

Innovation Pflanzenzüchtung

Leistungsvorhersage mittels tiefer
genetischer und biologischer
Markerinformationen

Thomas Altmann
25. Hülseberger Gespräche
21. Mai 2014

Übersicht

➤ Herausforderungen für die Pflanzenzüchtung

- steigender Nahrungs- und Futtermittelbedarf
- steigende Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen und Energieträgern
- begrenzte zukünftige Beiträge aus Pflanzenbau und Pflanzenschutz
- sich verändernde Umweltbedingungen
- verlangsamter Produktivitäts- / Züchtungsfortschritt mittels klassischer Verfahren

➤ Innovationen in der Pflanzenzüchtung

- Beschleunigte Erzeugung neuer genetischer Varianten (Linien)
- Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität
- Vermehrte Nutzung der Heterosis / Hybridzüchtung
- Steigerung der Selektionseffizienz
- Steigerung der Selektionskapazität

➤ Fazit

Herausforderung: Nahrungs- und Futtermittelbedarf

Weltweite Getreideproduktion (bisherige Entwicklung und prognostizierter Bedarf)



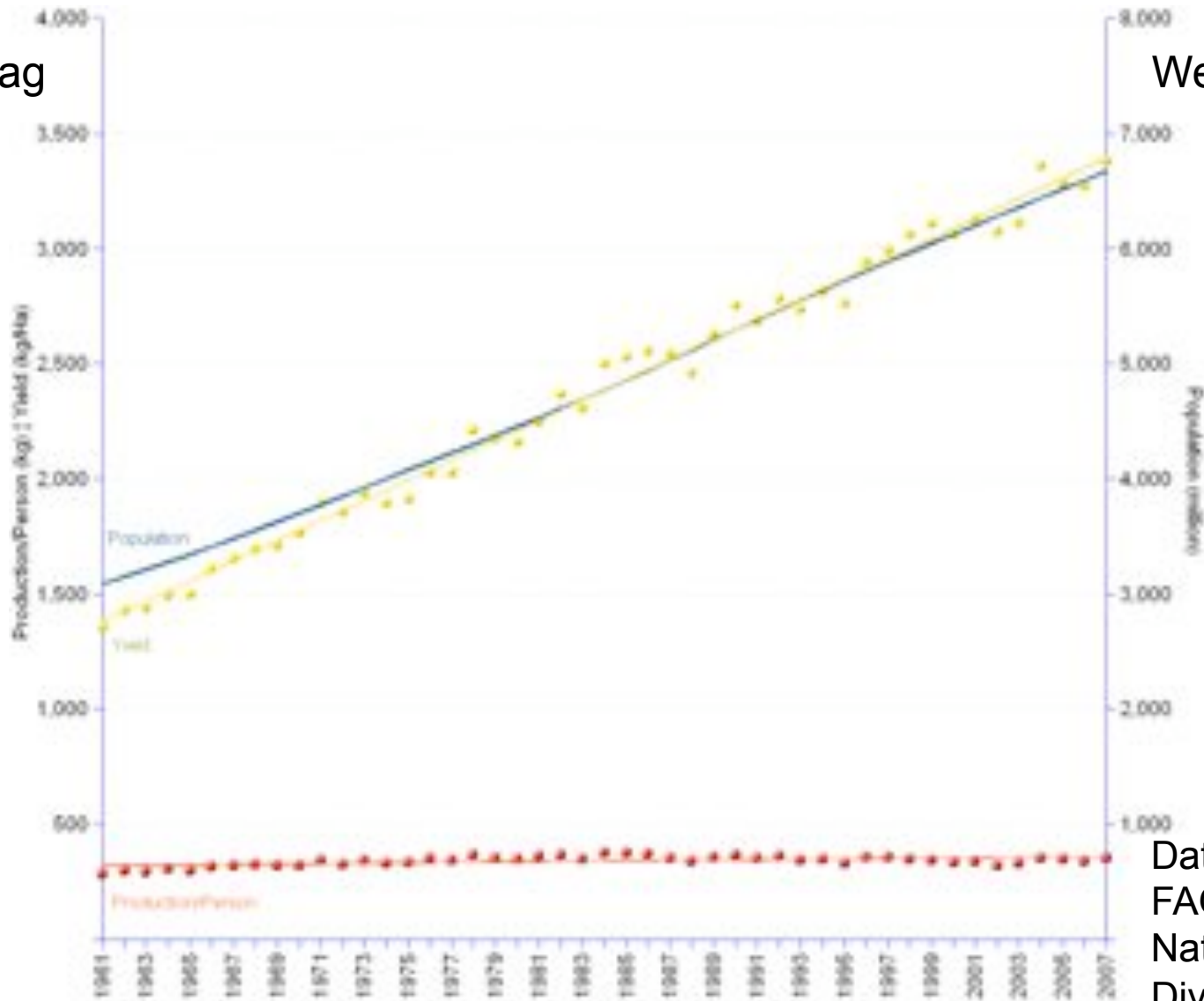
aus: M. Tester, P. Langridge (2010)
Science 327, 818-822

Herausforderung: Nahrungs- und Futtermittelbedarf

Getreideertrag
[kg/ha]

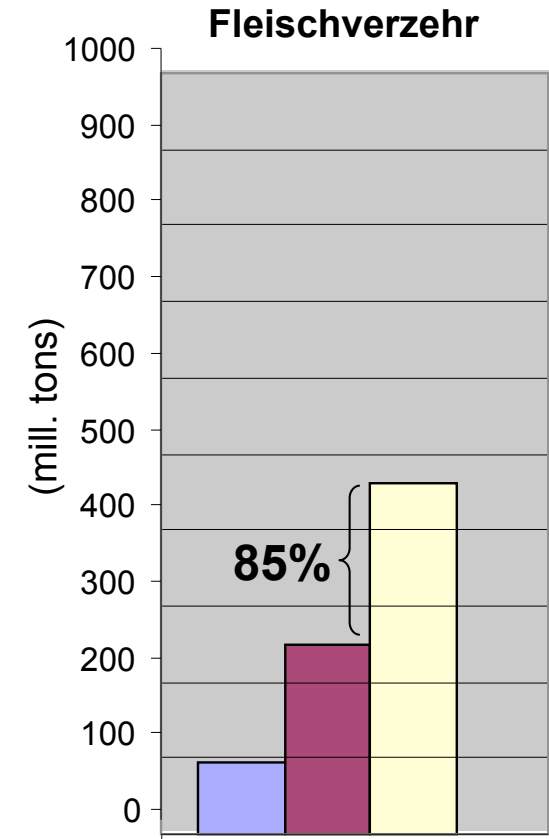
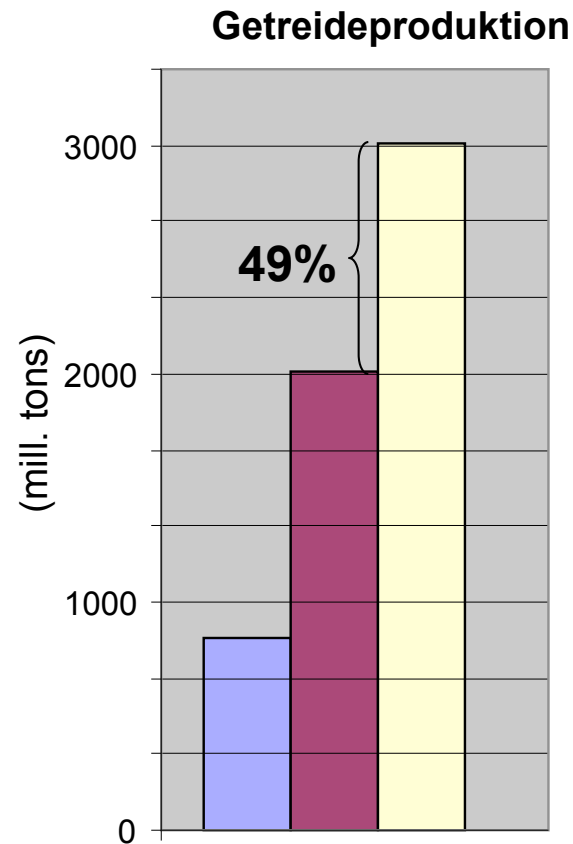
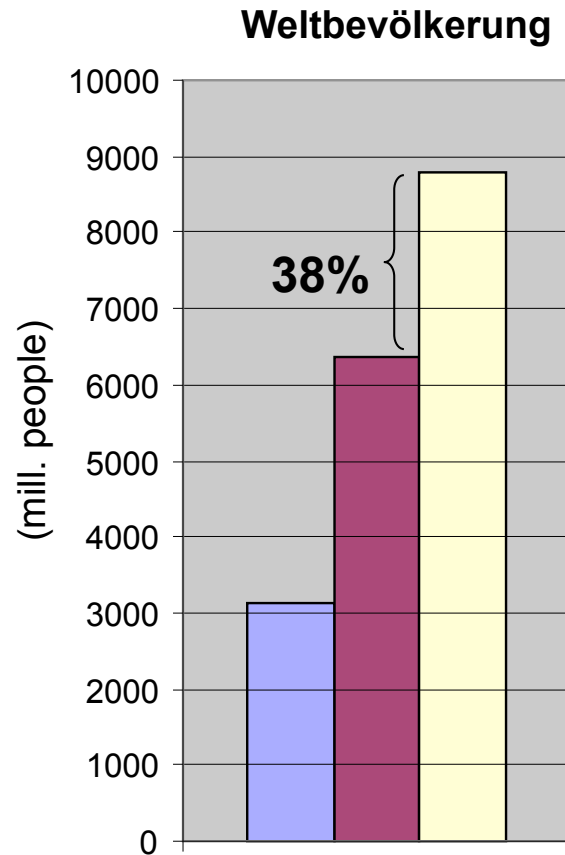
Weltbevölkerung

Produktion /
Person
[kg]



Datenquellen:
FAOSTAT, United
Nations Statistics
Division

Herausforderung: Nahrungs- und Futtermittelbedarf

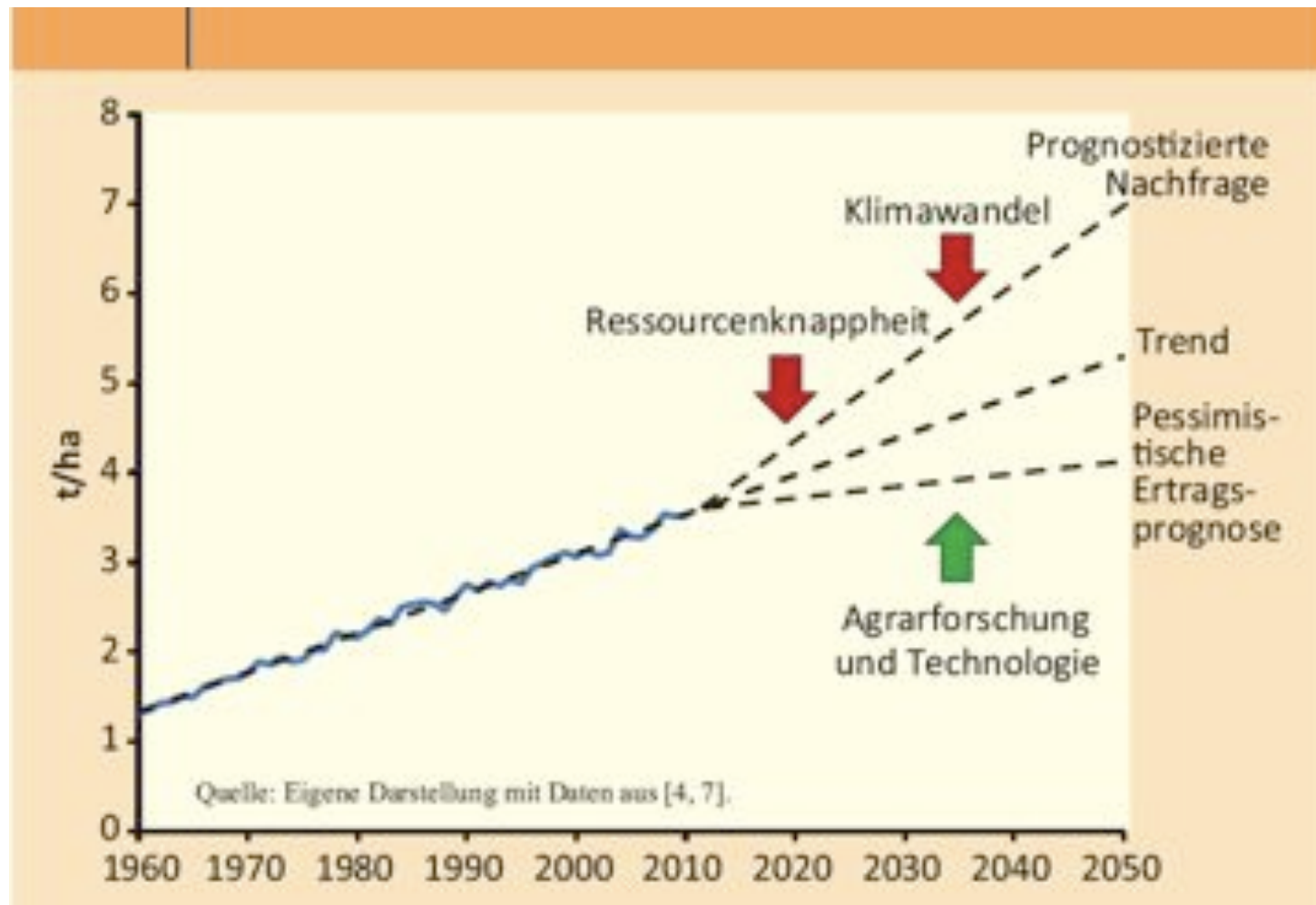


■ 1961/63 ■ 2005/2007 ■ 2050

Quelle: Bruinsma, 2009
FAO Expert Meeting, Rome

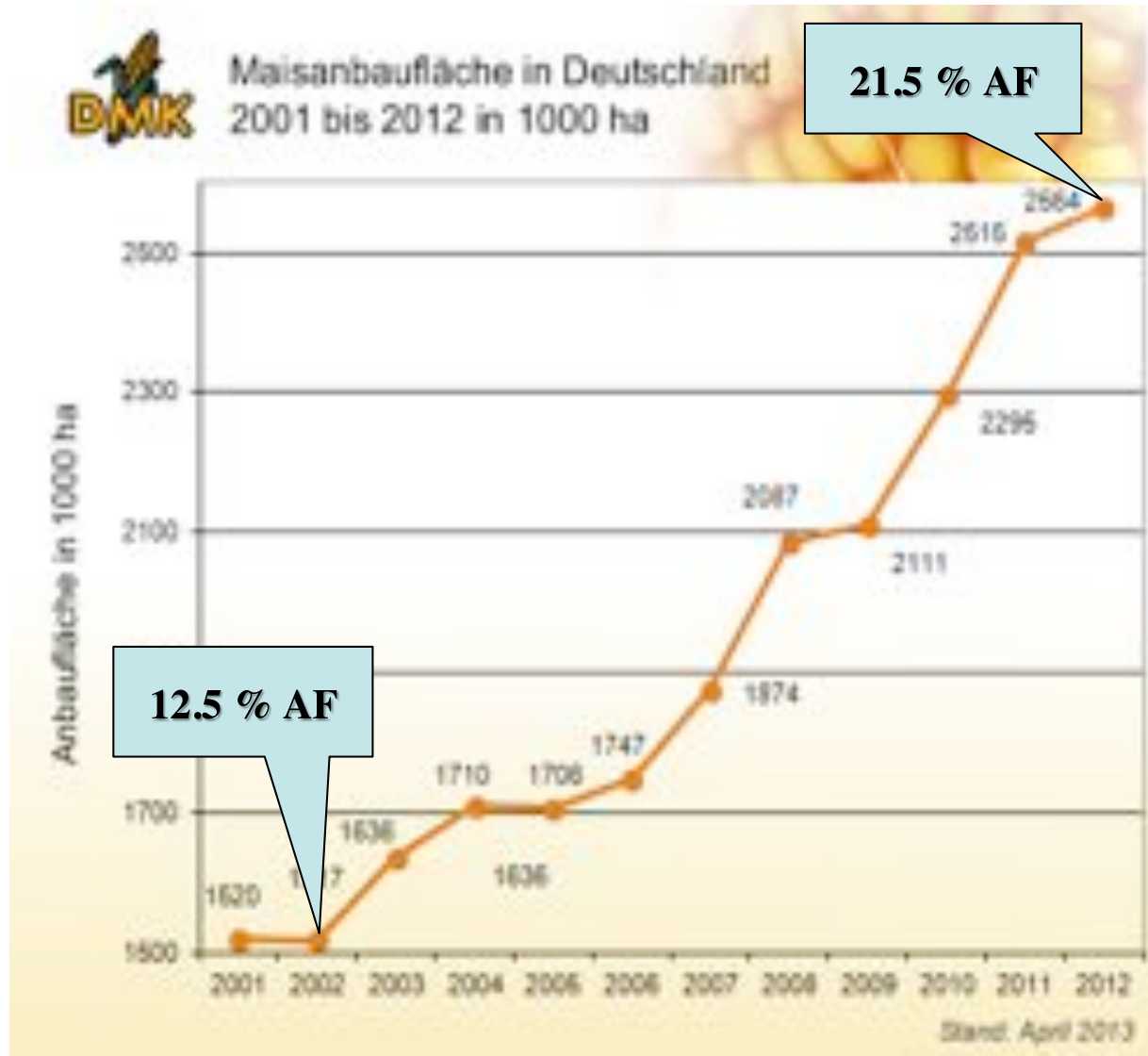
Herausforderung: Nahrungs- und Futtermittelbedarf

Weltweite Getreidedurchschnittserträge, Einflüsse und Prognosen



Aus: M. Qaim, W. Klümper (2013) CIUZ 47 (5), 318-326

Herausforderung: Nachfrage nachwachsender Rohstoffe und Energieträger

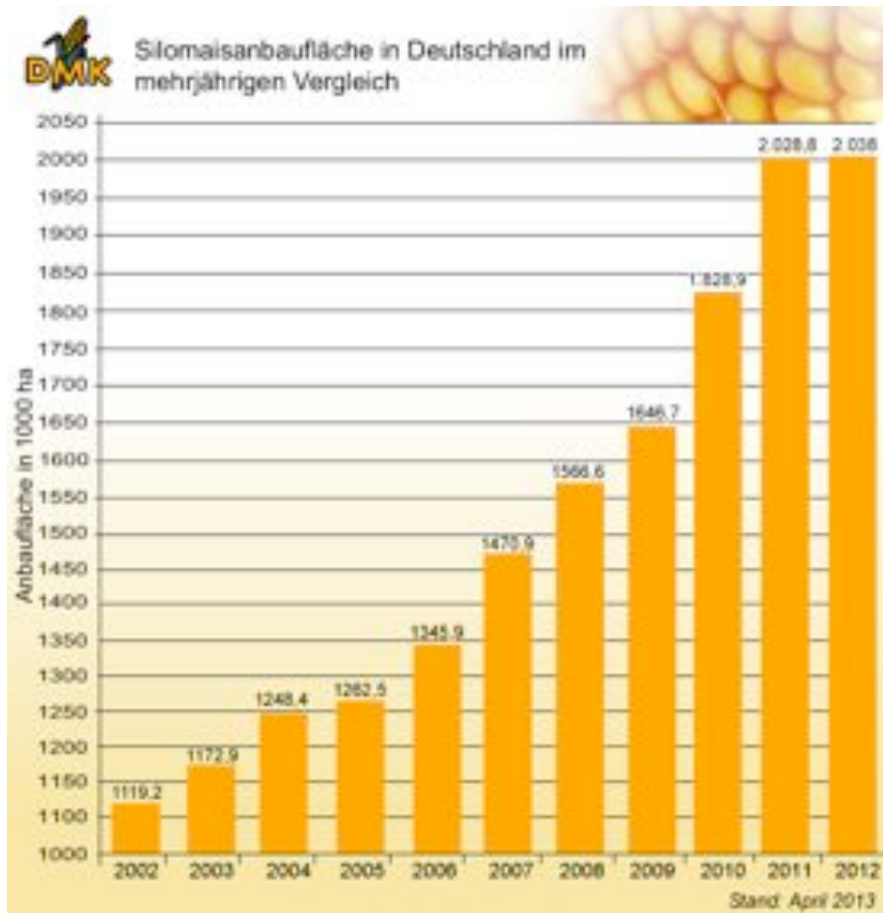


2013: 2.500 mill. ha
21.1 % AF

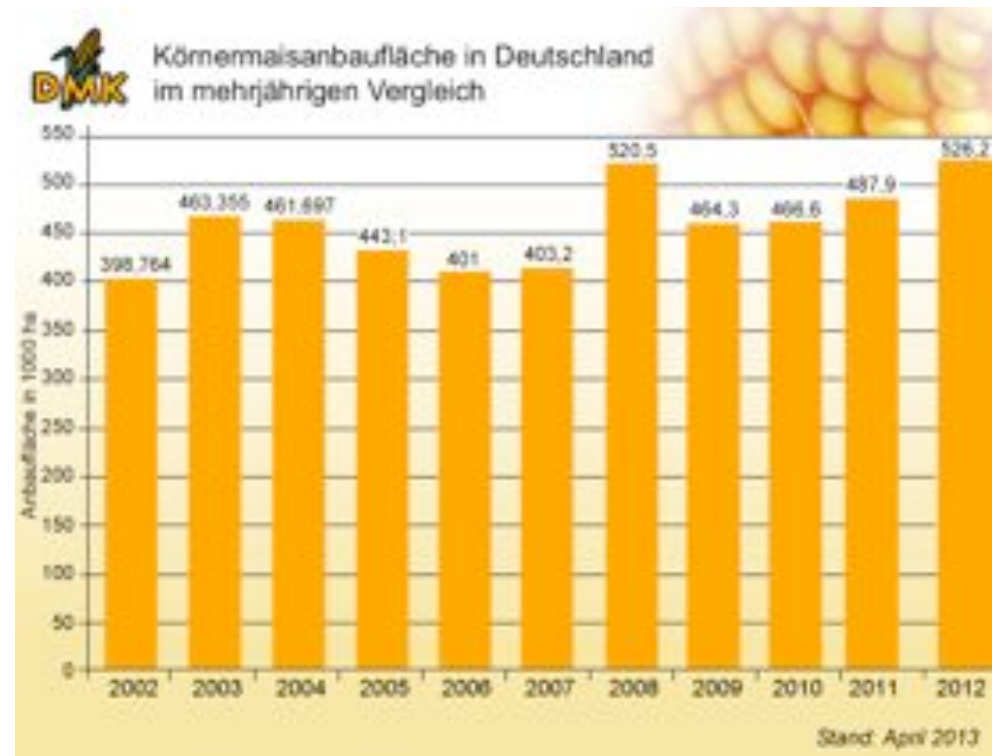
Sources:
DMK, Stat. BA

Herausforderung: Nachfrage nachwachsender Rohstoffe und Energieträger

Anbaufläche Silomais (D)



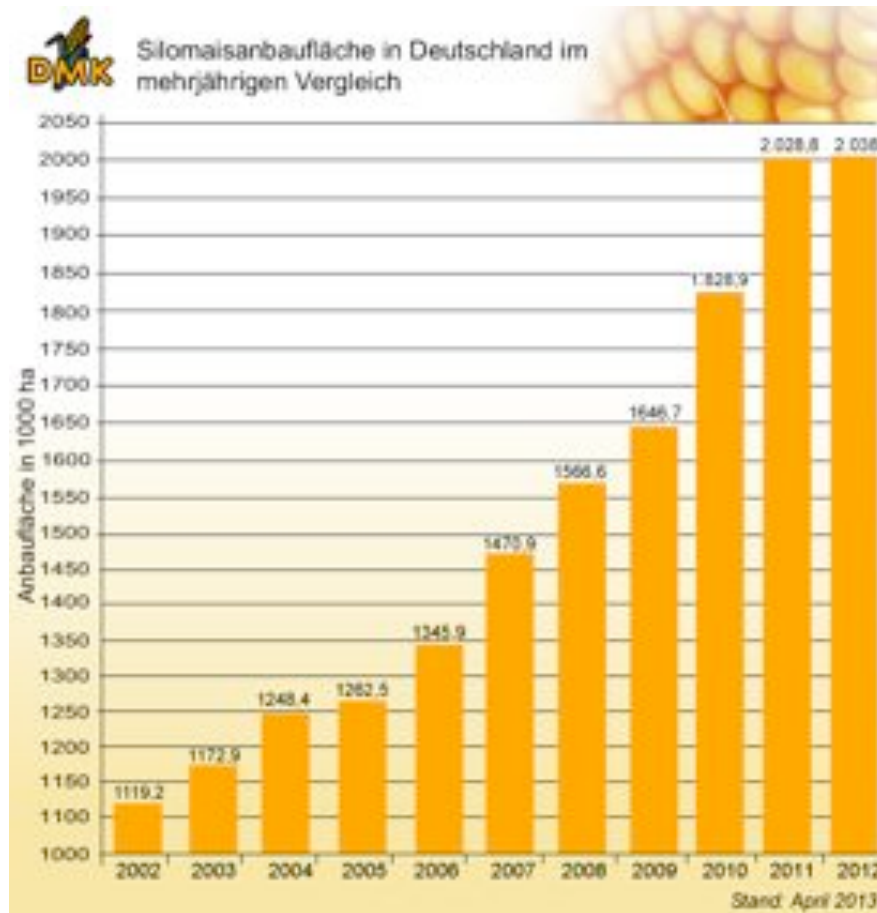
Anbaufläche Körnermais (D)



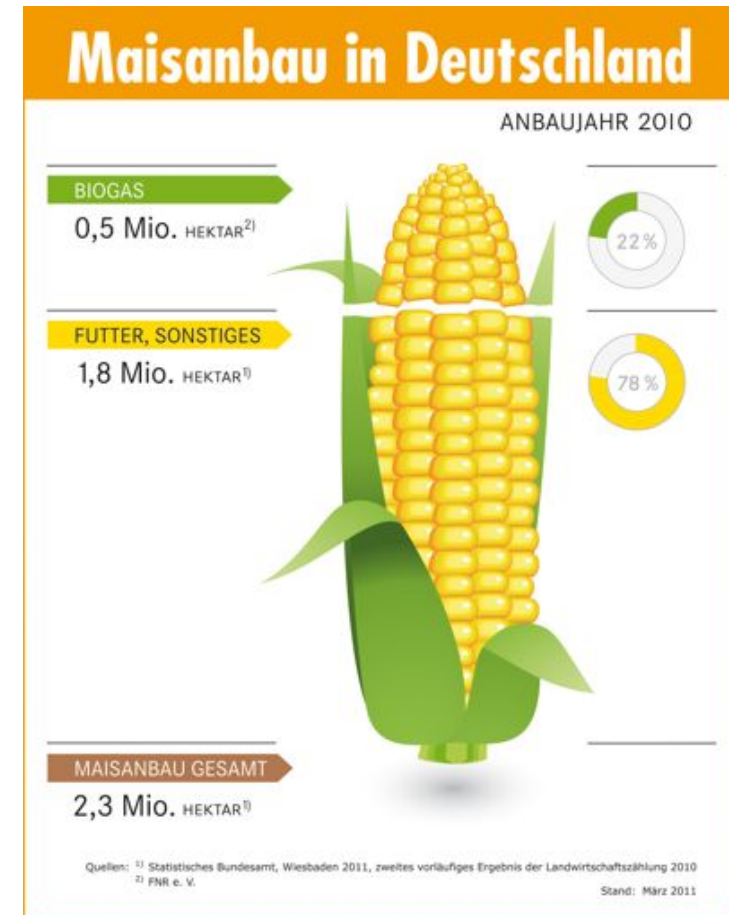
Sources: DMK, Stat. BA

Herausforderung: Nachfrage nachwachsender Rohstoffe und Energieträger

Anbaufläche Silomais (D)



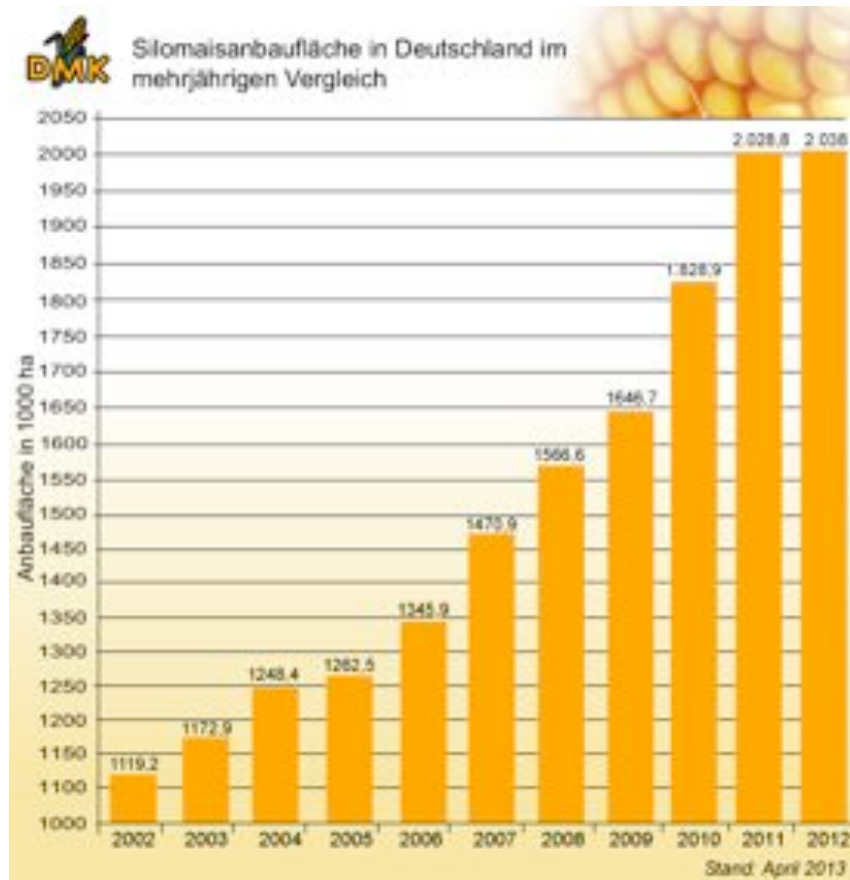
Maisnutzung (D)



Sources: DMK, Stat. BA, FNR

Herausforderung: Nachfrage nachwachsender Rohstoffe und Energieträger

Anbaufläche Silomais (D)



Anzahl und durchschnittliche Leistung von Biogasanlagen (D)

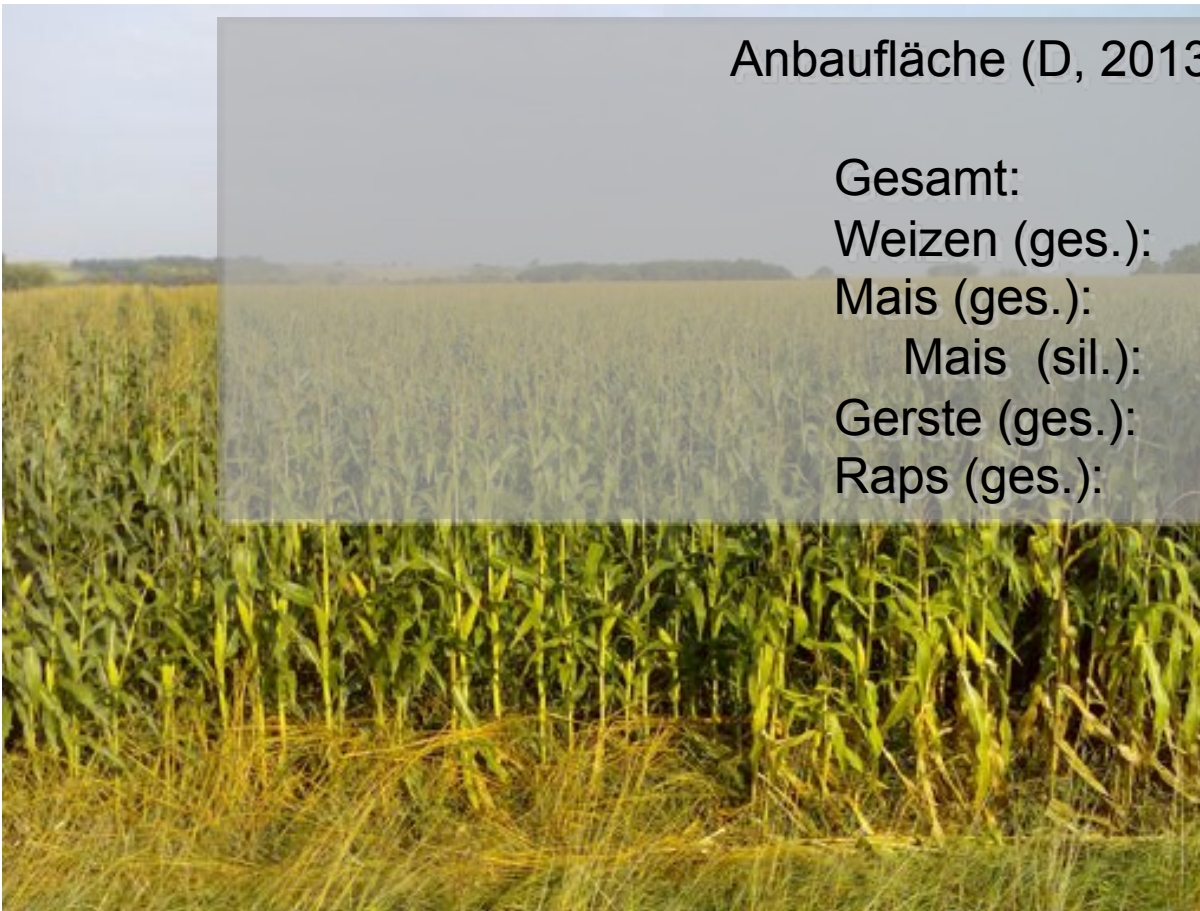


Sources: DMK, Stat. BA

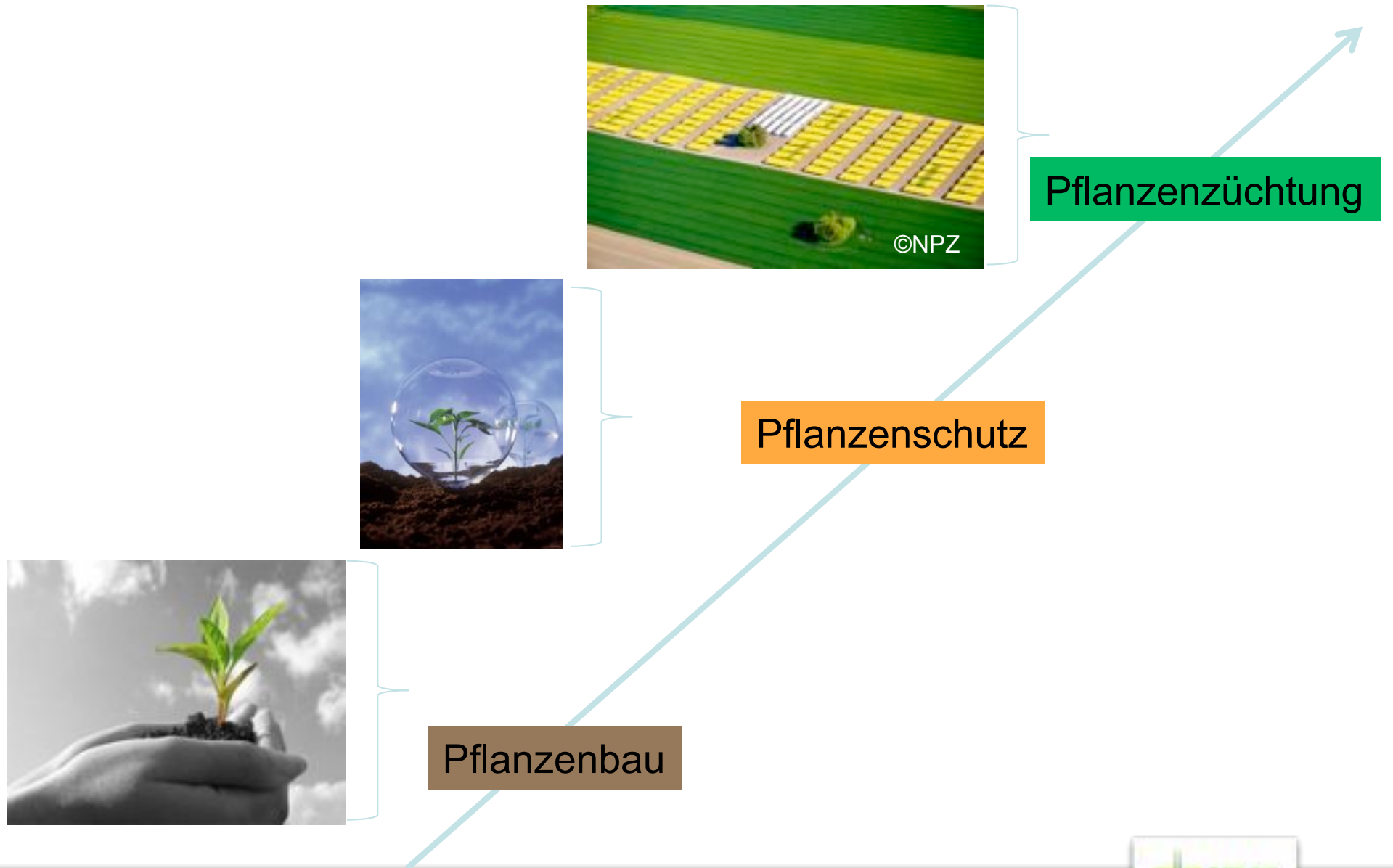
Herausforderung: Nachfrage nachwachsender Rohstoffe und Energieträger

Anbaufläche (D, 2013) für:

Gesamt:	11.86 Mio. ha	(100.0 %)
Weizen (ges.):	3.13 Mio. ha	(26.4 %)
Mais (ges.):	2.50 Mio. ha	(21.1 %)
Mais (sil.):	2.00 Mio. ha	(16.9 %)
Gerste (ges.):	1.57 Mio. ha	(13.2 %)
Raps (ges.):	1.47 Mio. ha	(12.4 %)

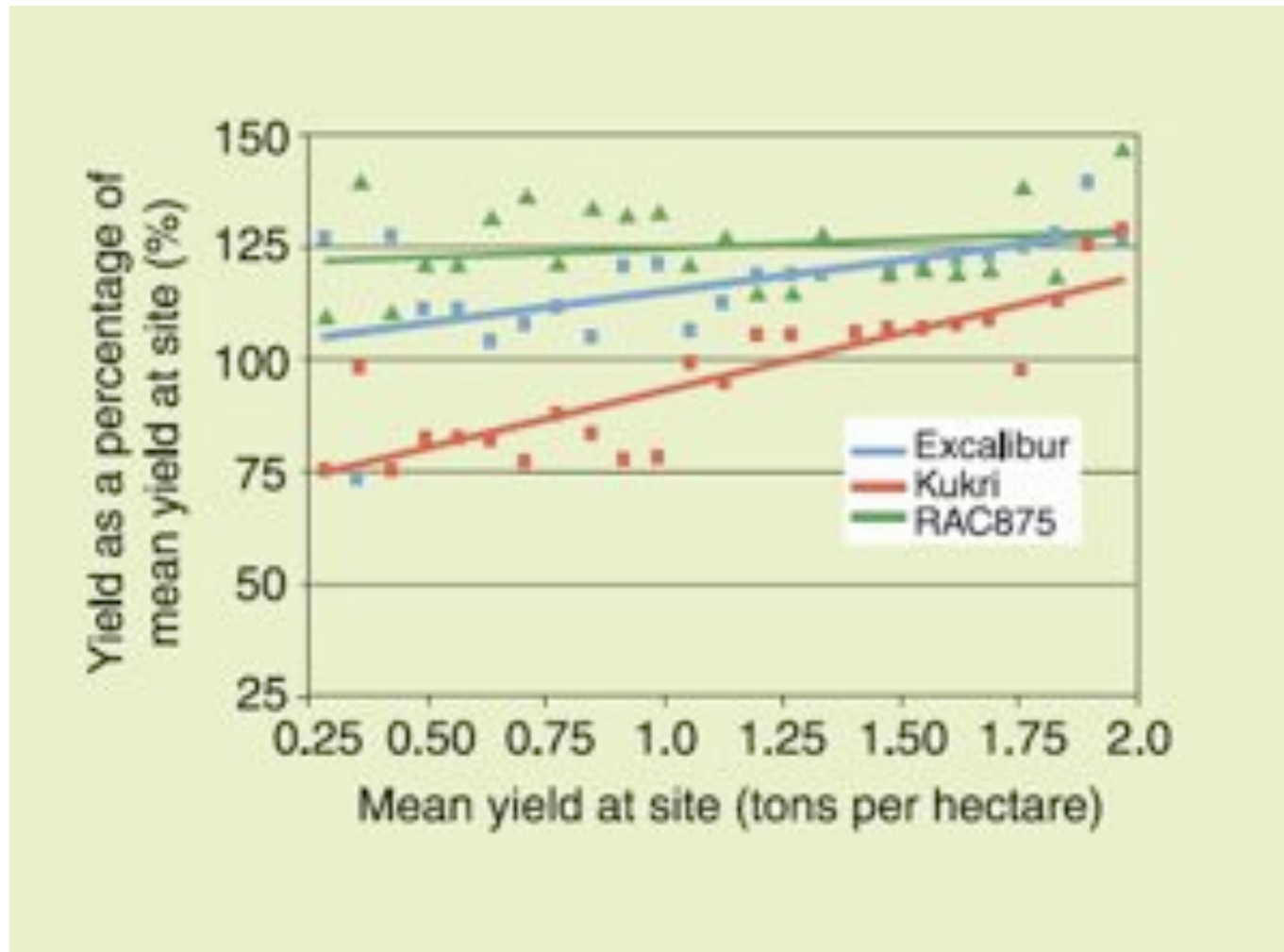


Herausforderung: Begrenzte zukünftige Beiträge aus Pflanzenbau und Pflanzenschutz



Herausforderung: Sich verändernde Umweltbedingungen

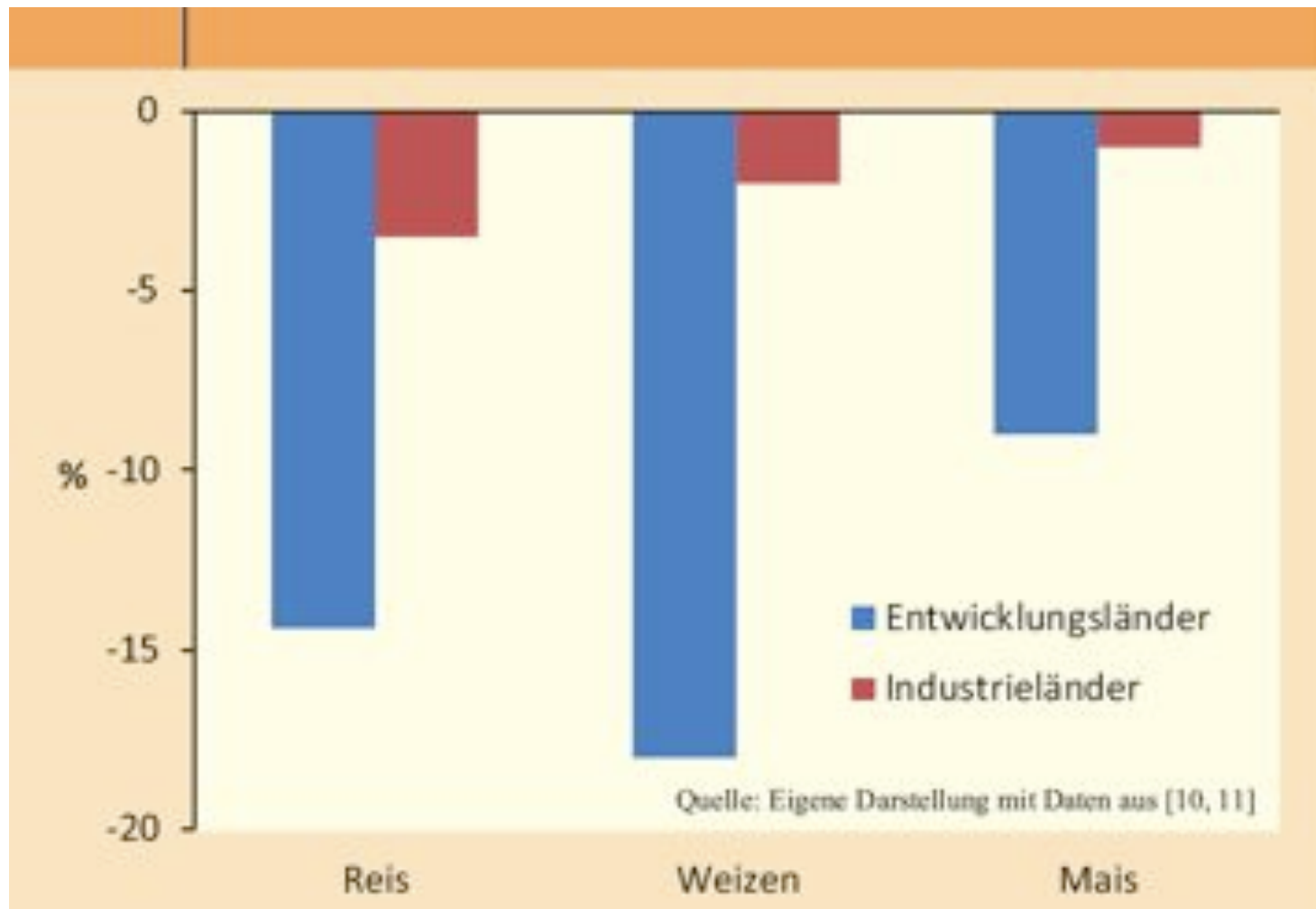
Weizenerträge unter heftigem Trockenstress (25 Umwelten, Australien)



aus: M. Tester, P. Langridge (2010) Science 327, 818-822

Herausforderung: Sich verändernde Umweltbedingungen

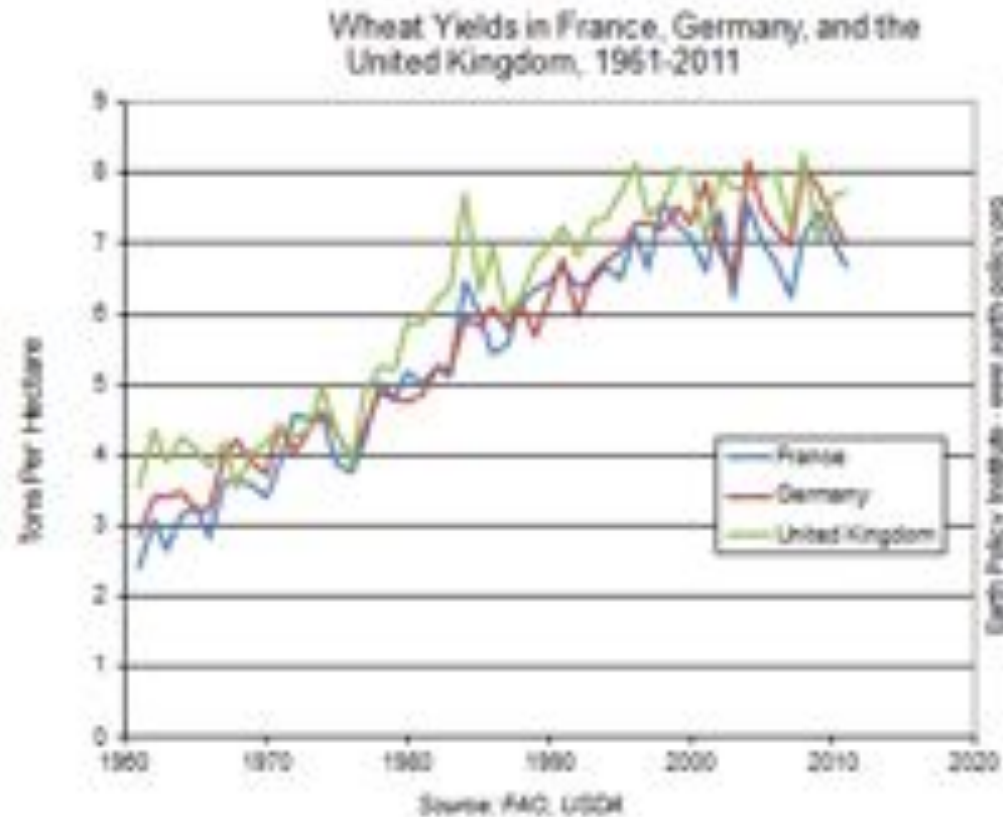
Prognostizierte Ertragsauswirkungen des Klimawandels bis 2050



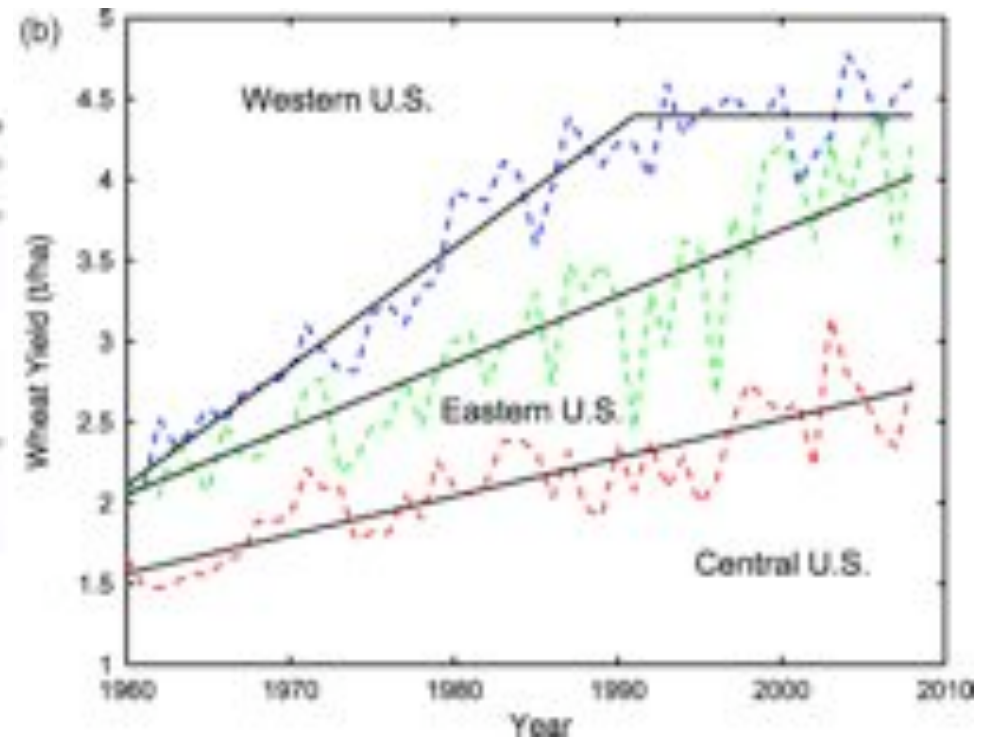
Aus: M. Qaim, W. Klümper (2013) CIUZ 47 (5), 318-326

Herausforderung: verlangsamter Produktivitäts- / Züchtungsfortschritt mittels klassischer Verfahren

Plateau der Weizenerträge in Fr, D, UK und USA?



aus: L.R. Brown (2012)
Earth Policy Institute



aus: M. Lin, P. Huybers (2012)
Env. Res. Lett. 7, 024016

Übersicht

➤ Herausforderungen für die Pflanzenzüchtung

- steigender Nahrungs- und Futtermittelbedarf
- steigende Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen und Energieträgern
- begrenzte zukünftige Beiträge aus Pflanzenbau und Pflanzenschutz
- sich verändernde Umweltbedingungen
- verlangsamter Produktivitäts- / Züchtungsfortschritt mittels klassischer Verfahren

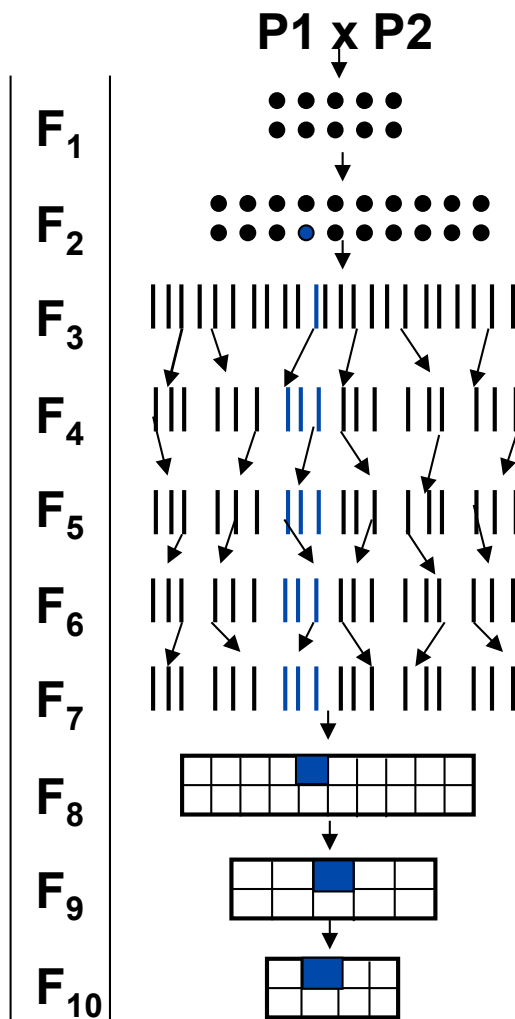
➤ Innovationen in der Pflanzenzüchtung

- Beschleunigte Erzeugung neuer genetischer Varianten (Linien)
- Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität
- Vermehrte Nutzung der Heterosis / Hybridzüchtung
- Steigerung der Selektionseffizienz
- Steigerung der Selektionskapazität

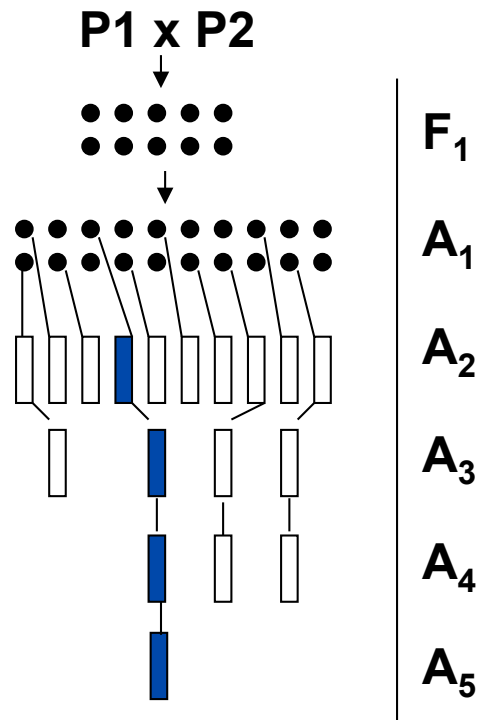
➤ Fazit

Innovation: Beschleunigte Erzeugung neuer genetischer Varianten (Linien)

Stammbaumzüchtung

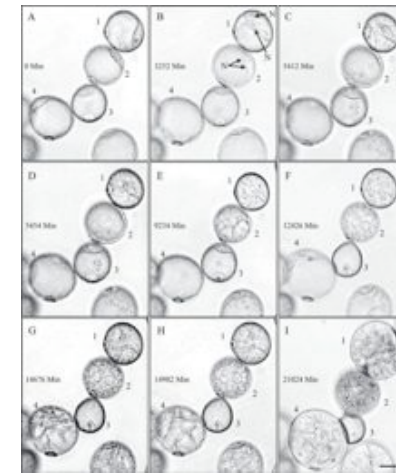


Doppelhaploide



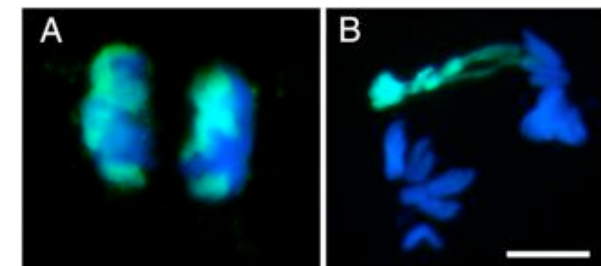
mod. Friedt & Ordon (1996)

Technologieentwicklung



Mikrosporenregeneration
Gentransfer

(Daghma et al. J. Exp. Bot. 2012)



Chromosomeneliminierung

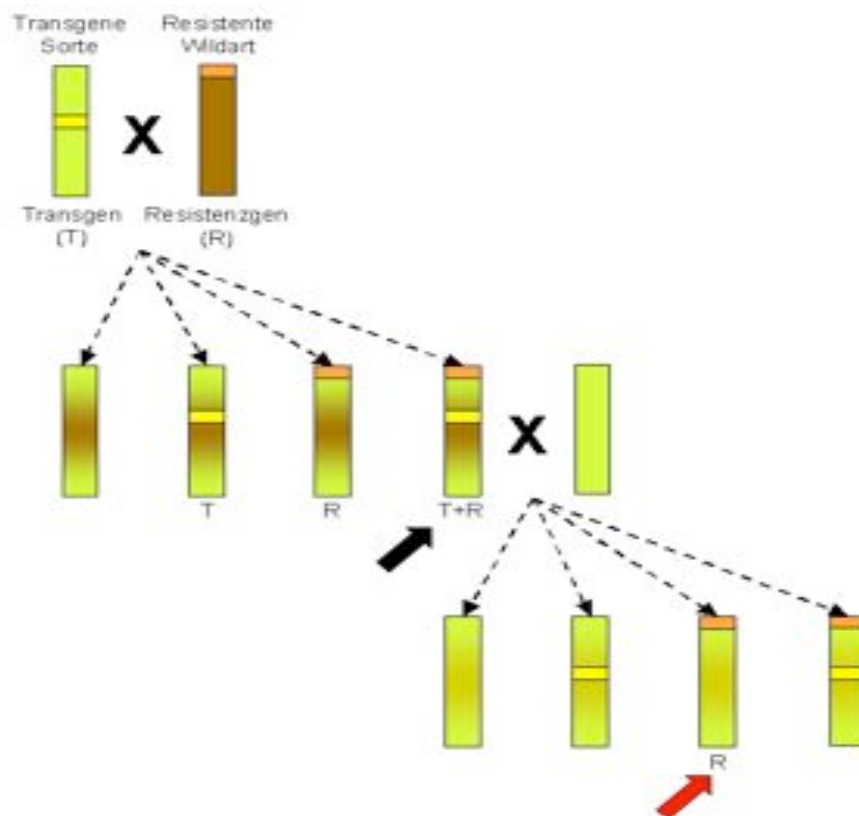
(Sanei et al. PNAS 2011)

Innovation: Beschleunigte Erzeugung neuer genetischer Varianten (Linien)

Kontrolle der Blüte (Verkürzung der juvenilen Phase) bei mehrjährigen Pflanzen
z.B. Bäumen

u.a. durch:

- RNAi-vermittelte PTGS des „vegetative maintenance factors“ MdTFL1 (Apfel)
- Überexpression von BpMADS4, einem Blüten induzierenden Transkriptionsfaktor aus Birke
- Überexpression von FT homologen (Florigen)



Apfelblüte an 1-jähriger Pflanze

Endprodukt: Neues Resistenzgen in Sortenhintergrund ohne Transgen

Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

Identifizierung, Lokalisierung und Marker-gestützte Introgression vorteilhafter Gene/
Allele aus exotischem Material

- Keine Begrenzung der Zahl und Verteilung von Markern
- Dramatische Kostenreduktion

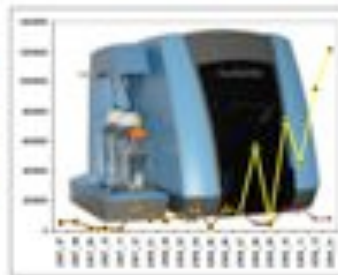
MAS, QC



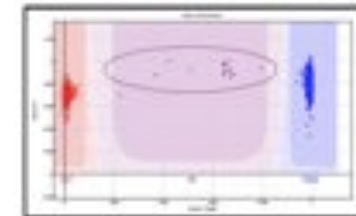
1 x Simplex TQM, KASP



MABC,
Map,
QC



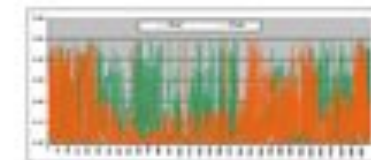
96-384 Multiplex Veracode



FP, Map, GS



> 3000 Gigaplex 50K Chip



Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

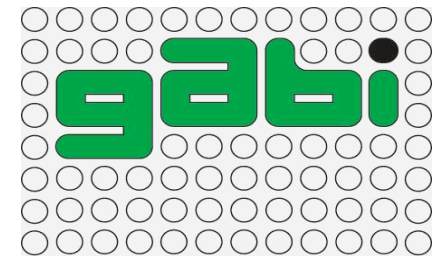
Identifizierung, Lokalisierung und Marker-gestützte Introgression vorteilhafter Gene/
Allele aus exotischem Material

Approach 1

Identification and transfer of positive alleles for **chilling tolerance**
into late, chilling sensitive materials with high biomass production

GABI-ENERGY

Enhancing Biomass
Yield in Maize for
Biogas Production



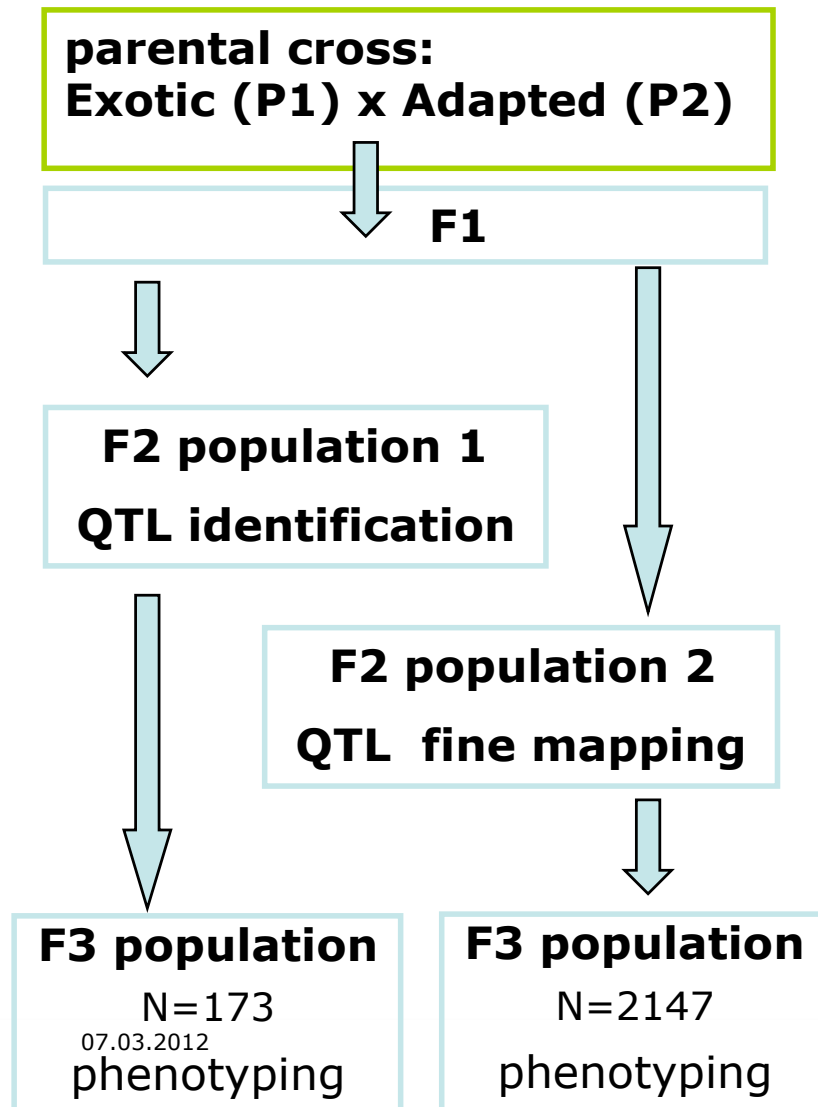
Approach 2

Identification and transfer of positive alleles for **late flowering**
(= prolonged vegetative growth resulting in higher biomass yield)
into adapted materials

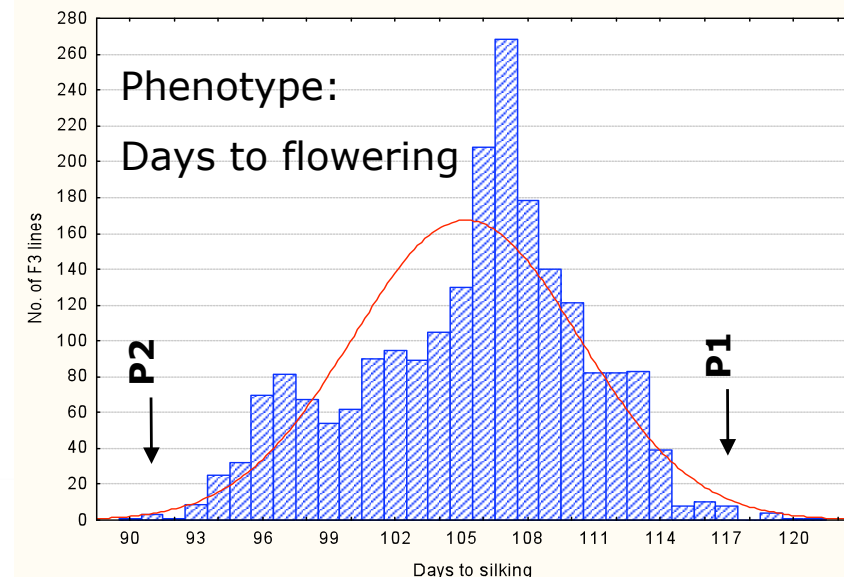


Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

Identifizierung, Lokalisierung und Marker-gestützte Introgression vorteilhafter Gene/
Allele aus exotischem Material

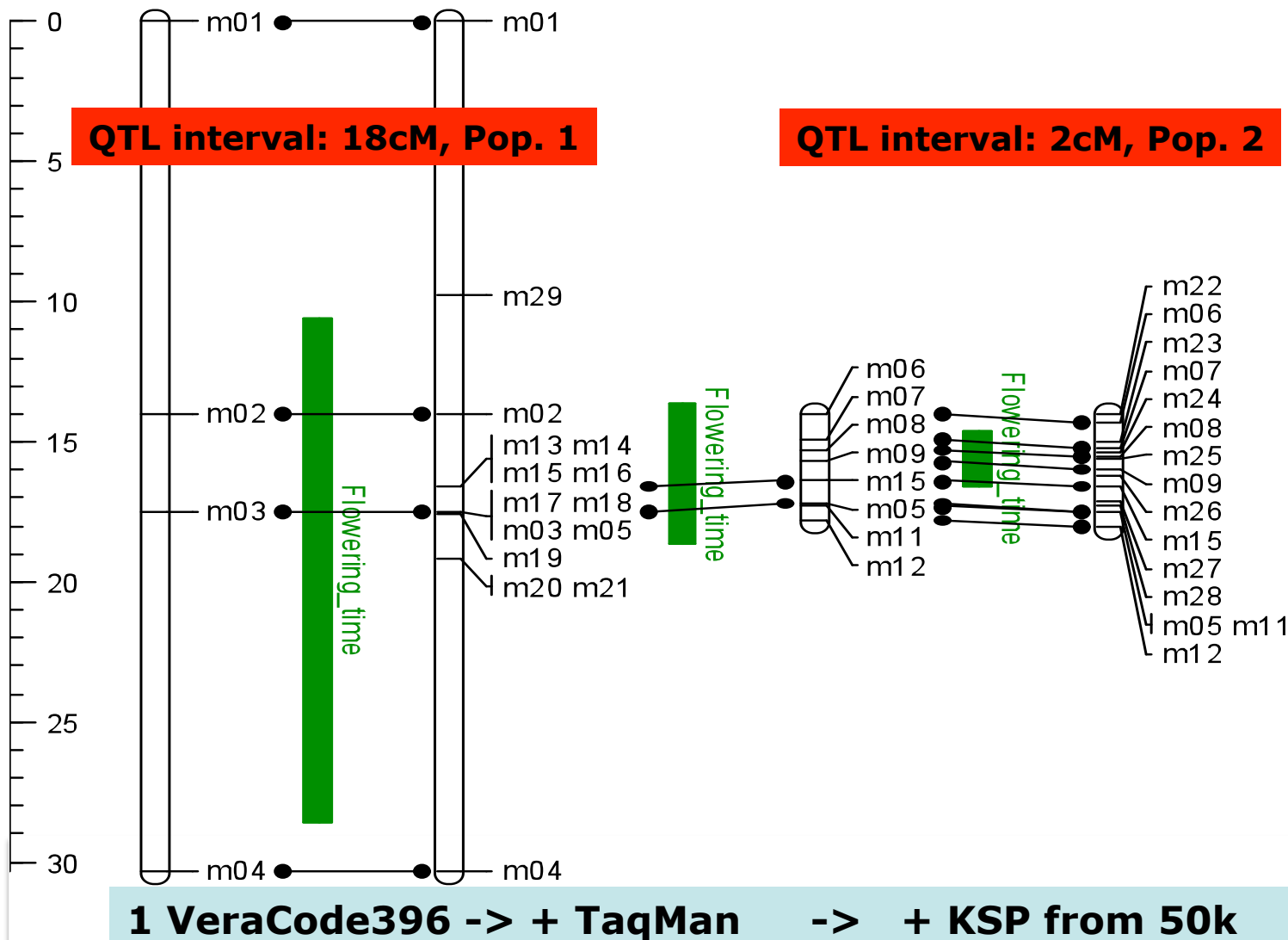


Exotic (P1) : BC1-derived
homozygous line of P2
carrying the exotic donor
fragment



Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

Identifizierung, Lokalisierung und Marker-gestützte Introgression vorteilhafter Gene/
Allele aus exotischem Material



- Sequence capture
- SHOREmap
- other targeted re-seq. approaches

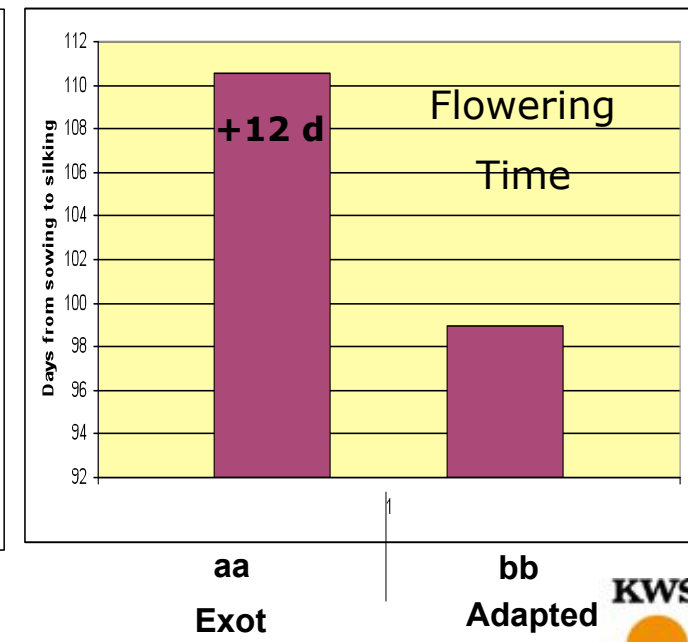
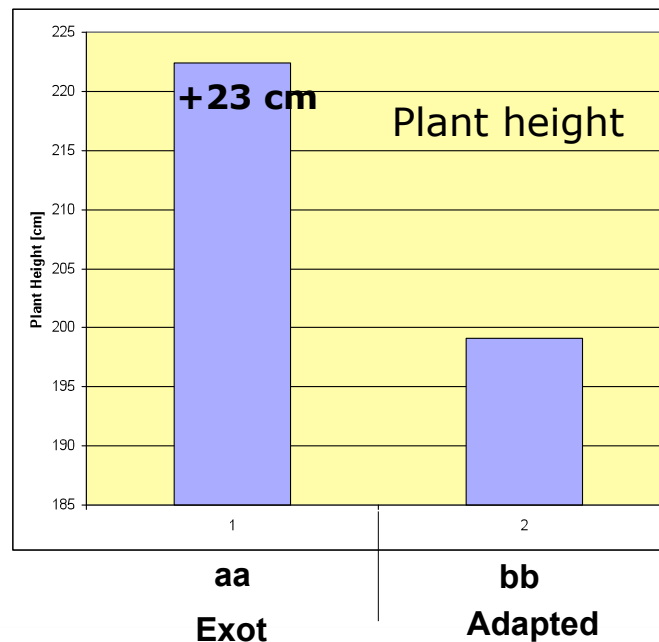
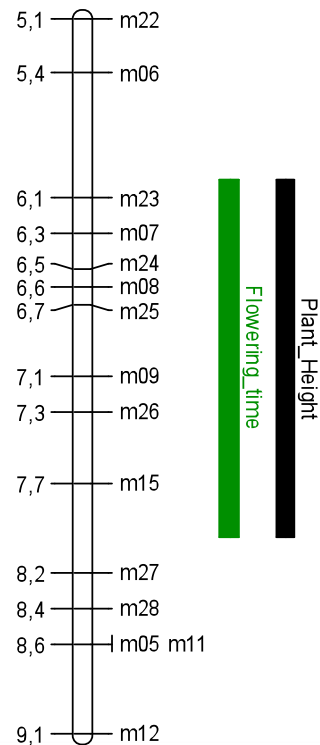
Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

Identifizierung, Lokalisierung und Marker-gestützte Introgression vorteilhafter Gene/
Allele aus exotischem Material

1 Major QTL for flowering time

Trait	Heritability %	QTL Support Interval	% Explained Genetic Variance
Flowering time	88	2 cM	71

Plant Height (Biomass)	77	2 cM	41
---------------------------	----	------	----



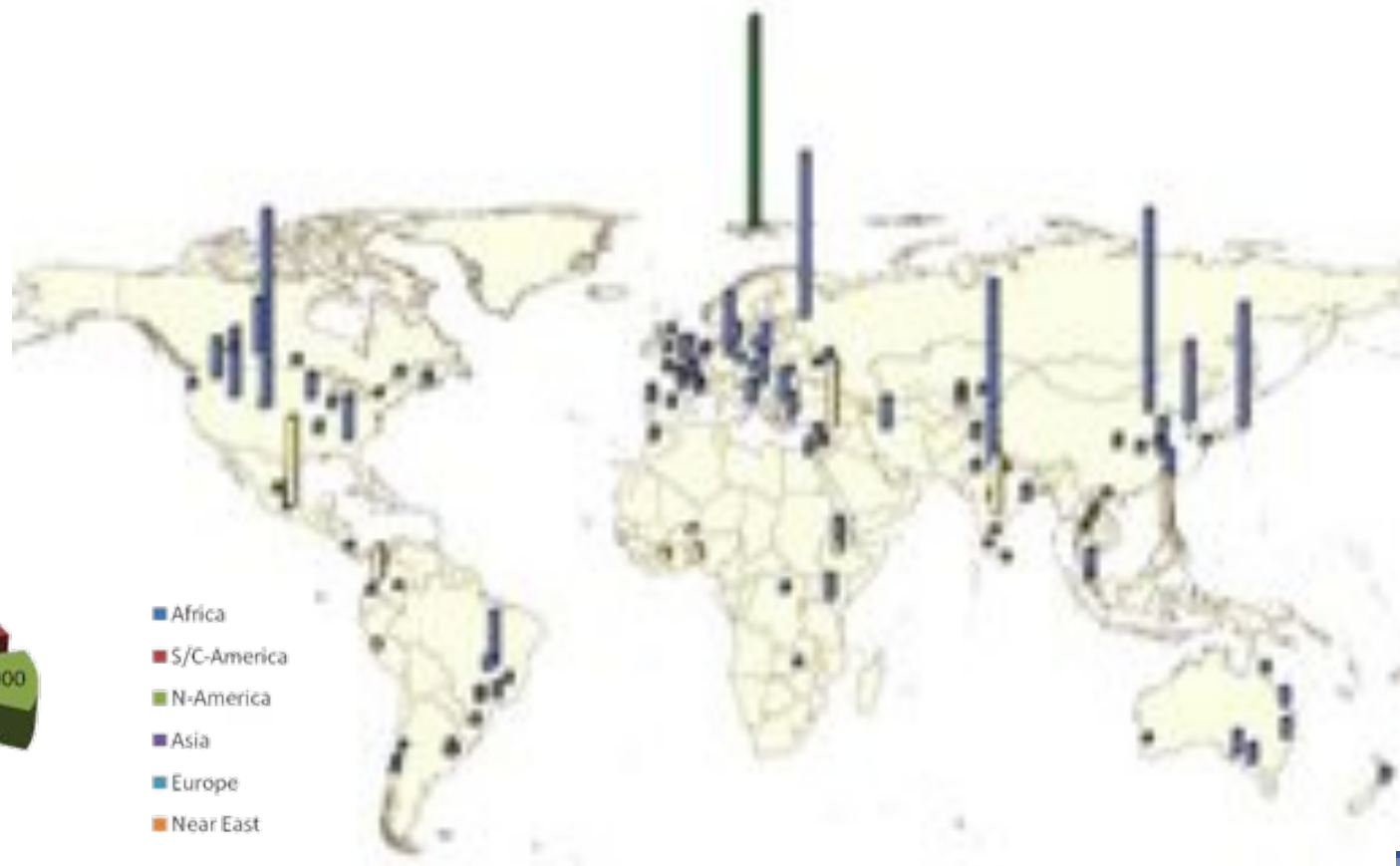
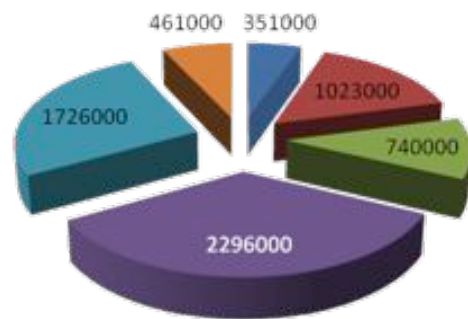
Difference between marker classes for marker m26

Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

Effiziente Erschließung und Nutzung von Genbankressourcen

1.750 Genbanken weltweit, 7.4 Millionen Akzessionen

130 Genbanken halten jeweils mehr als 10.000 Akzessionen



Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

Effiziente Erschließung und Nutzung von Genbankressourcen

Diversität des Genbankmaterials, z.B. Gerste

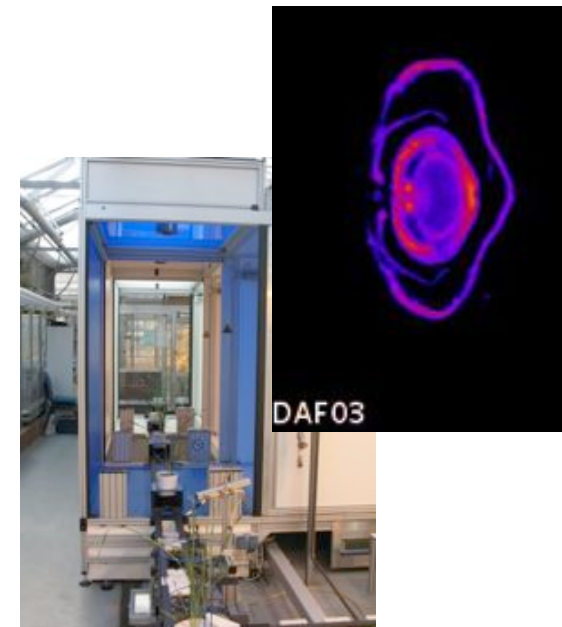
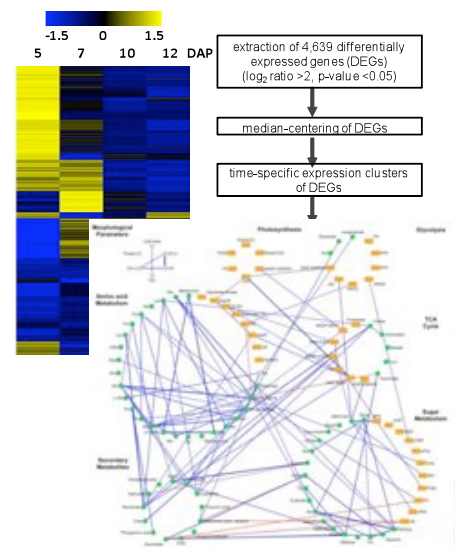
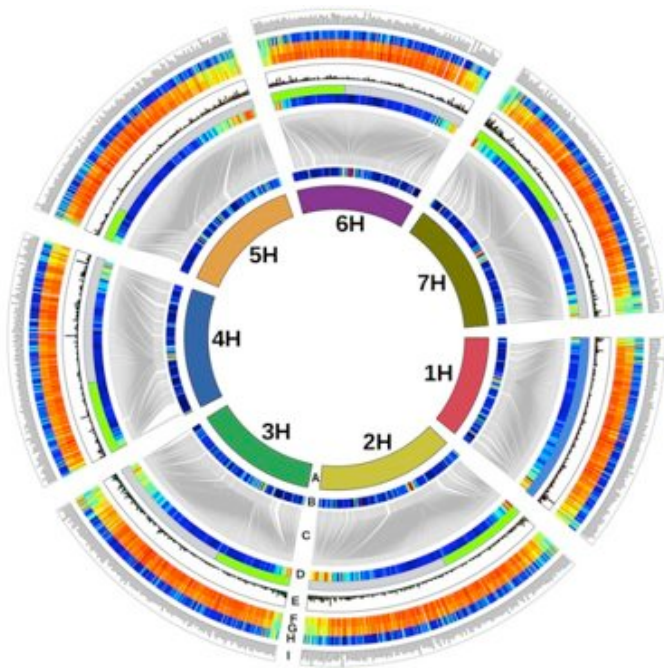


Gerste IPK-Genbankakzessionen; Fotos: H. Knüpffer, 2008

Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

Wissensbasierte gezielte genetische Modifikation

Ertragspotential Qualität Nachwachsende Rohstoffe Stresstoleranz
Krankheitsresistenz Inhaltsstoffe Erneuerbare Energien Nährstoffeffizienz Phytofarming



Stoffwechsel

Genetik

Phänotyp

Aufklärung genetischer Ursachen und molekularer Mechanismen der Merkmalsausprägung

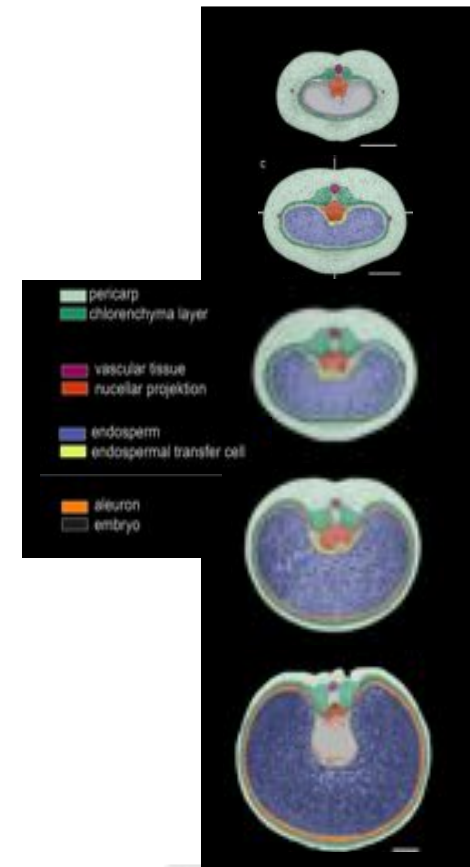
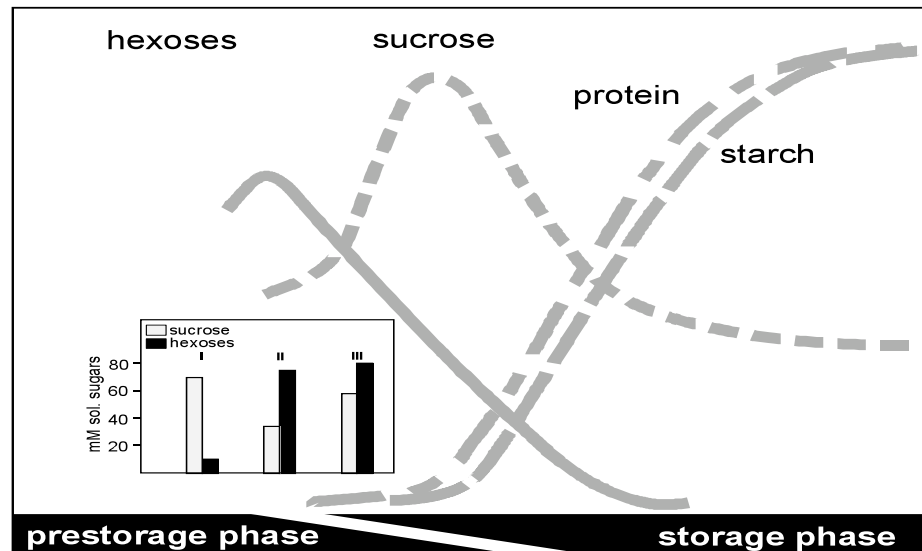
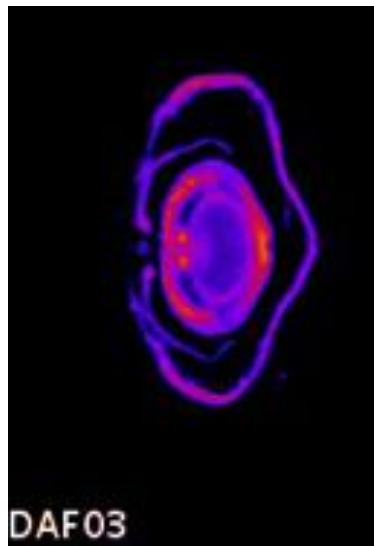
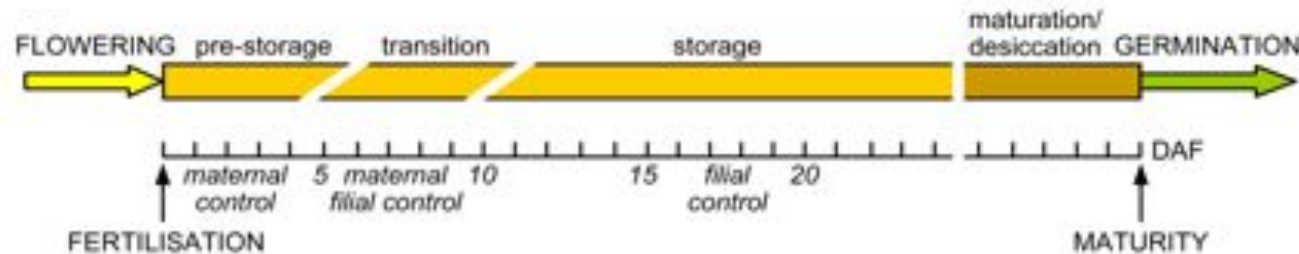
Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

Wissensbasierte gezielte genetische Modifikation

- **Gentechnische Veränderungen** zur gezielte Veränderung endogener Genfunktionen bzw. Einführung zusätzlicher Genfunktionen in Pflanzen:
 - Modulation der Aktivität und/oder Funktion arteigener (endogener) Gene;
 - Einführung von Genen / Genfunktionen eng verwandter Arten;
 - Einführung artfremder Gene / Genfunktionen;
 - Einbringung neuer bzw. modifizierter Gene;
 - **präziser Austausch / Ersatz** von Genen in Pflanzengenomen bzw. Einfügen von Genen an vorbestimmter Position
 - **Etablierung** neuartiger Stoffwechsel-, Reaktions- oder Entwicklungswege/-prozesse
 - **multiple Genveränderungen** durch künstliche Pflanzenchromosomen

Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

Wissensbasierte gentechnische Modifikation Entwicklung und Füllung des Weizenkorns

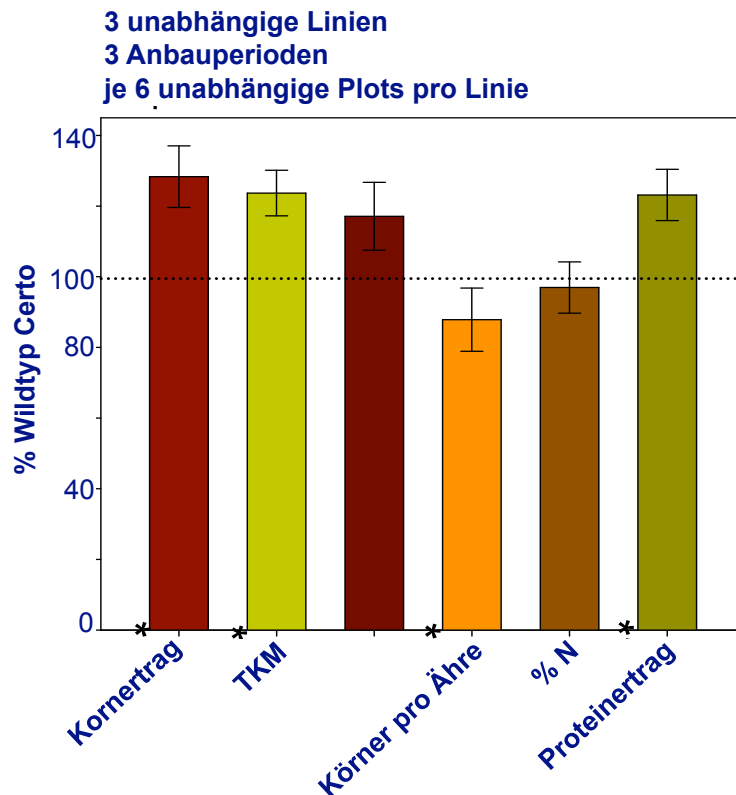


W. Weschke, H. Weber (2014) Grain development.
In: Kümlehn J, Stein N (Eds.): Biotechnology in agriculture and forestry,
Biotechnological approaches to barley improvement.

Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

Wissensbasierte gezielte genetische Modifikation

Ertragssteigerung durch Überexpression eines Saccharosetransporters aus Gerste



Certo



HOSUT



Die Ertragssteigerung beruht auf größeren (dickeren) Körnern bei gleichbleibender Kornzahl pro Pflanze.

I. Sallbach et al. (2014) J. Cereal Sci. (2014) dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2014.01.017;
W. Weschke et al., unveröffentlicht

Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

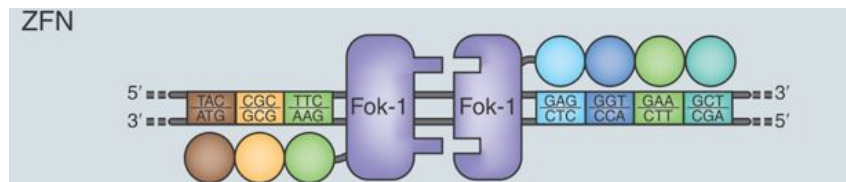
Wissensbasierte gezielte genetische Modifikation

- **Gentechnische Veränderungen** zur gezielte Veränderung endogener Genfunktionen bzw. Einführung zusätzlicher Genfunktionen in Pflanzen:
 - Modulation der Aktivität und/oder Funktion arteigener (endogener) Gene;
 - Einführung von Genen / Genfunktionen eng verwandter Arten;
 - Einführung artfremder Gene / Genfunktionen;
 - Einbringung neuer bzw. modifizierter Gene;
 - **präziser Austausch / Ersatz** von Genen in Pflanzengenomen bzw. Einfügen von Genen an vorbestimmter Position
 - **Etablierung** neuartiger Stoffwechsel-, Reaktions- oder Entwicklungswege/-prozesse
 - **multiple Genveränderungen** durch künstliche Pflanzenchromosomen

- **Gerichtete / gezielte Modifikation oder Mutagenese** („Neue Techniken“):
 - Transkriptionelles **Gene Silencing** durch RNA-vermittelte DNA-Methylierung;
 - **Oligonukleotid-vermittelte** Mutagenese;
 - Einsatz **Sequenz-spezifischer Nukleasen** (site-directed nucleases SDN)

Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

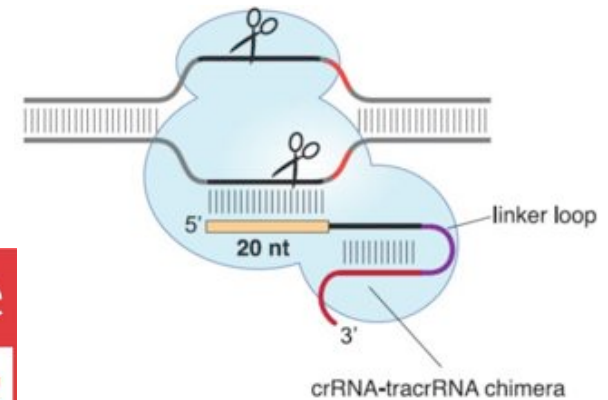
SDN - Technologie



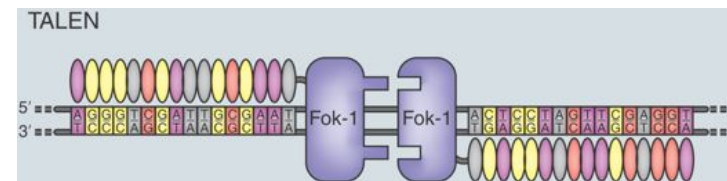
Zinc-finger nucleases



Meganucleases



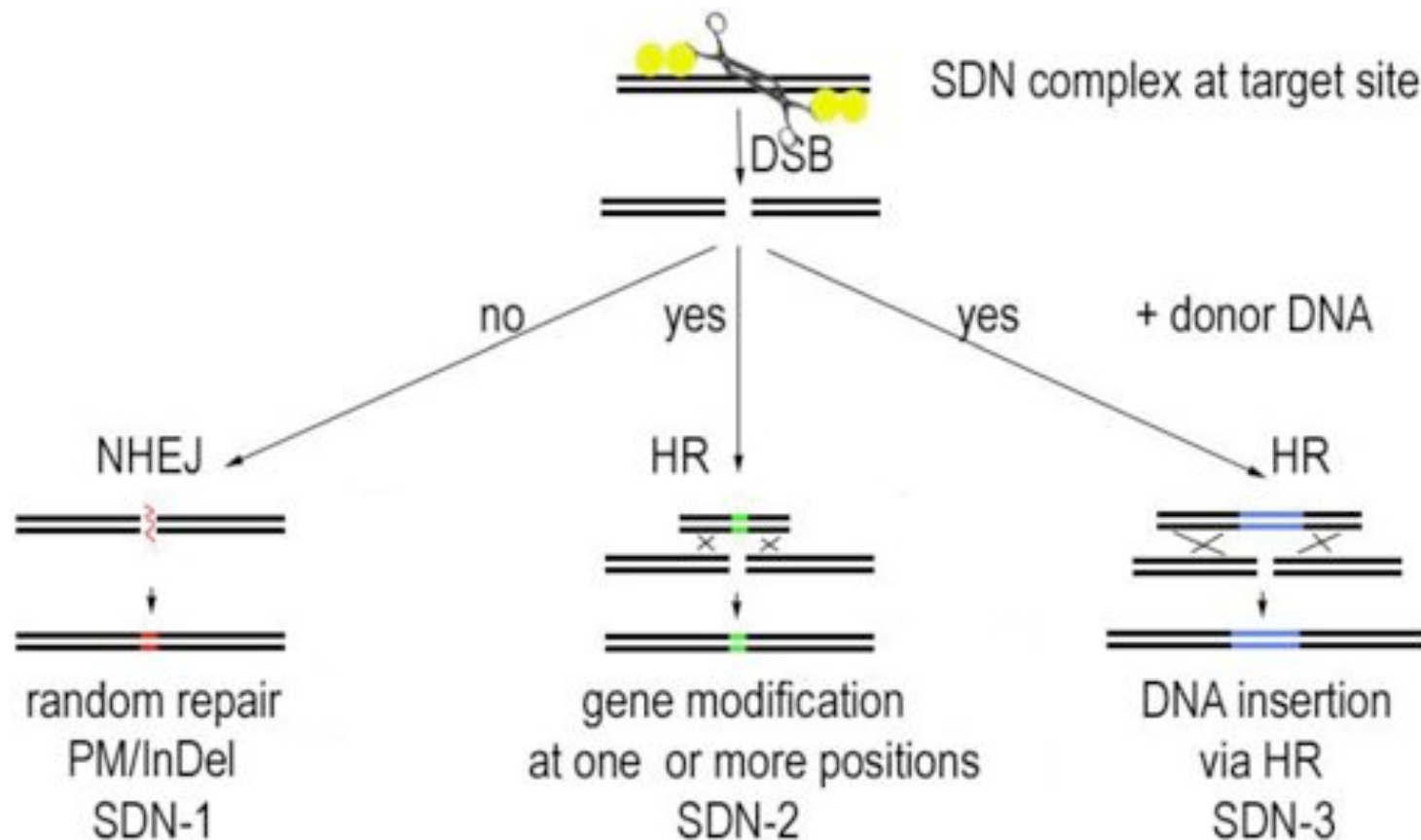
Cas9 / sgRNA



**Transcription activator-like effector nucleases
(TALENs)**

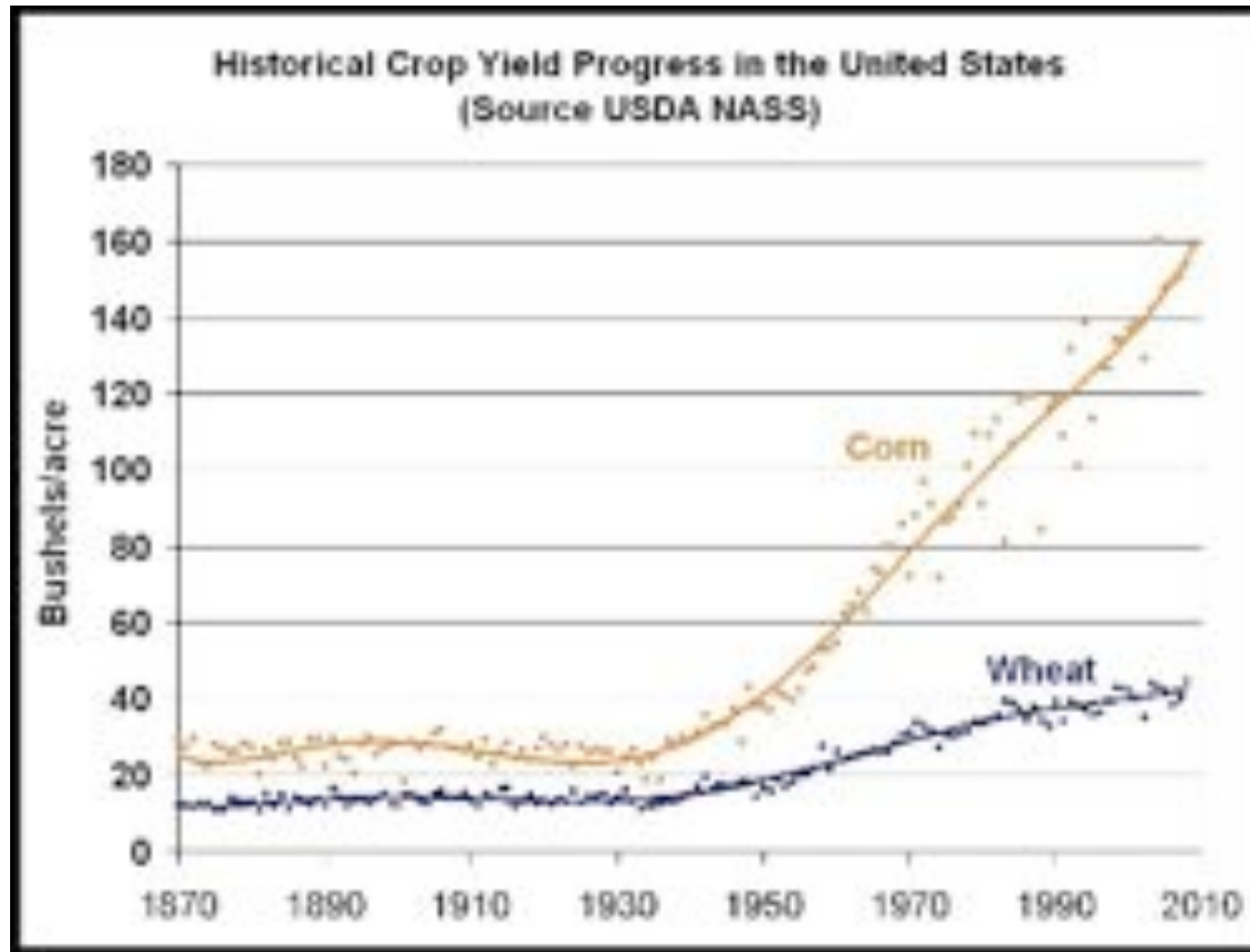
Innovation: Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität

SDN - Technologie

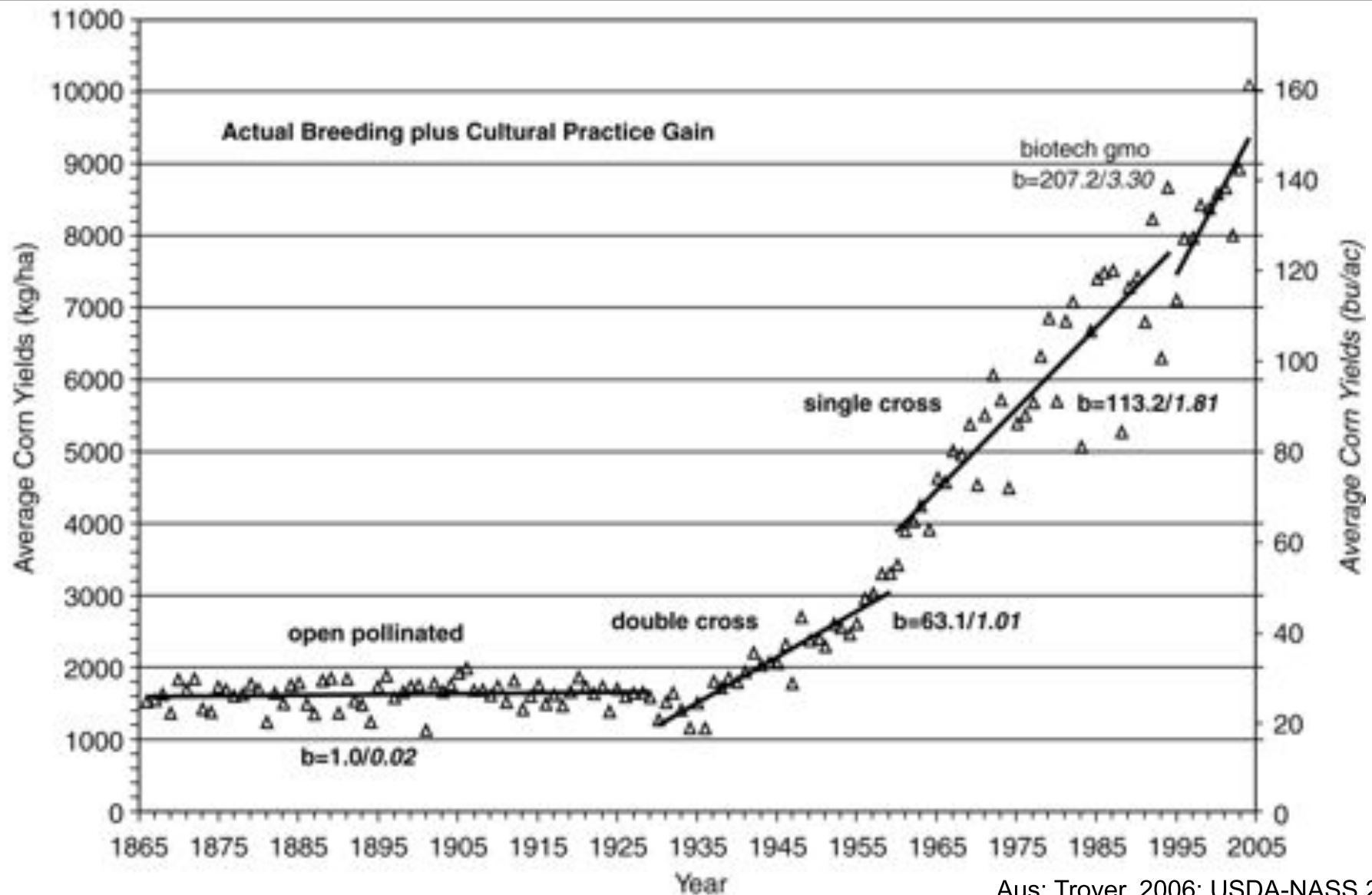


Innovation: Vermehrte Nutzung der Heterosis / Hybridzüchtung

Entwicklung der Mais und Weizenerträge in den USA (1870 – 2010)



Innovation: Vermehrte Nutzung der Heterosis / Hybridzüchtung

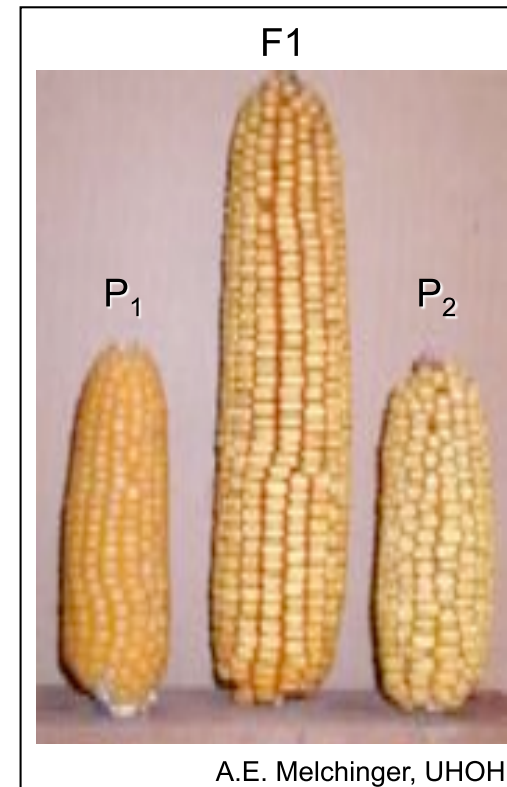


Aus: Troyer, 2006; USDA-NASS 2005

Innovation: Vermehrte Nutzung der Heterosis / Hybridzüchtung



Aus: Birchler et al., 2003



A.E. Melchinger, UHOH

Heterosis: Gesteigerte Größe, Ertrag, Fertilität und/oder Stresstoleranz von Kreuzungsnachkommen gegenüber ihren Eltern

Heterosis in Nutzpflanzen



Source: www.uni-hohenheim.de/~hoefer/ROGGEN/ro_fotos.htm



Source: ss.jircas.affrc.go.jp/engpage/annualreport/1997/divisions/brdiv2-f1.jpg

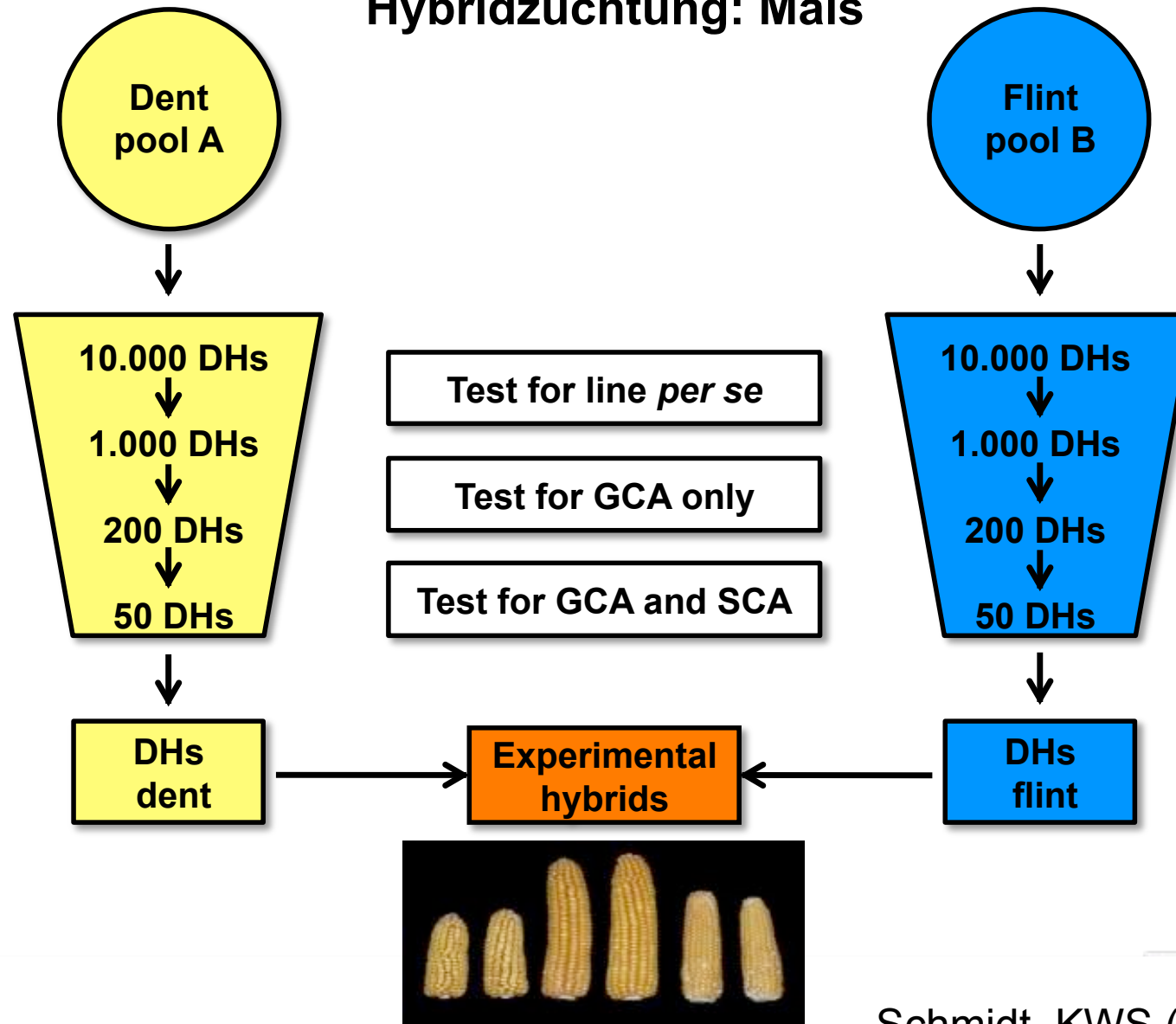
Innovation: Vermehrte Nutzung der Heterosis / Hybridzüchtung

Pflanzenart	Heterosis (%)	
	Ertrag	Pflanzenhöhe
Mais	222	74
Roggen	287	36
Hirse	62	15
Sonnenblume	135	17
Zuckerrübe	107	-
Raps	45	-1
Fababohne	51	25
Weizen	9	-3
Gerste	8	6
Reis	56	-

Nach: Geiger, 1990; Becker, 1993

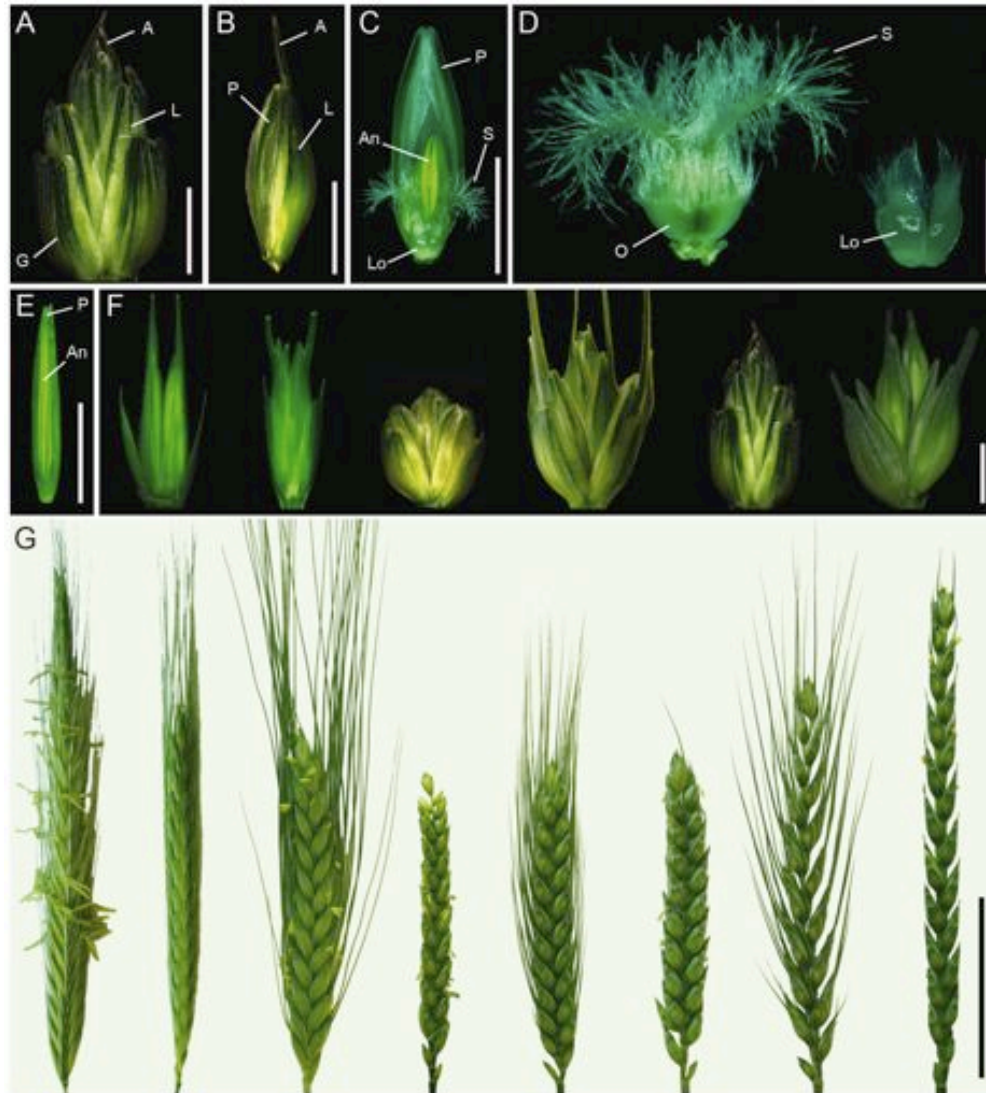
Innovation: Vermehrte Nutzung der Heterosis / Hybridzüchtung

Hybridzüchtung: Mais



Innovation: Vermehrte Nutzung der Heterosis / Hybridzüchtung

Blütenbiologie: Weizen, Triticeae



Fertilitätskontrolle zur
Hybridsaatgut-Erzeugung:

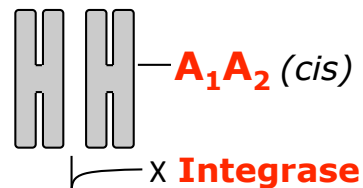
- Gametozideinsatz (chemical hybridizing agents, CHAs)
- Cytoplasmatische männliche Sterilität (cms)
- Selbstinkompatibilität?
- Nukleäre / genische männliche Sterilität
- Transgen-vermittelte männliche Sterilität

R. Whitford et al., (2013)
J. Exp. Bot. 64: 5411-5428

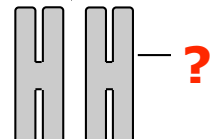
Innovation: Vermehrte Nutzung der Heterosis / Hybridzüchtung

Transgen-vermittelte männliche Sterilität bei Weizen: „Gespaltener Gen-Ansatz“ („split gene approach“)

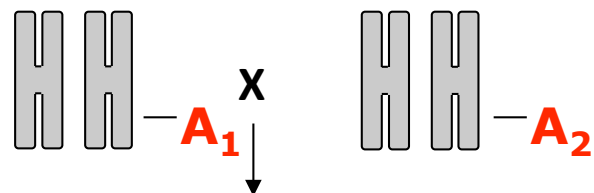
F1: Primary-transformant pollen sterile



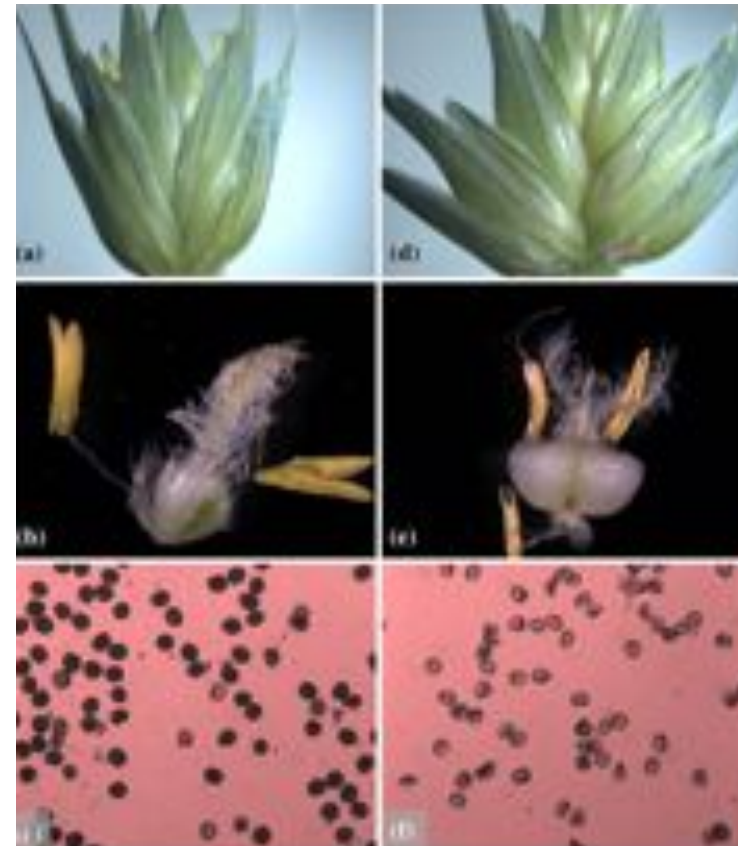
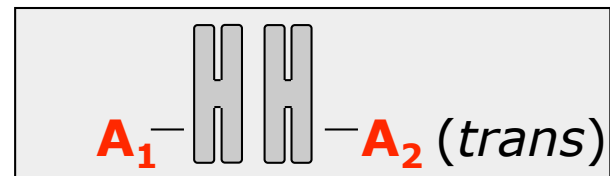
F2: Mosaic-plant



F3: fertile plants



F4: pollen sterile plants



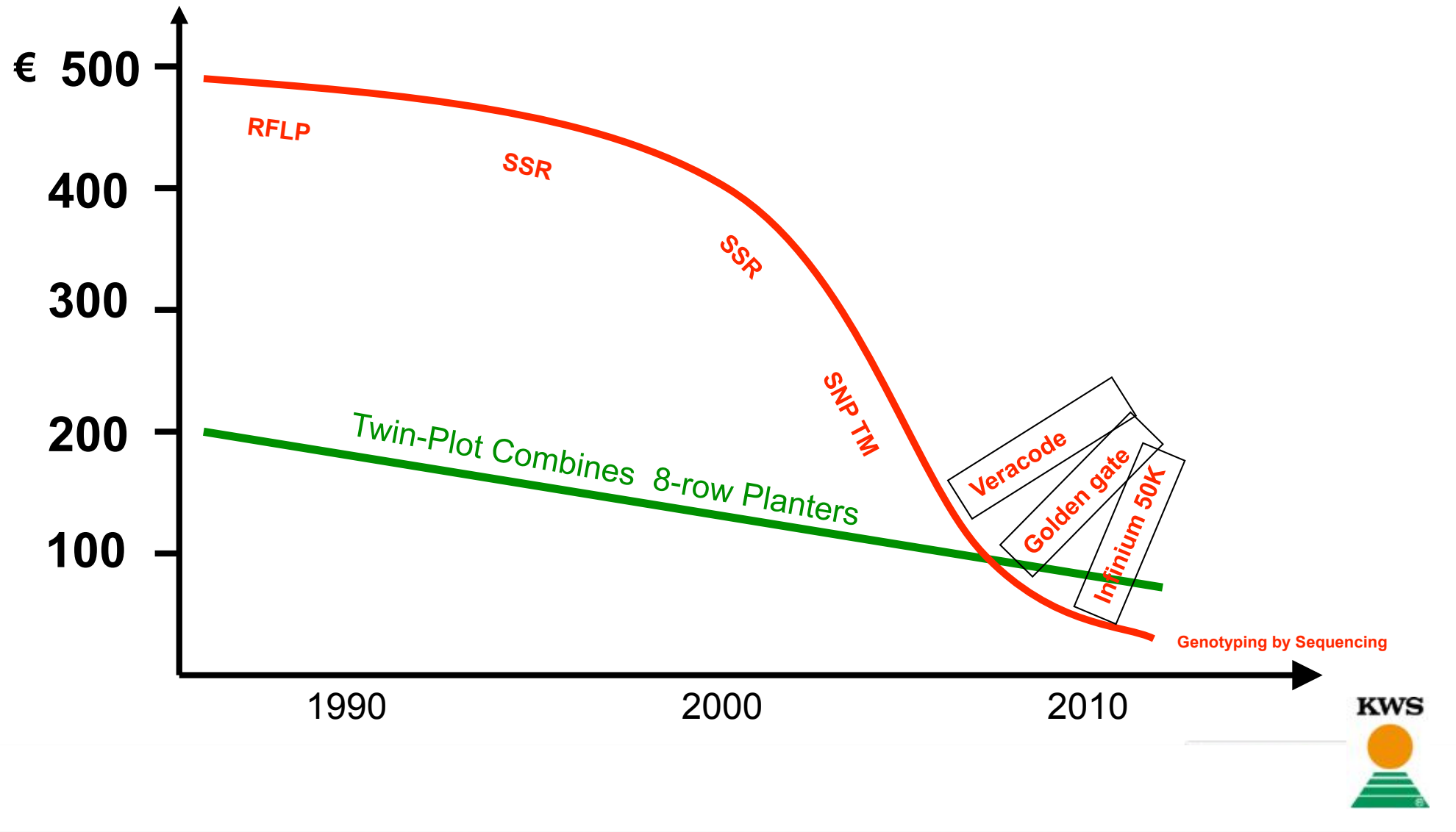
fertil

steril

K. Kempe et al. (2013) Transgenic Res. 22:
1089-1105

Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Kosten für die Evaluierung einer Hybride bzgl. Ertrag (oder anderer quantitativer Merkmale):

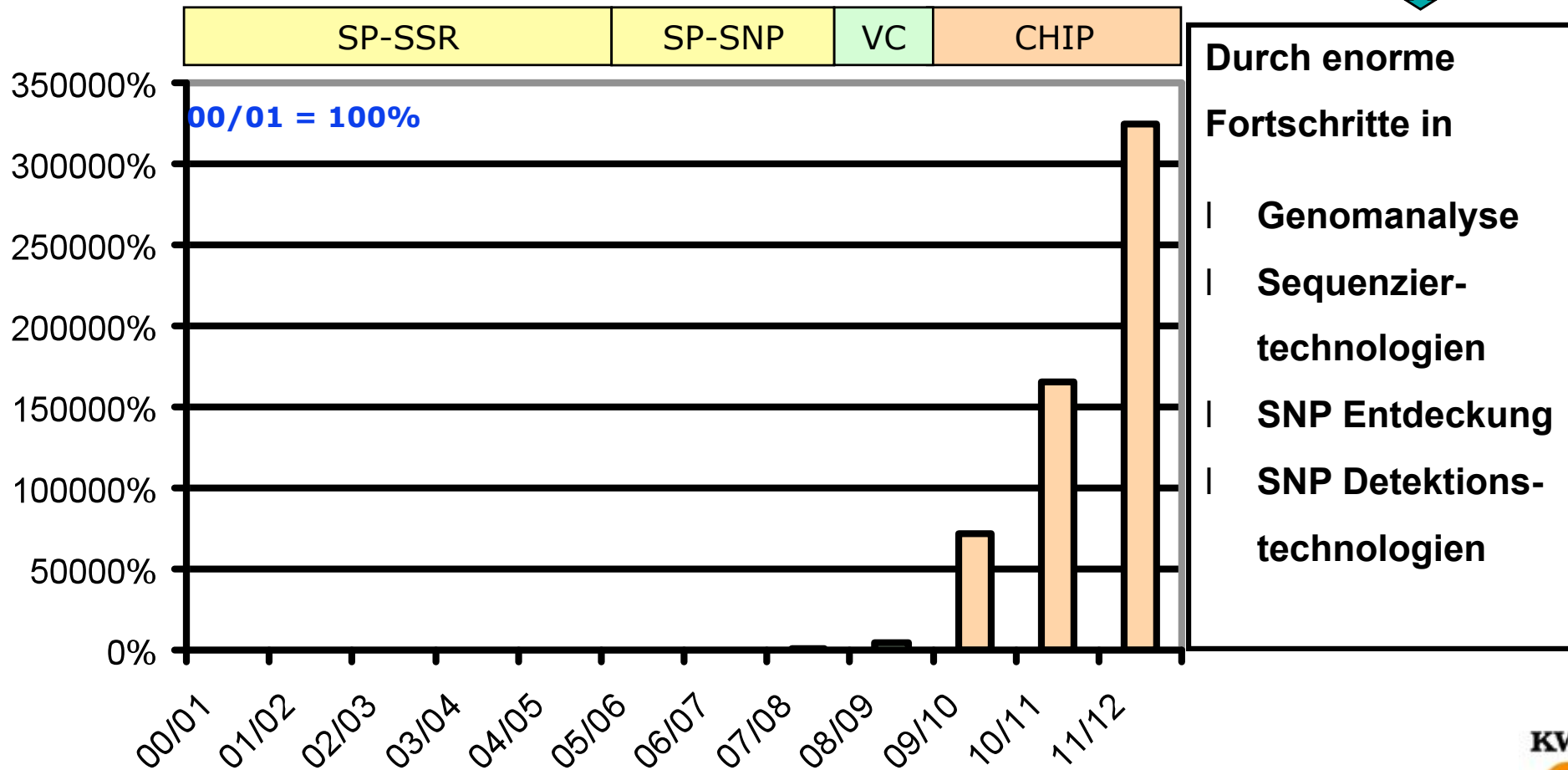


Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Anzahl der jährlich für Mais erhobenen Datenpunkten molekularer Marker (KWS) 2001 - 2012



3500x Steigerung

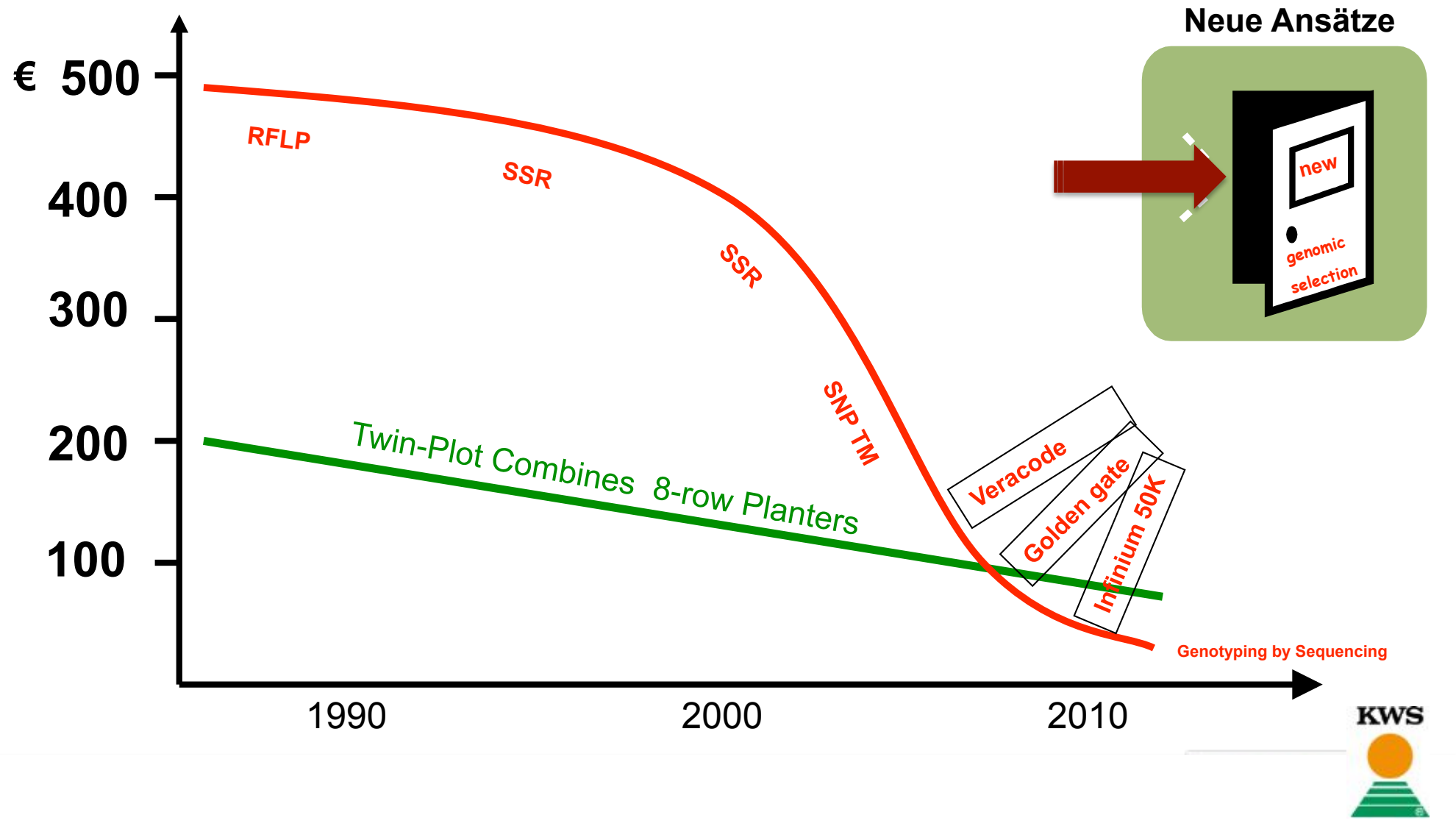


CHIP = MaizeSNP50K BeadChip



Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Kosten für die Evaluierung einer Hybride bzgl. Ertrag (oder anderer quantitativer Merkmale):



Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Prinzip der genomischen Selektion:

Steigerung des Anteils der erklärten genotypischen Varianz durch die Berücksichtigung von QTLs (Markern) mit kleinen und mittleren Effekten

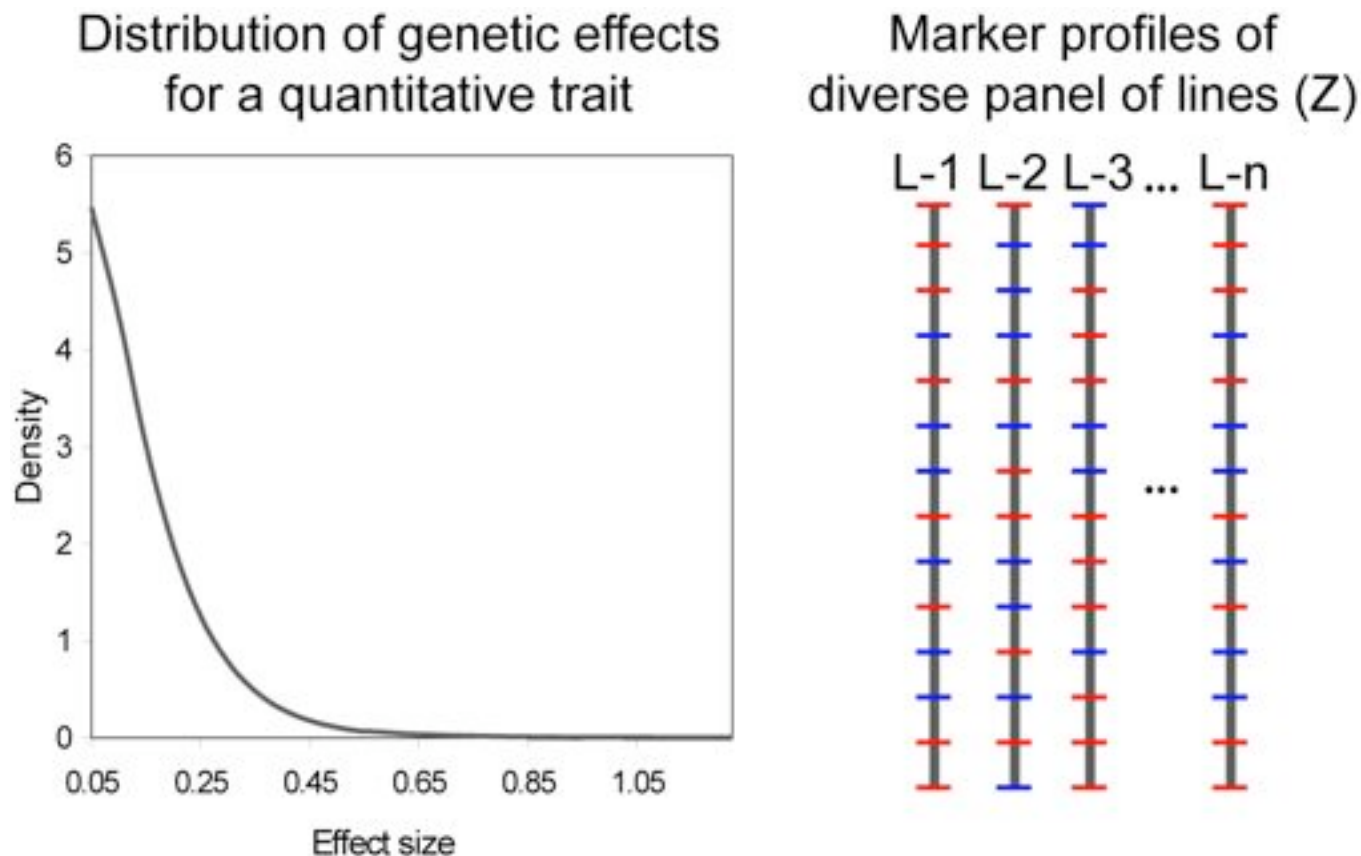


Abb.: J.C. Reif

Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Prinzip der genomischen Selektion:

Vorhersage des genotypischen Wertes an Hand eines trainierten Modells auf Basis der kompletten Markerdaten einer Linien / eines Individuums

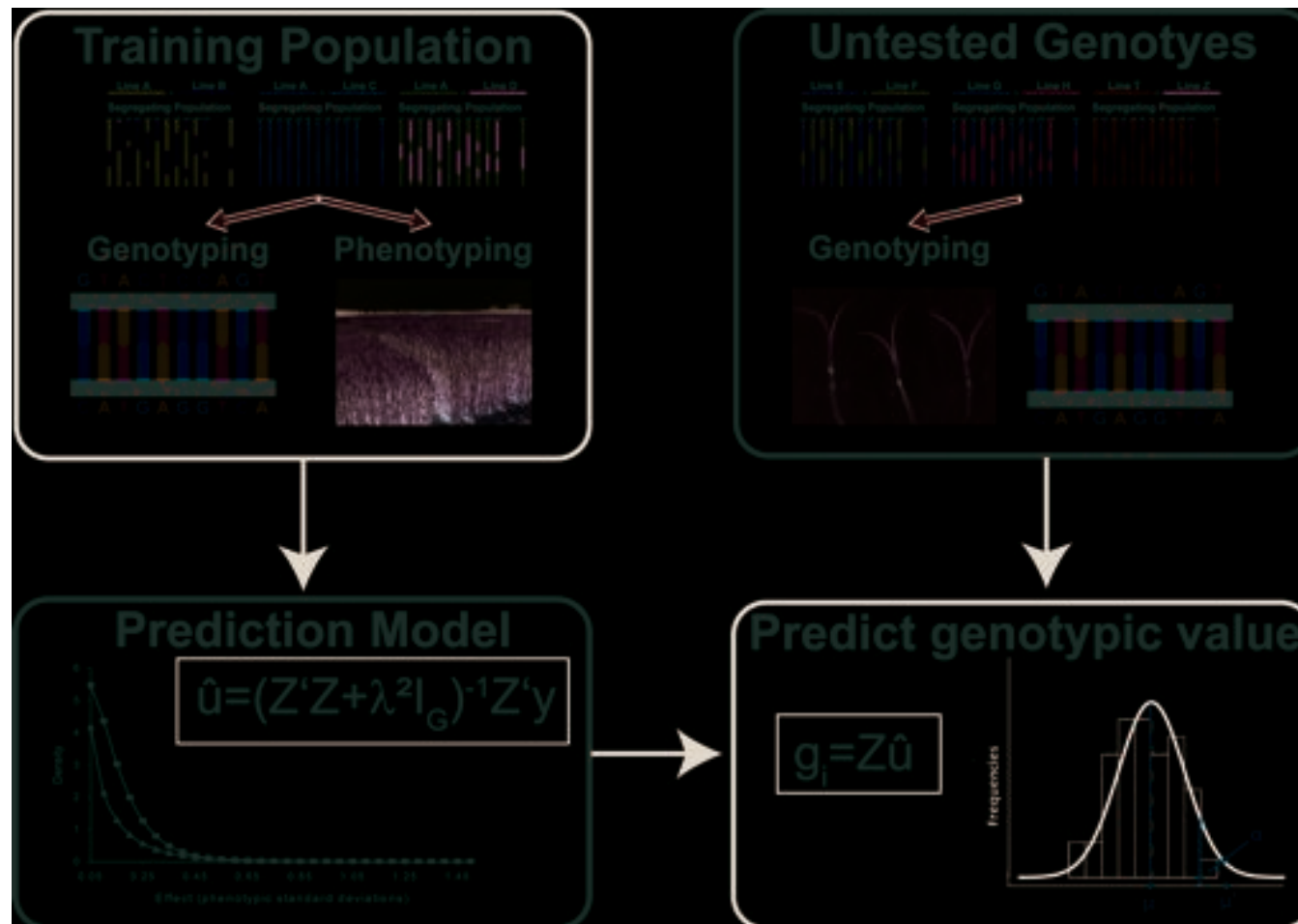


Abb.:
J.C. Reif

Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

**Erhöhte Vorhersagegenauigkeit durch genomische Selektion
(gegenüber Assoziationskartierungsdaten):**

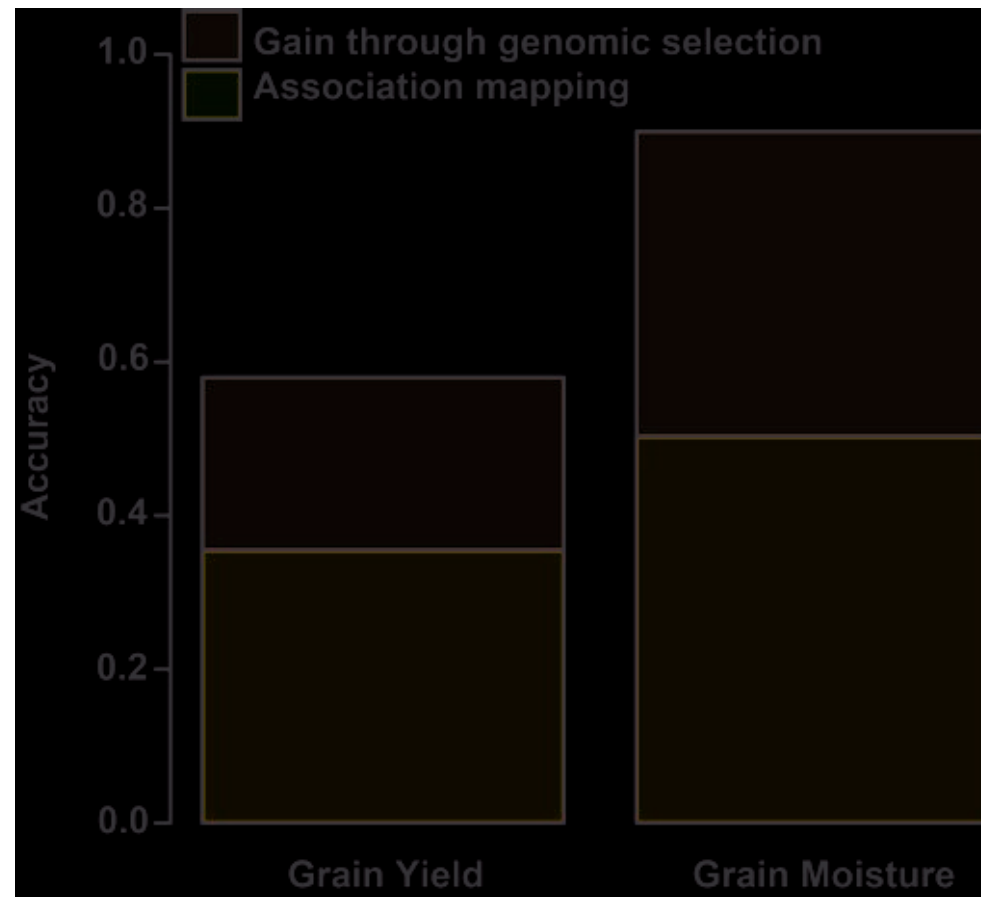
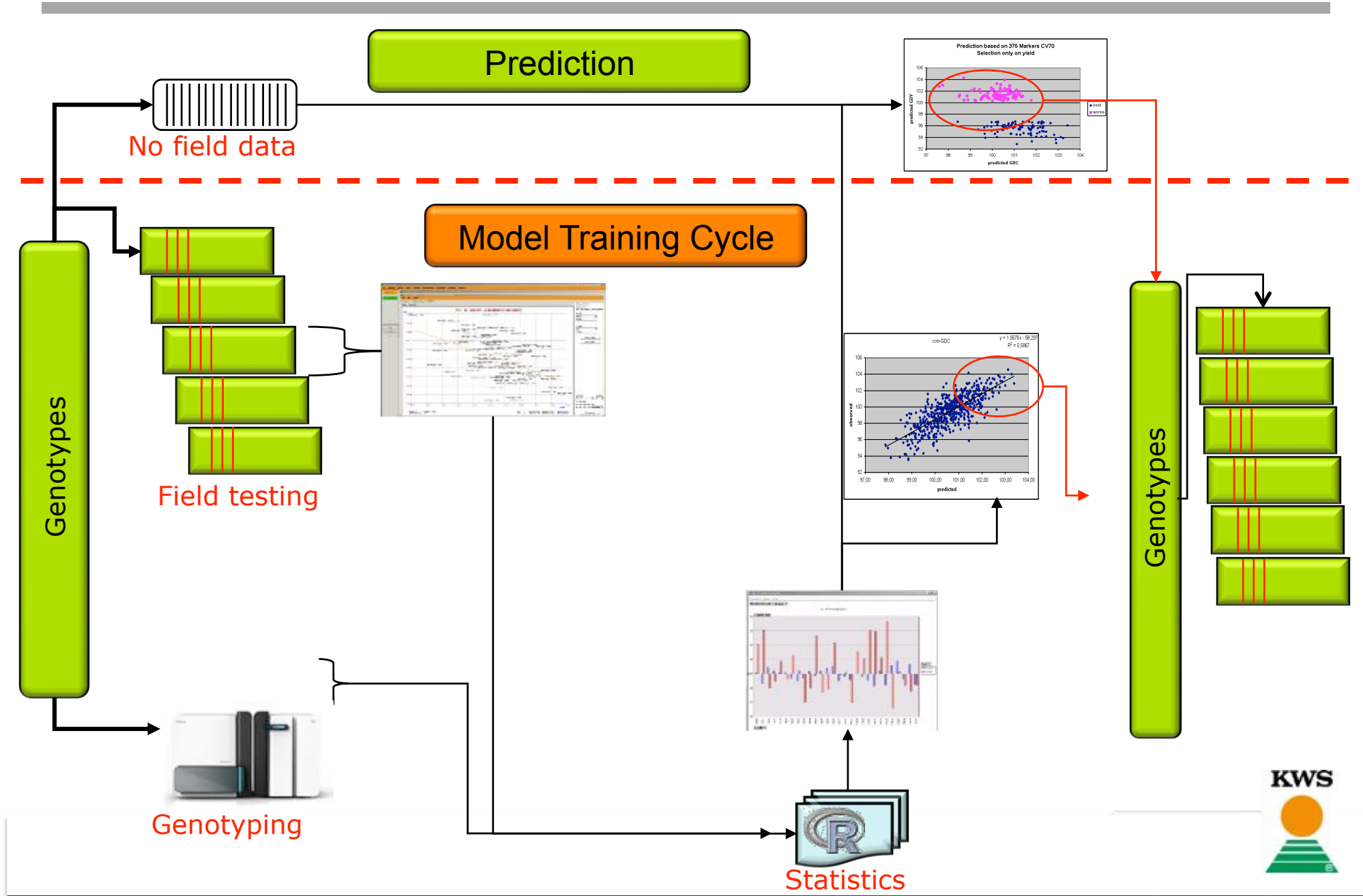


Abb.:
J.C. Reif

Zhao et al. 2013

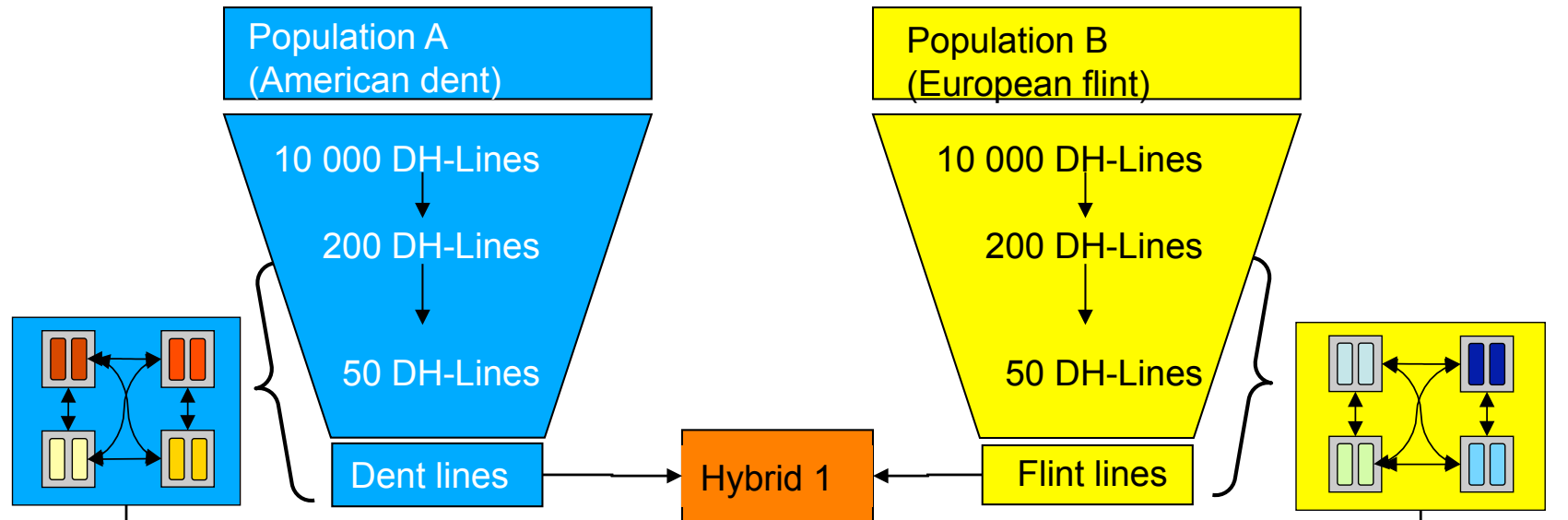
Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz



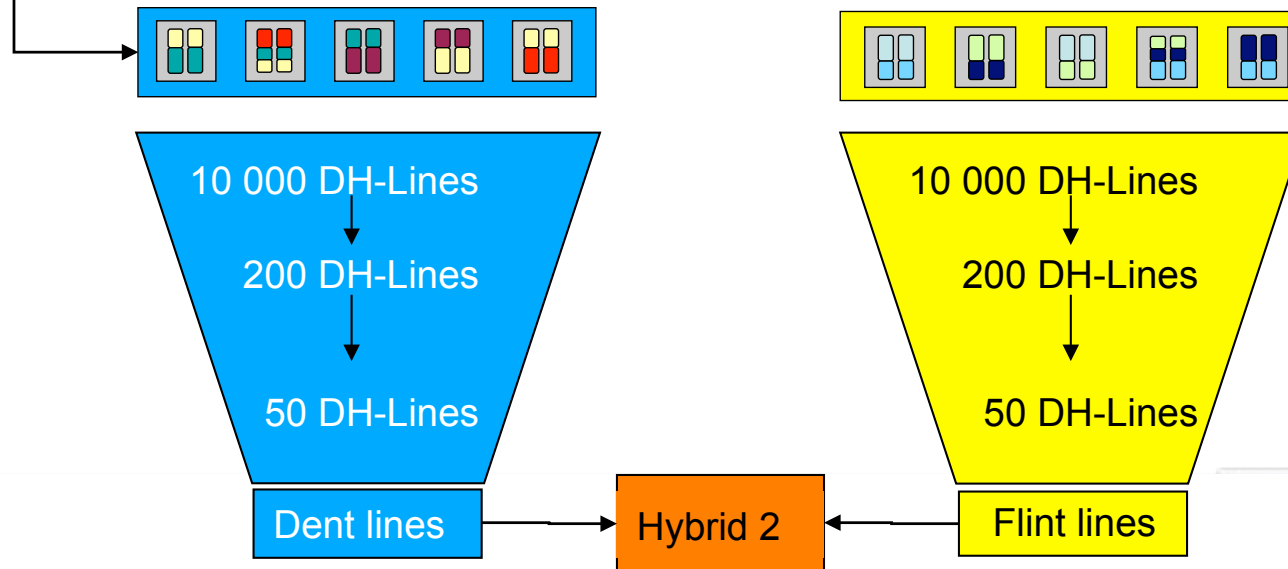
Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Hybridzüchtung: Mais

Zyklus 1

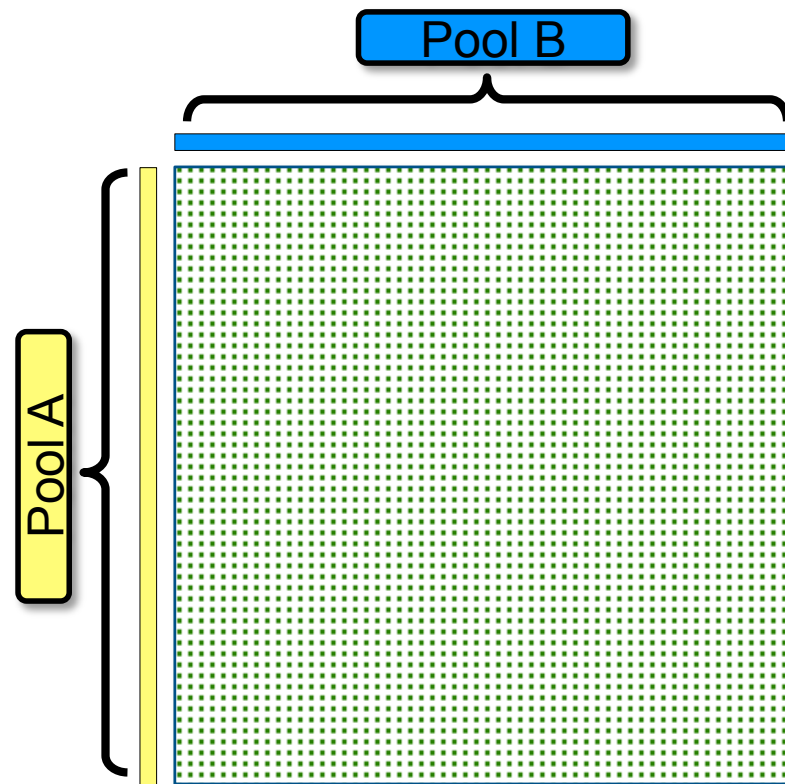


Zyklus 2



Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Effiziente DH-Erzeugung: Bedarf der Hybridleistungsvorhersage



Das Problem:

Welche sind die besten
Hybriden
... unter 1 Mio. möglichen?
... unter 2.500 möglichen?

1.000 x 1.000 lines (after *per se* selection)

50 x 50 lines (after GCA selection)

= 1 mio. potential hybrids

= 2.500 potential hybrids

➔ Basis for selection of experimental hybrids

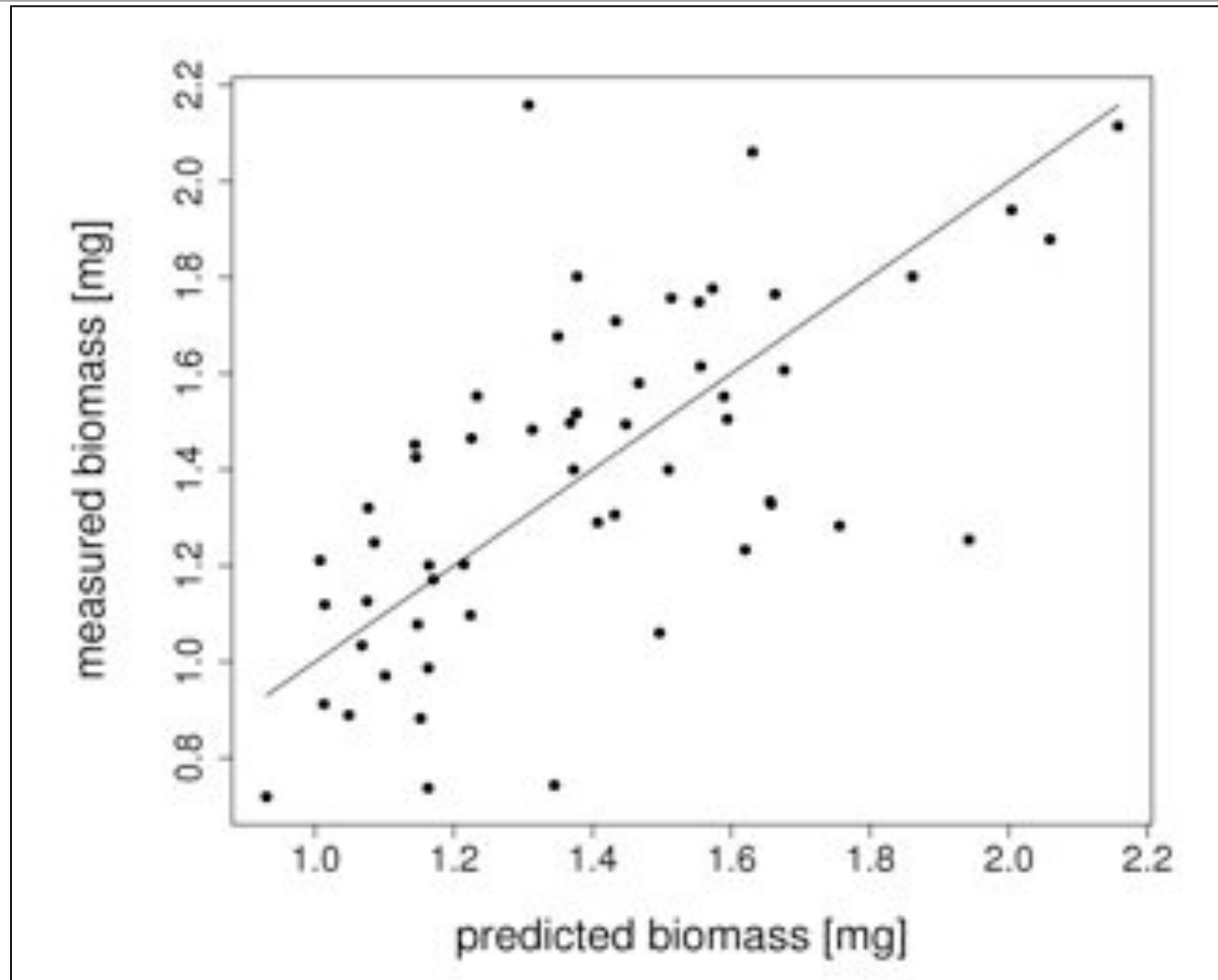
Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

CC: 0.73

(multiplicative
model)

p ca. 4×10^{-65} !!

Median
correlation
between predicted
and true dry
weights
(determined via
cross validation
using PLS):
 0.58 ± 0.06



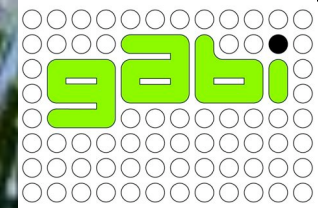
GABI-ENERGY: Biomass production in maize – genomics guided breeding of energy maize and a systems-oriented analysis.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Energy Maize

30 t/ha



Conventional
Silage Maize

15 -18 t/ha

KWS



Riedelsheimer et al., Nat. Genet. 2012, Riedelsheimer et al., PNAS 2012

Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Analysis of 300 diverse Dent inbred lines and 600 hybrids thereof (300 Dents x 2 F1 Flint testers):

Hybrid field trials: 2 years, 3 locations,
evaluation of 7 biomass / bioenergy traits

Inbred field trial: 1 year, 1 location, 2 repl.
early biomass (FW), EV, FF, PH, DMY, DMC
metabolite profiles

Glasshouse cultivation (95 inbreds, 95 hybrids (xT₁)):

3 exp. w. 4 rep. each
early biomass (FW, DW), PH (mult. t.-p. `s)
metabolite profiles
transcript profiles (selected inbreds and hybrids)

Genotyping: SNP50
aCGH (34 + 13 lines)

Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Metabolite profiling of leaf samples of young field grown plants (@4 WAS):

Sampling (300 inbred lines):

600 plots (2 replications)

10 plants sampled per plot (5 cm mid section of 3rd leaf)

leaf samples rapidly frozen in dry ice

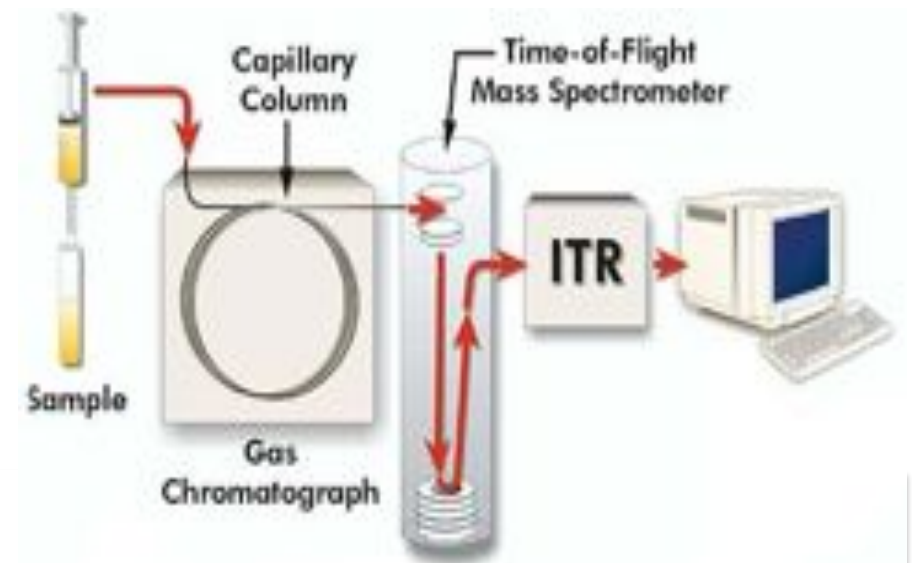
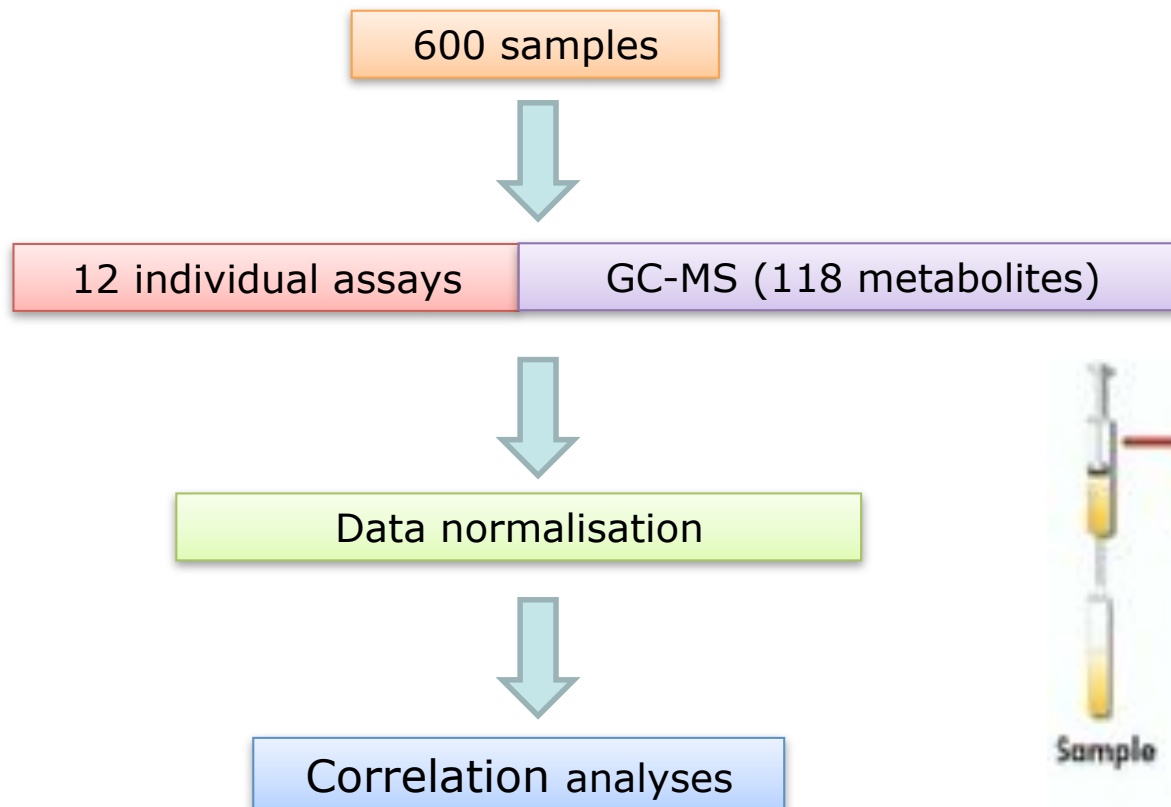
6000 leaf samples taken by 35 persons in 69 min.!



Riedelsheimer, et al.,
Nat. Genet. (2012)

Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Metabolite profiling of leaf samples of young field grown plants: Sample processing and analysis



Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

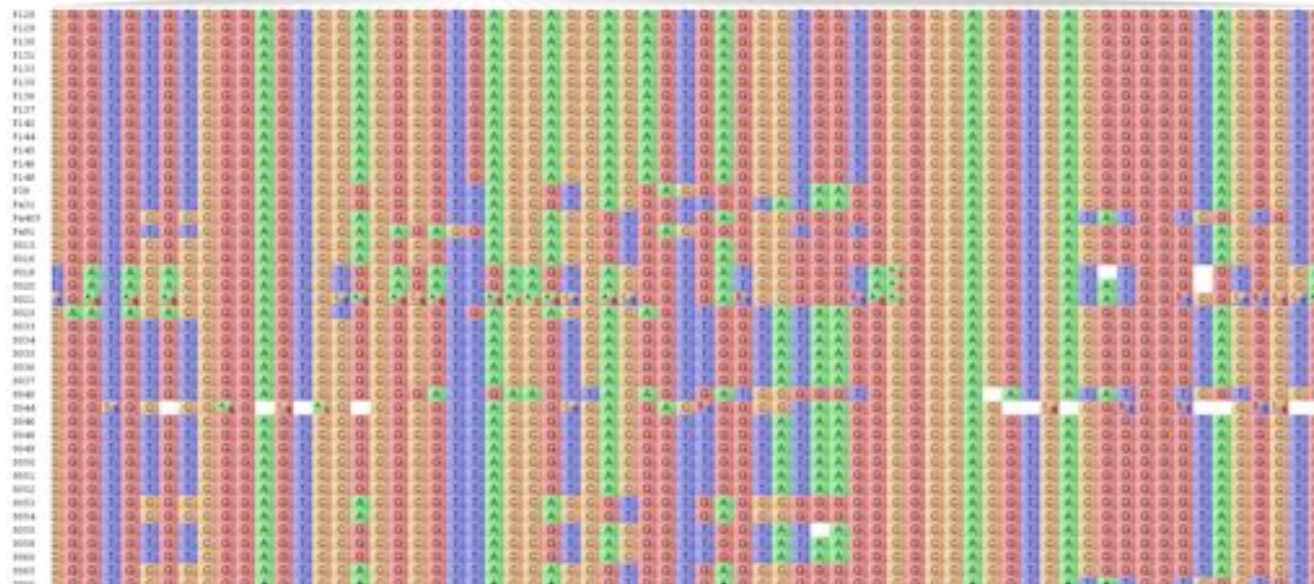
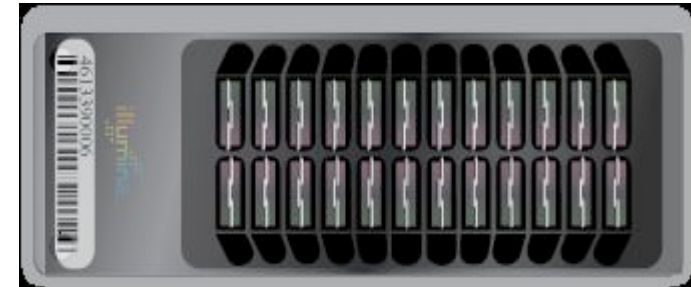
Genotyping of inbred lines

Genotype data:

Illumina MaizeSNP50 Infinium HD iSelect

bead array SNP data of 299 inbred lines

chromosome 1 (7,746 SNP markers)



Riedelsheimer, Czedik-Eysenberg, Lisec, et al., Nat. Genet. (2012)

Innovation: Steigerung der Selektionseffizienz

Trait Prediction:

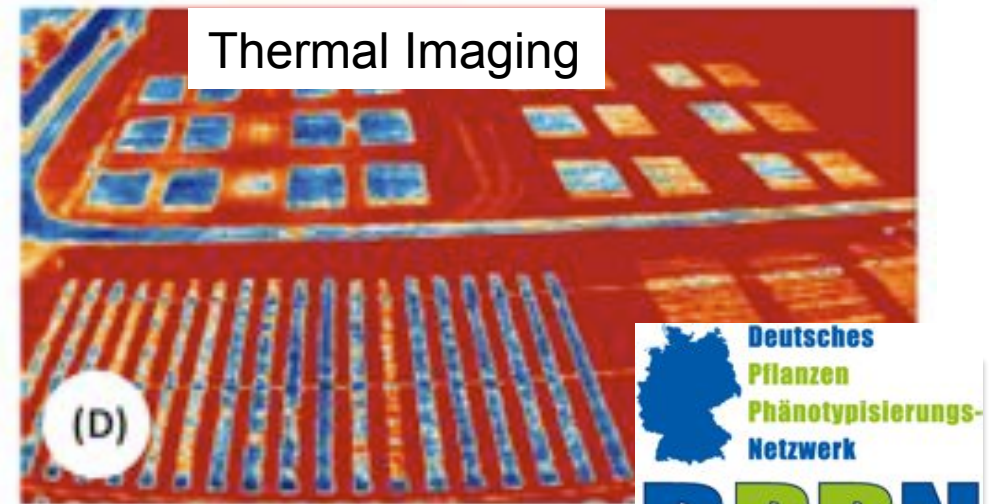
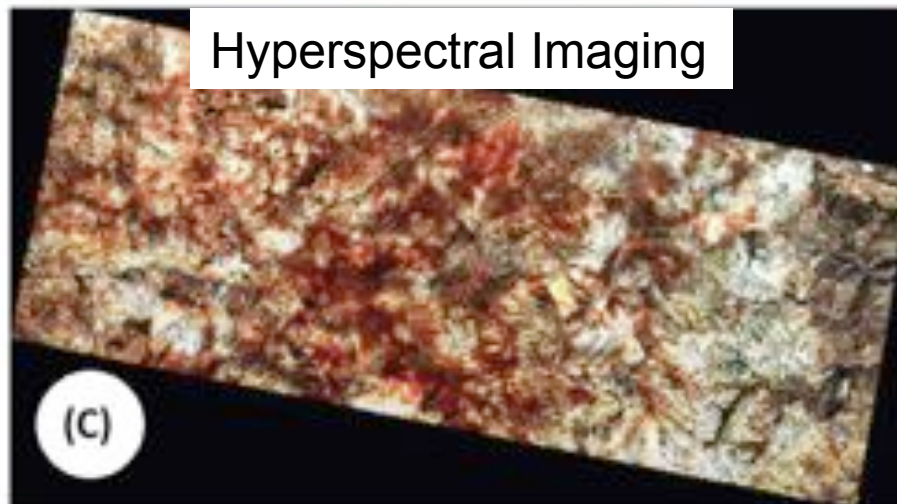
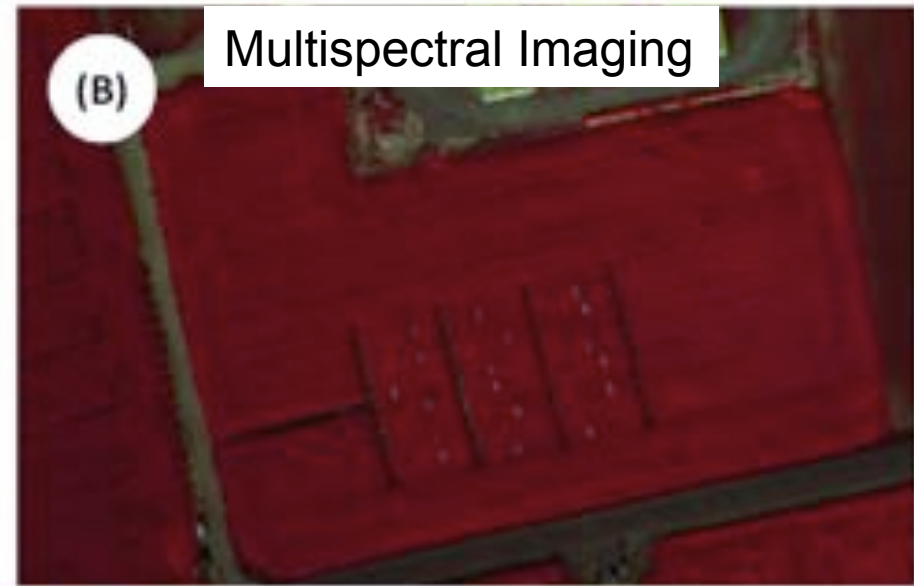
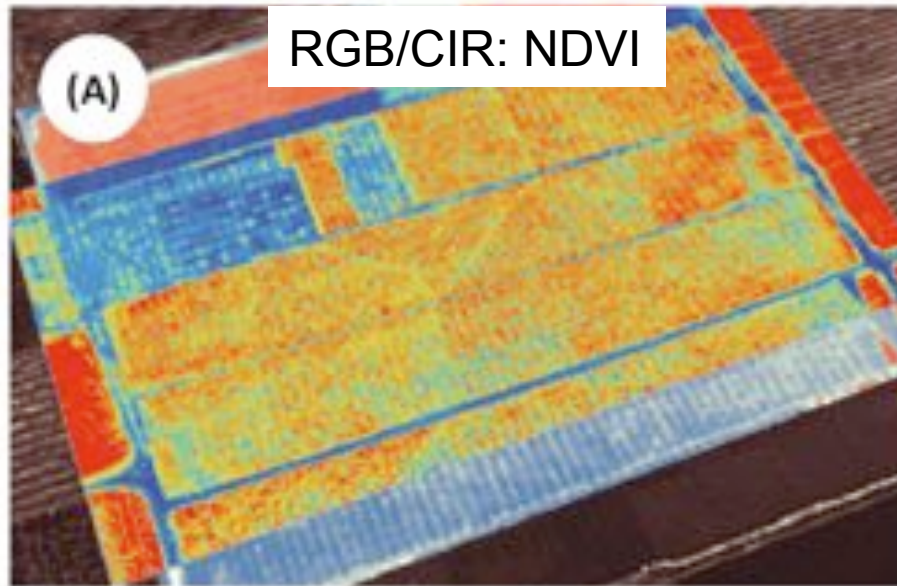
Prediction of GCA for dry matter yield and 6 other agronomic traits applying whole-genome- and metabolome-based methods on **SNP data and metabolite profiles of inbred lines**

GCA	h_{GCA}^2	w_M^2	SNPs			Metabolites		
			$r_{(y,y)}$	$r_{(g,g)}$	s.d.	$r_{(y,y)}$	$r_{(g,g)}$	s.d.
Dry matter yield	0.89	0.73	0.74	0.78	0.07	0.48	0.60	0.11
Plant height	0.95	0.72	0.70	0.72	0.06	0.52	0.63	0.10
Dry matter concentration	0.96	0.72	0.78	0.80	0.07	0.66	0.79	0.06
Female flowering	0.98	0.71	0.80	0.81	0.06	0.67	0.80	0.07
Starch content	0.93	0.73	0.70	0.73	0.07	0.59	0.71	0.07
Sugar content	0.94	0.74	0.69	0.72	0.06	0.55	0.67	0.09
Lignin content	0.82	0.73	0.72	0.80	0.05	0.50	0.64	0.10

Predictive abilities $r_{(y,y)}$ and prediction accuracies $r_{(g,g)}$ averaged over all cross-validation runs and their s.d. are shown for models using either SNPs or metabolites. Heritabilities of the predicted traits (h_{GCA}^2) are given as well as the repeatabilities of the used metabolic profile (w_M^2) calculated as the weighted sum of the repeatabilities of the individual metabolites

Innovation: Steigerung der Selektionskapazität

Sensor-basierte automatisierte Phänotypisierung (Fernerkundung)



Aus: J.L. Araus, J.E. Cairns (2014) TIPS19(1), 52-61

Innovation Pflanzenzüchtung – Fazit

- **Enorme Herausforderungen für die Pflanzenzüchtung in den kommenden Jahrzehnten**
- **Rasante technologische Entwicklungen (Genomforschung; molekulare / systembiologische Pflanzenforschung; Phänotypisierung; Bioinformatik)**
- **Massive Verbreiterung des für die Pflanzenzüchtung verfügbaren Spektrums an Methoden und Verfahren**
- **Erfordernis der (Weiter-)Entwicklung und Nutzung aller einsetzbarer Techniken und entsprechender menschlicher Ressourcen**
- **Chance zur Diversifizierung (breitere Vielfalt) mit lokaler / regionaler Anpassung / Optimierung**

Dank an...

... Milena Quzunova (KWS); Jens Lübeck (GSA, Solana Res.); Andreas Graner, Winfriede Weschke, Jochen C. Reif (IPK) für die Überlassung von Darstellungen,

... **frühere** und **aktuelle Arbeitsgruppenmitglieder**,

Andrea Apelt
Sibille Bettermann
Martina Becher
Michaela Ernst
Iris Fischer
Monika Gottowik
Corina Gryczka
Hea-Jung Jeon
Astrid Junker
Anke Kalkbrenner

Beatrice Knüpfer
Manuela Kretschmann
Peggy Lange
Rotraud Losse
Doreen Mäker
Cindy Marona
Rhonda Meyer
Marion Michaelis
Moses Muraya

Alexandra Rech
David Riewe
Katrin Seehaus
Sabine Struckmeyer
Melanie Teltow
Otto Törjék
Gunda Wehrstedt
Kathleen Weigelt-Fischer
Hanna Witucka-Wall
Monique Zeh

... Kooperationspartner,

Änne Eckhart
Oliver Fiehn
Jan Lisec
Yariv Brotman
Michael Méret
Susann Irgang
Lothar Willmitzer

Matthias Steinfath
Tanja Gärtner
Abdelhalim Larhlimi
Sandra Andorf
Kirsten Feher
Joachim Selbig

MPI-MP / UP, Golm

Ronan Sulpice
**Angelika Czedik-
Eysenberg**
Anna Fils
Armin Schlereth
Yves Gibon
Mark Stitt

Karin Köhl
+ Greenteam

Michael Seifert
Svetlana Friedel
Ingo Mücke
Alexander Entzian
Dijun Chen
Christian Klukas

Anke Müller
Julia Hildebrandt
Enk Geyer

IPK Gatersleben

Christian Riedelsheimer
Christoph Grieder
Frank Technow
Tobias Schrag
Albrecht E. Melchinger

Hans-Peter Piepho
Uni Hohenheim

Milena Ouzunova
Carsten Knaak
KWS Saat AG

Delphine van Inghelandt
Benjamin Stich
Pascal Flament
Limagrain GmbH

Uli Schurr
Achim Walter
Hanno Scharr
FZ Jülich

Pat Schnable
ISU, Ames

... und Förderorganisationen:



SPP Heterosis in
Plants

