Wie funktioniert Pflanzenzüchtung? – Die Vielfalt der Zuchtmethoden

Dr. Walter Schmidt, ehem. Leiter der ‚KWS Maiszüchtung Deutschland'

Saatguttagung der AbL NRW – ‚Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand'

Haus Düsse, 27. Februar 2018

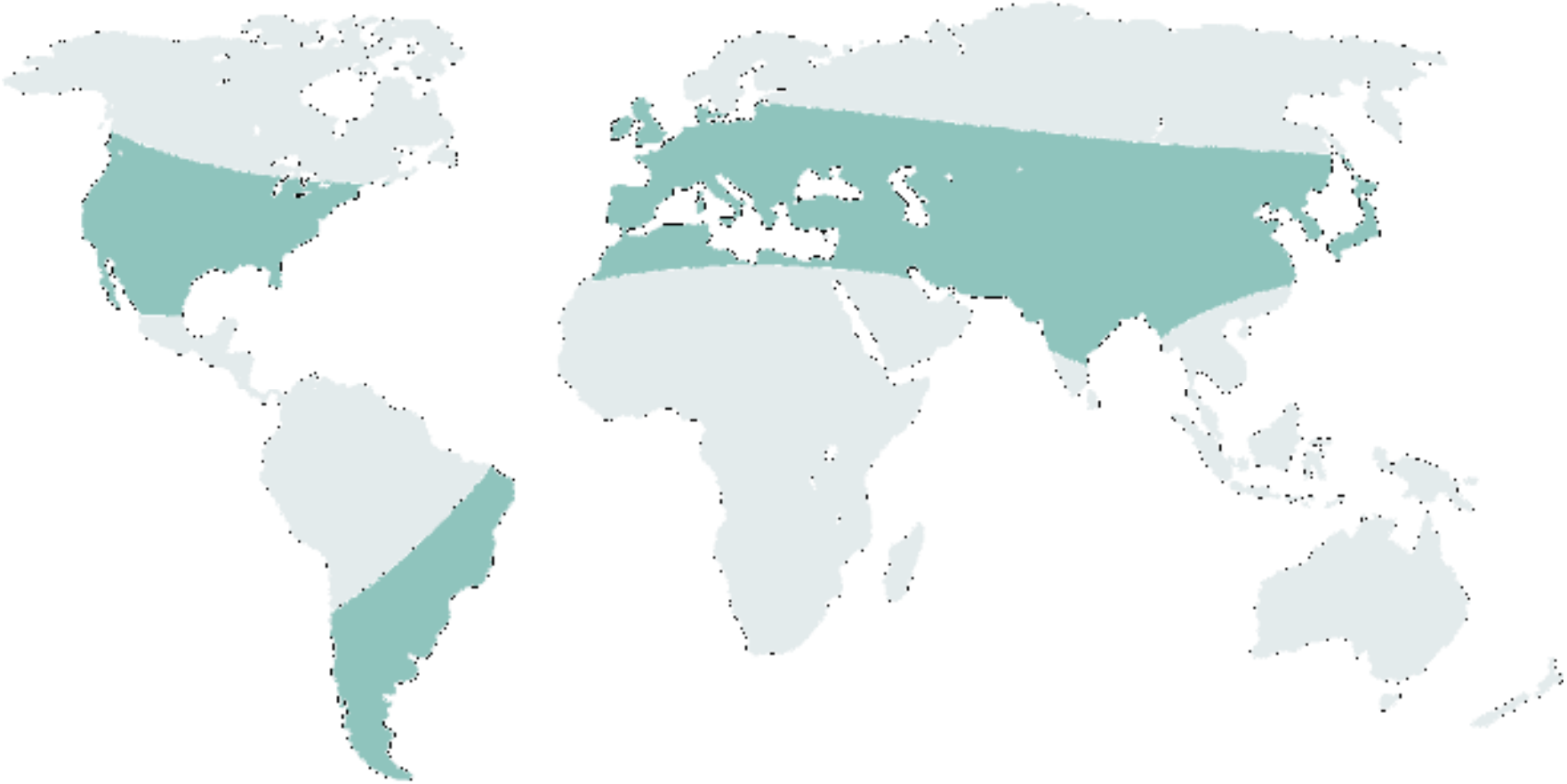
Gliederung

- KWS SAAT SE
- Was ist Pflanzenzüchtung?
- Fortpflanzungsbiologie und Zuchtmethode
- Die Vielfalt der Zuchtmethoden
  - Methode der Klonzüchtung am Beispiel der Kartoffel
  - Methoden der Selbstbefruchterzüchtung am Beispiel Weizen
  - Methoden der Panmixiezüchtung am Beispiel Mais
  - Methode der Hybridzüchtung am Beispiel Mais
- Zusammenfassung im Hinblick auf ‚Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand‘

Gliederung

- KWS SAAT SE
- Was ist Pflanzenzüchtung?
- Fortpflanzungsbiologie und Zuchtmethode
- Die Vielfalt der Zuchtmethoden
  - Methode der Klonzüchtung am Beispiel der Kartoffel
  - Methoden der Selbstbefruchterzüchtung am Beispiel Weizen
  - Methoden der Panmixiezüchtung am Beispiel Mais
  - Methode der Hybridzüchtung am Beispiel Mais
- Zusammenfassung im Hinblick auf ‚Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand‘

KWS weltweit



Züchtungs- und Vertriebsaktivitäten in über 70 Ländern

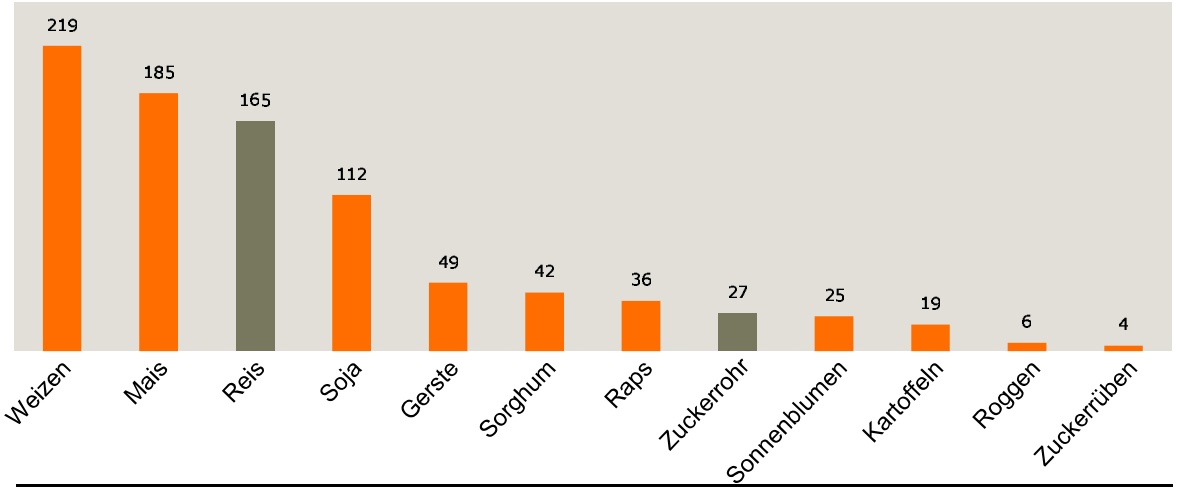
KWS Gruppe Geschäftsentwicklung

In Mio. €	2016/17	2015/16	
Umsatz	1.075,2	1.036,8	+3,7 %
EBIT	131,6	112,8	+16,7 %
F&E-Ausgaben	190,3	182,4	+4,3 %
Mitarbeiter	4.937	4.843	+1,9 %

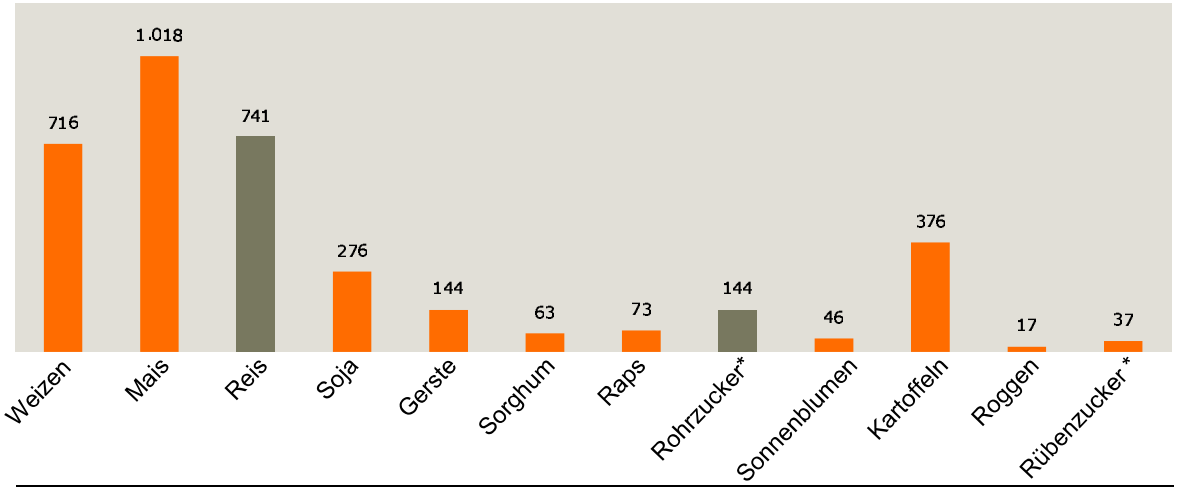
KWS Gruppe umfasst weltweit 62 Gesellschaften.

Globale Bedeutung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen

Anbaufläche in Mio. ha



Weltproduktion in Mio. t



■ im KWS Portfolio

KWS will auch den ökologisch wirtschaftenden Betrieben optimal angepasste Sorten anbieten

KWS Öko-Zuchtstation Klostergut Wiebrechtshausen

Low-Input- und Öko-Züchtung bei KWS seit 1989

Wissenschaftliche Begleitung der Low-Input- und Öko-Züchtungsforschung durch Prof. H.C. Becker (Univ. Göttingen) und Prof. H.H. Geiger (Univ. Hohenheim)

‚KWS Capacity Development – Projekte‘ mit dem Ziel der Erhaltung Genetischer Ressourcen und der Ausbildung von Züchtern

Wissenschaftliche Begleitung der KWS CD-Projekte in Äthiopien und Peru durch Prof. Bettina Haussmann und Prof. Karl Schmid (beide Universität Hohenheim)

Gliederung

- KWS SAAT SE
- Was ist Pflanzenzüchtung?
- Fortpflanzungsbiologie und Zuchtmethode
- Die Vielfalt der Zuchtmethoden
  - Methode der Klonzüchtung am Beispiel der Kartoffel
  - Methoden der Selbstbefruchterzüchtung am Beispiel Weizen
  - Methoden der Panmixiezüchtung am Beispiel Mais
  - Methode der Hybridzüchtung am Beispiel Mais
- Zusammenfassung im Hinblick auf ‚Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand‘

Was ist Pflanzenzüchtung?

Pflanzenzüchtung ist die genetische Anpassung von Pflanzen an die Bedürfnisse des Menschen. Es gibt sie, seit es Landwirtschaft gibt.

Becker, 2008

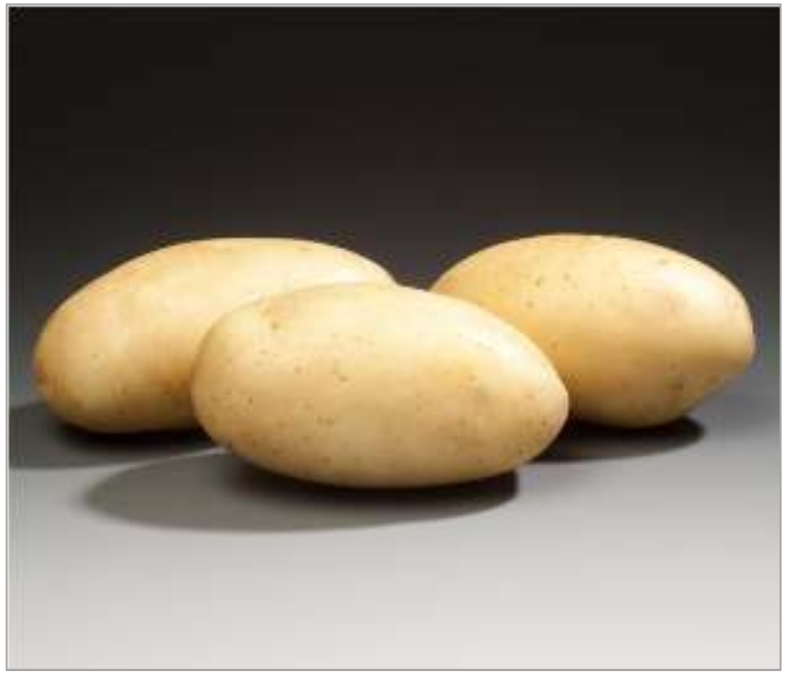
Teosinte → Mais

Zuchtgarten Einbeck, 16.09.2016

Wildkartoffel in Peru

Tarata/Peru, 07.03.2005

Peruanische und deutsche Kulturkartoffeln



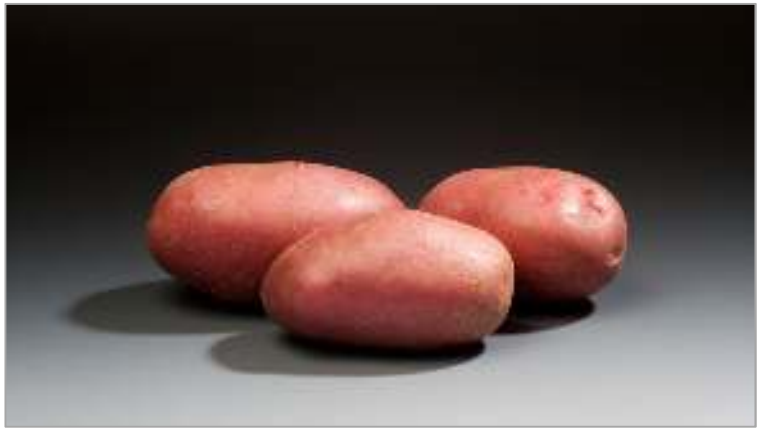
Lima/Peru, 06.05.2010

Foto: KWS

Gliederung

- KWS SAAT SE
- Was ist Pflanzenzüchtung?
- Fortpflanzungsbiologie und Zuchtmethode
- Die Vielfalt der Zuchtmethoden
  - Methode der Klonzüchtung am Beispiel der Kartoffel
  - Methoden der Selbstbefruchterzüchtung am Beispiel Weizen
  - Methoden der Panmixiezüchtung am Beispiel Mais
  - Methode der Hybridzüchtung am Beispiel Mais
- Zusammenfassung im Hinblick auf ‚Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand‘

Die Zuchtmethoden richten sich nach der Fortpflanzungsbiologie unserer Kulturpflanzen



Klonbare Arten (Kartoffel):
Klonzüchtung

Selbstbefruchter (Gerste):
Ramsch- oder Pedigree-Methode

Fremdbefruchter (Roggen):
Panmixie- oder Hybridzüchtung

Fremdbefruchter (Mais):
Panmixie- oder Hybridzüchtung

Fotos:
KWS

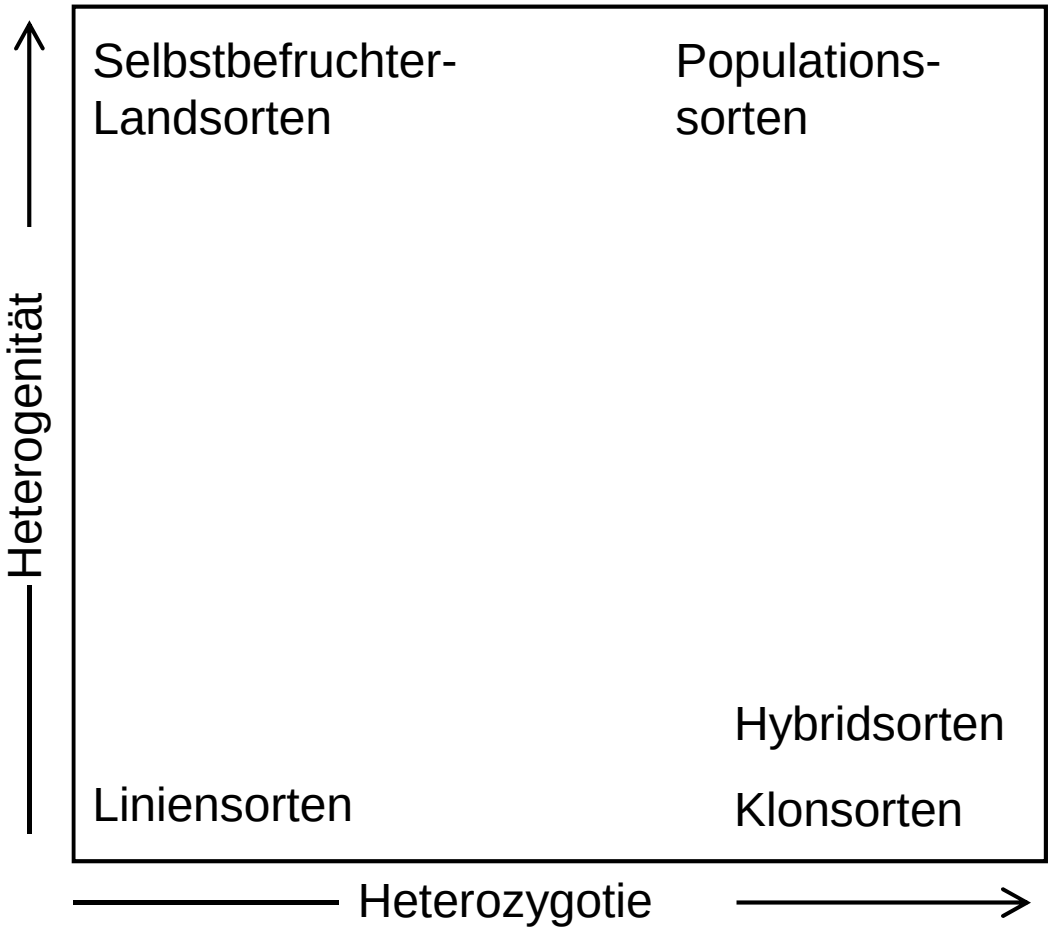
Fakultative Fremdbefruchter
Beispiel: Ackerbohne

Valle Sagrado/Peru, 25.01.2014

Fakultative Fremdbefruchter
Beispiel: Raps

Foto: A. Fonteny, KWS

Genetische Struktur verschiedener Sortentypen



Schema aus Becker, 2011

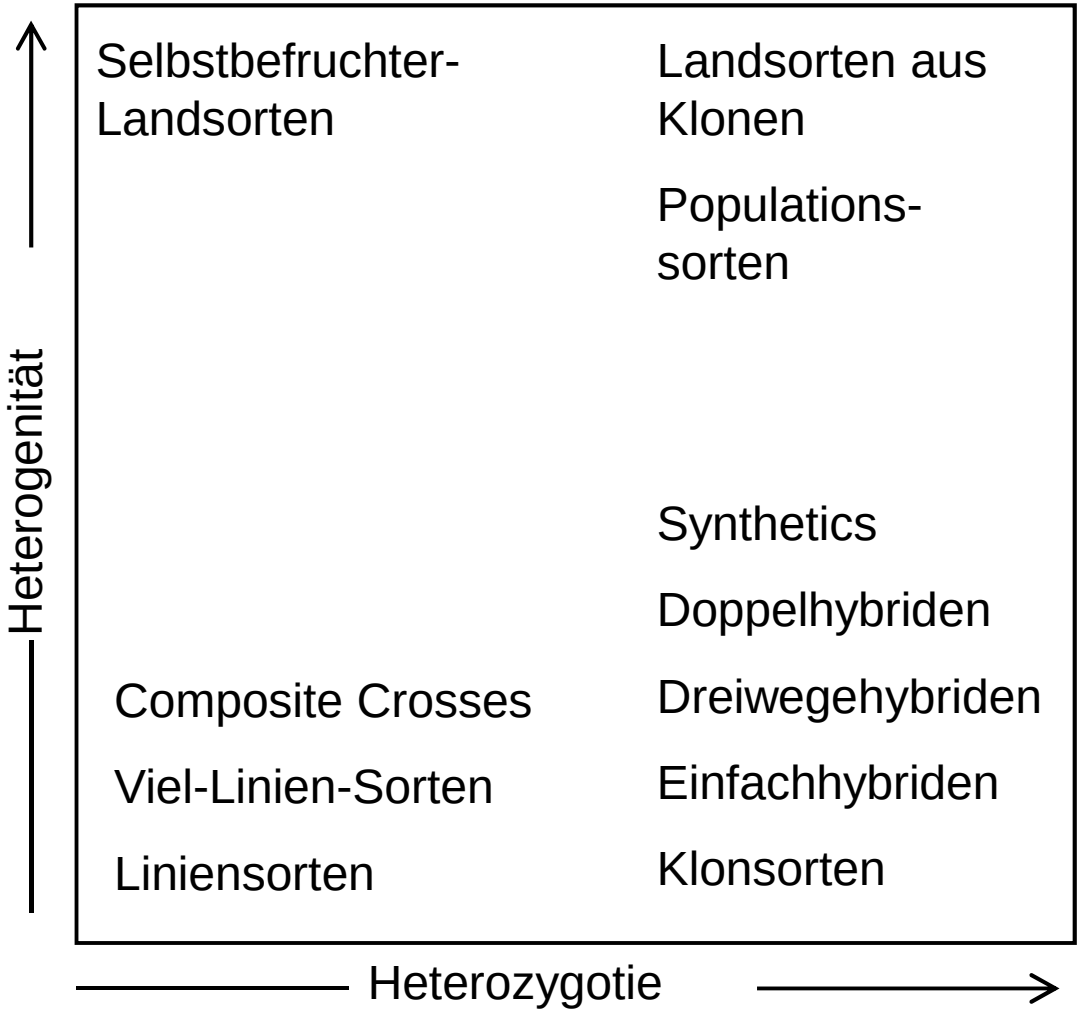
Homogenität = Wenn die Pflanzen eines Bestandes genetisch identisch sind, resultiert daraus ein homogenes oder uniformes Erscheinungsbild des Bestandes.

Heterogenität = Wenn die Pflanzen eines Bestandes genetisch verschieden sind, resultiert daraus ein uneinheitliches Erscheinungsbild des Bestandes.

(Vollkommene) **Homozygotie** liegt vor, wenn (alle) Genorte einer Pflanze mit gleichen Allelen besetzt sind.

(Starke) **Heterozygotie** liegt vor, wenn (viele) Genorte einer Pflanze mit verschieden Allelen besetzt sind.

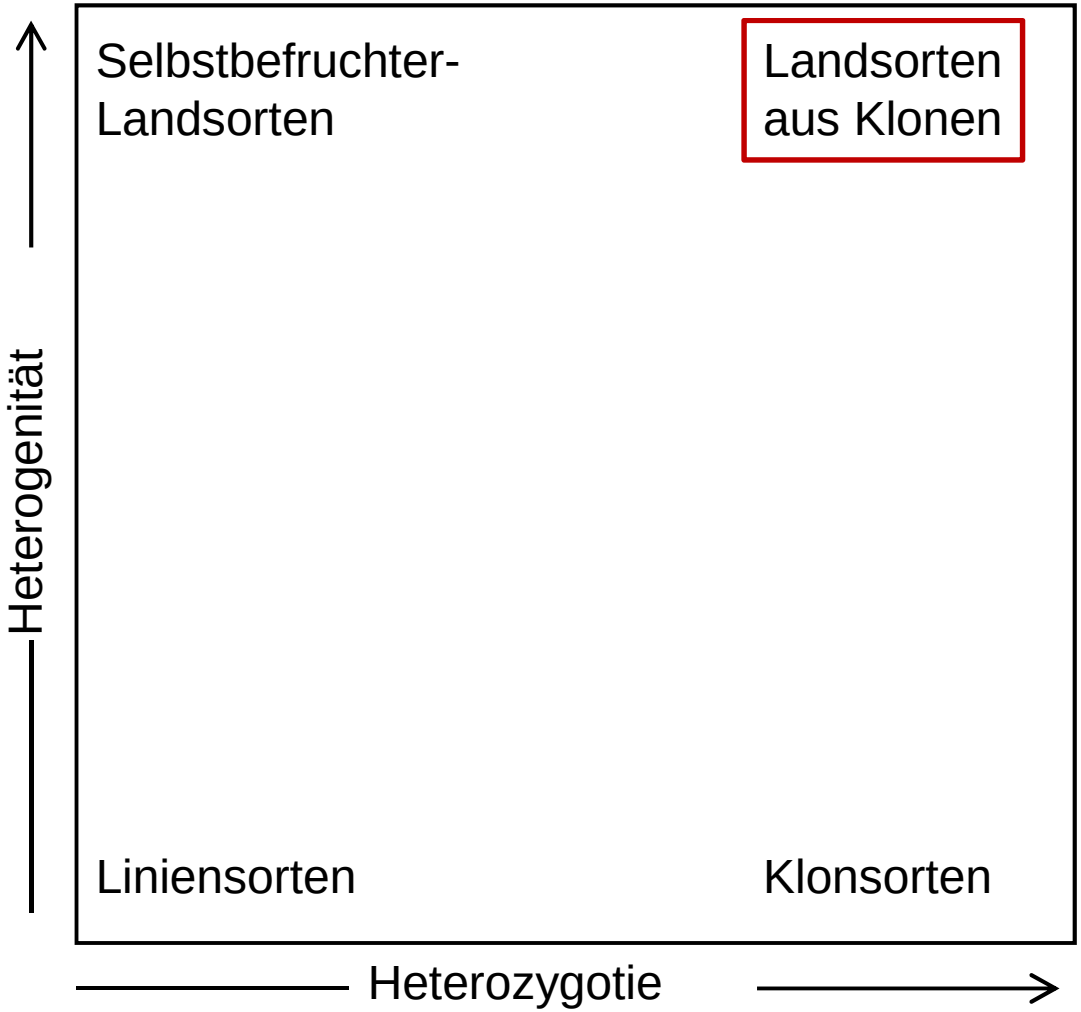
Genetische Struktur weiterer Sortentypen



Schema nach Becker, 2011

Landsorten aus Klonen: Heterozygot und heterogen

Beispiel: Kartoffel-Landsorten in Peru



Schema nach Becker, 2011

Kartoffelernte am Titicacasee

Titicacasee/Peru, 11.03.2006

Eine Kartoffel-Landsorte ist eine Mischung verschiedener Klone. Der Bestand ist deshalb heterozygot und heterogen.

Titicacasee/Peru, 11.03.2006

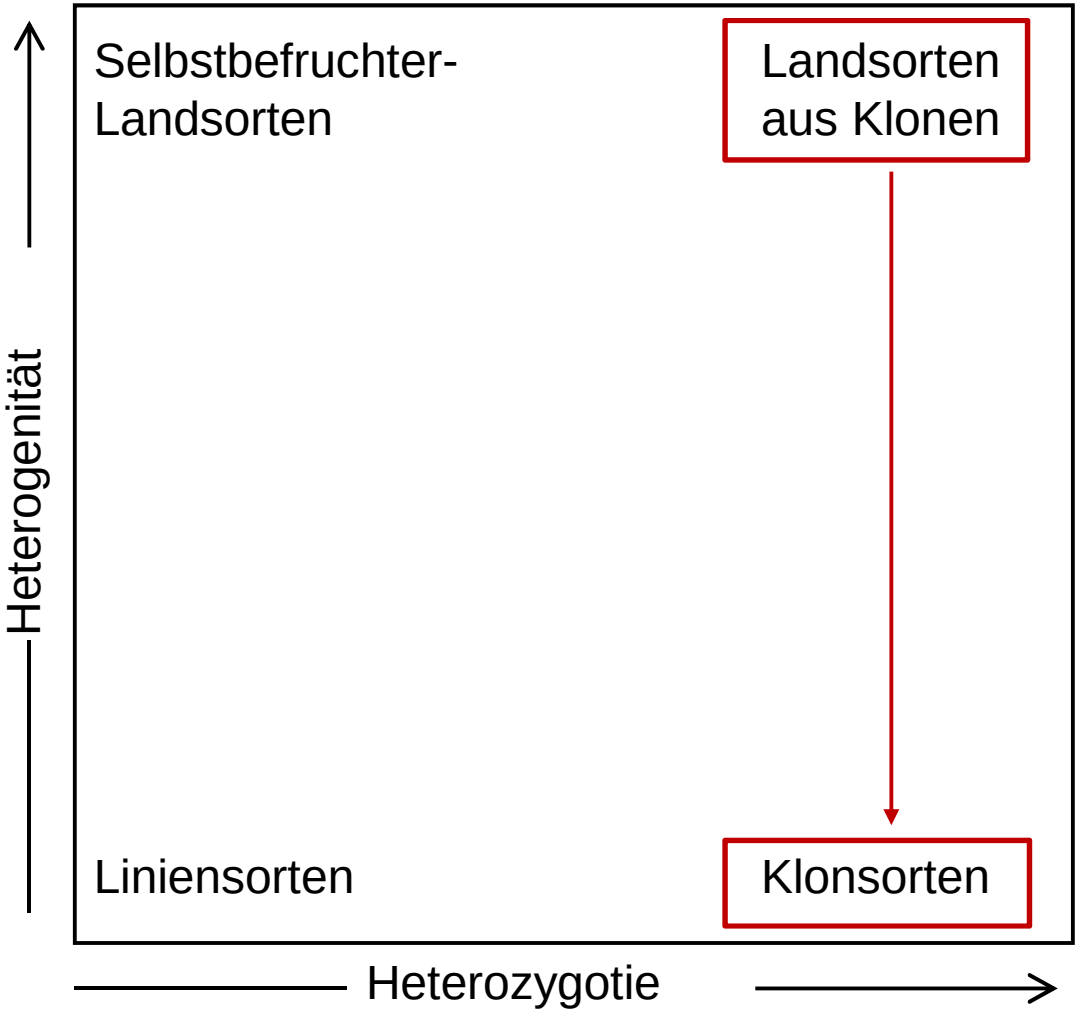
Kartoffel-Landsorte am Titicacasee: Heterozygot und heterogen

Titicacasee/Peru, 11.03.2006

Weitere Kartoffel-Landsorte: Heterozygot und heterogen

Titicacasee/Peru, 16.04.2009

Auslese von Einzelklonen in Kartoffellandsorten führt zu heterozygoten und homogenen Klonsorten



Schema nach Becker, 2011

Erhaltung mehrerer Hundert Kartoffelklone an der Universität Cusco-Kayra: Jeder Klon ist heterozygot und homogen.

Cusco-Kayra/Peru, 26.01.2014

700 verschiedene Kartoffelklone – Sammlung und Erhaltung das Hobby eines Studenten

Taray/Peru, 19.04.2015

In einer genetisch homogenen Klonsorten ist eine Selektion wirkungslos

Foto: KWS

Voraussetzung für eine Selektion ist die Erzeugung neuer züchterisch nutzbarer Varianz

Wie die Kreuzung von verschiedenen Kartoffelsorten neue züchterisch nutzbare Varianz freisetzt und wie diese züchterisch genutzt wird, wird später gezeigt.

Foto: S. Holzapfel, KWS

Genetische Struktur verschiedener Sortentypen

Schema nach Becker, 2011

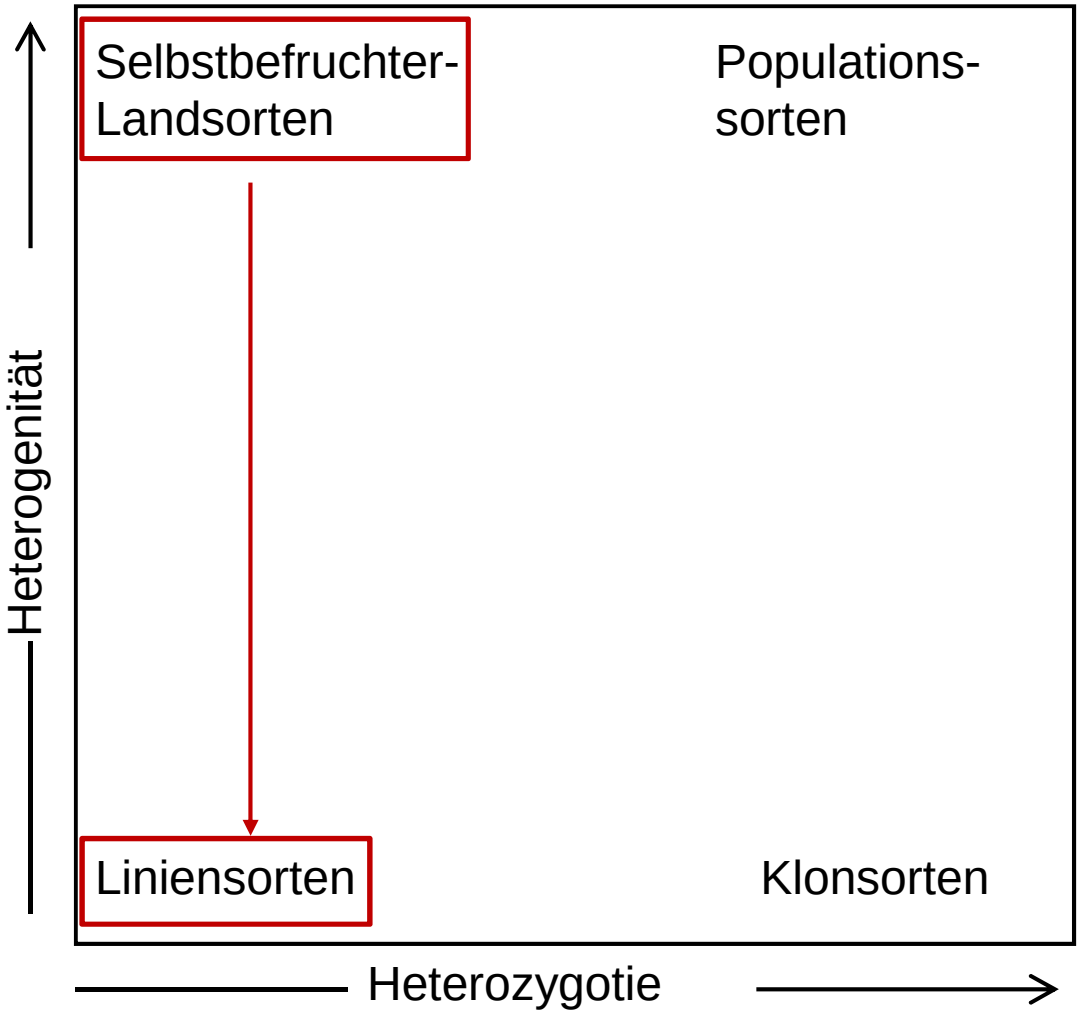
Selbstbefruchter-Landsorten: Homozygot und heterogen
Beispiel: Gersten-Landsorte in Äthiopien

Quelle: Becker, 2003

Selbstbefruchter-Landsorten: Homozygot und heterogen
Beispiel: Quinoa-Landsorte in Peru

Titicacasee/Peru, 11.03.2006

Auslese in Selbstbefruchter-Landsorten führt zu homozygoten homogenen Liniensorten



Schema nach Becker, 2011

Quinoa-Liniensorten sind homozygot und homogen

Cusco-Andenes, 14.03.2013

Amarant-Liniensorten sind homozygot und homogen

Taray, 18.04.2015

300 Stangenbohnensorten aus der Genbank Gatersleben: Jede Sorte ist homozygot und homogen.

Rheinau/CH, 03.09.2016

Auch in einer genetisch homogenen Selbstbefruchter-sorte ist eine Selektion wirkungslos

Foto: KWS

Auch bei Selbstbefruchtersorten muss erst durch Kreuzung neue züchterisch nutzbarer Varianz freigesetzt werden

Wie die Kreuzung von verschiedenen Weizensorten neue züchterisch nutzbare Varianz freisetzt und wie diese züchterisch genutzt wird, wird später gezeigt.

Foto: Ebmeyer, KWS

Genetische Struktur verschiedener Sortentypen

Synonyme Bezeichnungen:
‚Offen-abblühende Sorten‘
oder
‚Panmixiesorten‘

Schema nach Becker, 2011

Populationsstruktur bei einer offen-abblühenden Maissorte: Heterozygot und heterogen

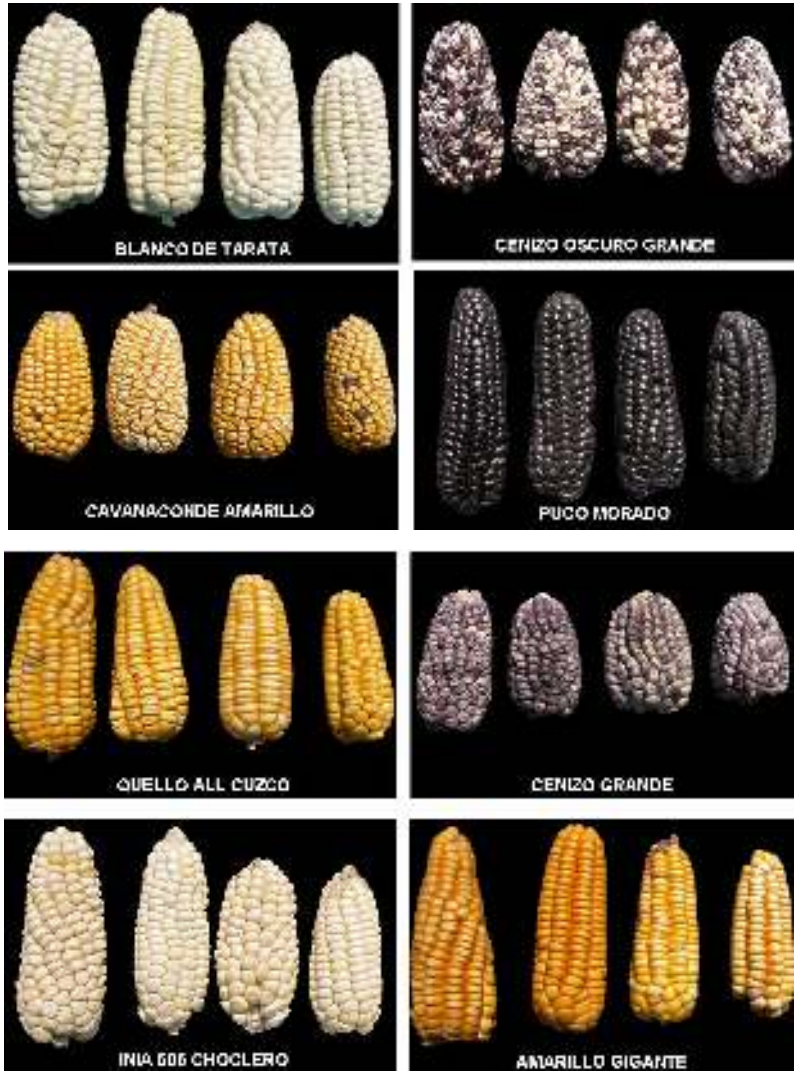
Populationsstruktur bei einer offen-abblühenden Roggensorte: Ebenfalls heterozygot und heterogen

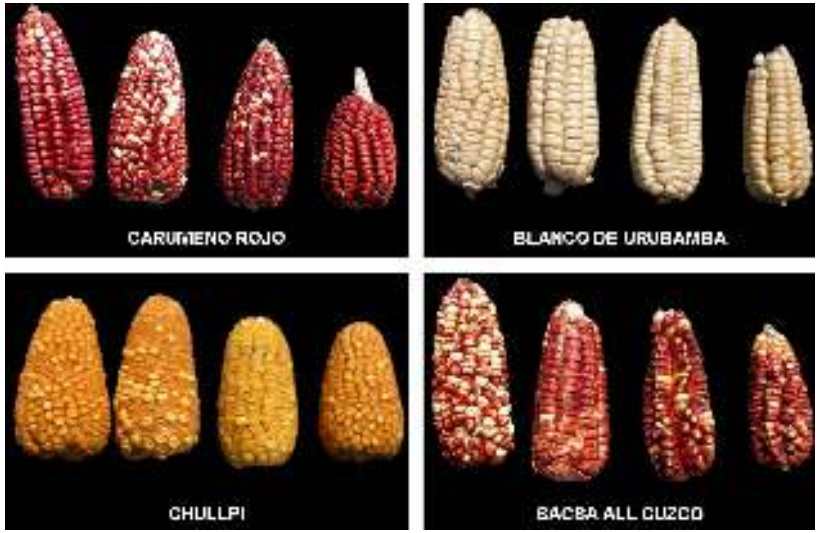
Cusco-Andenes, 17.04.2009

Eine offen-abblühende Maissorte hat die gleiche Populations-struktur wie eine Rinderherde: Heterozygot und heterogen

Kühe der Rasse ‚Hinterwälder' auf dem Betrieb Haslachhof in Löffingen/Schwarzwald

Variation der Kolben zwischen und innerhalb verschiedener peruanischer Mais-Landsorten





Quelle: Chavez et al., 2005

Peruanische Populationssorte: ‚Blanco de Urubamba‘

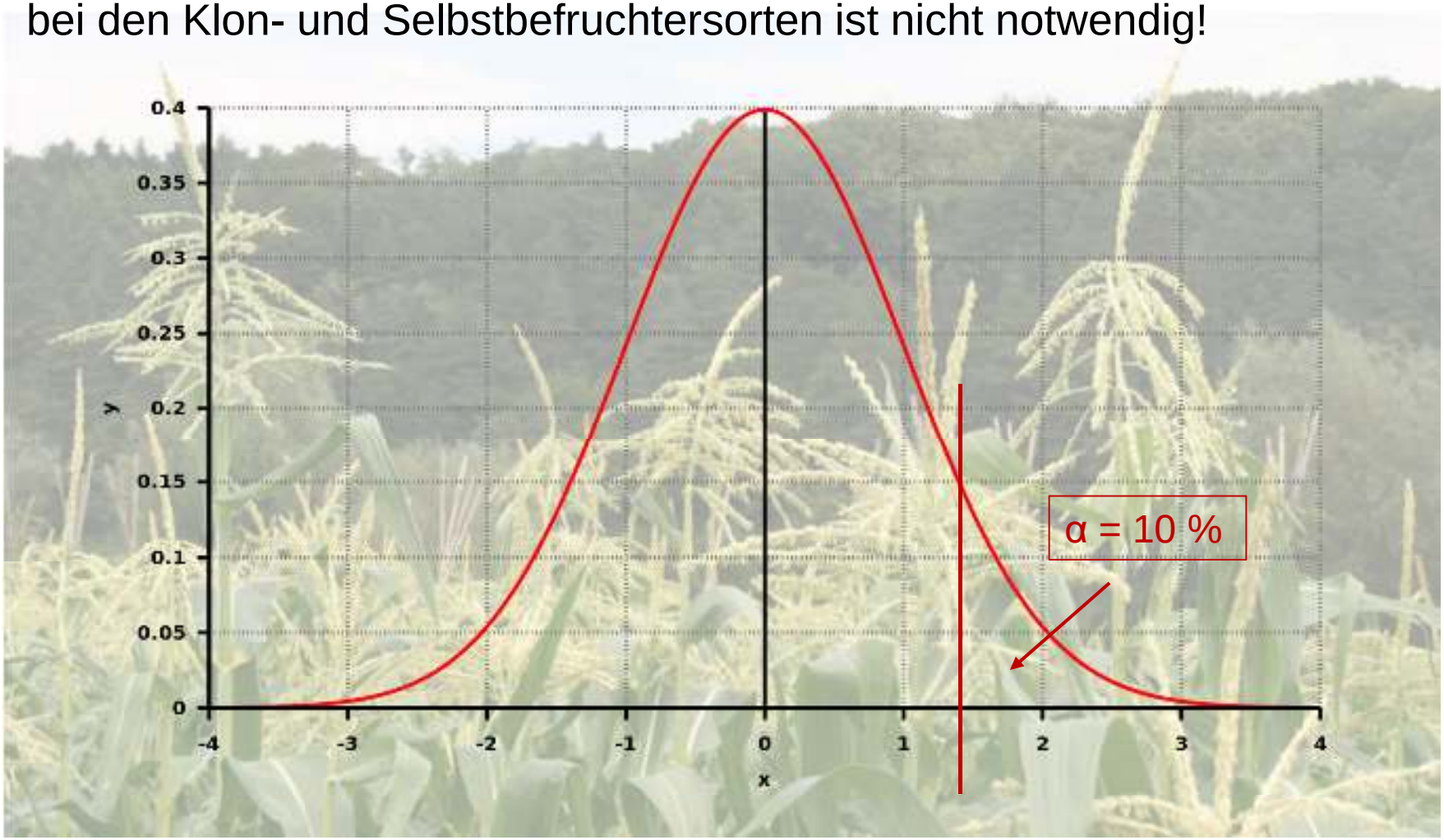
Taray, 05.05.2010

Peruanische Populationssorte: ‚Blanco de Urubamba‘

Charcahuaylla, 05.05.2010

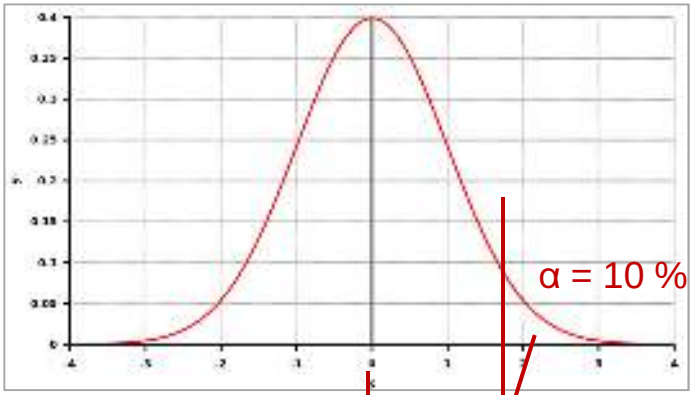
Die genetische Heterogenität (Varianz) innerhalb der Populationssorten erlaubt eine direkte Selektion

Eine der Selektion vorausgehende Rekombination (Kreuzung) wie bei den Klon- und Selbstbefruchtersorten ist nicht notwendig!



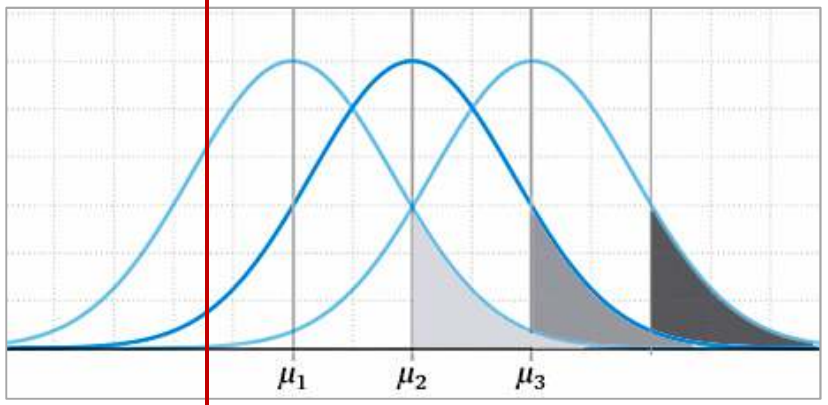
Prinzip der (Populations-)Züchtung: Einmalige oder zyklische Selektion der besten Genotypen

Nutzung der in einer Landsorte oder in einer Züchtungspopulation vorhandenen Variabilität



$G = SD \times h^2$

Selektion der besten Genotypen



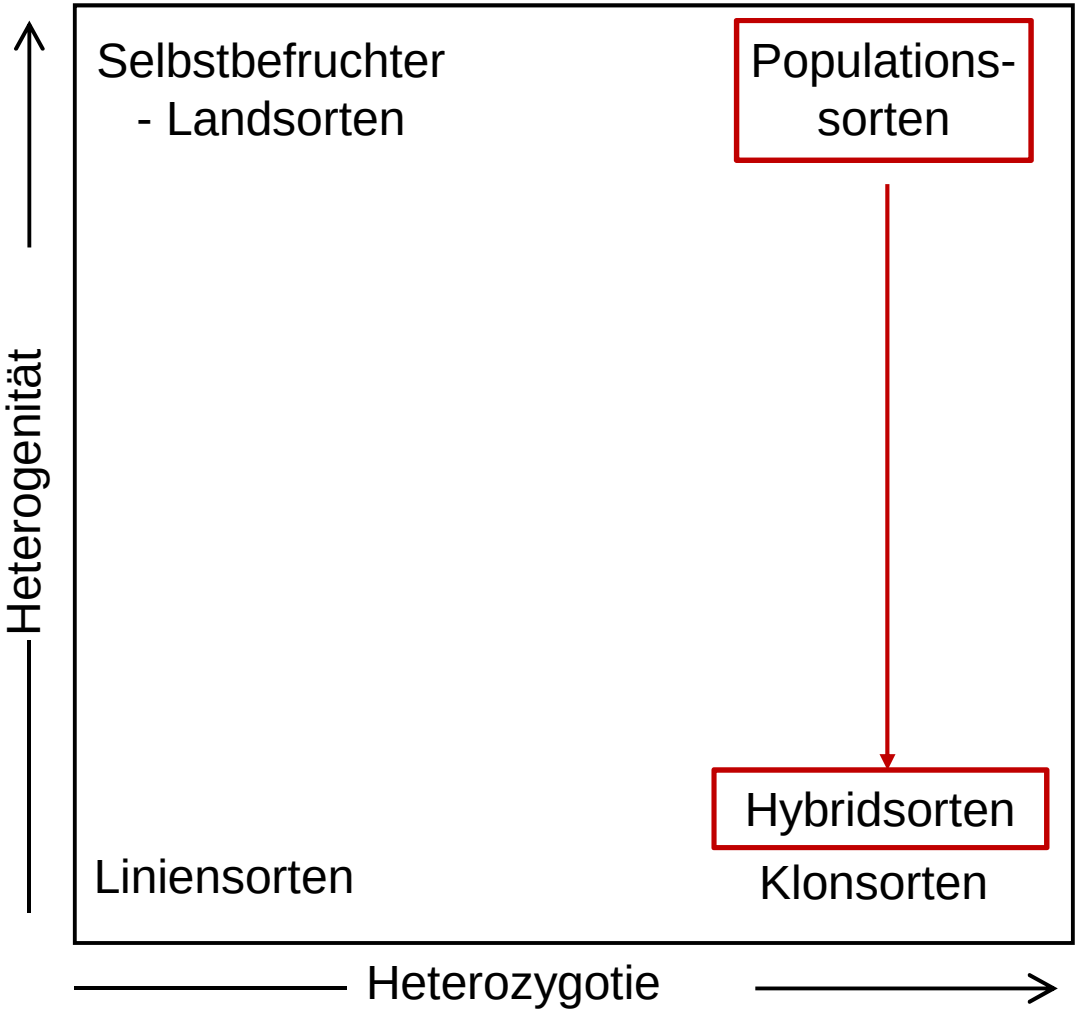
μ_0

Verschiebung des Mittelwertes von Zyklus zu Zyklus

Eine offen-abblühende deutsche Roggensorte konnte sich sehr schnell an das Klima in Cusco/Peru anpassen

Cusco-Andenes, 29.03.2011

Aus Populationssorten kann man über den Umweg der Inzüchtung Hybridsorten herstellen



Populationssorten sind heterozygot und heterogen

Hybridsorten sind heterozygot und homogen
– wie Klonsorten

Schema nach Becker, 2011

Hybridzüchtung macht – wie die Klonzüchtung auch! - den besten Genotyp in einer Population für den Landwirt reproduzierbar

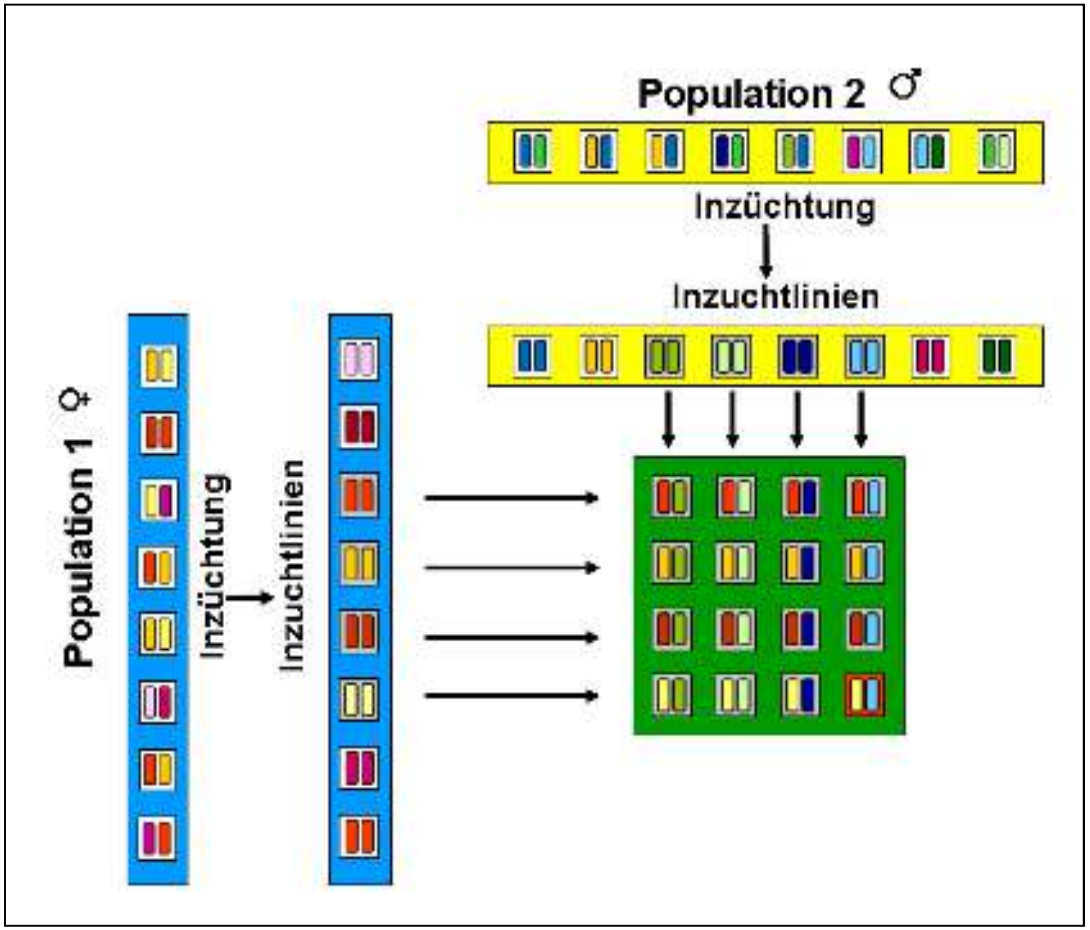
Spaltende (heterogene) Maispopulation

Uniforme (homogene) Maishybriden

Gregor Mendel: Regel 1

Wenn man 2 reinerbige (homozygote) Eltern kreuzt, erhält man eine uniforme F_1-Generation. Das gilt auch für künstlich, durch mehrfache Selbstung oder über die Dihaploidentechnik, erzeugte homozygote Maisinzuchtlinien.

Über den Umweg der Inzüchtung kann ein idealer Genotyp dem Landwirt in Form einer Hybridsorte angeboten werden



Prinzip:

Wir entwickeln in zwei heterozygoten und heterogenen Maispopulationen eine Vielzahl homozygoter Inzucht-linien. Wenn wir diese miteinander kreuzen, erhalten wir eine Vielzahl heterozygoter uniformer F1-Nach-kommen, die sich beliebig über die Elterlinien reproduzieren lassen.

Praxis:

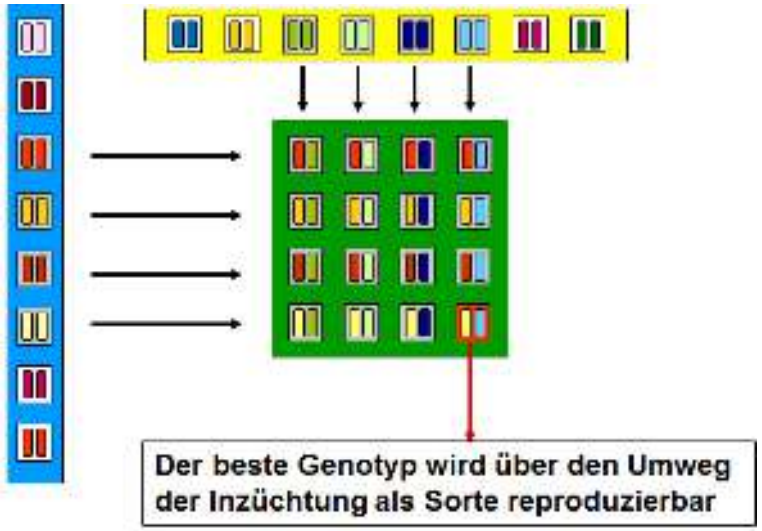
Die Entwicklung der Hybriden geschieht über eine mehrstufige Selektion der Inzuchtlinien auf Kombinationsfähigkeit, erst mit einem und später mit mehreren Testerlinien.

Quelle: Melchinger, Vorlesungsscript

3 Flint- und 3 Dentlinien und ihre 9 Hybridkombinationen

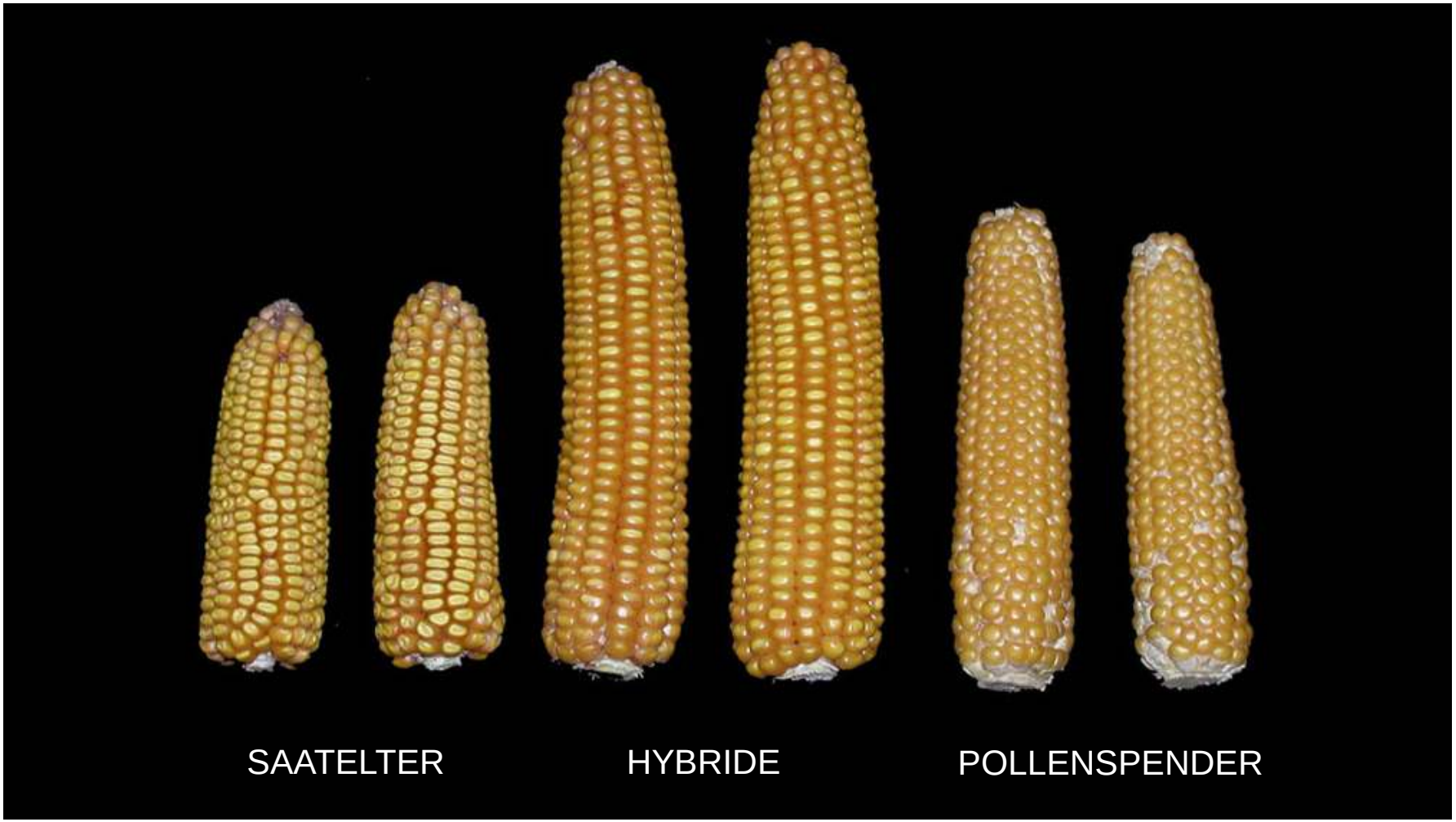
3 Flint- und 3 Dentlinien und ihre 9 Hybridkombinationen

Selektion des besten Genotyps unter vielen Tausend Kombinationen



Vermehrung der besten Kombination aus Tausenden: Der Landwirt bekommt diese in Form einer Hybridsorte

Kolben einer Hybride und ihrer Elterlinien



Gliederung

- KWS SAAT SE
- Was ist Pflanzenzüchtung?
- Fortpflanzungsbiologie und Zuchtmethode
- Die Vielfalt der Zuchtmethoden
  - Methode der Klonzüchtung am Beispiel der Kartoffel
  - Methoden der Selbstbefruchterzüchtung am Beispiel Weizen
  - Methoden der Panmixiezüchtung am Beispiel Mais
  - Methode der Hybridzüchtung am Beispiel Mais
- Zusammenfassung im Hinblick auf ‚Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand‘

‚Rote Emmalie‘ – Kartoffel des Jahres 2018

Züchter: Bio-Bauer Karsten Ellenberg, Barum

Foto: Patrick Pleul/Archiv

Quelle: Welt Digital, 15.02.2018

Spezifische Charakteristika der Kartoffelzüchtung

- Die Kartoffel ist tetraploid
- Sie ist extrem heterozygot (bis zu 4 verschiedene Allele je Locus)
- Die Züchtung ist ganz einfach und extrem schwierig zugleich:
  - Einerseits bedarf es nur einer Kreuzung, um die gesamte genetische Variation „auf einen Schlag“ freizusetzen. Das macht die Züchtung einfach.
  - Andererseits sind die Vermehrungsraten extrem gering und
  - Qualitätsmerkmale und Kranheitsresistenzen sind wichtiger als der Ertrag. Beides macht die Züchtung extrem schwierig.
  - Deshalb gab es in den letzten 100 Jahren kaum Ertragsfortschritte

Quelle: Holzapfel, 2013

Dimensionierung eines professionellen Kartoffelzuchtprogrammes (Quelle: Holzapfel, 2013)

Jahr	Stadium	Anzahl Genotypen
0	Ca. 500 Kreuzungen	
1	Gewächshaus Sämlinge	100.000
2	Stadium 1 Ab hier Feldprüfungen!	80.000
3	Stadium 2	5.000
4	Stadium 3	1.200
5	Stadium 4	400
6	Stadium 5	100
7	Stadium 6	25
8	Stadium 7	6
9	Stadium 8	2

Jahr

0

1

1

3

Fotos: KWS

1. Schritt: Kreuzung verschiedener Kartoffelsorten zur Erzeugung neuer züchterisch nutzbarer Varianz

Fotos: Holzapfel, KWS

Jahr 0: Herstellung neuer Kreuzungen
(Quelle: Holzapfel, 2013)

Jahr	Stadium	Anzahl Genotypen
0	Ca. 500 Kreuzungen	
1	Gewächshaus Sämlinge	100.000
2	Stadium 1 Ab hier Feldprüfungen!	80.000
3	Stadium 2	5.000
4	Stadium 3	1.200
5	Stadium 4	400
6	Stadium 5	100
7	Stadium 6	25
8	Stadium 7	6
9	Stadium 8	2

100.000 Sämlinge liefern 80.000 genetisch verschiedene Klone für den Feldanbau im Folgejahr

Fotos: KWS

Jahr 2 bis 9: : Mehrstufige Selektion im Feld
(Quelle: Holzapfel, 2013)

Jahr	Stadium	Anzahl Genotypen
0	Ca. 500 Kreuzungen	
1	Gewächshaus Sämlinge	100.000
2	Stadium 1 Ab hier Feldprüfungen!	80.000
3	Stadium 2	5.000
4	Stadium 3	1.200
5	Stadium 4	400
6	Stadium 5	100
7	Stadium 6	25
8	Stadium 7	6
9	Stadium 8	2

Foto: KWS

Stufenweise Selektion der 80.000 Klone auf 2 Anmeldekandidaten

Selektion auf Krankheitsresistenz, Qualität und Ertrag

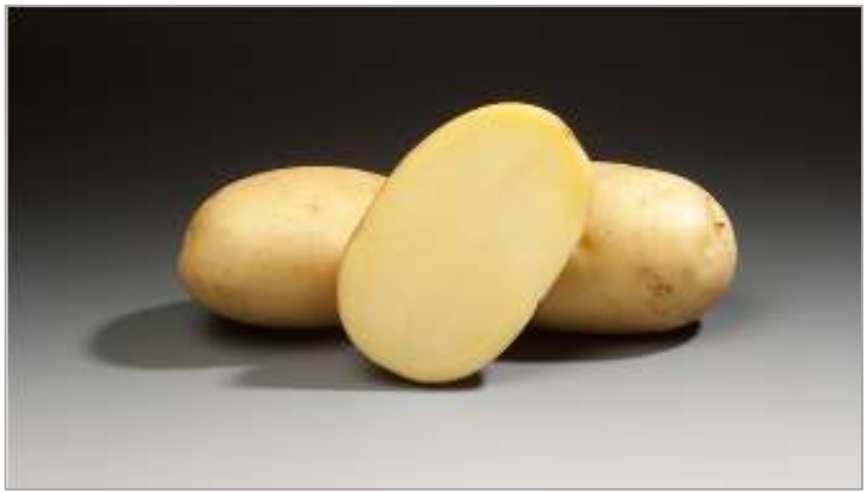
Fotos: Holzapfel, KWS

Die besten Klone werden als Sorten angemeldet
(Fotos: KWS)

Baby Boomer

Charlotte

Celtiane



Primura

Gliederung

- KWS SAAT SE
- Was ist Pflanzenzüchtung?
- Fortpflanzungsbiologie und Zuchtmethode
- Die Vielfalt der Zuchtmethoden
  - Methode der Klonzüchtung am Beispiel der Kartoffel
  - Methoden der Selbstbefruchterzüchtung am Beispiel Weizen
  - Methoden der Panmixiezüchtung am Beispiel Mais
  - Methode der Hybridzüchtung am Beispiel Mais
- Zusammenfassung im Hinblick auf ‚Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand‘

Entwicklung der Weizensorten zwischen 1943 und heute

Fotos: E. Ebmeyer, KWS

Eine Vielzahl von Zuchtzielen bei Winterweizen
(Quelle: Ebmeyer, 2017)

1. Ertragspotenzial und -stabilität

- **Kornertrag**
- Stresstoleranz, Winterhärte
- Standfestigkeit
- Bestandesdichte
- Kornzahl/Ähre
- Tausendkorngewicht

2. Krankheitsresistenz

- **Septoria-Blattdürre**
- **Ährenfusarium**
- **Gelbrost**
- Braunrost
- DTR-Blattdürre
- Halmbruch
- Schwarzbeinigkeit
- Mehltau
- Spelzenbräune
- Viruskrankheiten

3. Qualitätseigenschaften

Mahlqualität

- Aschegehalt
- Mehlausbeute
- Kornhärte

Backqualität

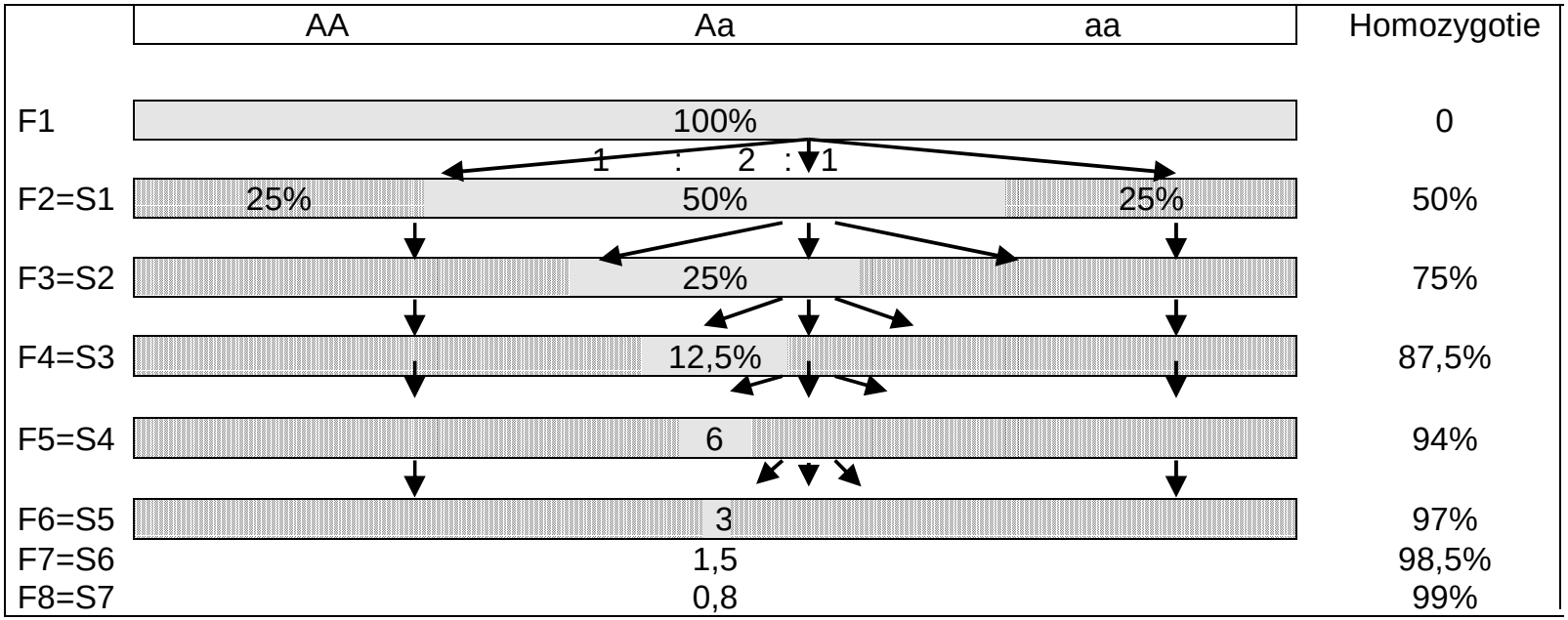
- Eiweißgehalt
- Sedimentationswert
- Fallzahl
- Wasseraufnahme
- Teigeigenschaften
- Backvolumen

→ Gewichtung folgt den Anforderungen des Marktes,
für den ökologischen Landbau z.T. andere Gewichtung

Kreuzung von Weizensorten zur Erzeugung neuer züchterisch nutzbarer Varianz

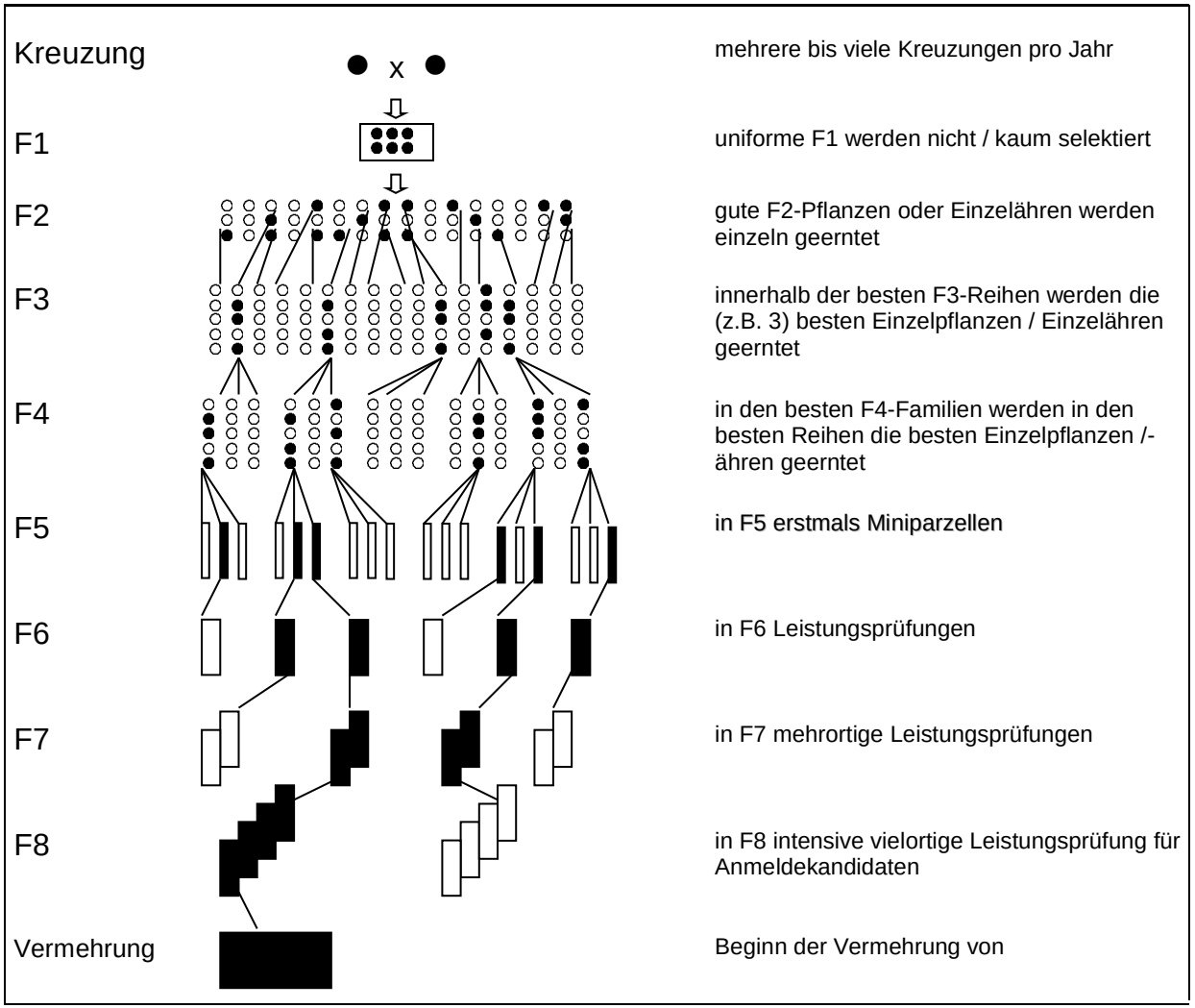
Fotos: E. Ebmeyer, KWS

Zunahme der Homozygotie während der Linienbildungsphase



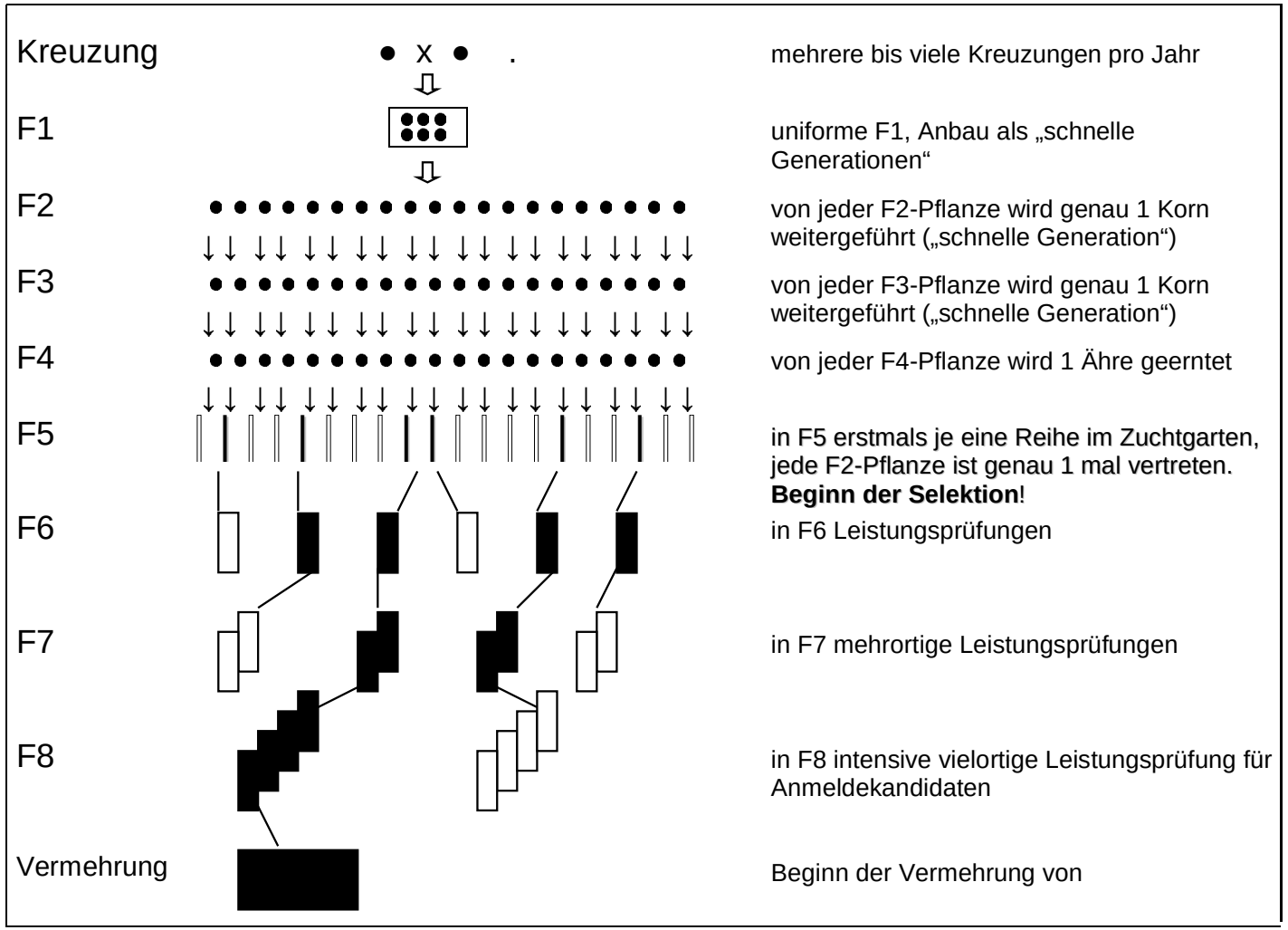
Quelle: Borchardt, 2009

Stammbaum- oder Pedigree-Methode



Quelle:
Borchardt, 2009

Ramsch-Methode (ideal: Single Seed Descent ‚SSD‘)



Quelle:
Borchardt, 2009

Dimensionierung eines professionellen Weizenzucht-programmes (Quelle: Ebmeyer, 2017)

Generation	Genotypen	Parzellen	Versuchseinheit	Resistenzprüfungen
F1	600 Kreuzungen			
F2	1.000.000 Pflanzen		Einzelpflanzen	Negativselektion MT, BR, GR Natürliche Infektion
F3	60.000 Linien	60.000	Ähren-nachkommenschaften	MT, BR, GR Infektionsstreifen
F4	30.000 Linien	30.000	Ähren-nachkommenschaften	MT, BR, GR Infektionsstreifen
F5	4.000 Linien	12.000	Ertragsprüfung	FUS, ST/DTR Sprühinfektion/Provokation
F6	400 x 2 Linien	4.000	Ertragsprüfung	FUS, ST/DTR Sprühinfektion/Provokation
F7	100 Linien	1.600	Ertragsprüfung	FUS, ST Sprühinfektion
F8	*10 Linien*		*WP 1*	
F9	*5 Linien*		*WP 2*	
F10	*3 Linien*		*WP 3*	
F11	*2 Linien*		*Sortenzulassung*	

MT = Mehltau, BR = Braunrost, GR = Gelbrost, FUS = Ährenfusarium, ST = Blattseptoria, DTR = D. tritici-repentis

In der F_2-Generation: Einzelpflanzenselektion

Fotos: E. Ebmeyer, KWS

In der F_3: 60 000 Einzelähren-Nachkommenschaften
(teilweise mit künstlicher Infektion)

Fotos: E. Ebmeyer, KWS

Ab der F_5: Leistungsprüfungen (15 bis 20‘000 Parzellen)
(Jede Parzelle wird separat gesät, bonitiert und geerntet)

Fotos: E. Ebmeyer, KWS

Bei Weizen über die EU-Verordnung 2014/150 verfügbare Populationen

.... Dank der EU-Verordnung 2014/150 zur Förderung der Biodiversität ermöglicht ein befristetes Experiment bis 31.12.2018 das Inverkehrbringen von Saatgut von Populationen der Arten Weizen, Gerste, Hafer und Mais. In Deutschland wurde diese mit der Verordnung vom 28.07.2015 (BGBl. I S. 1418) umgesetzt.

Winterweichweizen		
Brandex	Forschung & Züchtung Dottenfelderhof	Dottenfelderhof
Liocharls	Forschung & Züchtung Dottenfelderhof	Dottenfelderhof
Evolito A – E	Getreidezüchtung Peter Kunz	
Sommerweichweizen		
Convento A - E	Forschung & Züchtung Dottenfelderhof	Dottenfelderhof
Verolito A – B	Getreidezüchtung Peter Kunz	

Quelle: Ausschnitt aus der Pressemitteilung der LfL, Juni 2017

Weizen-Populationen (nach EU-Verordnung 2014/150)

Dottenfelderhof, 01.07.2017

Weizen-Populationen (nach EU-Verordnung 2014/150)

Dottenfelderhof, 01.07.2017

Gliederung

- KWS SAAT SE
- Was ist Pflanzenzüchtung?
- Fortpflanzungsbiologie und Zuchtmethode
- Die Vielfalt der Zuchtmethoden
  - Methode der Klonzüchtung am Beispiel der Kartoffel
  - Methoden der Selbstbefruchterzüchtung am Beispiel Weizen
  - Methoden der Panmixiezüchtung am Beispiel Mais
    - Massenselektion
    - Halbgeschwisterselektion
    - Vollgeschwisterselektion
    - S1/S2-per-se-Selektion
    - Rekurrente Haploidenselektion
- Methode der Hybridzüchtung am Beispiel Mais
- Zusammenfassung im Hinblick auf ‚Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand‘

Massenselektion
Schritt 1: Schlechte Kolben werden aussortiert

Charcahuaylla, 05.05.2010

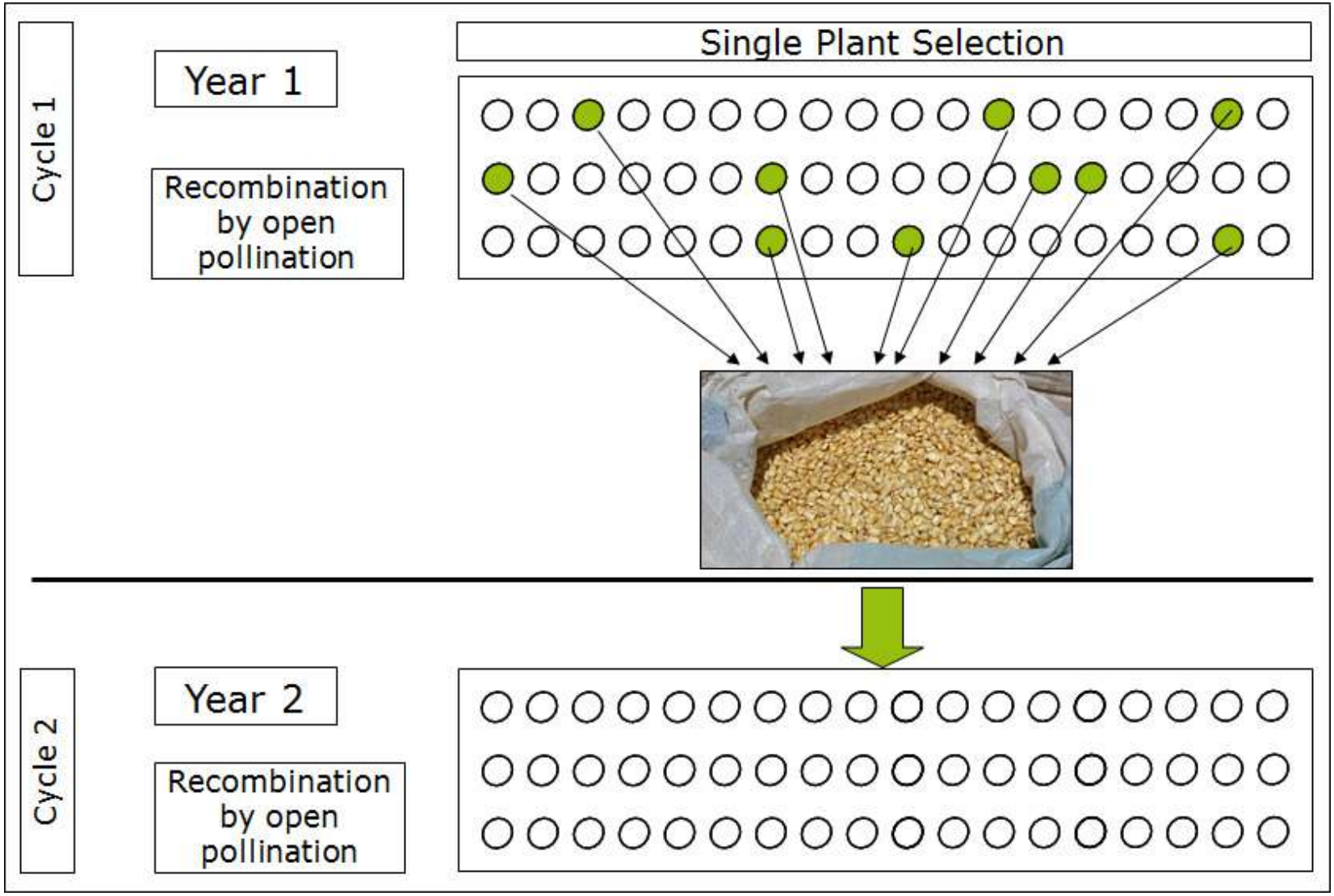
Massenselektion
Schritt 2: Selektion der gesunden Körner von den besten Kolben

Charcahuaylla, 05.05.2010

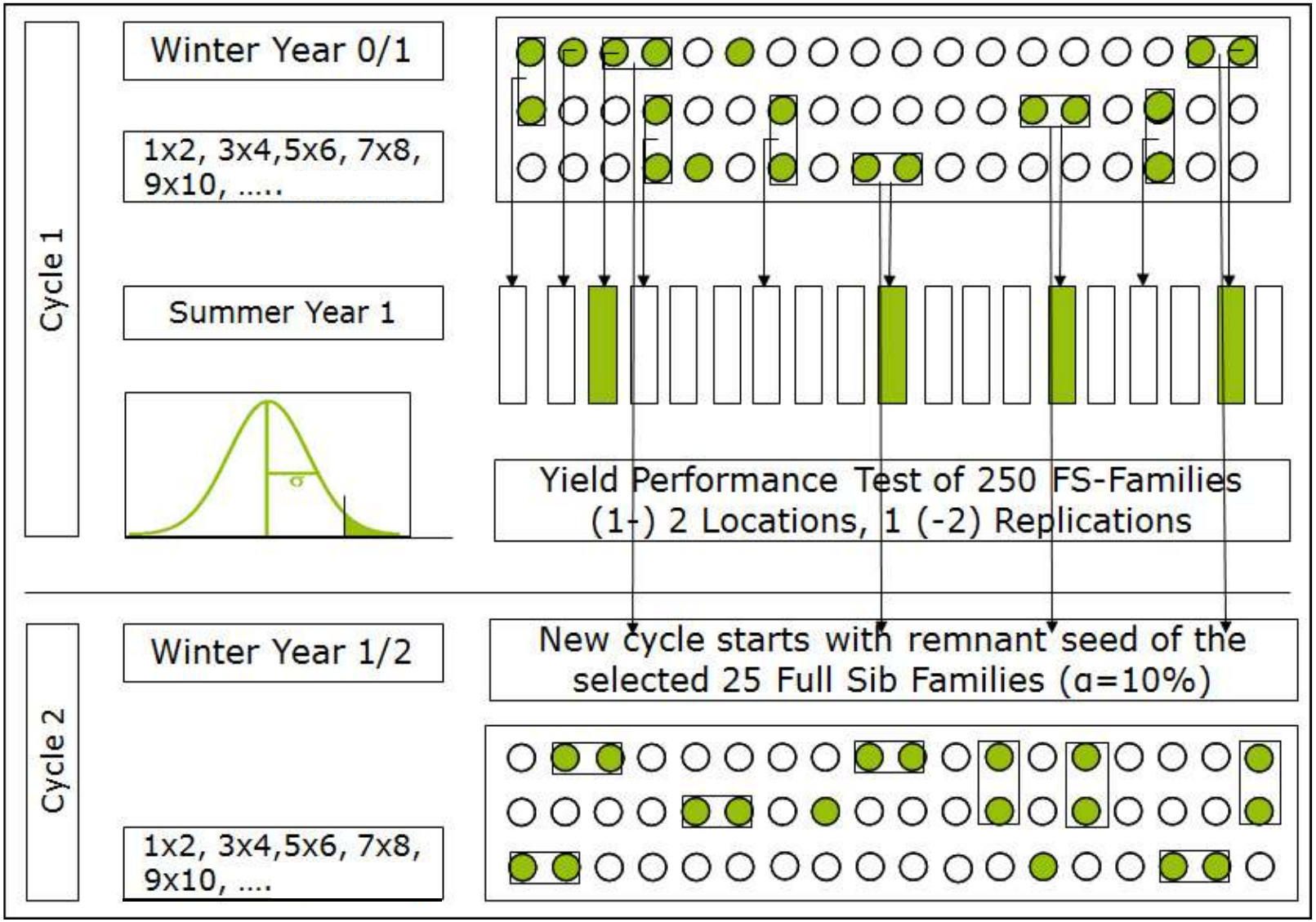
Massenselektion
Schritt 2: Selektion der gesunden Körner von den besten Kolben

Charcahuaylla, 05.05.2010

Schema der Massenselektion



Schema der Vollgeschwister-Selektion



Herstellung von Vollgeschwisterfamilien
Schritt 1: Isolierung der Narbenfäden von Pflanze 1

Foto: KWS

Herstellung von Vollgeschwisterfamilien
Schritt 2: Pollenabnahme von Pflanze 2

Foto: KWS

Herstellung von Vollgeschwisterfamilien:
Schritt 2: Abgesammelter Pollen

Foto: Tuschling, KWS

Herstellung von Vollgeschwisterfamilien
Schritt 3: Bestäubung der Narbenfäden von Pflanze 1

Foto: KWS

Unter den Tüten reift das Saatgut der Vollgeschwisterfamilien (1 x 2), (3 x 4), (5 x 6), … heran

Foto: KWS

Leistungsprüfung von 200 Vollgeschwisterfamilien einer Zuckermaispopulation

Göttingen, 19.09.2017

Leistungprüfung von Halb- und Vollgeschwister- und S_1-Familien in Cusco-Andenes 2014/15

Fazit: Steht die Verbesserung des Ertrages im Vordergrund empfiehlt sich die Selektion zwischen Vollgeschwisterfamilien. Zur Verbesserung von Krankheitsresistenzen empfehlen sich die S_1- oder die S_2-*per-se*-Selektion.

$\sigma = \sqrt{1/4\ \sigma^2_{add}}$

$\sigma = \sqrt{1/2\ \sigma^2_{add} + 1/4\ \sigma^2_{dom}}$

$\sigma = \sqrt{\sigma^2_{add}}$

Die ‚Sativa Rheinau AG' bietet die 3 Zuckermais-Populationssorten ‚Damaun', ‚Mezdi' und ‚Tramunt' an

Jeder Landwirt kann diese Populationen über eine einfache Massenselektion oder über eine Vollgeschwisterselektion an seinen Betrieb adaptieren.

Rheinau/CH, 13.08.2012

Über die EU-Verordnung 2014/150 verfügbare offen-abblühende Maispopulationen

.... Dank der EU-Verordnung 2014/150 zur Förderung der Biodiversität ermöglicht ein befristetes Experiment bis 31.12.2018 das Inverkehrbringen von Saatgut von Populationen der Arten Weizen, Gerste, Hafer und Mais. In Deutschland wurde diese mit der Verordnung vom 28.07.2015 (BGBl. I S. 1418) umgesetzt.

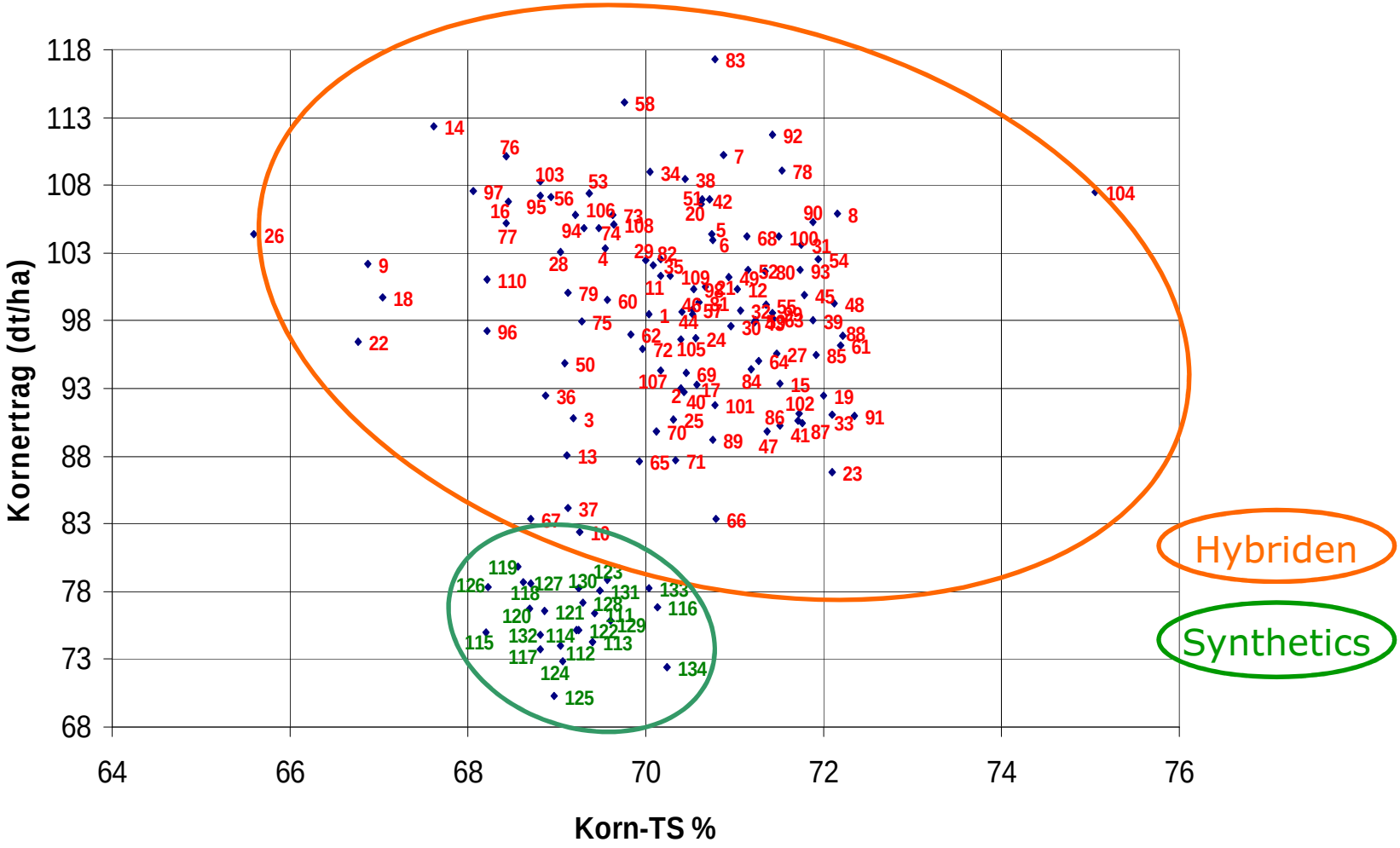
Mais		
Evolino	Getreidezüchtung Peter Kunz	Sativa Biosaatgut GmbH
Almito	Forschung & Züchtung Dottenfelderhof	Dottenfelderhof
Bogdan	Forschung & Züchtung Dottenfelderhof	Dottenfelderhof, Sativa Biosaatgut GmbH, Bioland HG
Weihenstephaner 1	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft	Sativa Biosaatgut GmbH Naturland Marktgesellschaft
Weihenstephaner 2	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft	FarmSaat AG
Weihenstephaner 3	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft	Sativa Biosaatgut GmbH

Quelle: Ausschnitt aus der Pressemitteilung der LfL, Juni 2017

Ertragsleistung von 2 Populationssorten im Vergleich zu Landsorten und einer KWS Hybride in Frankendorf 2010-2016

Quelle: Eder, B. et al., 2017

Kornerträge und Korn-TS%-Gehalte von 121 Hybriden und verschieden breiten Synthetics aus den gleichen Linien

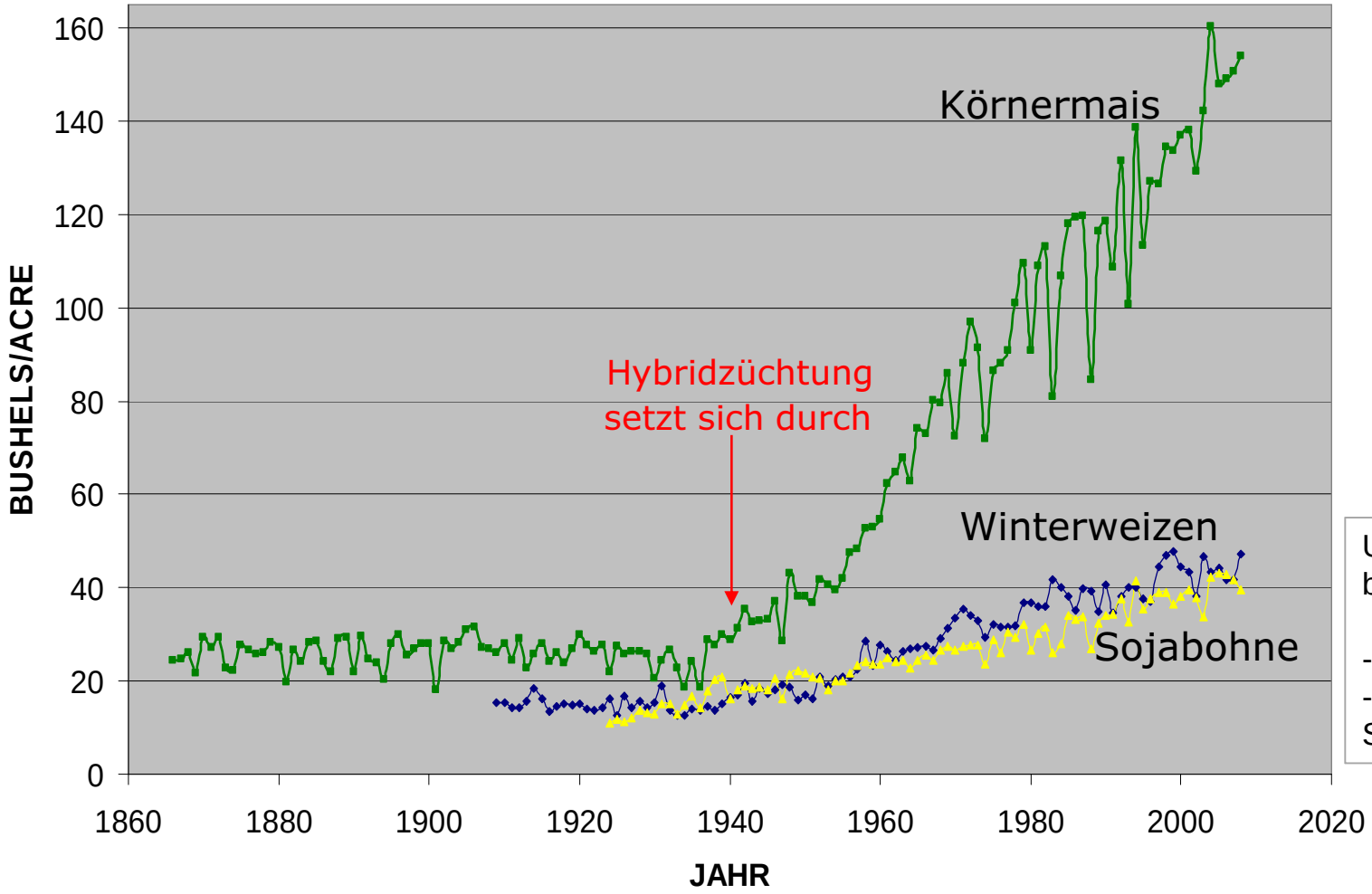


Quelle: Dissertation H. Burger, 2008

Gliederung

- KWS SAAT SE
- Was ist Pflanzenzüchtung?
- Fortpflanzungsbiologie und Zuchtmethode
- Die Vielfalt der Zuchtmethoden
  - Methode der Klonzüchtung am Beispiel der Kartoffel
  - Methoden der Selbstbefruchterzüchtung am Beispiel Weizen
  - Methoden der Panmixiezüchtung am Beispiel Mais
  - Methode der Hybridzüchtung am Beispiel Mais
- Zusammenfassung im Hinblick auf ‚Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand‘

Entwicklung der Mais-, Weizen- und Sojabohnenerträge in den USA zwischen 1866 und 2008



Umrechnung bu/acre in dt/ha:

- Mais x 0,63
- Weizen und Sojabohne x 0,67

Quelle: USDA Website

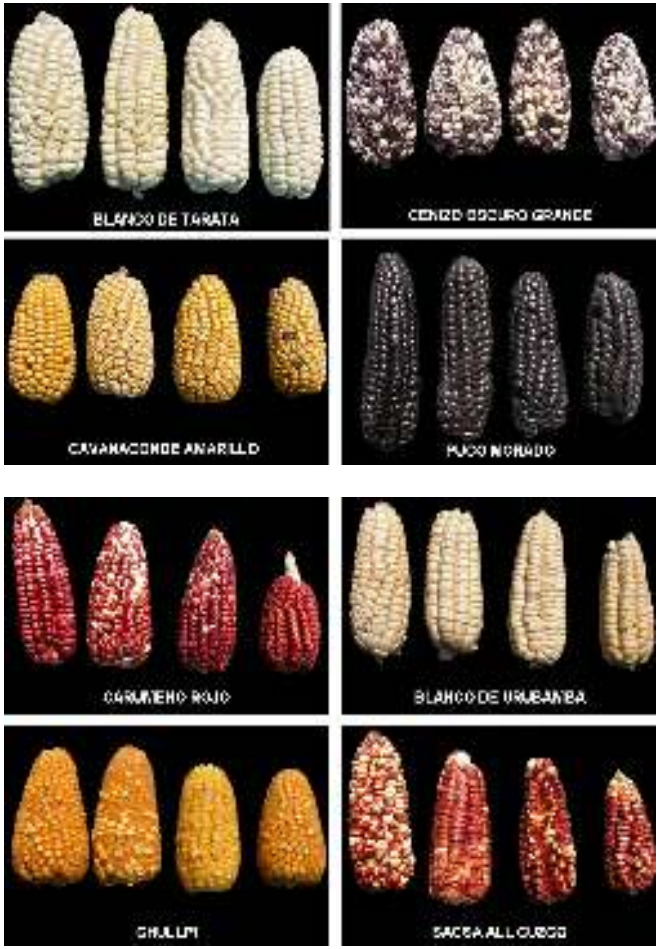
„Zusätzliche Heterosis“ bei Mais

- Untersuchte Ausgangs-populationen 611

- Aus diesen erzeugte Populations-kreuzungen 1394

- Durchschnittlicher Heterosis-zuwachs 19.5%

Quelle:
Hallauer und Miranda, 1980



8 peruanische Maispopulationen

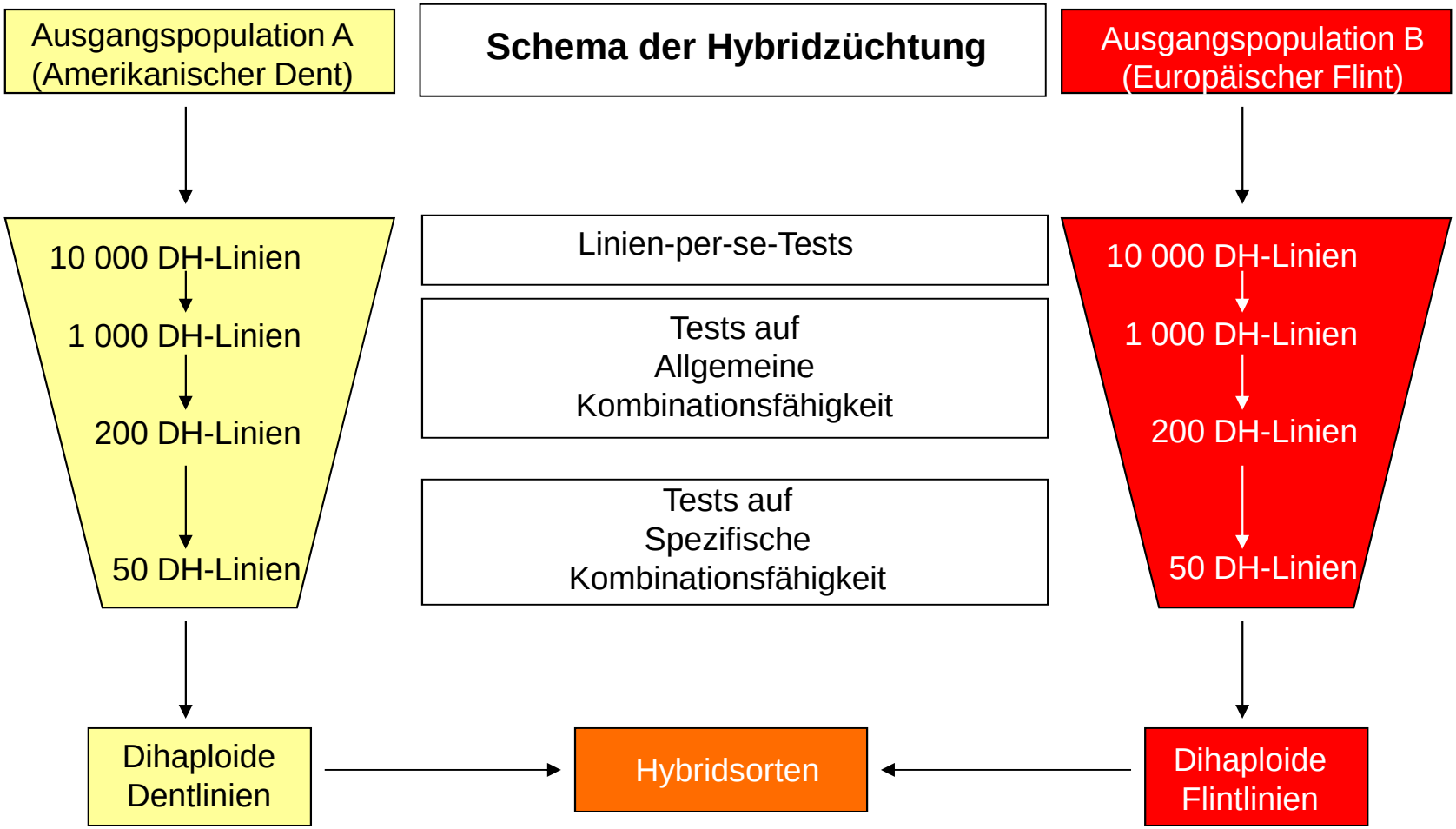
Je genetisch divergenter die Populationen sind, je ausgeprägter ist die „Zusätzliche Heterosis“

Kreuzungen zwischen Dent und Flint – Populationen haben etwa 25% mehr Heterosis als die Ausgangspopulationen

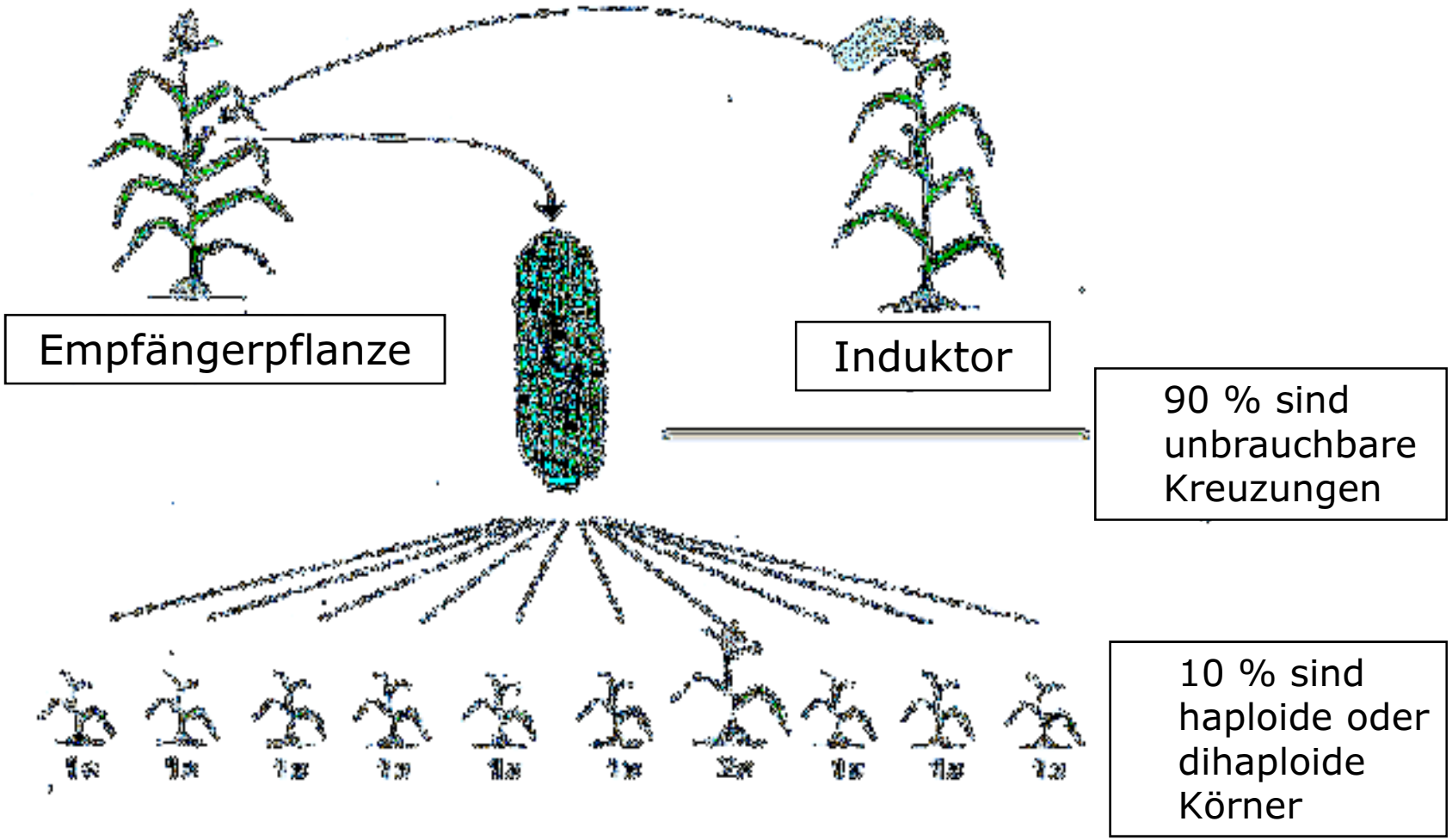
Links:Gelber Badischer Landmais

Rechts: amerikanischer Dentmais

Dimensionierung eines professionellen Hybridzüchtungsprogrammes (Schmidt, 2003)

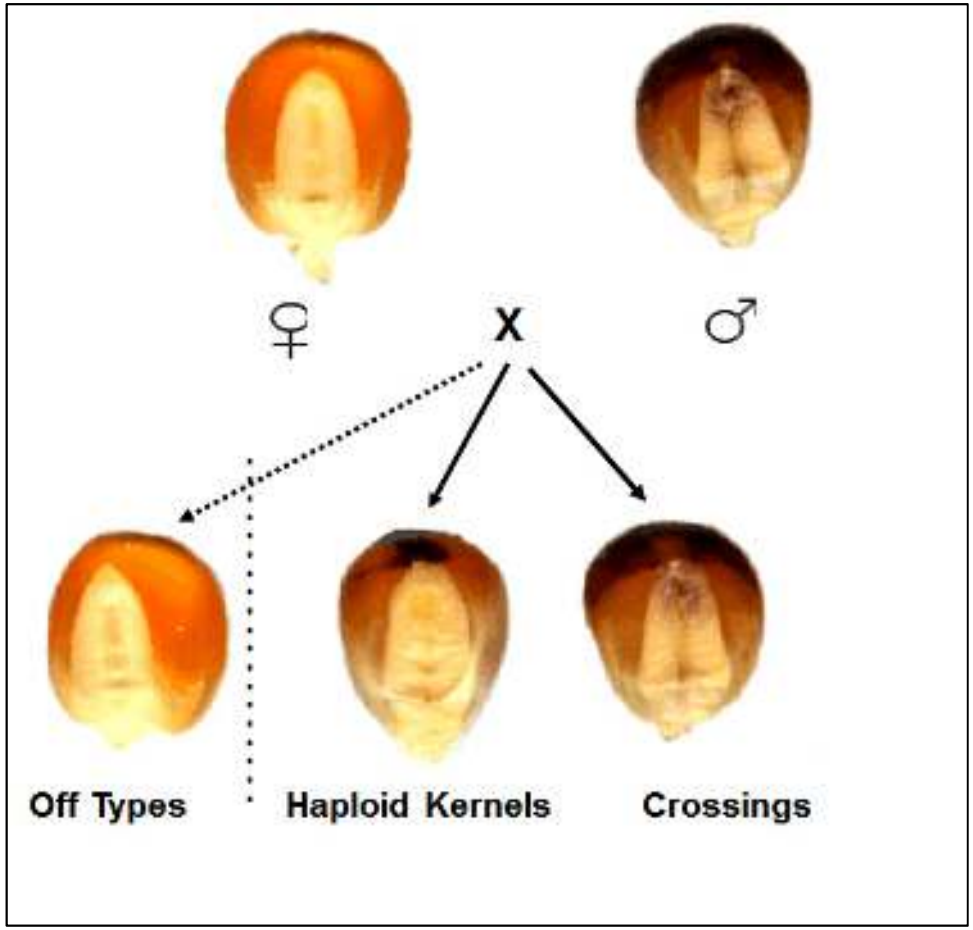


Herstellung von Inzuchtlinien über die Dihaploidentechnik: Schritt 1: Erzeugung von haploiden Körnern



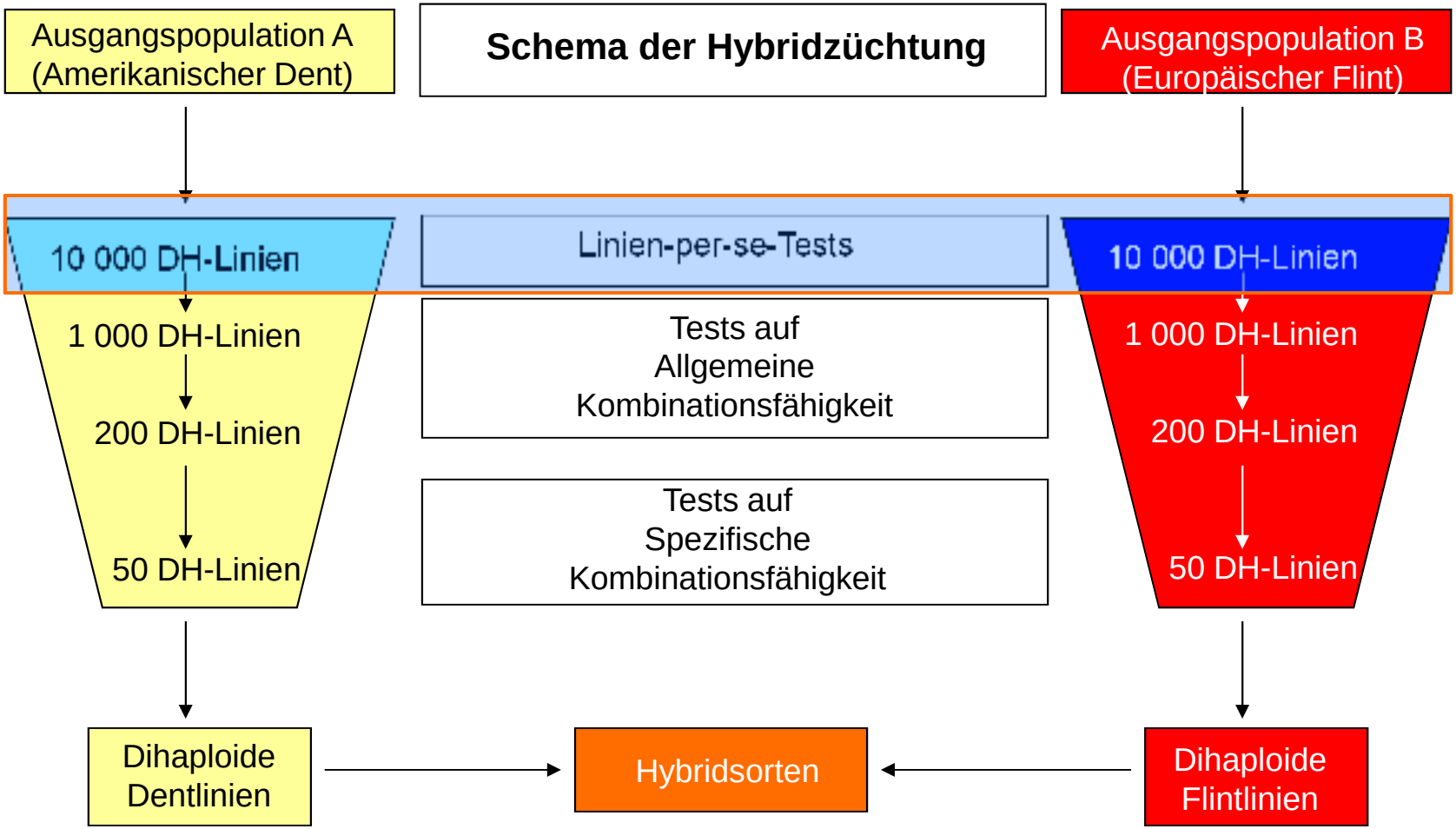
Geiger et al., 2001

Herstellung von Inzuchtlinien über die Dihaploidentechnik: Schritt 2: Selektion der haploiden Körner



Fotos: Prof. H.H. Geiger, Univiversität Hohenheim

Entwicklung der Linien und Hybriden im ‚KWS Maiszuchtprogramm Deutschland‘



Selektion von Linien und Hybriden

Selektion an den Linien per se

- Kältetoleranz
- Herbizidtoleranz
- Bestockung
- Frühreife
- Pollenspendereignung
- Verdaulichkeit der Restpflanze
- Resistenz gegenüber Krankheiten und Schädlingen
- Standfestigkeit
  - Wurzellagerresistenz
  - Green-Snapping-Resistenz
  - Stängelfäuleresistenz
- Saateltereignung
  - Saatgutertrag
  - Saatgutqualität

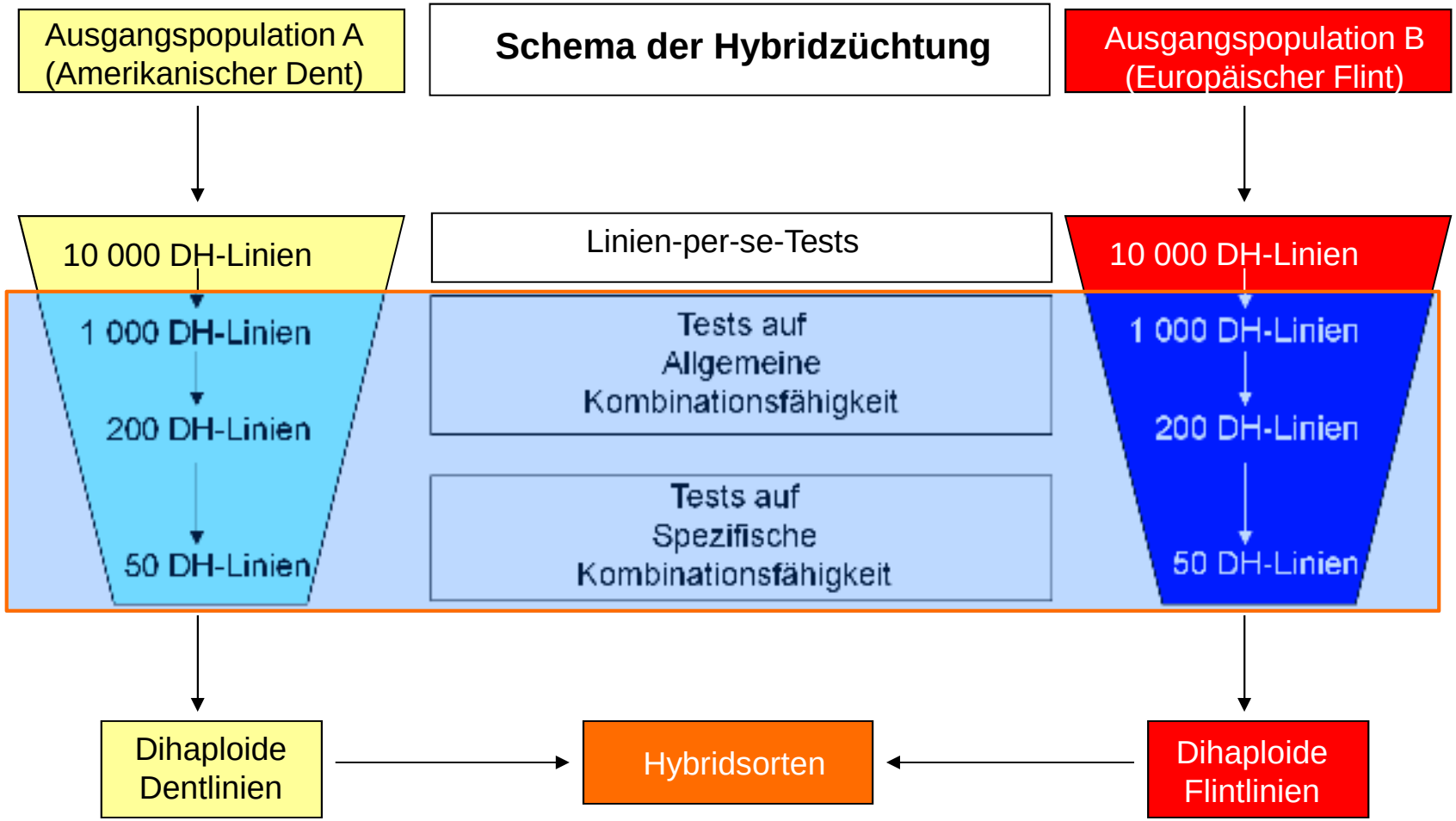
Beobachtung der 2 x 10.000 DH-Linien in den Zuchtgärten Einbeck und Pocking

Zuchtgarten in Einbeck

Herstellung von Kreuzungssaatgut der 2 x 10 000 DH-Linien in 2 Isolierparzellen in Gondelsheim

Isolierparzelle in Gondelsheim

Entwicklung der Linien und Hybriden im ‚KWS Maiszuchtprogramm Deutschland‘



Zuchtziele bei Körnermais (KM), Silomais (SM) und Energiemais (EM)

Selektion an den Linien per se

- Kältetoleranz
- Herbizidtoleranz
- Bestockung
- Frühreife
- Pollenspendereignung
- Verdaulichkeit der Restpflanze
- Resistenz gegenüber Krankheiten und Schädlingen
- Standfestigkeit
  - Wurzellagerresistenz
  - Green-Snapping-Resistenz
  - Stängelfäuleresistenz
- Saateltereignung
  - Saatgutertrag
  - Saatgutqualität

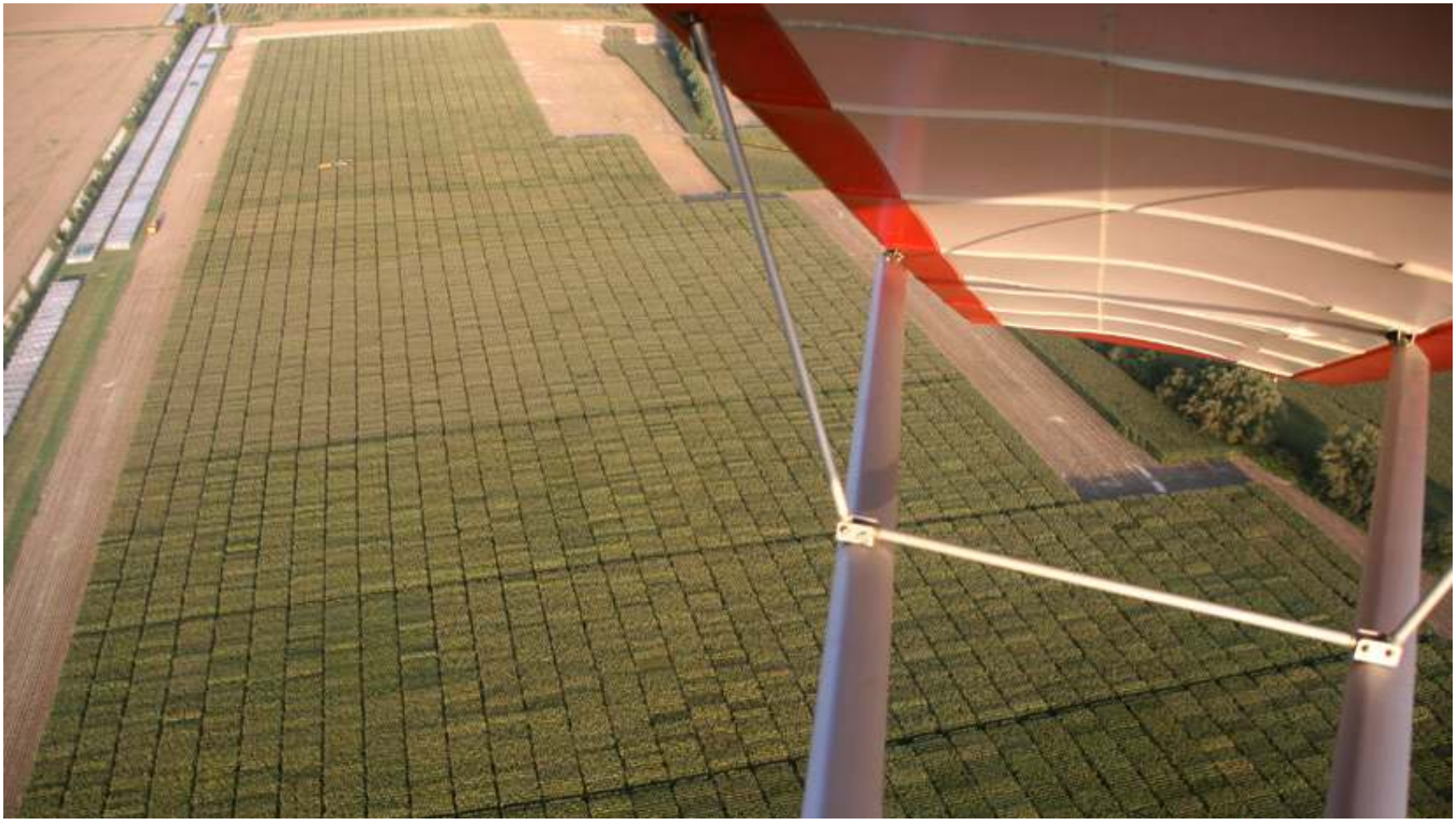
Selektion an den Hybriden

- Kältetoleranz
- Herbizidtoleranz
- Resistenz gegenüber Krankheiten und Schädlingen
- Standfestigkeit
  - Wurzellagerresistenz
  - Green-Snapping-Resistenz
  - Stängelfäuleresistenz

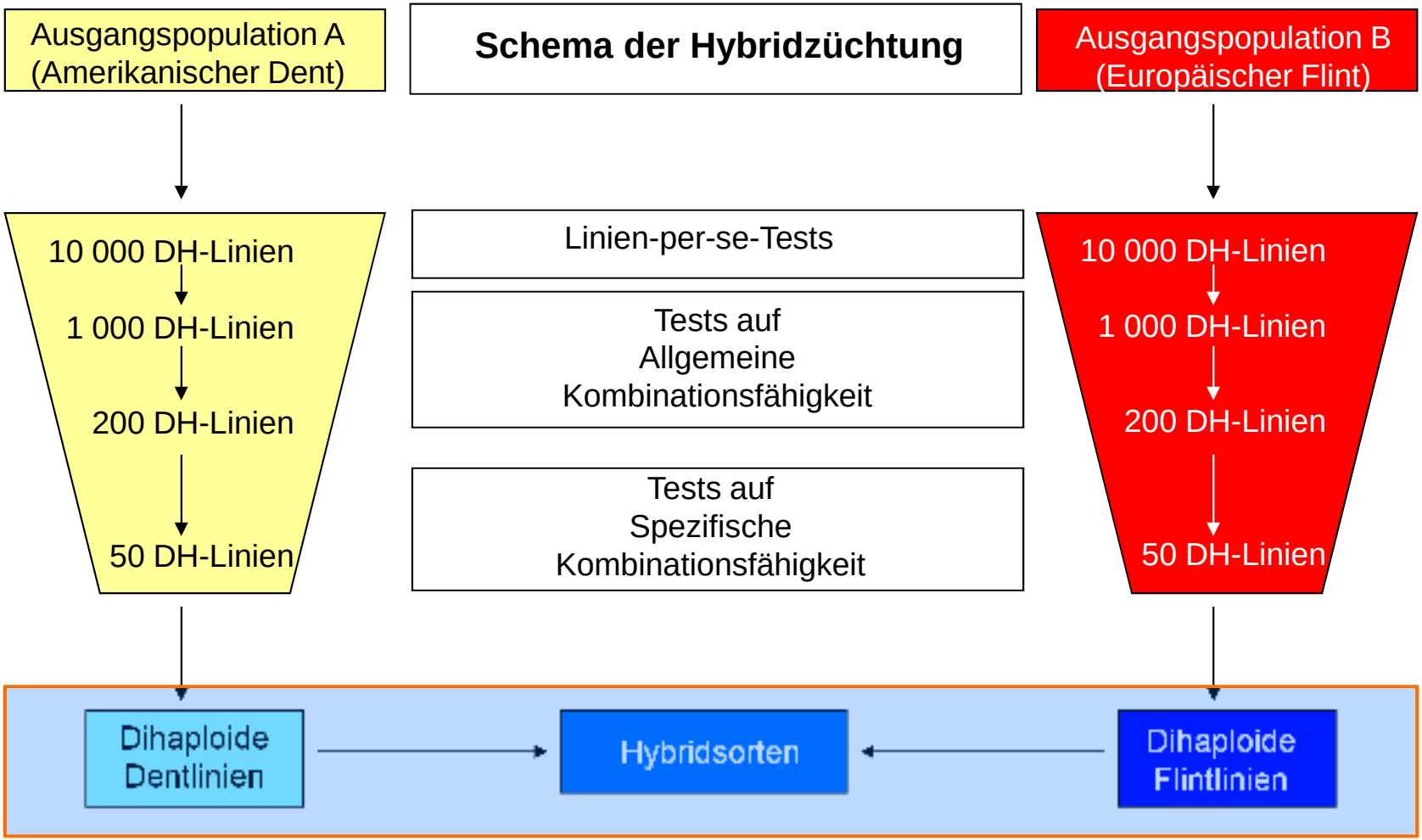
- Kornertrag/Korn-TS% bei KM
- GTM-Ertrag/GTS% bei SM und EM
- Ertragsstabilität bei KM, SM und EM

- Stärkegehalt und Verdaulichkeit bei SM
- Methanausbeute bei EM

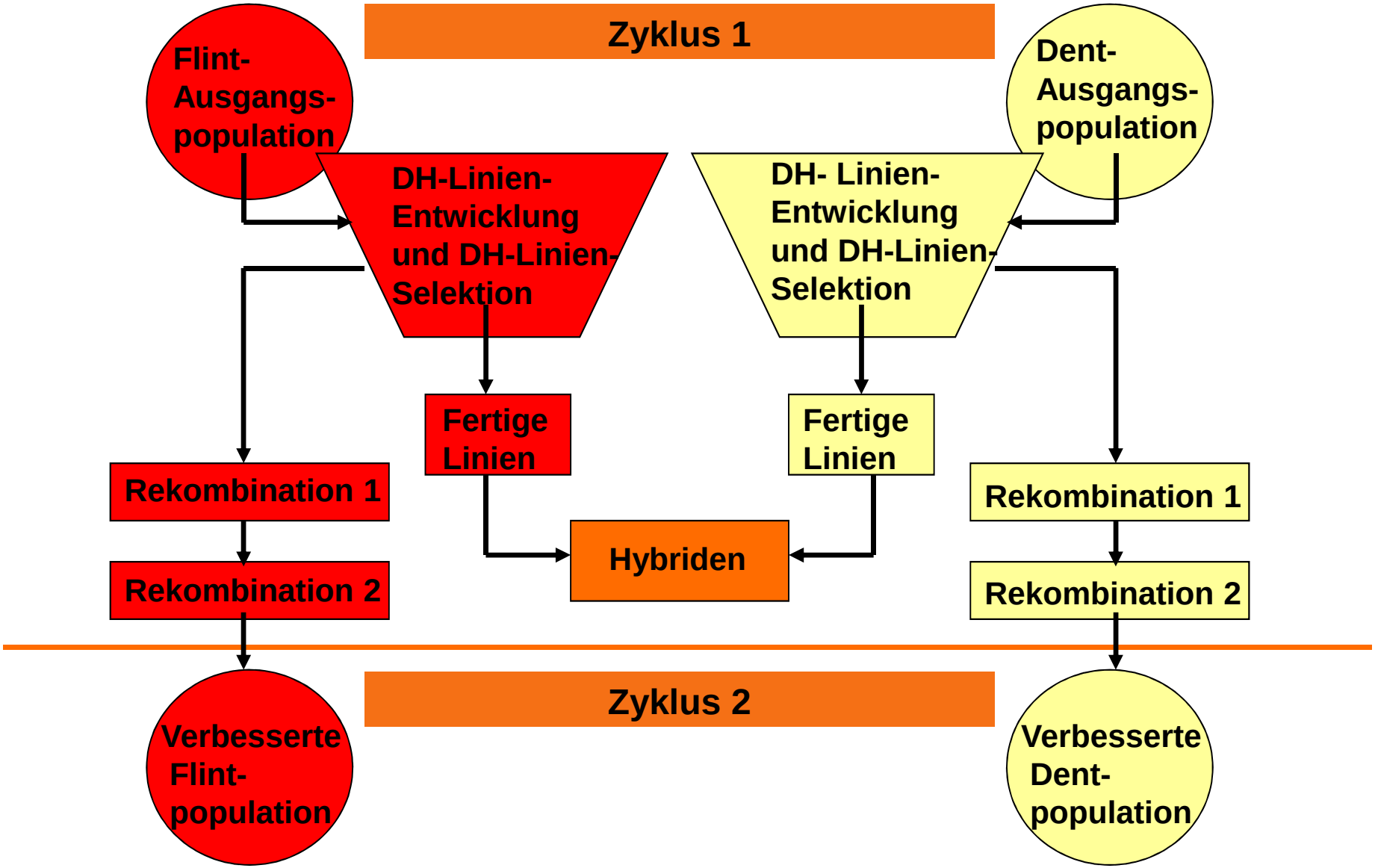
Ertragserfassung in über 100 000 Leistungsprüfungs-parzellen jährlich



Entwicklung der Linien und Hybriden im ‚KWS Maiszuchtprogramm Deutschland‘



Die „Reziproke Rekurrente Selektion“ ist der Schlüssel für ein erfolgreiches Hybridzüchtungsprogramm



Gliederung

- KWS SAAT SE
- Was ist Pflanzenzüchtung?
- Fortpflanzungsbiologie und Zuchtmethode
- Die Vielfalt der Zuchtmethoden
  - Methode der Klonzüchtung am Beispiel der Kartoffel
  - Methoden der Selbstbefruchterzüchtung am Beispiel Weizen
  - Methoden der Panmixiezüchtung am Beispiel Mais
  - Methode der Hybridzüchtung am Beispiel Mais
- Zusammenfassung im Hinblick auf ‚Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand‘

Zusammenfassung im Hinblick auf „Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand“

- Man muss nicht unbedingt Genetik und ihre verwandten Disziplinen studiert haben, um erfolgreich Pflanzen züchten zu können. Auch ein geschultes Auge – der „Züchterblick“ – findet überlegene Sorten.
- KWS hat schon 1856 erfolgreich Zuckerrüben gezüchtet – Jahrzehnte bevor es die Genetik und eine wissenschaftlich fundierte Pflanzenzüchtung gab.
- Die bewundernswerte Vielfalt an Maissorten (Folie 43) entstand mindestens 1‘000 Jahre vor Gregor Mendel. Ohne zu wissen, dass der Mais Gene hat, haben Bäuerinnen (Folien 83 und 84) mit ihrer Einzelpflanzenselektion diese großartige züchterische Leistung vollbracht. Und noch heute halten die Indios mit dieser Methode die Insekten und Krankheiten, die den Mais attackieren, in Schach.
- Doch bei allen Erfolgen: Die Einzelpflanzenselektion hat ihre Grenzen. Will man mit dieser Methode Erträge steigern, bedarf es langer Zeiträume. Die Indios hatten sie. Wir nicht.
- Wenn wir Erträge kurzfristig, das heißt innerhalb eines Jahrzehnts, steigern wollen, müssen wir die Einzelpflanzenselektion aufgeben und zu einer „Familienselektion“ übergehen, denn „Familien“ können gleichzeitig an mehreren Orten mit mehreren Wiederholungen geprüft werden – Einzelpflanzen nicht.

Zusammenfassung im Hinblick auf „Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand“

- „Familien“ sind bei Kartoffeln hochvermehrte Klone (Folie 64 und 65), bei Fremdbefruchtern Vollgeschwisterfamilien (Folien 86 bis 94) oder Hybriden (Folie 111) und bei Selbstbefruchtern hochvermehrte Linien (Folie 77).
- Erträge lassen sich nur über umfangreiche Leistungsprüfungen steigern. Professionelle Zuchtprogramme legen Leistungsprüfungen mit mehr als 10‘000, ja sogar mit über 100‘000 Parzellen an. Sie erzielen dabei Selektionsgewinne zwischen 1 und 2% pro Jahr. Beim Ertrag muss eine ‚Hofzüchtung‘ definitiv an ihre Grenzen stoßen, zumal den professionellen Züchtern auch noch Winterzuchtgärten und neue Werkzeuge, wie die Genomische Selektion, zur Verfügung stehen, die die Züchtung enorm beschleunigen.
- Eine ‚Hofzüchtung‘ wird sich auf die Anpassung von Zuchtmaterial an den eigenen Betriebes konzentrieren müssen, beispielsweise hinsichtlich der Reife oder der Eignung für den Ökolandbau. Bei Weizen und Mais bieten sich die auf den Folien 78 bis 80, 94 und 95 aufgeführten Populationen an. Eine weitere Ertragssteigerung wird der Landwirt ohne Leistungsprüfungen aber nicht erzielen können. Die Ertragsdifferenz zwischen den jährlichen Neuzulassungen der professionellen Züchter und seiner ‚Hofsorte‘ wird sich zwangsläufig Jahr für Jahr vergrößern.

Zusammenfassung im Hinblick auf „Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand“

- Bei Mais muss der Leistungsabfall gegenüber aktuellen Sorten deutlicher ausfallen als bei Getreide. Die angebotenen Populationen sind über eine Durchkreuzung von Hybriden entstanden. Bei diesem Verfahren verliert man 50% der zwischen Flint- und Dentpool bestehenden „Zusätzlichen Heterosis“ (Folie 101). Gegenüber dem Anbau der aktuell besten Hybriden wird der Landwirt etwa 20% an Leistung verlieren (Folie 96 und 97).
- Ein Landwirt kann auch selbst neue Variation schaffen. Er kann neuste Weizensorten kreuzen (Folie 70) und die daraus resultierenden spaltenden Populationen (Ramsche) auf seinem Hof mehrere Generationen lang sich selbst überlassen und dabei die Selektionsarbeit an die Natur delegieren. Wenn die Linien durch die mehrjährige Selbstbefruchtung weitgehend homozygot geworden sind (Folie 71), kann der Landwirt das so entstandene Liniengemisch in Einzellinien zerlegen, selektieren und die besten daraus vermehren (Folie 73) und auf seinem Betrieb nutzen.
- Wie ein Landwirt Kartoffeln an seinen Betrieb adaptieren kann, zeigen die Folien 61 bis 65, wobei er die Dimensionierung seiner Züchtung den betrieblichen Möglichkeiten anpassen muss. Vermutlich wird er die Zahl der Klone oder Parzellen durch 100 dividieren müssen.

Zusammenfassung im Hinblick auf „Vielfalt in Bauern- und Gärtnerhand“

Gewiss, man muss nicht studiert haben, um erfolgreich Pflanzen züchten zu können. Auch der erfahrene „Züchterblick“ mag zum Erfolg führen. Wolfgang Böhm hat einer Züchterin mit einem begnadeten “Züchterblick“ ein Gedicht gewidmet:

Die Pflanzenzüchterin

Pflanzenzüchtung war ihr Arbeitsfeld,
damit verdiente sie gutes Geld.
Ständig züchtete sie neue Sorten,
die prächtig wuchsen an vielen Orten.

Ihre Erfolge erregten großes Erstaunen,
die Fachkollegen begannen zu raunen
und versuchten herauszufinden ganz genau
das Geheimnis dieser erfolgreichen Frau.

Zunächst waren sie total schockiert,
denn die Frau hatte gar nicht studiert.
Sie kannte keine Züchtungstheorie
Und auch zu Kongressen reiste sie nie.

Keinen Doktortitel hat sie angestrebt,
sondern nur mit ihren Pflanzen gelebt.
Ihr Zuchtgarten war ihre Universität,
Hier arbeitete sie von früh bis spät.

Ihr Geheimnis verriet sie in geselliger Runde,
bei einem Glas Wein zu später Stunde:
„Liebe Kollegen, mein einziger Trick
Ist der richtige Züchterblick.“

Wolfgang Böhm

Aus: Akademische Träume Auretim Verlag
Göttingen 2006

Quelle:
Becker, 2011

Doch wo wird der „Züchterblick“ am ehesten fündig?

Am ehesten in einem wohldurchdachten, nach den Regeln der Quantitativen Genetik optimierten Zuchtprogramm. Wenn sich in einer Züchterin „Züchtungstheorie“ und „Züchterblick“ verbinden, ist der Erfolg vorprogrammiert – die notwendigen Versuchskapazitäten vorausgesetzt! Das sagt mein „**Züchter-Rück-blick“**!

Ich wünsche Ihnen den ‚richtigen Züchterblick‘, viel Freude und Erfolg bei Ihrer Züchtung und …

Cusco-Andenes,17.04.2015

Literatur - 1

- Becker, H.C., 2003: Dynamische Genpools und Biodiversität: Neue züchterische Konzepte für die Landwirtschaft. Festkolloquium anlässlich des 90. Geburts-tages von Prof. F.W. Schnell am 23.05.2003 in Hohenheim
- Becker, H.C., 2008: Züchtung für landwirtschaftliche Kulturen – Werden die Belange des Ökologischen Landbaues berücksichtigt? Impulsreferat Bioland-Wintertagung 2008
- Becker, H.C., 2009: Klassische, ökologische und gentechnische Züchtungs-methoden und Ziele – ein Überblick. Grundlagenvortrag Witzenhausen, 02.12.2009
- Becker, H.C., 2011: Pflanzenzüchtung. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- Borchardt, D., 2009: Pflanzenzüchtung für LTLs, Unterrichtsscript 2009
- Burger, H., 2008: Methodenvergleich zur Entwicklung von Maissorten für den Ökologi-schen Landbau. Dissertation Hohenheim
- Chaves, R., W. Schmidt, K. Martínez, J. Flores, H. Tamayo, M. Aduviri, G. Gutiérrez, V. Yufra, Ó. Segovia und A. García, 2005: Espectro de variabilidad genética del germoplasma nativo de maiz (*Zea mays L.*) de la zona altoandina del sur del Perú. IDISEA, 23, 49-61

Literatur - 2

- Ebmeyer, E., 2017: Aufgaben und Ziele moderner Kulturpflanzenzüchtung. Vortrag KWS, 23.10.2017
- Eder, B., T. Albrecht, B. Büttner, G. Schwertfirm, J. Eder, V. Mohler und G. Schweizer, 2017: Entwicklung von Populationen bei Mais – Leistungsfähigkeit und Selektionseffizienz. Vortrag im Workshop der 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, am 09.03.2017
- Holzapfel, S., 2013: Potato Breeding. Vortrag KWS, 06.02.2013
- Schmidt, W., 2003: Hybridmaiszüchtung bei der KWS SAAT AG. Vortrag anlässlich der 54. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgut-kaufleute Österreichs. BAL *Gumpenstein*, 25. - 27. November *2003*.
- Schnell, F.W., 1982: A synoptic study of the methods and categories of plant breeding. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 89, 1 - 18