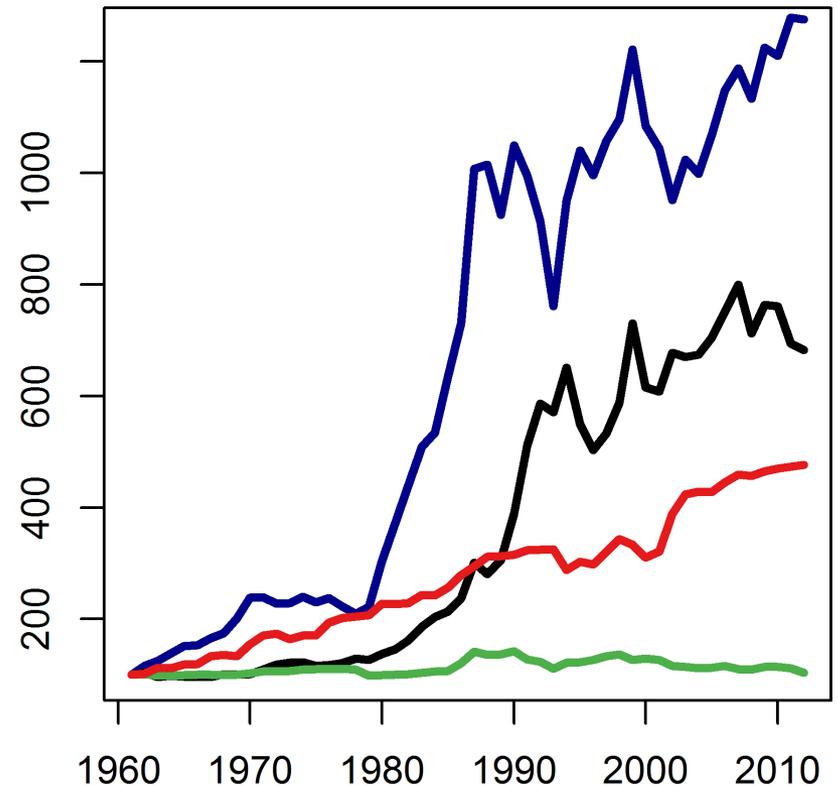


# Entwicklung der Hauptkulturen in CH, D, F und I (1960-2012)

## Getreide

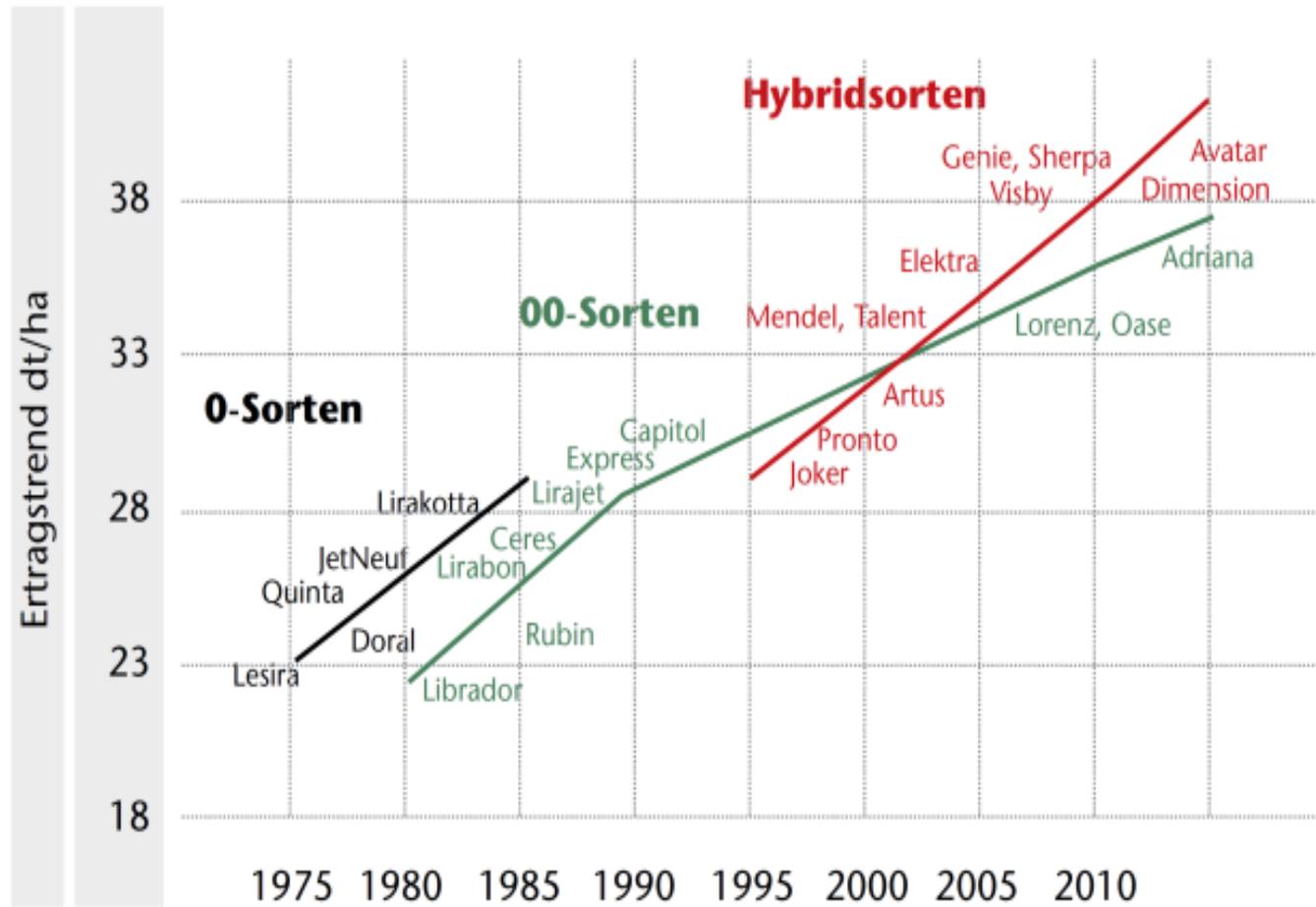


## Ölsaaten



Walter et al, 2014

# Entwicklung von Ertrag und Qualität von Rapssorten in Deutschland



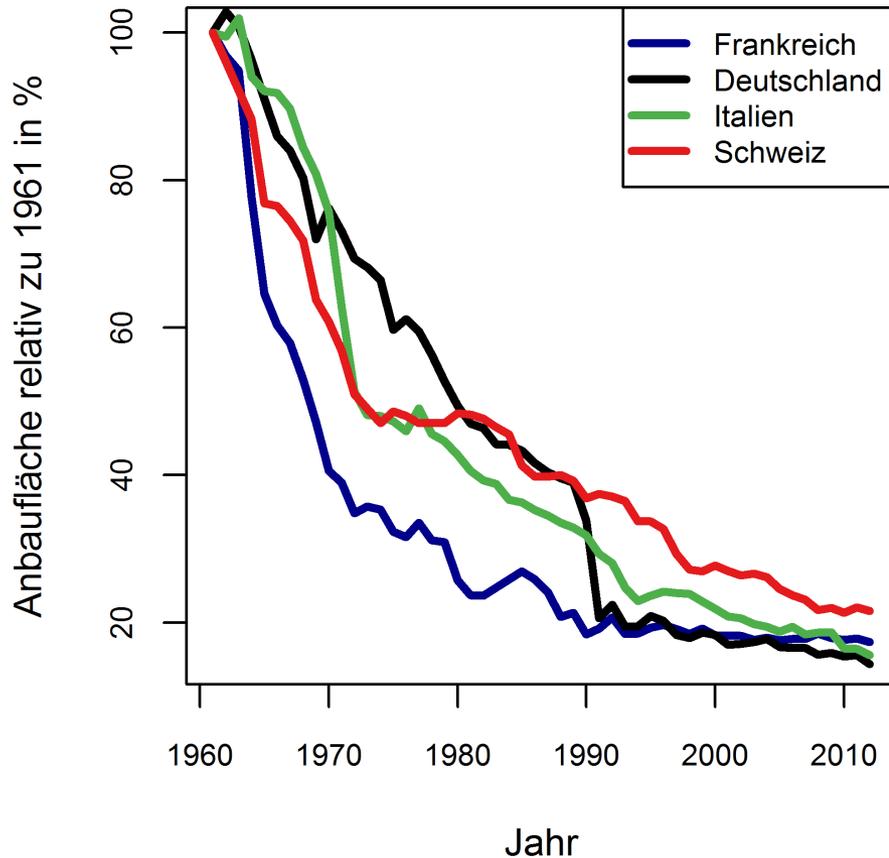
**Heute:** Alle Sorten Typ 00; Erucasäurefrei, wenig Glucosinolate

**Ölqualität:** Hohe Gehalte an  $\omega$ -3 u.a. ungesättigten, essenziellen Fettsäuren

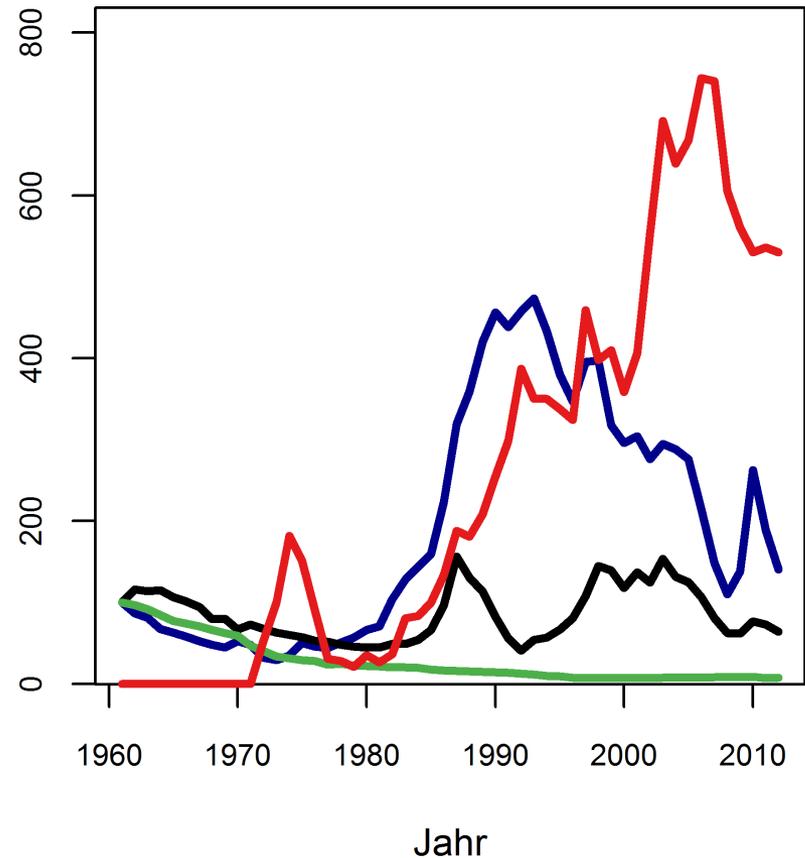
**Hybridsorten**  
Erhöhtes Ertragspotential

# Entwicklung der Hauptkulturen in CH, D, F und I (1960-2012)

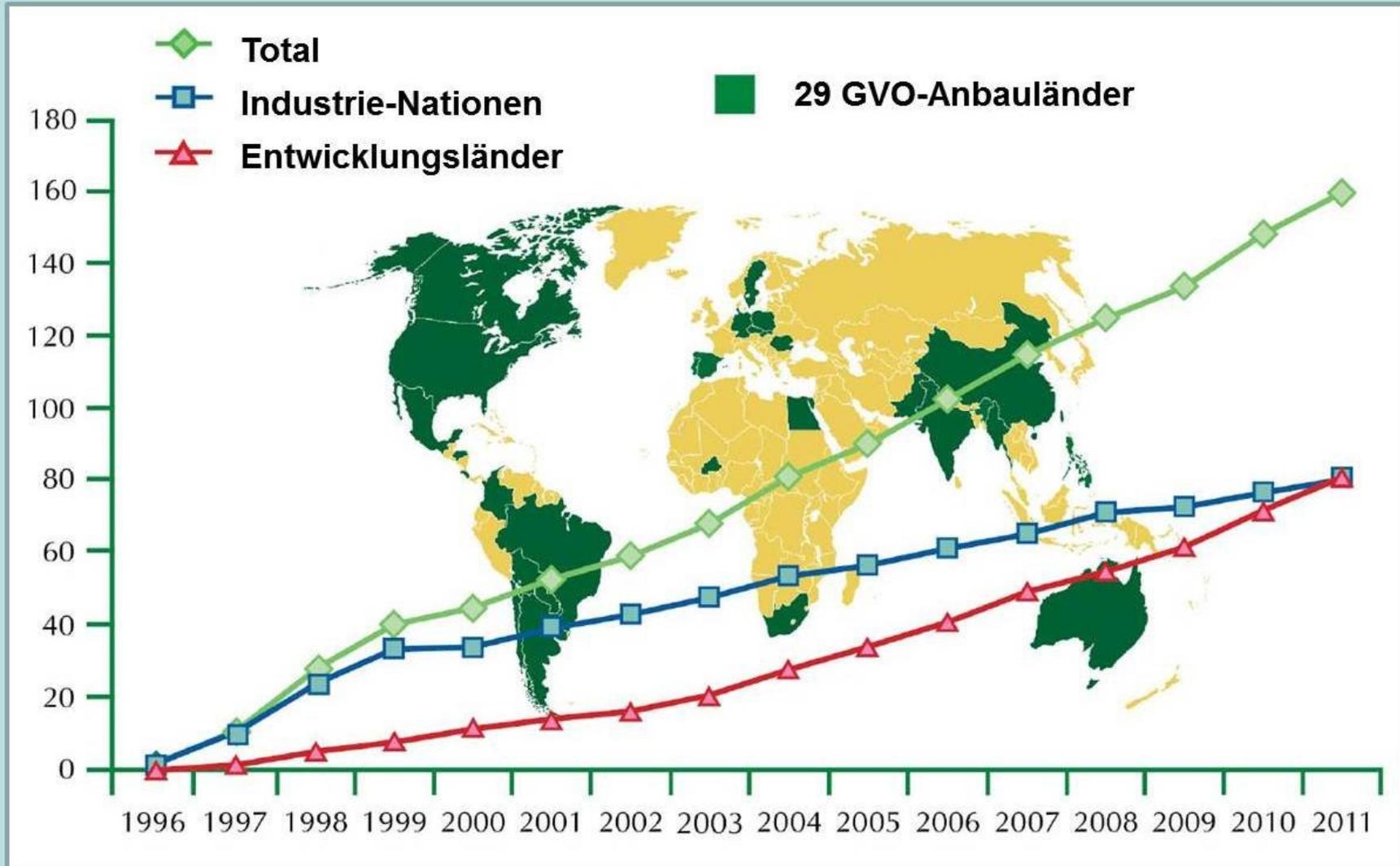
## Wurzeln und Knollen



## Hülsenfrüchte



# Globale Anbaufläche für Gentech-Pflanzen (Millionen Hektaren, 1996 – 2011)



## Take home message (I)

- **Innovation in der Pflanzenzüchtung ist die treibende Kraft des Pflanzenbaus**
  - Nutzung von Heterosis in der Pflanzenzüchtung
  - *Dwarf*-Mutanten als Grundlage der «Grünen Revolution»
  - Qualitätszüchtung
    - 0 und 00-Sorten bei Raps
    - 000 Sorten bei Soja
    - ...
  - Cis- und Transgentechnologie

# Die Pflanzenzüchtung heute...



# Gezüchtete Kulturarten

## Verengung der Vielfalt in der Pflanzenzüchtung

300'000 bis 400'000 Pflanzenarten

30'000 essbare Pflanzenarten

7'000 Nahrungspflanzen

200 statistisch erfasste Nahrungspflanzen

30 wichtige Nahrungspflanzen

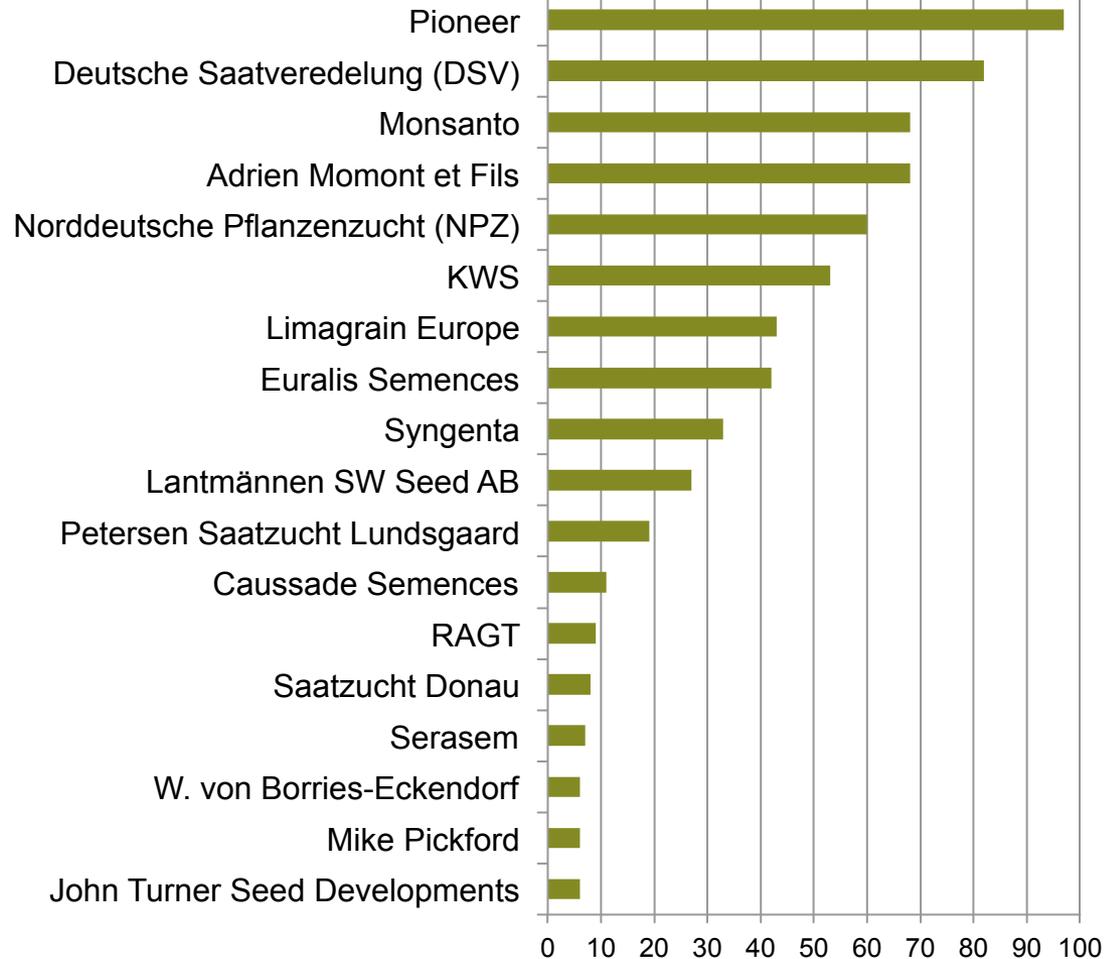
3 Hauptkulturen: Mais, Reis, Weizen

FiBL, 2012

# Rapszüchtung heute



- Anzahl der Sorten (CPVO, registriert ab 2000)
- Ca. 650 Sorten
- 18 weitere Züchtungsunternehmen mit weniger als 5 registrierten Sorten
- Überwiegend deutsche und französische Unternehmen, keine CH Rapszüchtung

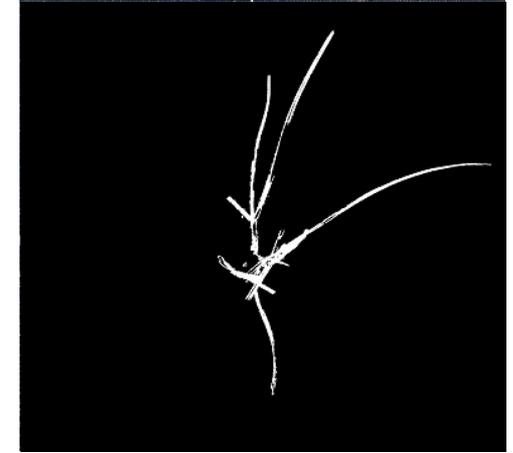


# Zuchtziele

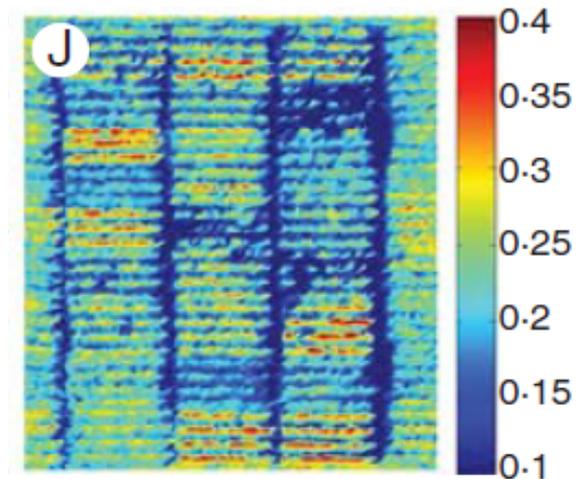
- **Ertrag, Ertrag, Ertrag, Resistenz, Qualität und Ertrag**
- Ertragsstabilität (den aktuellen an den potentiellen Ertrag heranführen)
- Qualität
- Resistenz
- Toleranz gegenüber Hitze, Dürre, Wasser (Wurzelsystem)
- Ressourceneffizienz (Wasser, Nährstoffe, ...)
- Mehrjährigkeit von Kulturpflanzen
- N Fixierung in Nicht-Leguminosen
- ...

# Phänotypisierung

- Leistungsfähigkeit von Kulturpflanzen mit Bildanalyse erfassen – im Gewächshaus
  - Vollautomatische Hochdurchsatzsysteme
- Leistungsfähigkeit von Kulturpflanzen mit Bildanalyse erfassen – im Feld
  - Drohnen, Feldkamarasysteme
  - NIRS
  - RGB, NDVI Kameras
  - 3D Laserscanner
  - Wärmebildkameras
  - ...



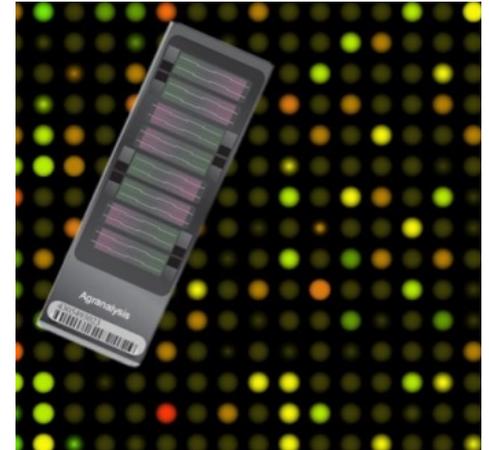
www.convirion.com



Walter, Studer und Kölliker, 2012

# Genotypisierung

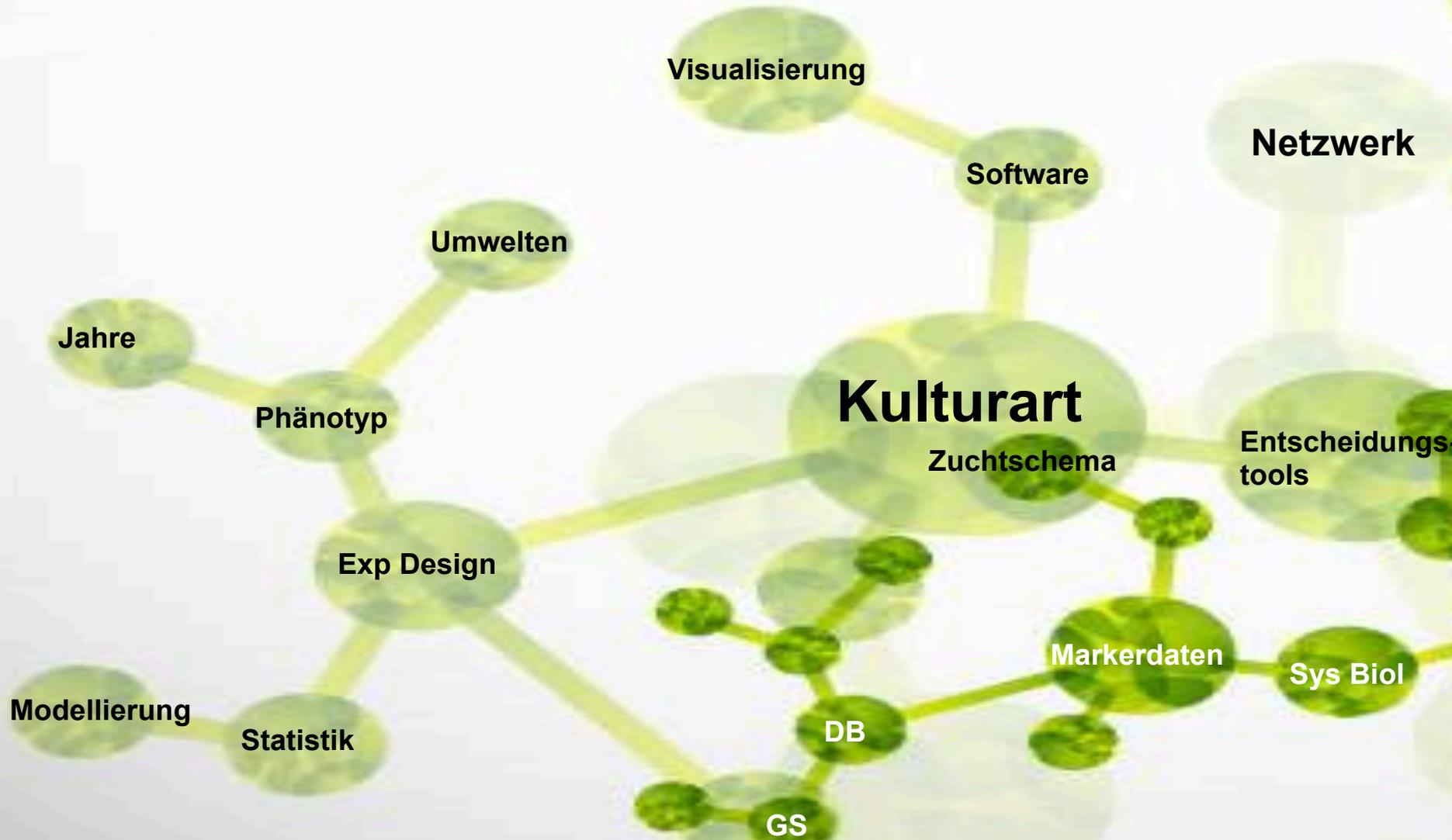
- Charakterisierung der natürlich vorhandenen genetischen Diversität für die Pflanzenzüchtung
- Effektive Selektion im Züchtungsprozess (Marker-gestützte Selektion)
  - Einzelne Marker für spezifische Eigenschaften
  - Genomische Selektion, die Voraussage des Phänotypes einer Pflanze basierend auf >100'000 genomischen Datenpunkten
  - Genomisch geschätzter Zuchtwert einer Pflanze (analog der Tierzüchtung)



[www.illumina.com](http://www.illumina.com)

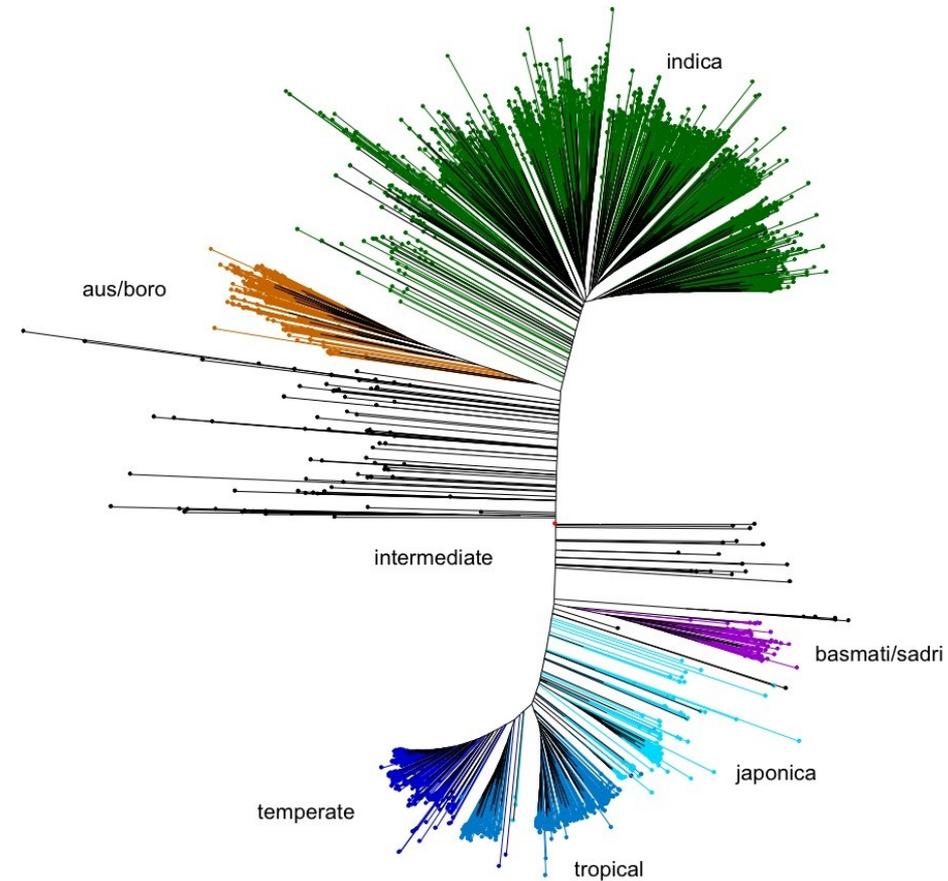


# Vernetzung im Züchtungsprozesses



# Vernetzung innerhalb der Kulturart

- Beispiele aus Mais, Weizen, Gerste...
- The 3,000 Rice Genomes Project
  - (Re)Sequenzierung (14X) von 3000 Sorten und Landsorten
  - “Digital library”
  - Entsprechende Verkreuzung
  - Phänotypische Beschreibung in verschiedensten Umwelten
  - “Allele Mining” für neue Sorten



The 3000 Rice Genomes Project 2014. *GigaScience* 3:7

# Trans- und interdisziplinäre Vernetzung

Praktische Züchtung

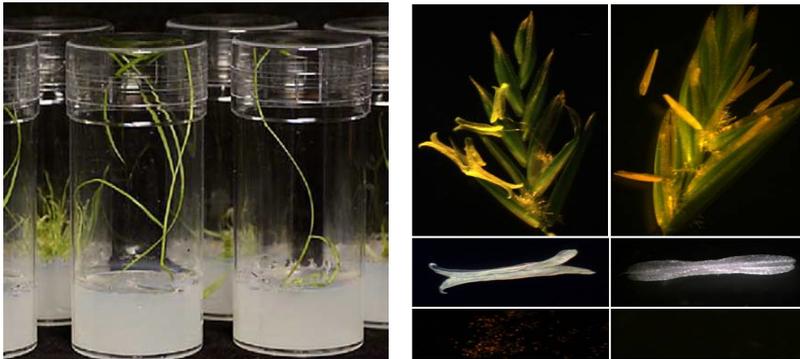


Ausbildung

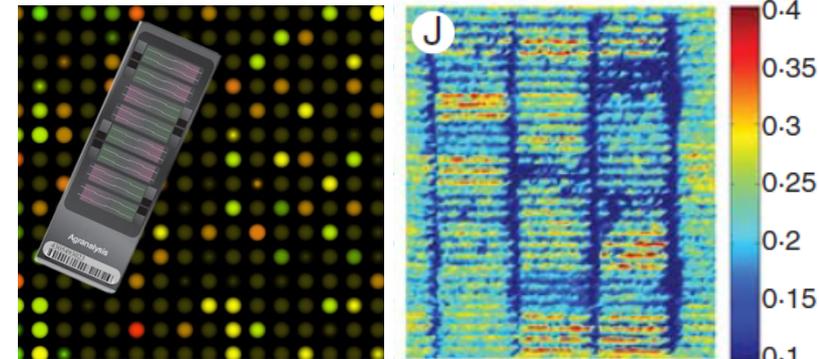


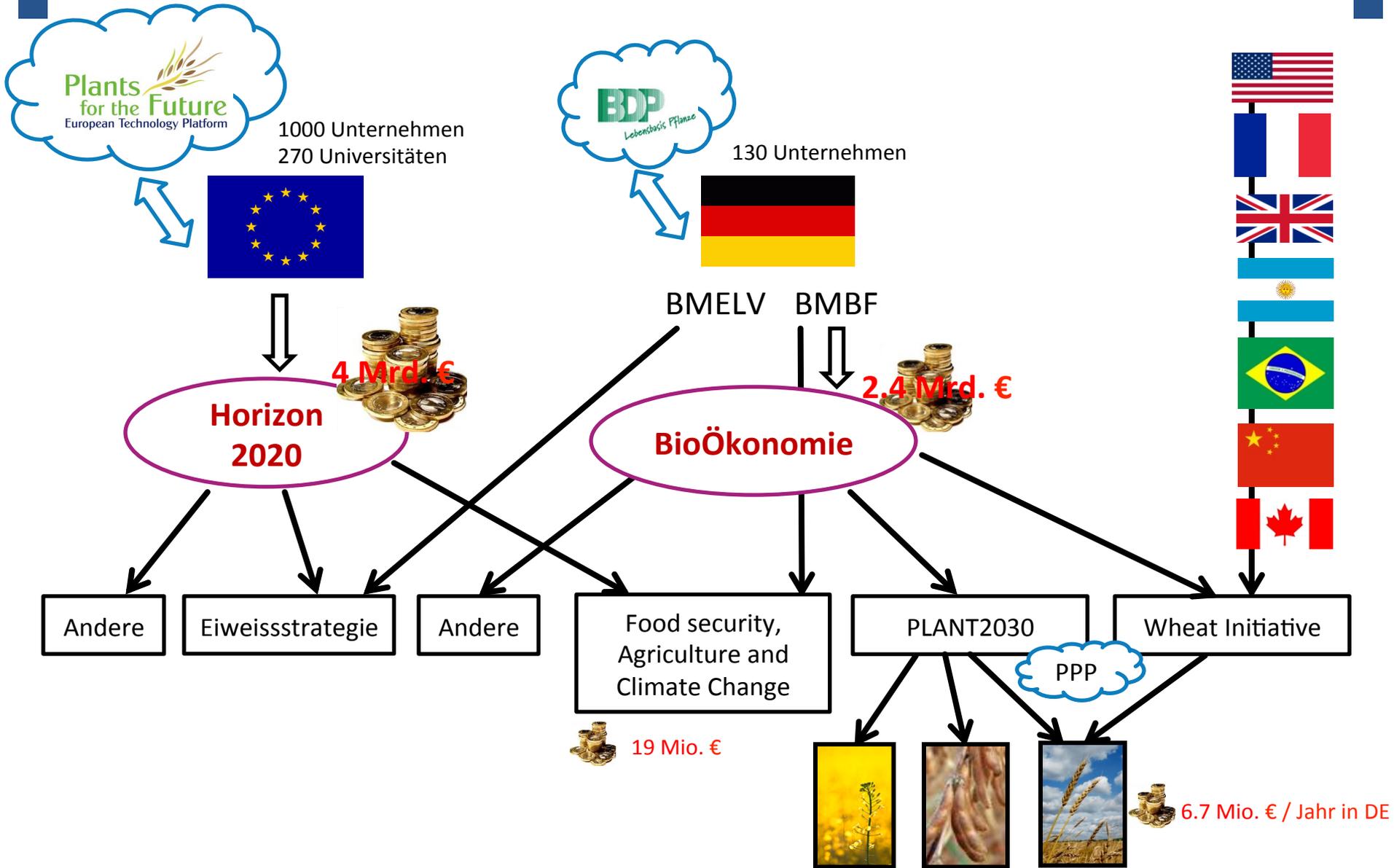
## Kompetenzzentren Pflanzenzüchtung

Züchtungsforschung



Technologieplattformen





## Take home message (II)

- **Züchterischer Fokus liegt auf wenigen Hauptkulturen**
- **Konzentration auf wenige sehr grosse Zuchtunternehmen**
- **Zuchtziele für eine nachhaltige Intensivierung**
- **Genotypisierung/Phänotypisierung spielen eine zentrale Rolle**
- **BigData in der Pflanzenzüchtung**
- **Die Pflanzenzüchtung vernetzt sich**
  - Auf Prozessebene
  - Auf Kulturpflanzenebene
  - Auf institutioneller Ebene

# Die Pflanzenzüchtung morgen...





## Nachfrage

Bevölkerungswachstum  
Konsumverhalten

## Wasser

Grund- und  
Oberflächenwasser  
Hitze, Dürren



**Krankheiten**  
Pathogene

## Energie

Erdölreserven  
Bioenergie

## Klima

Hitze  
Frost

## Boden

Erosion, Überbauung  
Nährstoffe







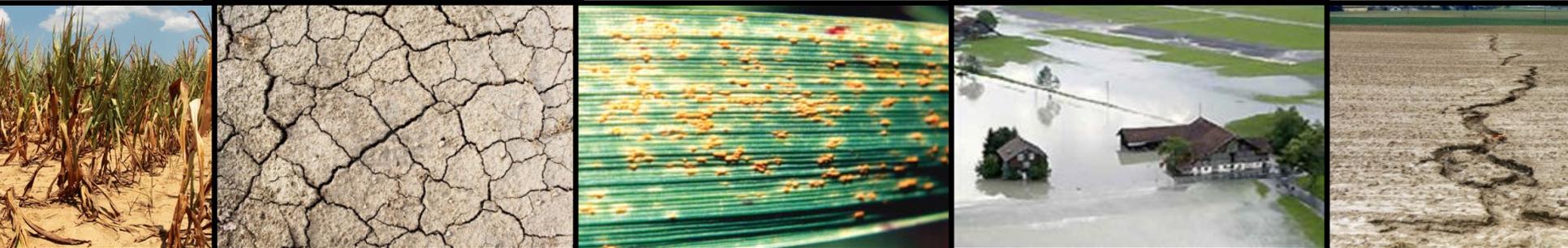
## Ökonomie

- Ertrag/Ertragssicherheit
- Qualität
- Krankheitsresistenz
- Stresstoleranz (Hitze, Kälte, Trockenheit)

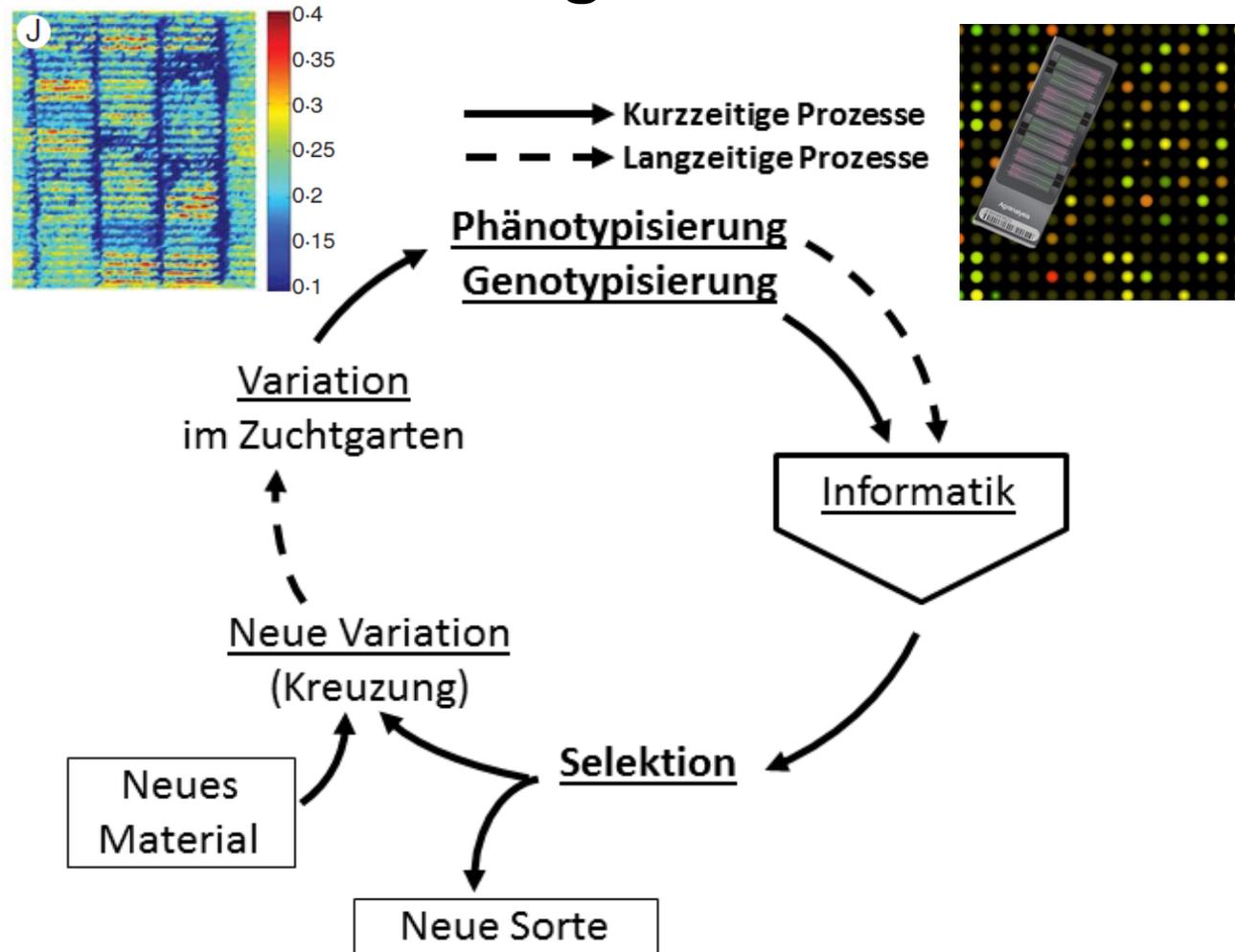
## Erhöhung der Produktivität

## Ökologie

- Low input, Nährstoffeffizienz
- Biodiversität

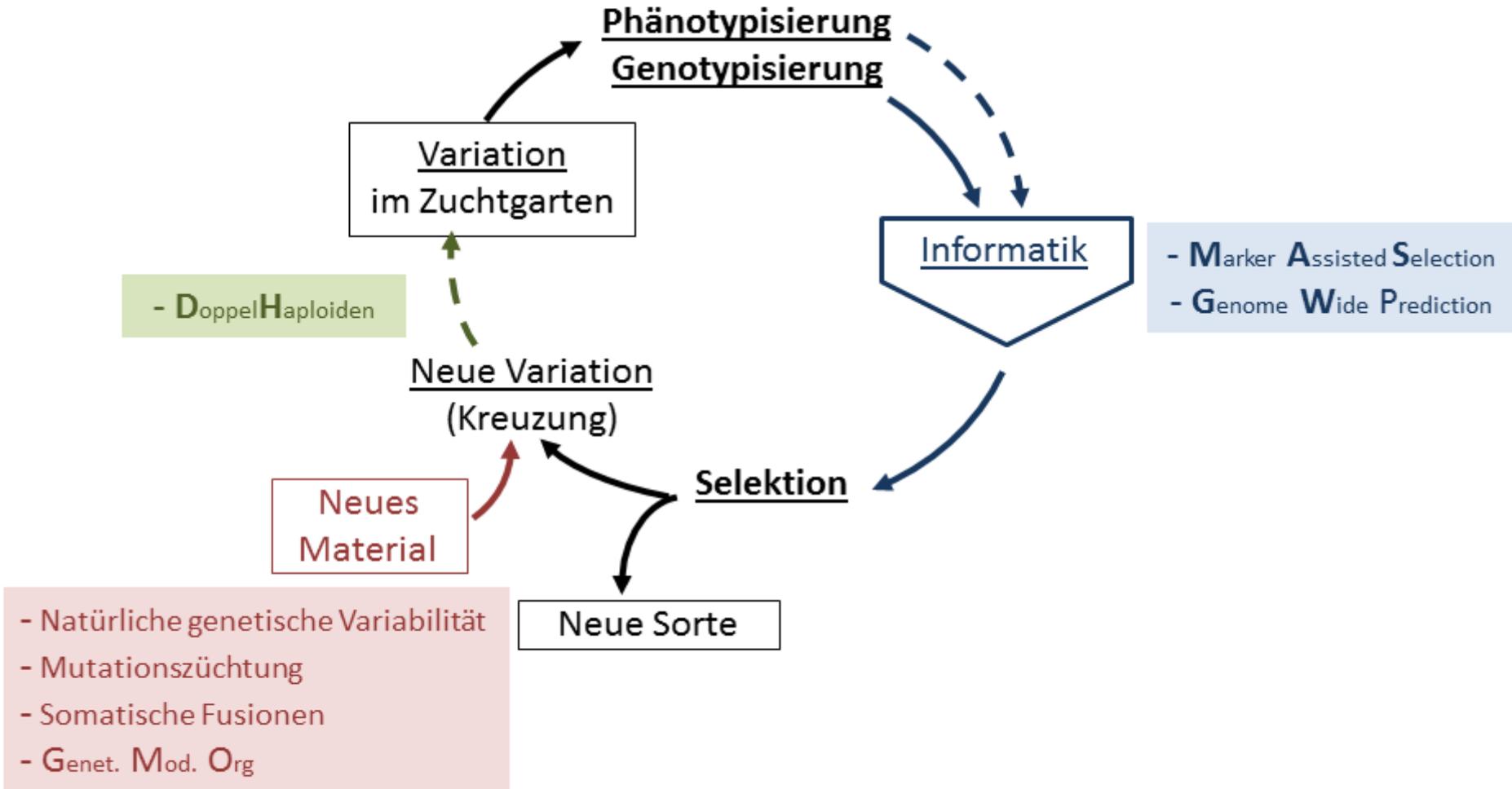


# Methoden und Technologien in der Züchtung



Erweiterung der genetischen Variabilität  
 Beschleunigung der Züchtungsphase  
 Erhöhung des Selektionserfolges

————> Kurzzeitige Prozesse  
 - - - -> Langzeitige Prozesse



## Züchtungskategorie

## Nutzung von Züchtungstechniken

- 0: Spielt keine Rolle  
 1: Nicht mehr/selten in Gebrauch  
 2: Standardmässig bei kleinen und grossen Firmen  
 3: Standard bei Grossen, wird von Kleinen langsam implementiert  
 4: Nur bei Grossen  
 5: Kurz- bis Mittelfristig bei Grossen zu erwarten  
 6: Erst langfristig zu erwarten

Kulturart	Klonzüchtung	Populations-/ Linienzüchtung	Hybridzüchtung	Doppelhaploide	Blühverfrühung	Marker Assisted Selection	Genomische Selektion	Wechsel der Ploidiestufe	Mutationszüchtung/TILLING	Somatische Hybridisierung	Genetisch Veränderte Organismen	Apomixis
<b>Weizen</b>	0.0	2.0	5.0	2.5	0.0	1.8	4.8	0.0	1.5	0.0	5.3	0.0
<b>Gerste</b>	0.0	2.0	3.0	2.0	0.0	2.0	6.0	0.0	2.0	0.0	0.0	6.0
<b>Roggen</b>	0.0	2.0	2.3	0.3	0.3	1.7	5.0	0.0	0.3	0.0	0.0	6.0
<b>Mais</b>	0.0	1.0	2.0	2.7	5.0	2.3	3.3	0.0	2.0	0.0	4.0	6.0
<b>Soja</b>	0.0	2.0	5.5	5.5	5.0	2.0	4.0	0.0	4.0	0.0	3.5	6.0
<b>Kichererbsen</b>	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	5.0	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0
<b>Raps</b>	0.0	2.0	2.5	2.5	0.0	2.0	3.5	0.0	3.0	3.0	3.0	6.0
<b>Sonnenblume</b>	0.0	0.0	2.0	6.0	0.0	2.0	4.0	0.0	1.0	1.0	5.0	0.0
<b>Kartoffel</b>	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	6.0	3.0	3.0	2.0	2.5	0.0
<b>Zuckerrübe</b>	0.0	0.5	2.0	5.0	5.0	2.0	4.5	3.0	6.0	0.0	5.0	6.0
<b>Apfel</b>	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	6.0	0.0	3.0	0.0	4.0	0.0
<b>Rotklee</b>	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	3.0	5.0	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0
<b>Weissklee</b>	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	3.0	5.0	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0
<b>Raigräser</b>	0.0	2.0	5.0	0.0	0.0	3.0	4.0	2.0	4.0	0.0	6.0	6.0



## Take home message (III)

- Nachhaltige Nahrungsmittelproduktion ist eine der grossen Herausforderungen der Zukunft
- Produktivitätssteigerung im Pflanzenbau wird nötig sein
- Die Pflanzenzüchtung ist eines der Werkzeuge zur Produktivitätssteigerung
- «Klassischer» Pflanzenzüchtung sind Grenzen gesetzt
- Technologischer Fortschritt ist der Motor einer innovativen Pflanzenzüchtung
- Neue technologische Möglichkeiten sind «weise» zu nutzen