

# Einsatz von genetischen Ressourcen in der modernen Maiszüchtung

Dr. Walter Schmidt und Dr. Henriette Burger  
KWS SAAT AG, D-37555 Einbeck



Zukunft säen  
seit 1856



- Erfolgsfaktoren für ein erfolgreiches Hybridmais-Züchtungsprogramm:
  - Optimales Heterosis-Pattern
  - Effiziente Reziproke Rekurrente Selektion
  - Schnelle und effiziente Inzuchtlinienentwicklung
  - Flächendeckendes Prüfnetz für die Hybridentwicklung
  - Große züchterisch nutzbare Varianz sowohl im Saateelter- wie auch im Pollenspender-Genpool. Diese wird sichergestellt durch:
    - Hohe effektive Populationsgröße im Zuchtprogramm (~ 90 %)
    - Durch Integration von neuem genetischen Material (~ 10 %)
      - Einkreuzung von Elitezuchtmaterial aus anderen KWS Zuchtprogrammen (~ 9 %)
      - Einsatz von Genetischen Ressourcen (~ 1 %)

- Erfolgsfaktoren für ein erfolgreiches Hybridmais-Züchtungsprogramm:
  - **Optimales Heterosis-Pattern**
  - Effiziente Reziproke Rekurrente Selektion
  - Schnelle und effiziente Inzuchtlinienentwicklung
  - Flächendeckendes Prüfnetz für die Hybridentwicklung
  - Große züchterisch nutzbare Varianz sowohl im Saateelter- wie auch im Pollenspender-Genpool. Diese wird sichergestellt durch:
    - Hohe effektive Populationsgröße im Zuchtprogramm (~ 90 %)
    - Durch Integration von neuem genetischen Material (~ 10 %)
      - Einkreuzung von Elitezuchtmaterial aus anderen KWS Zuchtprogrammen (~ 9 %)
      - **Einsatz von Genetischen Ressourcen (~ 1 %)**

# Stichwort 'Genetische Diversität'



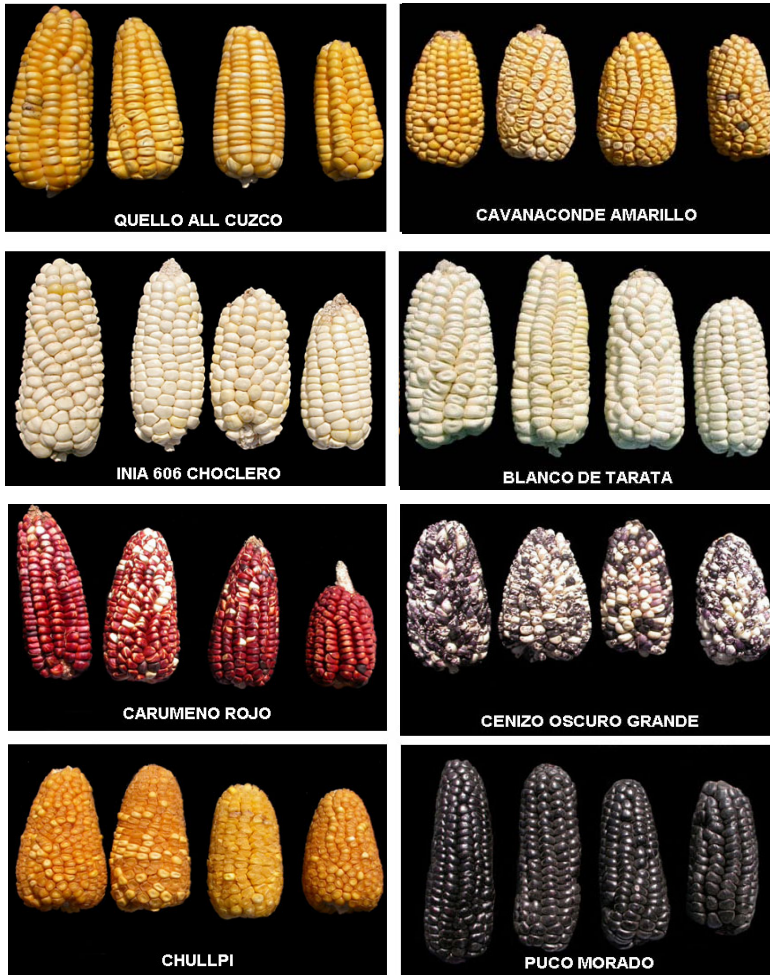
**Körner von 20 peruanischen Landsorten**

# Stichwort 'Genetische Diversität'

In Hybridmais-Zuchtprogrammen wird unterschieden:

- 1. Genetische Diversität **zwischen** dem Saatelter- und dem Pollenspender-Pool garantiert eine große zusätzliche Heterosis
- 2. Genetische Diversität **innerhalb** des Saatelter- und **innerhalb** des Pollenspender-Pools sichert den langfristigen Selektionsgewinn

# Optimales Heterosis-Pattern



- Zusätzliche Heterosis bei Mais (nach Hallauer und Miranda, 1981):
  - Untersuchte Ausgangspopulationen: 611
  - Aus diesen erzeugte Populationskreuzungen: 1394
  - Mittlerer Heterosiszuwachs: 19.5%
- Regel: Je größer die genetische Divergenz zwischen den Populationen, umso ausgeprägter ist die zusätzliche Heterosis
- Ausnahmen bei extremer Nicht-Adaption eines oder beider Kreuzungspartner

Kolben aus 8 peruanischen Maispopulationen

# Unterschiedliche optimale Heterosis-Pattern in den verschiedenen KWS Züchtungsprojekten

Dent x Flint  
 Heterosis - Pattern

Nordwest-Europa

Nord-Frankreich

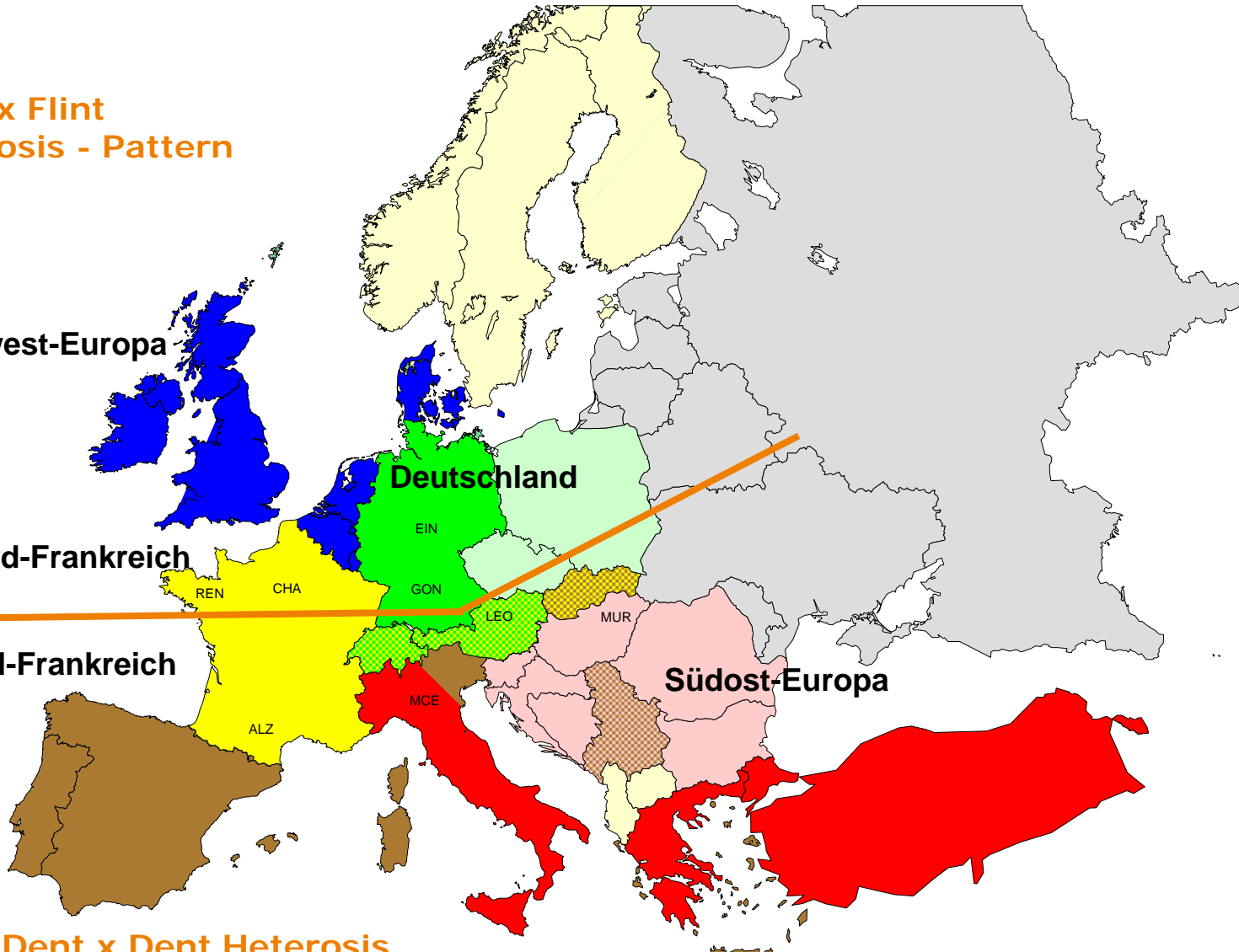
Süd-Frankreich

Deutschland

Südost-Europa

Italien

Dent x Dent Heterosis  
 – Pattern aus den USA



# Typische Kolben einer deutschen Dent x Flint- und einer italienischen Dent x Dent - Hybride



Dent x Flint - Hybride

Dent x Dent - Hybride



# Optimales Heterosis-Pattern in Deutschland



- Zusätzliche Heterosis bei Mais
  - Erfahrungswert in Deutschland:

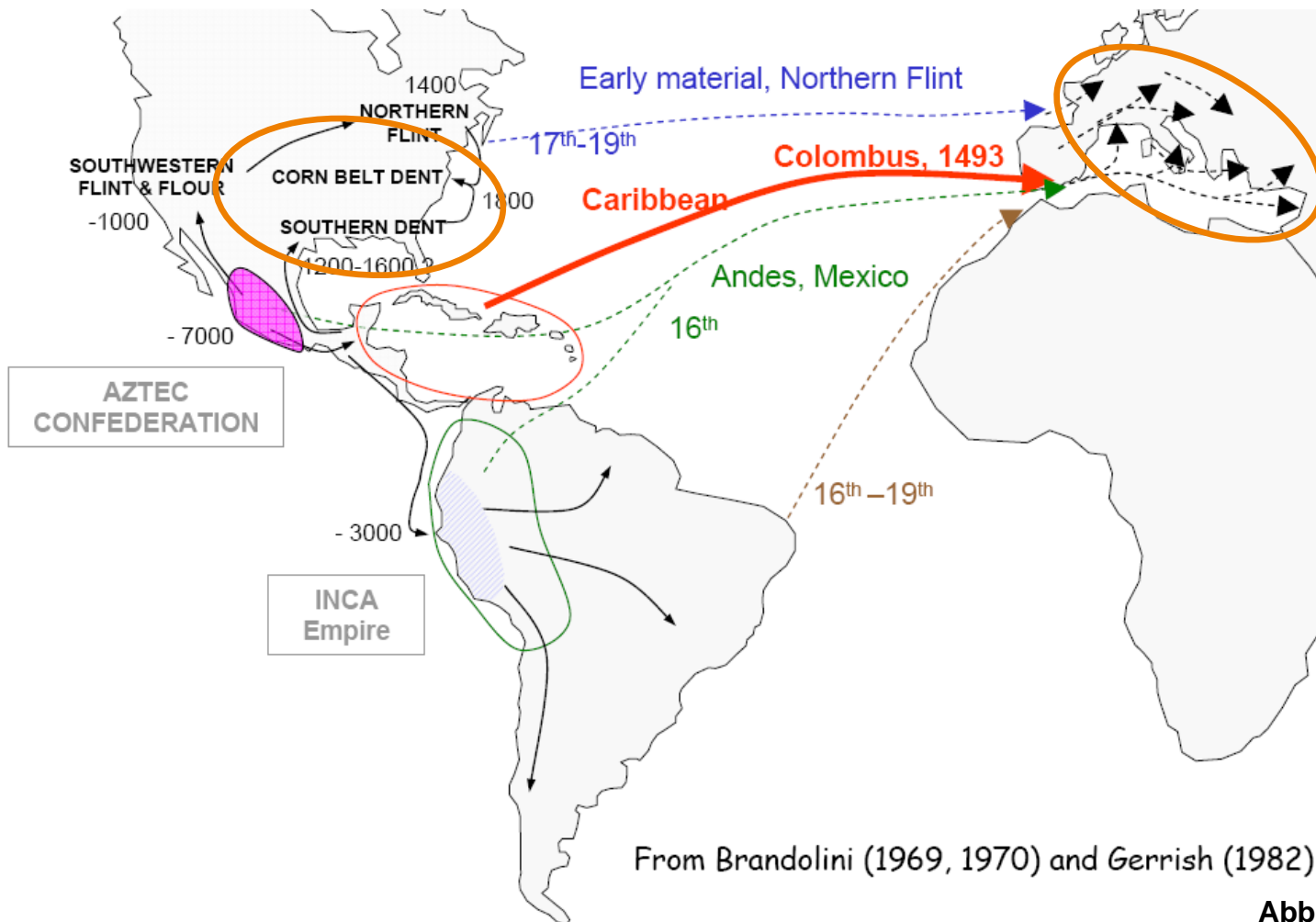
25 % Leistungszuwachs in Kreuzungen zwischen europäischem Flint- und nordamerikanischem Dent-Zuchtmaterial

Links: Europäischer Flintmais  
(Gelber Badischer Landmais)

Rechts: Amerikanischer Dentmais

# Optimales Heterosis-Pattern

Maize introduction into Europe: — ascertained by historical records, considered as unique in social sciences, - - - - hypothesized by geneticists





Gelber Bad. Landmais

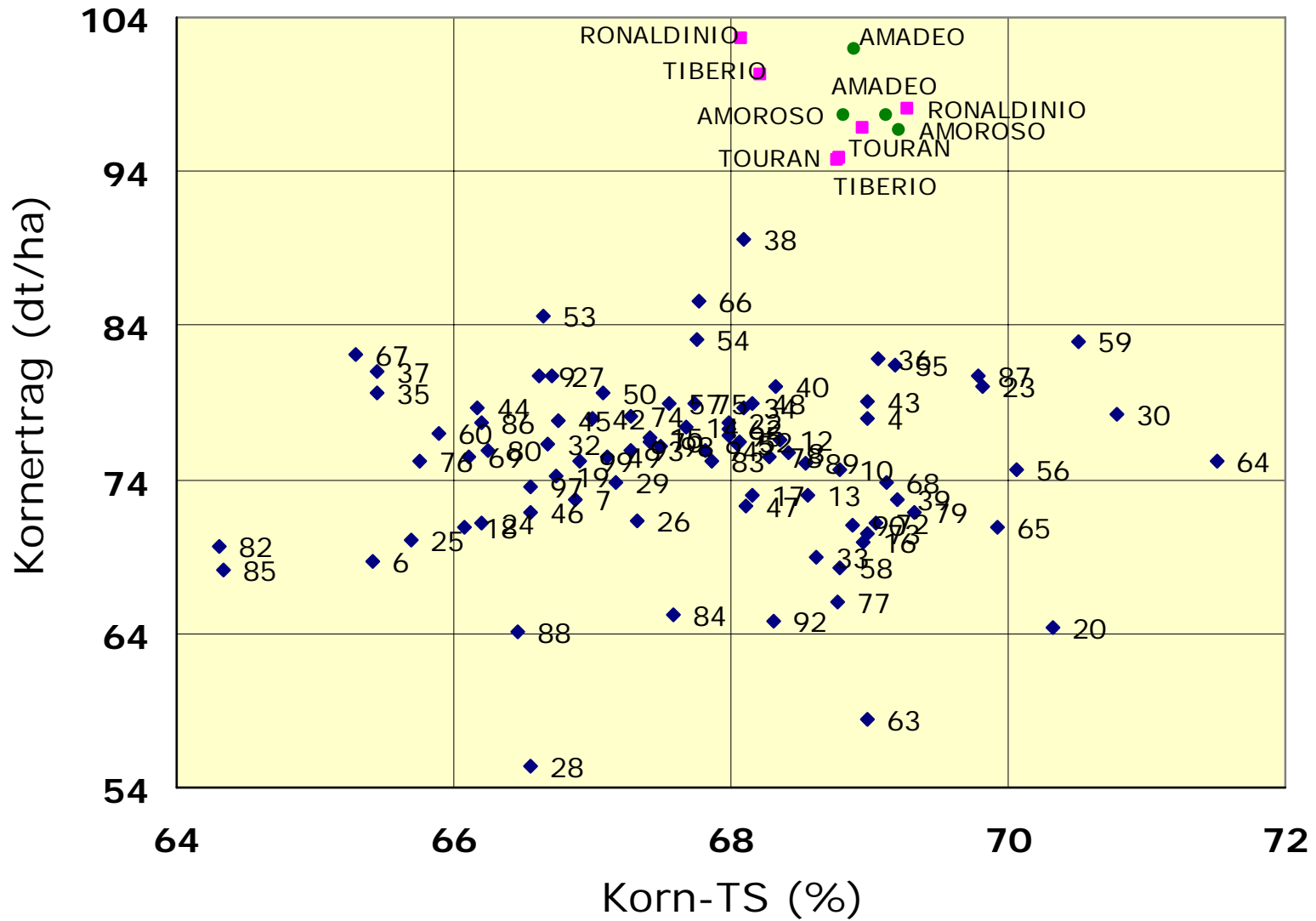


Rheintaler Ribelmais

- Der europäische Flintpool ist ein einzigartiges Genmaterial, das nur in Europa nördlich der Alpen und der Loire züchterisch weiterentwickelt wurde.
- In den USA und im südlichen Europa wurden und werden nur Dentpools züchterisch bearbeitet.
- Das bedeutet:  
Will man die genetische Breite des aktuellen Flintpools weiten (und dabei aber eine Dent-Flint-Mischpool-Bildung vermeiden), muss man auf die **Genetischen Ressourcen** der europäischen Landrassen zurückgreifen

- Risiken:
  - Dramatischer Leistungsabfall im Merkmal Kornertrag, dem wichtigsten Merkmal in der Körnermaiszüchtung

# Ertrag-Reife-Diagramm der Testkreuzungen von 80 DH-Linien aus Landsorten im Vergleich zu neuen Hybriden



- Risiken:
  - Dramatischer Leistungsabfall im Merkmal Kornertrag, dem wichtigsten Merkmal in der Körnermaiszüchtung
  - Höhere Anfälligkeit für Sommerlager und Stängelfäule

# Risiken und Chancen beim Einsatz von Genetischen Ressourcen, hier: Sommerlager



- Risiken:
  - Dramatischer Leistungsabfall im Merkmal Kornertrag, dem wichtigsten Merkmal in der Körnermaiszüchtung
  - Höhere Anfälligkeit für Sommerlager und Stängelfäule
  - Enormer Qualitätsverlust in der Silomaiszüchtung durch geringere Stärkegehalte in der Silage
  - Höhere Anfälligkeit für Krankheiten, die es früher noch nicht gab (Helminthosporium, Kabatiella, Kolbenfusarien)



# Helminthosporium-Toleranz und -Anfälligkeit



- Risiken:
  - Dramatischer Leistungsabfall im Merkmal Kornertrag, dem wichtigsten Merkmal in der Körnermaiszüchtung
  - Höhere Anfälligkeit für Sommerlager und Stängelfäule
  - Enormer Qualitätsverlust in der Silomaiszüchtung durch geringere Stärkegehalte in der Silage
  - Höhere Anfälligkeit für Krankheiten, die es früher noch nicht gab (Helminthosporium, Kapatiella, Kolbenfusarien)
- Chancen:
  - Hohe Biomasseleistung

# Risiken und Chancen beim Einsatz von Genetischen Ressourcen, hier: hohe Biomasseleistung



# Risiken und Chancen beim Einsatz von Genetischen Ressourcen, hier: hohe Biomasseleistung



# Wer hat den längsten Mais der Schweiz?



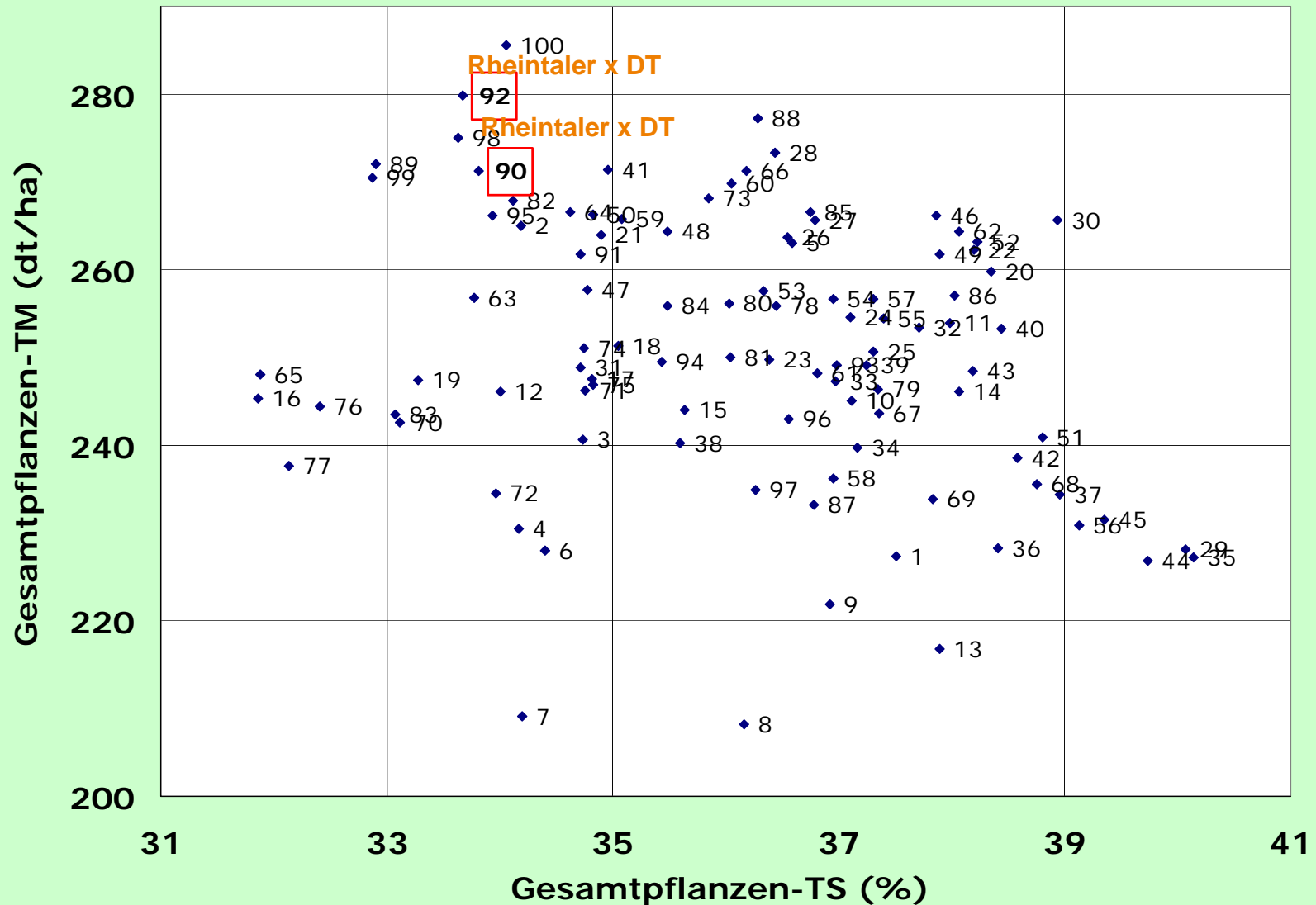
5,37 m



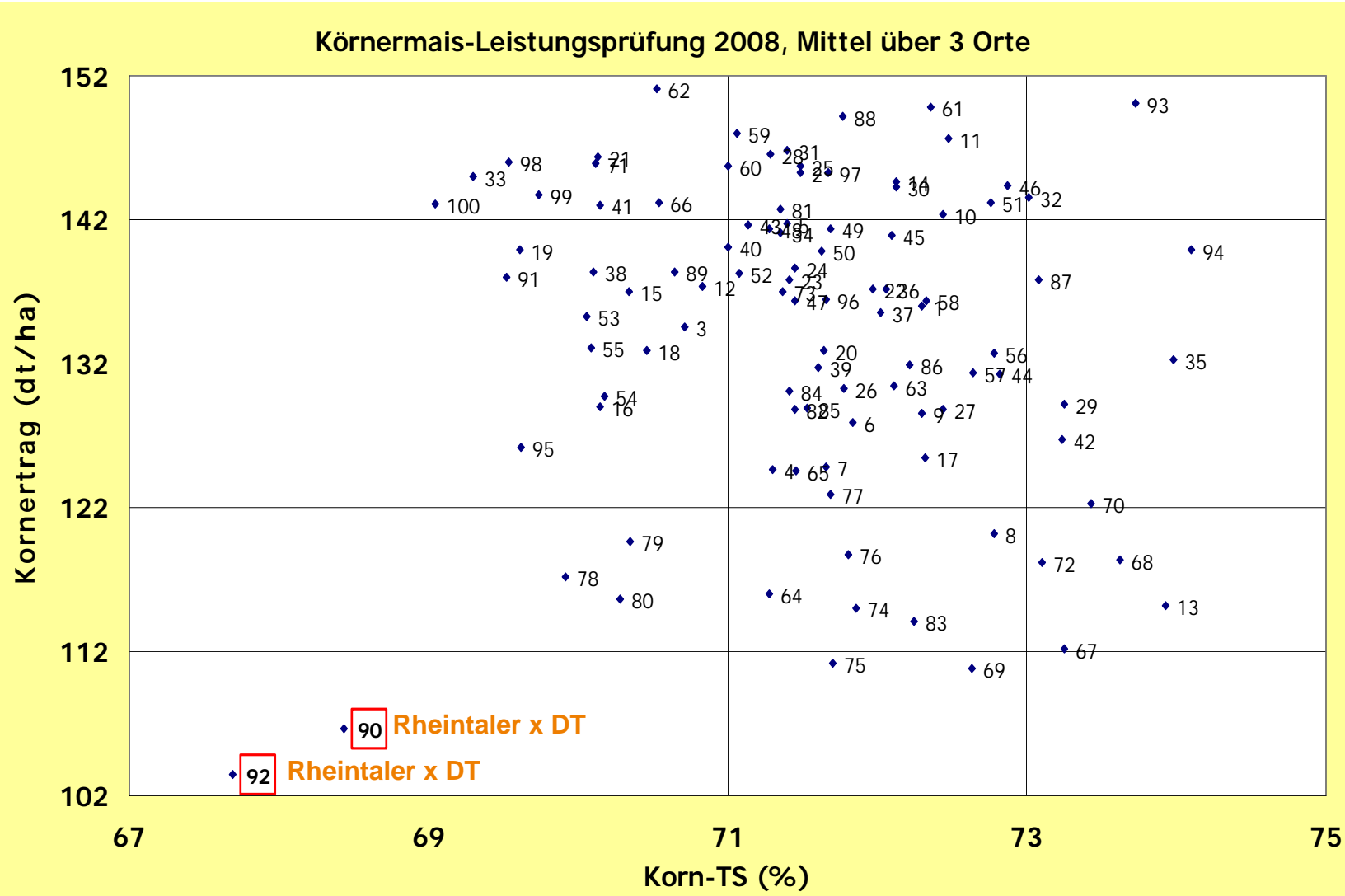
5,30 m

# Testkreuzungsleistung von 90 neusten Elitelinien im Vergleich zur Testkreuzungsleistung der Population Rheintaler (+8 Checks)

Energiemais-Leistungsprüfung 2008, Mittel über 3 Orte



# Testkreuzungsleistung von 90 neusten Elitelinien im Vergleich zur Testkreuzungsleistung der Population Rheintaler (+8 Checks)



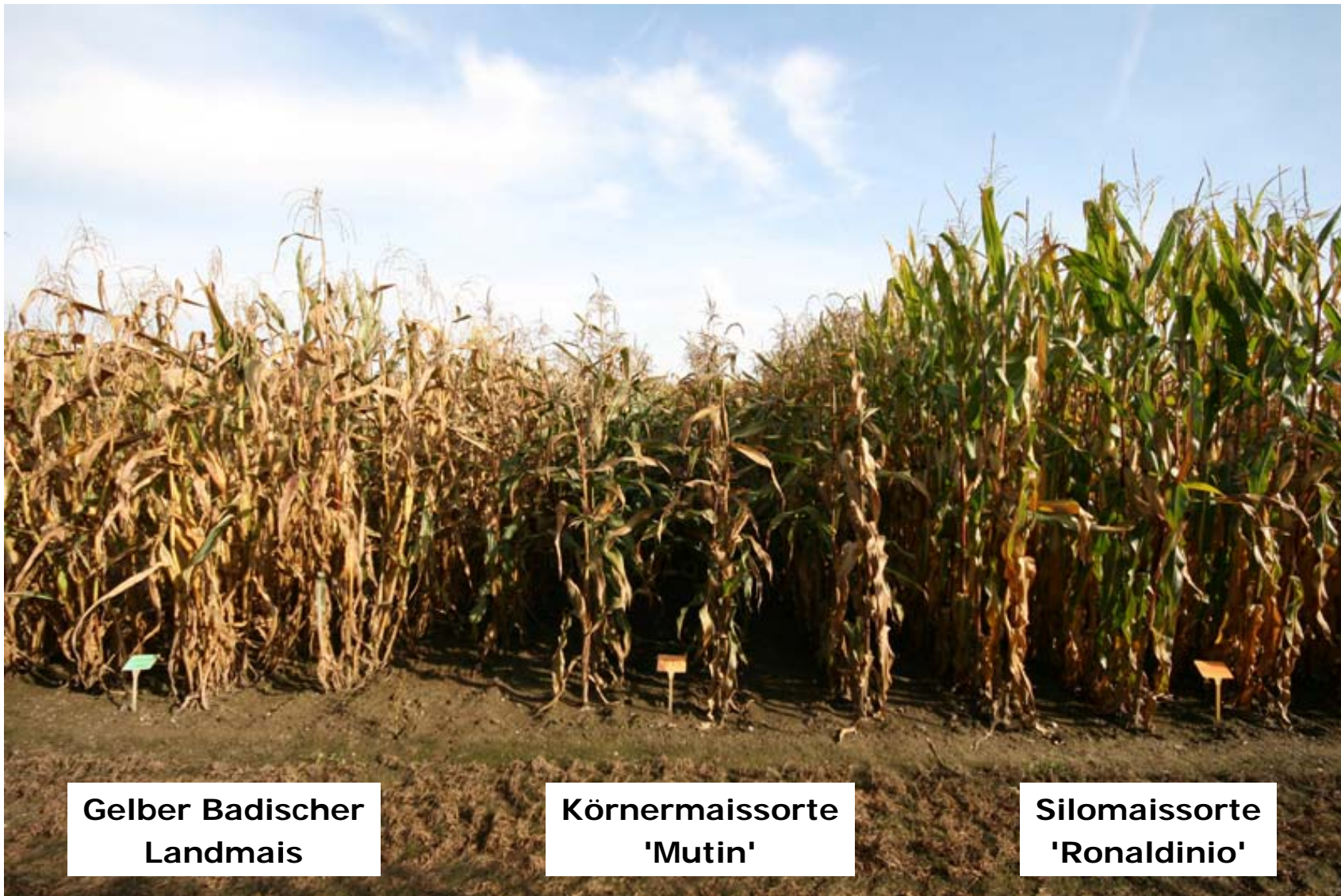
# Veränderung des Harvest Index bei Weizen



Fotos: E. Ebmeyer, KWS Lochow



# Veränderung des Harvest-Index beim Mais



**Gelber Badischer  
Landmais**

**Körnermaissorte  
'Mutin'**

**Silomaissorte  
'Ronaldinio'**

- Risiken:
  - Dramatischer Leistungsabfall im Merkmal Kornertrag, dem wichtigsten Merkmal in der Körnermaiszüchtung
  - Höhere Anfälligkeit für Sommerlager und Stängelfäule
  - Enormer Qualitätsverlust in der Silomaiszüchtung durch geringere Stärkegehalte in der Silage
  - Höhere Anfälligkeit für Krankheiten, die es früher noch nicht gab (Helminthosporium, Kapatiella, Kolbenfusarien)
- Chancen:
  - Hohe Biomasseleistung
  - Bessere Restpflanzenverdaulichkeit
  - Nährstoffaneignungsvermögen
    - Eignung für Mischkultur mit Leguminosen
    - Fähigkeit zur Mykorrhizierung

# Risiken und Chancen beim Einsatz von Genetischen Ressourcen, hier: Eignung für Mischkultur mit Leguminosen



Foto: Eva Körbitz, Salez

**Der Rheintaler Ribelmais und die Schwefelbohne haben sich über eine lange Koevolution aneinander angepasst.**

# Risiken und Chancen beim Einsatz von Genetischen Ressourcen, hier: Prüfung von Testkreuzungen mit Landrassenzuchtmaterial mit und ohne Mykorrhiza-Applikation 2009



- Risiken:
  - Dramatischer Leistungsabfall im Merkmal Kornertrag, dem wichtigsten Merkmal in der Körnermaiszüchtung
  - Höhere Anfälligkeit für Sommerlager und Stängelfäule
  - Enormer Qualitätsverlust in der Silomaiszüchtung durch geringere Stärkegehalte in der Silage
  - Höhere Anfälligkeit für Krankheiten, die es früher noch nicht gab (Helminthosporium, Kapatiella, Kolbenfusarien)
- Chancen:
  - Hohe Biomasseleistung
  - Bessere Restpflanzenverdaulichkeit
  - Nährstoffaneignungsvermögen
    - Eignung für Mischkultur mit Leguminosen
    - Fähigkeit zur Mykorrhizierung
  - Neue Resistenzmechanismen

# Risiken und Chancen beim Einsatz von Genetischen Ressourcen, hier: Neue Resistenzmechanismen



- Risiken:
  - Dramatischer Leistungsabfall im Merkmal Kornertrag, dem wichtigsten Merkmal in der Körnermaiszüchtung
  - Höhere Anfälligkeit für Sommerlager und Stängelfäule
  - Enormer Qualitätsverlust in der Silomaiszüchtung durch geringere Stärkegehalte in der Silage
  - Höhere Anfälligkeit für Krankheiten, die es früher noch nicht gab (Helminthosporium, Kapatiella, Kolbenfusarien)
- Chancen:
  - Hohe Biomasseleistung
  - Bessere Restpflanzenverdaulichkeit
  - Nährstoffaneignungsvermögen
    - Eignung für Mischkultur mit Leguminosen
    - Fähigkeit zur Mykorrhizierung
  - Neue Resistenzmechanismen
  - Nutzung von „Filetstückchen“ (=QTLs) aus dem Genom von Landsorten

- Beteiligung am Programm '**Population Source**' vom INRA/Frankreich, in dem in den 80er Jahren über 1 000 Populationen (Landsorten und Synthetics) evaluiert wurden
- Weitere züchterische Bearbeitung der vielversprechendsten 200 Populationen aus dieser Kollektion im Rahmen des frühen KWS Zuchtprogrammes
- Test von 90 Populationen daraus auf Kombinationsfähigkeit zu einem Denttester unter Low- und High-Inputbedingungen
- Aus den 4 besten Landsorten wurden 1 600 Inzuchtlinien entwickelt.
- Nach mehrstufiger Selektion unter Low- und High-Inputbedingungen wurden die 30 besten S4- Linien in den KWS Flintpool integriert
  
- Diese unmittelbare Nutzung von Linien aus Landsorten ist heute in der Körnermaiszüchtung nicht mehr sinnvoll, da solche Linien gegenüber aktuellen Körnermaislinien zu wenig leisten



- QTL-Analyse
  - Entwicklung von Linien aus Landrassen mittels DH-Technik (Wilde *et al.* 2009)
    - Gelber Badischer Landmais
    - Schindelmeiser
    - Rheintaler

# Anwendung der DH-Technik



**DH-Linien aus der Landsorte Schindelmeiser**

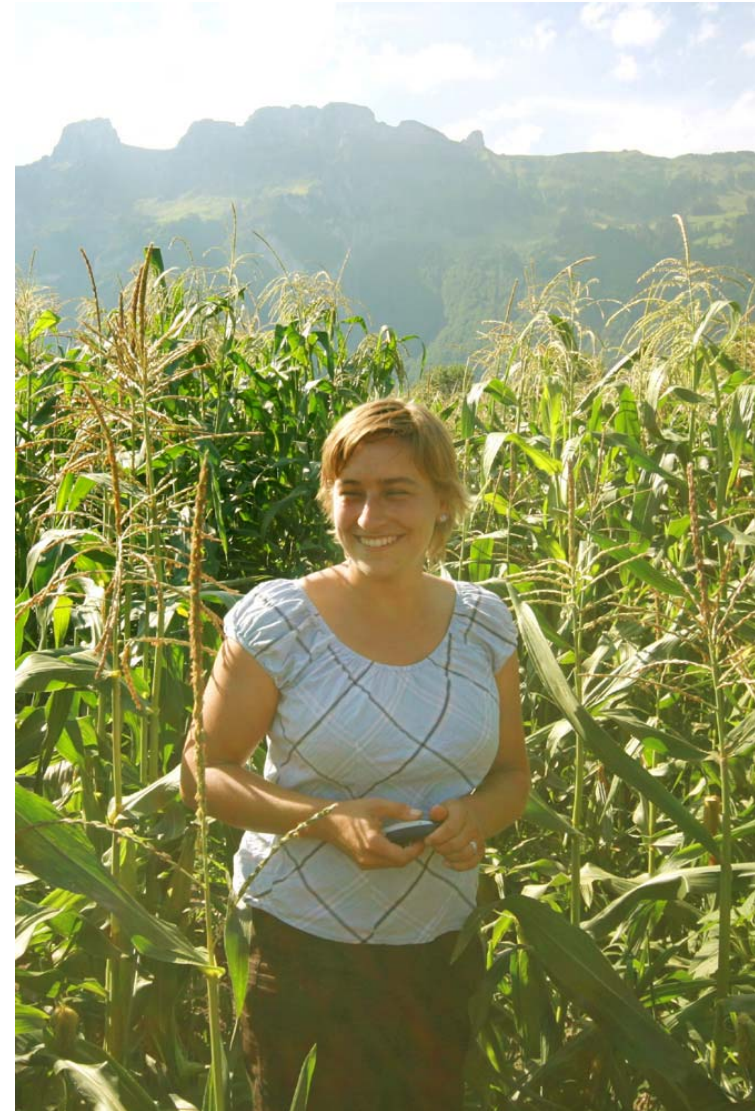
- QTL-Analyse
  - Entwicklung von Linien aus Landrassen mittels DH-Technik (Wilde *et al.* 2009)
    - Gelber Badischer Landmais
    - Schindelmeiser
    - Rheintaler
  - Kreuzung dieser Linien mit Elitelinien
  - Herstellung von Kalibrationspopulationen
    - Populationen von DH-Linien (je Population 300 – 700)
    - Schätzung der QTLs
- Übertragung der positiven QTLs aus den Landrassen in das Elitematerial

# *In situ*-Erhaltung von Genetischen Ressourcen



***In situ* – Erhaltung der Landsorte Rheintaler Ribelmais in Salez/CH**

# *In situ*-Erhaltung von Genetischen Ressourcen



**H. Oppliger und E. Körbitz bearbeiten den Rheintaler Ribelmais**

# In situ-Erhaltung von Genetischen Ressourcen



Rheintaler aus  
*in situ* -  
Vermehrung



Extrem stark  
ingezüchteter  
Rheintaler aus  
der Genbank



*In situ* – Vermehrung sichert den Erhalt der genetische Breite und passt die Sorten an sich verändernde Umweltbedingungen an. Zu den sich sehr schnell verändernden Umweltbedingungen zählen vor allem der Krankheits- und Schädlingsdruck.

- Hallauer AR, and Miranda JB (1981): Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, Ames.
- Presterl T, Seitz G, Landbeck M, Thiemt EM, Schmidt W, and Geiger HH (2003): Improving nitrogen-use efficiency in European maize - Estimation of quantitative genetic parameters. Crop Science 43:1259-1265.
- Schmidt W (2003): Hybridmaiszüchtung bei der KWS SAAT AG. *In:* Bericht über die 54. Tagung 2003 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs. BAL Gumpenstein 25.-27. November 2003:1-6.
- Wilde K, Burger H, Prigge V, Presterl T, Schmidt W, Ouzunova M, Schmidt W, Geiger HH (2009): Testcross performance of doubled-haploid lines developed from European flint maize landraces. Plant Breeding doi:10/1111/j.1439-0523.2009.01677.