Fünf Jahre Öko-Maiszüchtung – Erfahrungen und Perspektiven

Dr. Walter Schmidt, KWS SAAT AG

Seligenstadt, 8. Januar 2009

KWS

Zukunft säen
seit 1856

- **Ökozüchtung – eine faszinierende Herausforderung:**
  - Der Ökologische Landbau stellt erheblich höhere Ansprüche an die Sorten,
  - schränkt aber die Wahl der Züchtungsstrategien und –techniken auf solche ein, die den Leitlinien des Ökolandbaus entsprechen.
  - „Mit einer eingeschränkten Werkzeugpalette auskommen und dennoch mehr erreichen“ – eine faszinierende Herausforderung, der sich die KWS Öko-Maiszüchtung seit fünf Jahren stellt.
  - Und nach 5 Jahren Öko-Maiszüchtung stellen wir fest:

Ökozüchtung - für alle ein Gewinn

Gliederung

- **Erfahrungen aus den ersten fünf Jahren Öko-Maiszüchtung**
  - Ökozüchtung – „Concept of naturalness“:
    - „Non–chemical approach“
    - „Agro-ecological approach“
    - „Integrity of life approach“
- **Perspektiven**

- Liebe Leserin und lieber Leser dieses Vortrages,

  ich hielt es für angebracht, die pdf-Version meines Vortrages um viele (textreiche) Erläuterungsfolien zu ergänzen, um allen, die den Vortrag nicht gehört haben, das Verständnis zu erleichtern. Wenn dennoch Fragen offen geblieben sind oder Sie mir ein Feed-back geben wollen - worüber ich mich natürlich sehr freuen würde - hier meine Mailadresse: w.schmidt@kws.com. Telefonisch erreichen Sie mich unter 05561-311-477.

Erfahrungen aus den ersten fünf Jahren Öko-Maiszüchtung

www.kws.de/oeko

„Vortrag zur Ökozüchtung“

www.kws.de/oeko

„Ökozüchtung – für alle ein Gewinn“

aus: bioland 07/2008, S.8 -10

Pflanzenbau & Technik | Ackerbau

Ökozüchtung – für alle ein Gewinn

Die KWS Saat AG steht wegen ihrer Gentechnikaktivitäten in der Kritik, gerade auch seitens des Biolandbaus. Auf der anderen Seite engagiert sie sich stark in der Züchtung von Sorten speziell für den ökologischen Landbau. Wie die Zucht von Ökosorten vor sich geht, erläutern Dr. Walter Schmidt und Henriette Burger von der KWS.

ches Ökozuchtprogramm optimal zu gestalten sei: Sollten wir das Ökozuchtprogramm vom konventionellen strikt trennen oder sollten wir versuchen, das konventionelle Zuchtprogramm so gut es geht für die Ökozüchtung mit zu nutzen? Um dies herauszufinden, führten wir in enger Kooperation mit der Universität Hohenheim in den Jahren 2004 bis 2006 umfangreiche Versuchsserien mit zuchtmethodischen Fragestellungen parallel unter Öko- und konventionellen Anbaubedingungen durch. In nunmehr fünf Jahren Ökoforschung und Ökozüchtung konnten

Erfahrungen aus den ersten fünf Jahren Öko-Maiszüchtung: Wissenschaftliche Publikationen

- Burger, H., 2008: Methodenvergleich zur Entwicklung von optimalen Maissorten für den Ökologischen Landbau. Dissertation Universität Hohenheim.

- Burger, H., M. Schloen, W. Schmidt und H. H. Geiger, 2007: Entwicklung von Maissorten mit spezieller Anpassung an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus. In: Zikeli, S., et al., 2007, Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bd.1, S.245- 248.

- Burger, H., M. Schloen, W. Schmidt und H. H. Geiger, 2008: Quantitative-genetic investigations of breeding maize for adaptation to organic farming. EUPHYTICA, 163:501-510.

- Geiger, H.H., H. Burger und W. Schmidt, 2009: Energiemais im Ökologischen Landbau - Perspektiven aus Sicht der Pflanzenzüchtung. In Vorbereitung.

- Geiger, H.H., K. Wilde, H. Burger, V. Prigge, M. Ouzunova, T. Presterl und W. Schmidt, 2008: Testcross performance of doubled-haploid lines developed from European flint maize landraces. Vortrag EUCARPIA-Kongress, Valencia.

Erfahrungen aus den ersten fünf Jahren Öko-Maiszüchtung: Wissenschaftliche Publikationen

- Geiger, H.H., W. Schmidt und H. Burger, 2007: Quantitative-genetic basis of breeding maize for adaptation to organic and low-input-farming. Vortrag EUCARPIA-Kongress, Wageningen.

- Kohls, S. 2007: Einfluss einer Saatgutinkrustierung mit *Glomus intra-radices* auf die Ertragsleistung bei Mais. M.Sc.-Thesis, Universität Hohenheim.

- Messmer, M. M., H. Burger, W. Schmidt und H.H. Geiger, 2009: Experimental evidence for the importance of the appropriate selection environment for breeding maize varieties adapted to organic farming systems. Vortrag IFOAM-Konferenz Santa Fe/New Mexico, in Vorbereitung.

- Prigge, V., 2007: Untersuchung zur Eignung europäischer Maislandrassen als genetische Ressourcen für den Ökologischen Landbau. M.Sc.-Thesis, Universität Hohenheim.
  (Ausgezeichnet mit dem **Rudolf–Mansfeld-Preis 2007**)

- Schloen, M., 2005: Vergleichende quantitativ-genetische Analyse der Testkreuzungsleistung von Mais unter ökologischen und konventionellen Anbaubedingungen. M.Sc.-Thesis, Universität Hohenheim.
  (Ausgezeichnet mit dem **Wilhelm-Rimpau-Preis 2006**)

Gliederung

- Erfahrungen aus den ersten 5 Jahren Öko-Maiszüchtung
  - Ökozüchtung – „Concept of naturalness“:
    - „Non–chemical approach“
    - „Agro-ecological approach“
    - „Integrity of life approach“
- Perspektiven

Concept of naturalness

Organic agriculture claims to be more 'natural' than conventional agriculture.

The concept of naturalness includes (Verhoog et al., 2002):

- non-chemical approach;
- agro-ecological approach;
- integrity of life approach.

Lammerts van Bueren, E., 2008: Concepts and values in organic agriculture relevant to plant breeding techniques. Vortrag, Frankfurt, 22.09.2008

Concept of naturalness

Organic agriculture claims to be more 'natural' than conventional agriculture.

The concept of naturalness includes (Verhoog et al., 2002):

- non-chemical approach;
- agro-ecological approach;
- integrity of life approach.

Auswirkung auf:

Zuchtziele

Genetische Breite

Wahl der Züchtungs-strategie und –technik

aus: Lammerts van Bueren, 2008

Non-chemical approach

- Soil bound production, no artificial growing media
  (no hydroponics, no in vitro culture);
- Organic fertilizers
  (no mineral fertilisers; no synthetic growth hormones);
- Organic crop protectants
  (no synthetic-chemical pesticides);
- Organic seed treatments
  (no post-harvest chemical treatments);
- Mechanical weed management
  (no herbicides).

Höhere Ansprüche an die zu realisierenden Zuchtziele

aus: Lammerts van Bueren, 2008

Höhere Ansprüche an die zu realisierenden Zuchtziele

- Weil das Saatgut nicht gebeizt wird, brauchen Ökosorten eine bessere genetisch verankerte Keimfähigkeit und Triebkraft.

- Weil keine Herbizide eingesetzt werden, müssen die Sorten eine bessere Konkurrenzkraft gegenüber dem Unkraut besitzen. Dies wiederum setzt eine schnelle Jugendentwicklung und eine gute Kältetoleranz voraus.

- Weil man im Ökolandbau auch auf Fungizide und Insektizide verzichtet, müssen die Ökosorten natürliche Resistenzen gegenüber allen relevanten Schädlingen und Krankheiten tragen.

- Weil keine schnell wirksamen mineralischen Dünger verwendet werden, brauchen Ökosorten eine bessere Toleranz gegenüber (temporärem) Nährstoffstress. Dies wiederum setzt ein größeres Wurzelwerk voraus und/oder die Fähigkeit, eine effektive Mykorrhiza auszubilden.

- Weil der organische Stickstoff später fließt, brauchen Ökosorten einen dem späteren Nährstofffluss angepassten Entwicklungsrhythmus.

Höhere Ansprüche an die Zuchtziele:
Beispiel: Bessere Keimfähigkeit und Triebkraft

Streifenanbau von Maissorten in Wiebrechtshausen 2007

Höhere Ansprüche an die Zuchtziele:
Beispiel: Bessere Keimfähigkeit und Triebkraft

Unkrautdruck im nachfolgenden Karottenanbau 2008

Höhere Ansprüche an die Zuchtziele:
Beispiel: Bessere Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkraut

Starke Unkrautkonkurrenz im Ökoversuch Wiebrechtshausen 2006

Höhere Ansprüche an die Zuchtziele:
Beispiel: Bessere Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkraut

Keine Unkrautkonkurrenz im konventionellen Versuch Einbeck 2006

Höhere Ansprüche an die Zuchtziele:
Beispiel: Fähigkeit eine effektive Mykorrhiza auszubilden

Mykorrhizaversuch in Nyirtelek / Ungarn 2008

Schlussfolgerungen aus den experimentellen Erfahrungen zwischen 2004 und 2007 zum „non-chemical approach“

- Die deutlich höheren Ansprüche an die Sorten im Ökolandbau lassen unterschiedliche Sortenrangierungen unter Öko- und konventionellen Anbaubedingungen erwarten.

- Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeiten, die wir in den letzten Jahren in enger Zusammenarbeit mit der Universität Hohenheim erarbeitet haben (Folien 5 und 6), bestätigten diese Erwartung im wichtigsten Zuchtziel, dem Kornertrag. Wir fanden in diesem Merkmal nur geringe bis mittlere Korrelationen. Damit konnten wir auch die viel zitierte Aussage widerlegen „Die besten konventionell entwickelten Sorten sind auch die besten unter Ökobedingungen“.

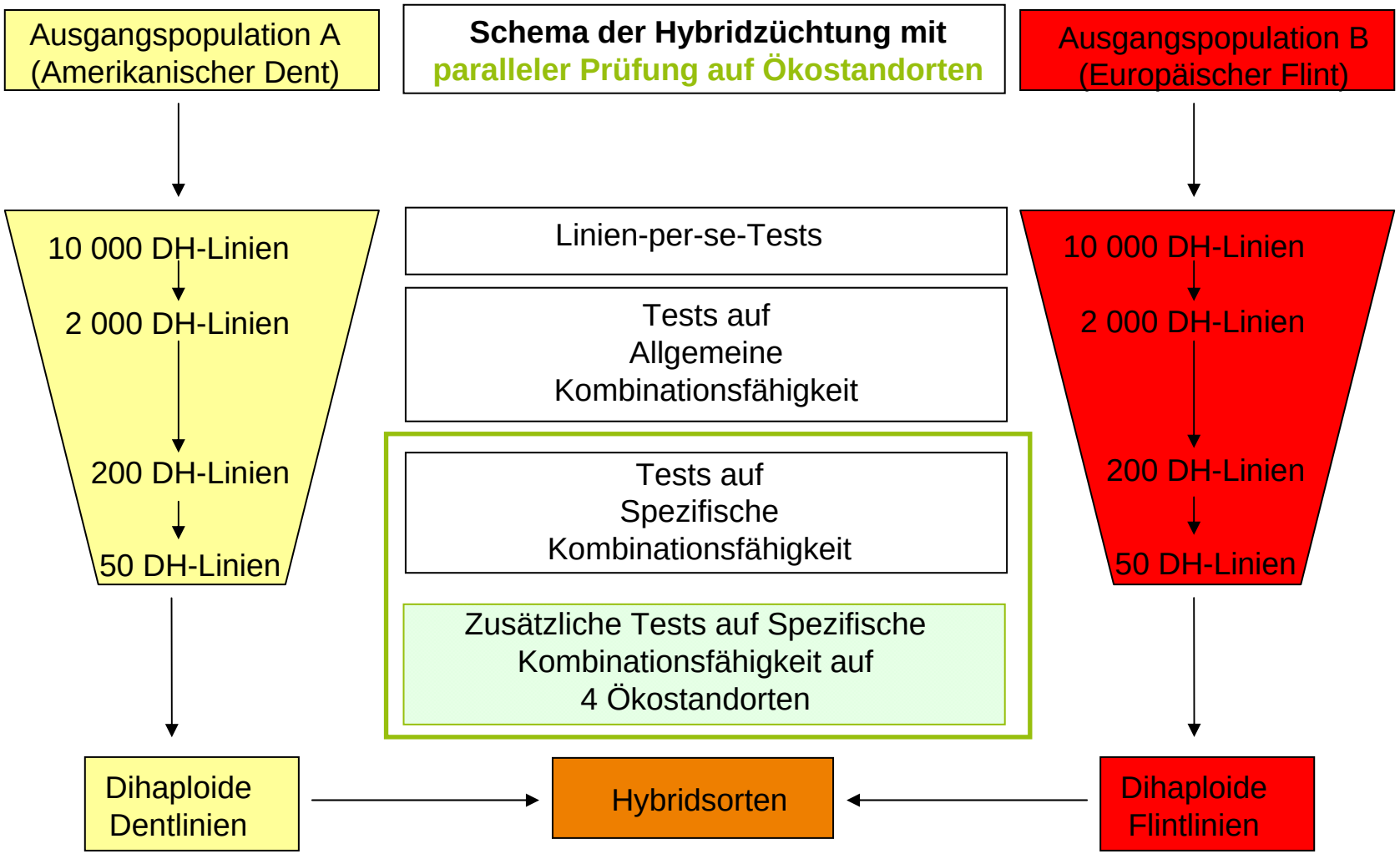
- Aber in vielen anderen wichtigen Merkmalen stellten wir sehr enge Korrelationen zwischen den beiden Wirtschaftsweisen fest, so beispielsweise in der Reife und in sämtlichen Resistenzmerkmalen.

- Dies wiederum verweist darauf, Ökozüchtung und konventionelle Sortenentwicklung können sehr gut voneinander profitieren. Mehr noch als die Ökozüchtung von der konventionellen, profitiert dabei die konventionelle von der Ökozüchtung.

Schlussfolgerungen aus den experimentellen Erfahrungen zwischen 2004 und 2007 zum „non-chemical approach“

- Denn die Ökozüchtung verfolgt die anspruchsvolleren Zuchtziele.
- Sorten können sich unter Ökobedingungen nur bewähren, wenn sie viele zusätzliche positive Eigenschaften besitzen.
- Und diese verleihen den Ökosorten auch auf konventionell bewirtschafteten Feldern eine höhere Ertragsstabilität, eine Eigenschaft die so wichtig ist wie der Ertrag selbst.
- Aus diesen Erkenntnissen heraus haben wir das Prüfnetz des deutschen KWS Maiszuchtprogrammes auf Ökostandorte ausgeweitet.
- Seit der Vegetationsperiode 2008 testen wir das gesamte Zuchtmaterial, das den Test auf Allgemeine Kombinationsfähigkeit erfolgreich durchlaufen hat, zusätzlich an 4 Ökostandorten (Folie 19).
- Nur Zuchtmaterial, das in beiden Anbauformen hervorragend abschneidet, führen wir weiter.

Integration von 4 Ökostandorten in das KWS Maisprüfnetz nach dem Test auf Allgemeine Kombinationsfähigkeit



aus: SCHMIDT, 2008

Umfangreiche Verifikationsexperimente im Jahr 2008 zum „non-chemical approach“

- Ergebnisse in pflanzenzüchterischen Versuchen hängen immer auch von der gerade herrschenden Jahreswitterung ab und natürlich auch vom Zuchtmaterial, das in den Versuchen verwendet wird.

- Unselektiertes Zuchtmaterial liefert andere Ergebnisse als vorselektiertes, dessen Aufspaltungsvarianz schon stark eingeschränkt wurde.

- Linien aus Landsorten reagieren anders als Linien aus Elitepopulationen, die schon viele Jahrzehnte dem Züchtungsprozess unterworfen wurden.

- Um unsere Schlussfolgerungen aus den Vorjahresergebnissen noch besser abzusichern, haben wir 2008 nochmals umfangreiche Parallelversuche unter Öko- und konventionellen Anbaubedingungen durchgeführt.

- Während wir in den Vorjahren vornehmlich unselektiertes Zuchtmaterial untersuchten, verwendeten wir in den Versuchen des letzten Jahres 2008 überwiegend vorselektiertes Elitezuchtmaterial.

Umfangreichen Verifikationsexperimente im Jahr 2008 zum „non-chemical approach“

- Untersuchtes Zuchtmaterial 2008:
  - Testkreuzungen von:
    - 180 Flintlinien mit 1 Denttester (+20 Checks)
    - 180 Dentlinien mit 1 Flinttester (+20 Checks)

  Die insgesamt 400 Prüfglieder wurden auf 4 10x10-Gitter aufgeteilt (= Leistungsprüfungen LP151 bis LP154).

- Standorte:
  - Einbeck (KON*) / Wiebrechtshausen (ÖKO*)
  - Hohenheim (KON) / Kleinhohenheim (ÖKO)
  - Kaufering (KON) / Kaufering (ÖKO)
  - Niederalteich (KON) / Niederalteich (ÖKO)

- Wiederholungen je Wirtschaftsweise: 2

*KON steht für konventionelle und *ÖKO für Ökobedingungen

Umfangreichen Verifikationsexperimente im Jahr 2008 zum „non-chemical approach“

- Aus diesen Versuchen LP151 bis LP154 wollten wir – wie in den Experimenten der Vorjahre auch schon - zwei Informationen gewinnen:

  - Erstens, die **züchterischen Informationen** für die Selektionsentscheidungen (Folien 24 -27) und
  - zweitens, die **quantitativ-genetischen Parameter**, die man braucht, wenn man die Züchtungsstrategie für den Ökolandbau optimieren will.

    Das sind für alle wichtigen Selektionsmerkmale

    - die indirekten Selektionsgewinne ($CR_{öko}$), wenn man unter konventionellen Bedingungen für den Ökolandbau selektiert,
    - die direkten Selektionsgewinne ($R_{öko}$), wenn man unter Ökobedingungen für den Ökolandbau selektiert,
    - die Wurzel aus den Heritabilitäten ($h_{öko}$) in Öko- und in konventionellen (h_{kon}) Versuchen und
    - die phänotypischen (r_p) und die genotypischen (r_g) Korrelationskoeffizienten zwischen den beiden Wirtschaftsweisen.

Wie man aus diesen Parametern Rückschlüsse auf die optimale Züchtungsstrategie für den Ökolandbau ziehen kann, das beantwortet uns die Selektionstheorie (SCHMIDT, 2008). Diese wandten wir auch hier auch auf die Daten von 2008 an (Folien 28 bis 36).

Ergebnisse aus den Verifikationsexperimenten 2008 zum „non-chemical approach“

- In jeder der 4 Versuchsserien (LP151 bis LP154) wurden an 100 Sorten die Erträge unter konventionellen (x-Achse) und unter Ökobedingungen (y-Achse) ermittelt (Folien 24 bis 27).

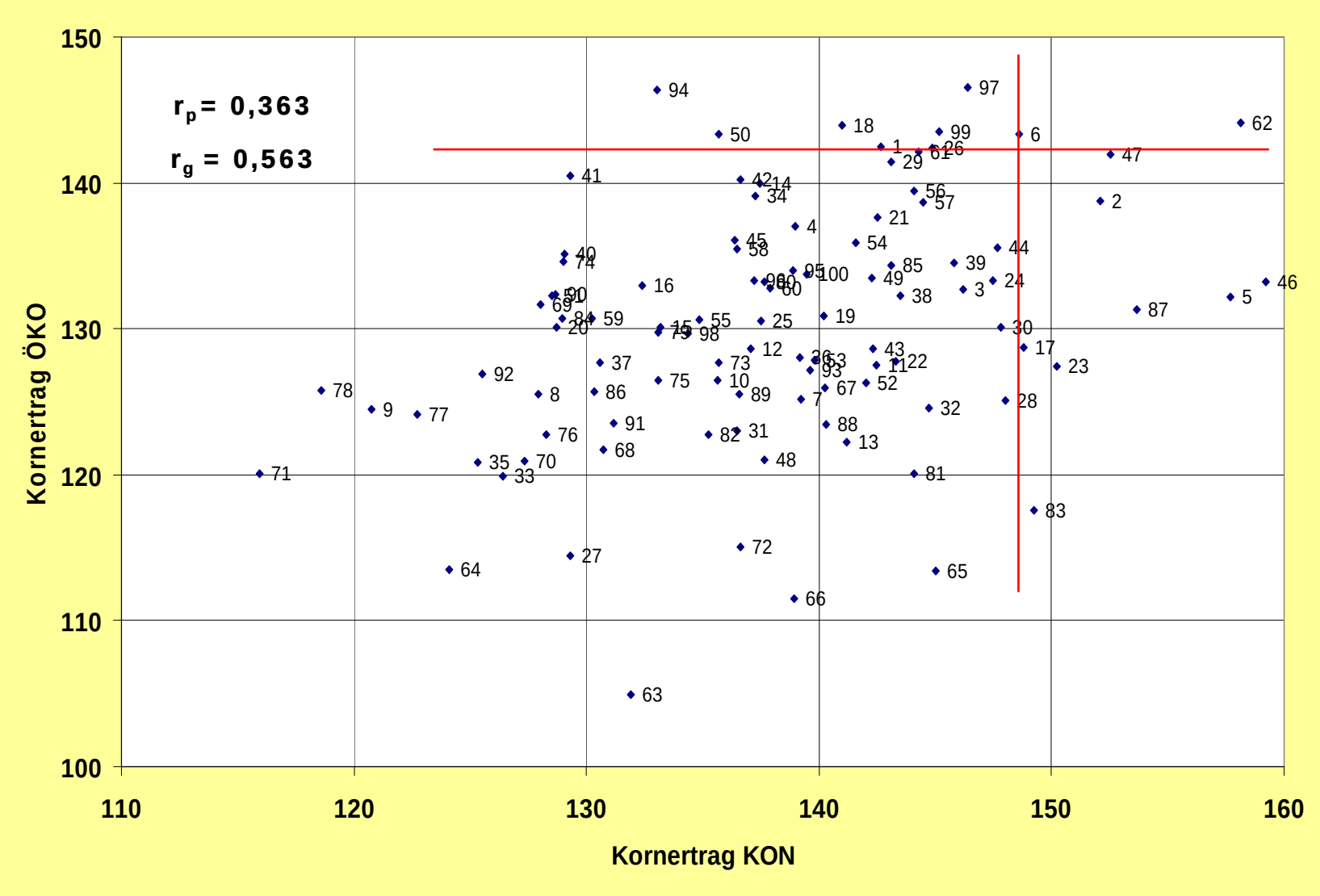
- In jedem Versuch selektierten wir die 10 besten (α= 10%) Sorten einmal nach der Leistung unter konventionellen Bedingungen (senkrechte rote Linie) und dann nach der Leistung unter Ökobedingungen (waagrechte rote Linie). Dabei ergaben sich nur geringe Überschneidungen:

- In den Leistungsprüfungen LP151 bis LP153 waren es jeweils nur 2 Sorten, die in beiden Anbauformen zu den besten 10 gehörten. In allen 3 Versuchen hätte man 8 der 10 besten Ökosorten verloren, wenn man nur nach dem Ertrag unter konventionellen Bedingungen selektiert hätte.

- In LP153 sind die Sorten 41, 61, 68, 69 und 86 gute Beispiele dafür, dass Sorten mit bestechender Leistung unter konventionellen Bedingungen unter Ökobedingungen im mittleren Drittel oder in der unteren Hälfte rangieren können.

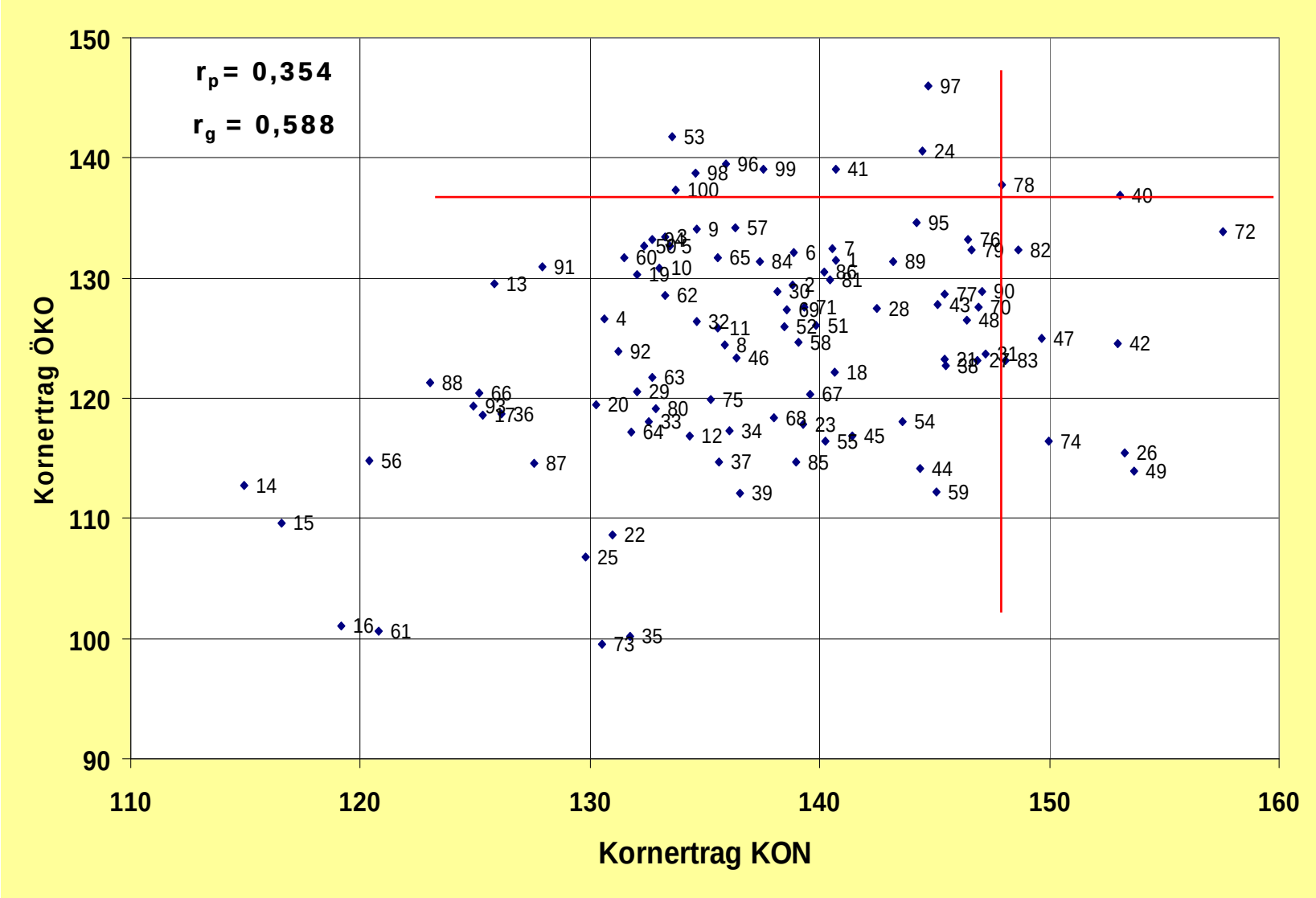
- In LP154 ist das Ergebnis ähnlich: Nur 3 Prüfglieder waren in beiden selektierten Fraktionen identisch. Und die Sorten innerhalb der roten Ellipse belegen: Eine ansprechende Leistung in konventionellen Versuchen kann mit einer extrem schlechten Leistung unter Ökobedingungen einhergehen.

Beziehung zwischen dem Kornertrag bei Öko- und konv. Anbau: LP 151, 3 Orte. Daten aus MESSMER et al., 2009



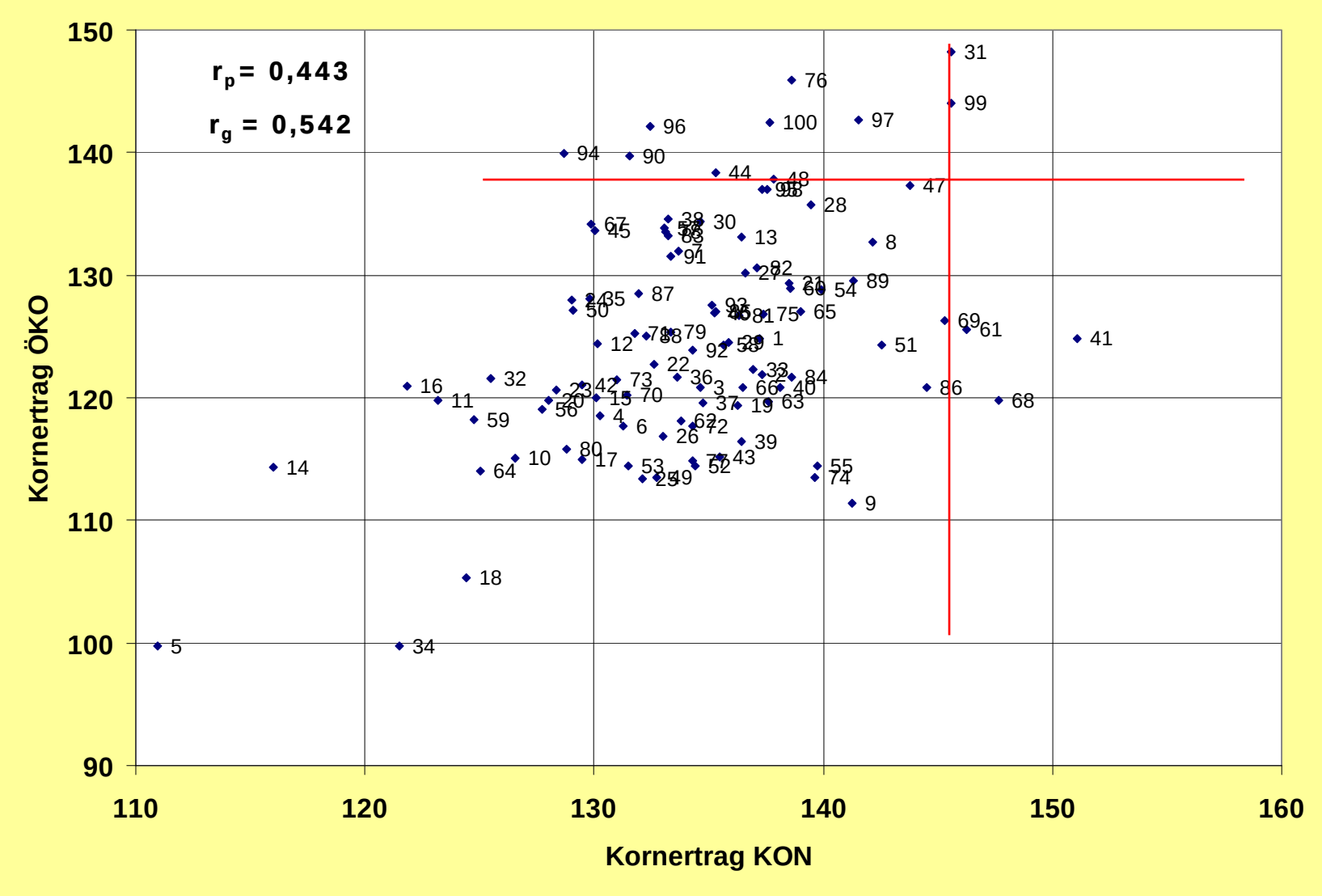
Oberhalb bzw. rechts der roten Linie die jeweils 10 besten Sorten

Beziehung zwischen dem Kornertrag bei Öko- und konv. Anbau: LP 152, 3 Orte. Daten aus MESSMER et al., 2009



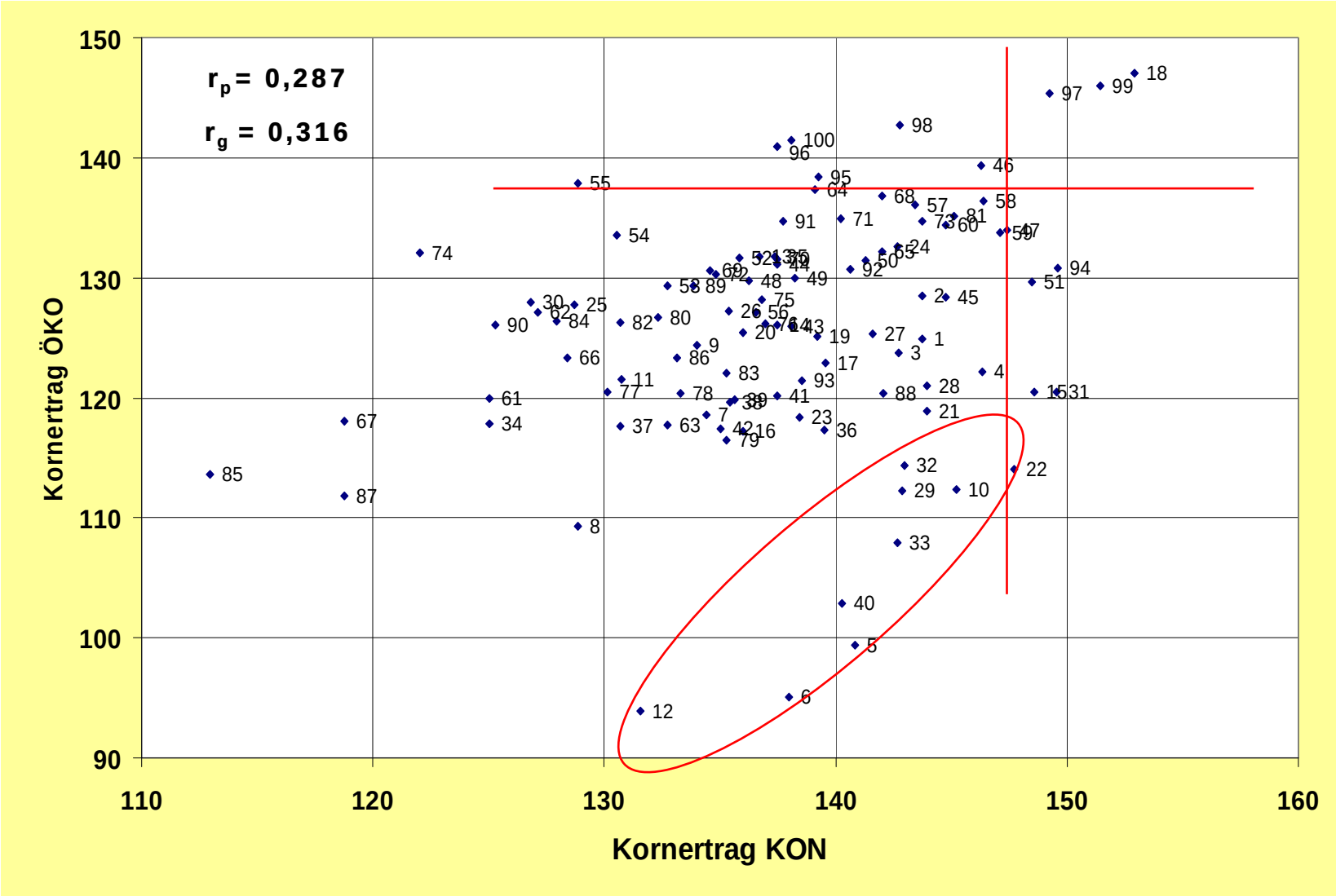
Oberhalb bzw. rechts der roten Linie die jeweils 10 besten Sorten

Beziehung zwischen dem Kornertrag bei Öko- und konv. Anbau: LP 153, 4 Orte. Daten aus MESSMER et al., 2009



Oberhalb bzw. rechts der roten Linie die jeweils 10 besten Sorten

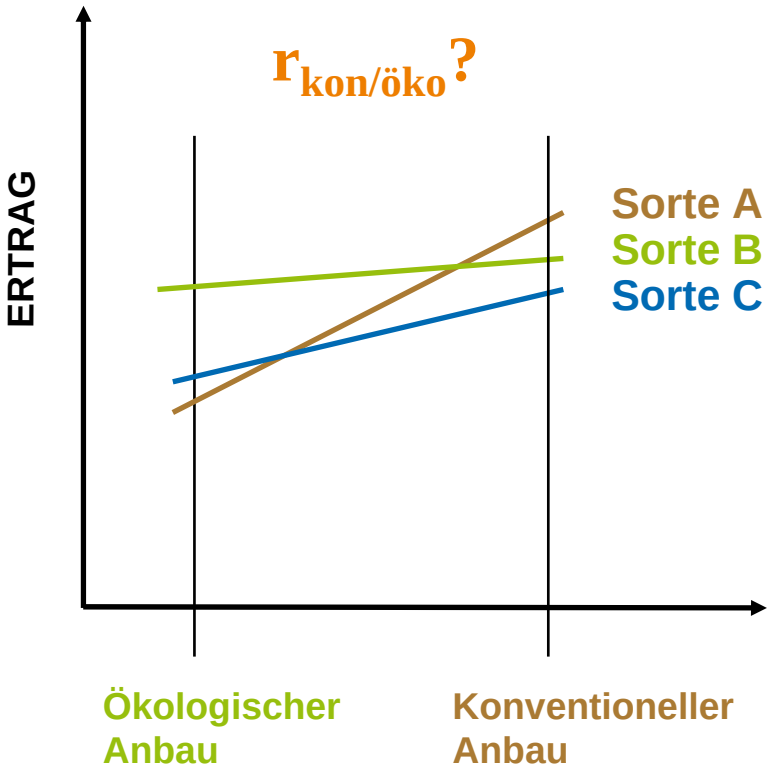
Beziehung zwischen dem Kornertrag bei Öko- und konv. Anbau: LP 154, 4 Orte. Daten aus MESSMER et al., 2009



Oberhalb bzw. rechts der roten Linie die jeweils 10 besten Sorten

Selektionstheorie: Indirekter ($CR_{öko}$) versus direkter ($R_{öko}$) Selektionsgewinn

$$\frac{CR_{öko}}{R_{öko}} = \frac{h_{kon} \cdot r_{kon/öko}}{h_{öko}}$$



h^2_{kon} >/=/< $h^2_{öko}$?

Phänotypische Korrelationen aus 4 Versuchsserien zwischen der Leistung bei KON und ÖKO (je 3 bzw. 4 Orte, 2 Reps)

		Phänotyp. Korrelation r_p	
Genotypen	**Serie**	**Kornertrag**	**Korn-TS %**
90 Flint x DT + 10 Checks	151	0.363**	0.921**
90 Flint x DT + 10 Checks	152	0.354**	0.893**
90 Dent x FT + 10 Checks	153	0.443**	0.946**
90 Dent x FT + 10 Checks	154	0.287**	0.940**
	Mittel	0.362**	0.925**

Daten aus:

Messmer, M.M., H. Burger, W. Schmidt und H.H. Geiger, 2009: Experimental evidence for the importance of the appropriate selection environment for breeding maize varieties adapted to organic farming systems. Vortrag IFOAM-Konferenz, Santa Fe / New Mexico, in Vorbereitung.

Genotypische Korrelationen aus 4 Versuchsserien zwischen der Leistung bei KON und ÖKO (je 3 bzw. 4 Orte, 2 Reps)

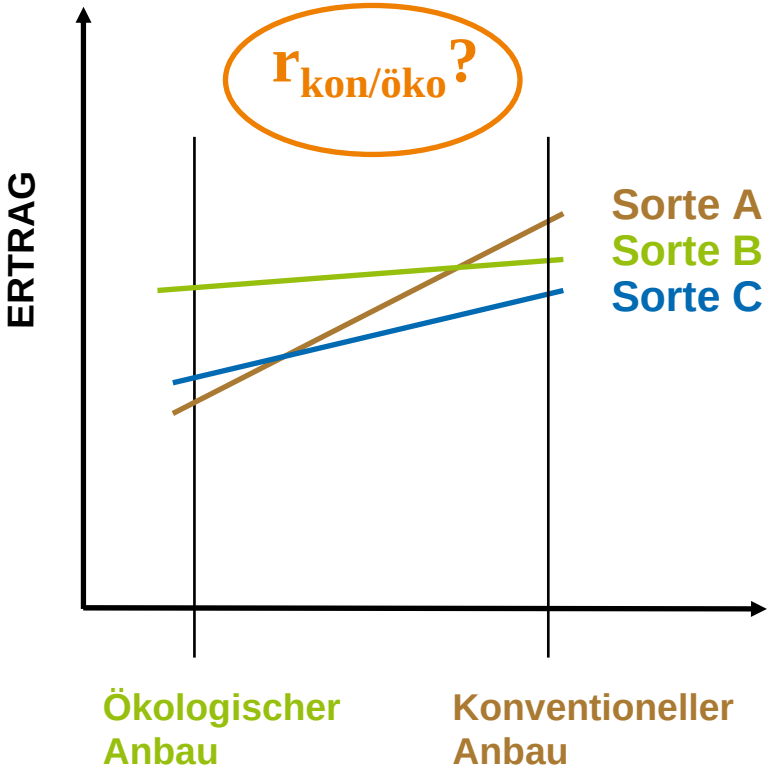
		Genotyp. Korrelation r_g	
Genotypen	**Serie**	**Kornertrag**	**Korn-TS %**
90 Flint x DT + 10 Checks	151	0.563**	0.959**
90 Flint x DT + 10 Checks	152	0.588**	0.947**
90 Dent x FT + 10 Checks	153	0.524**	0.982**
90 Dent x FT + 10 Checks	154	0.316**	0.974**
	Mittel	0.498**	0.966**

Daten aus:

Messmer, M.M., H. Burger, W. Schmidt und H.H. Geiger, 2009: Experimental evidence for the importance of the appropriate selection environment for breeding maize varieties adapted to organic farming systems. Vortrag IFOAM-Konferenz, Santa Fe / New Mexico, in Vorbereitung.

Indirekter ($CR_{öko}$) versus direkter ($R_{öko}$) Selektionsgewinn

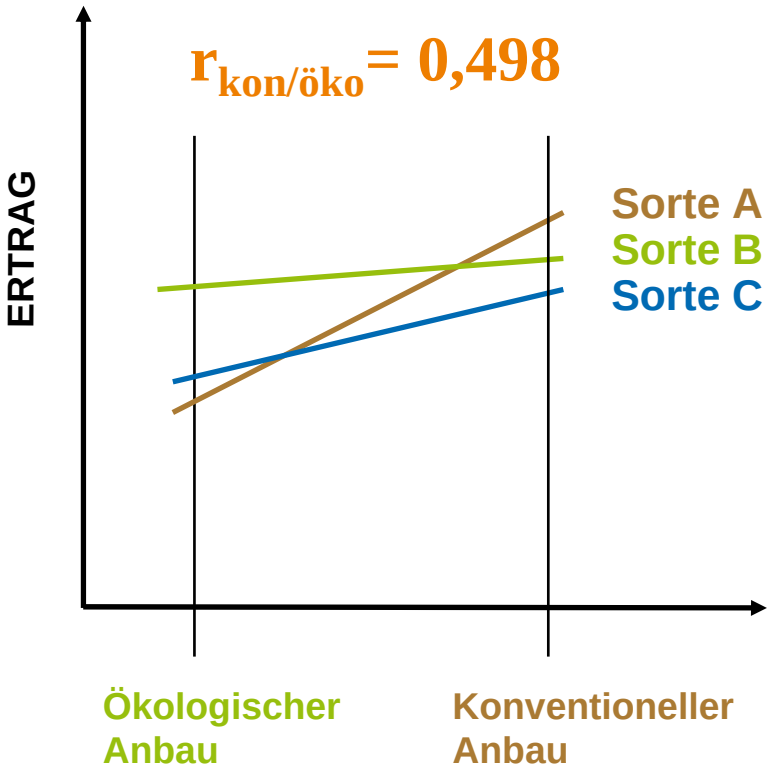
$$\frac{CR_{öko}}{R_{öko}} = \frac{h_{kon} \cdot r_{kon/öko}}{h_{öko}}$$



h^2_{kon} >/=/< $h^2_{öko}$?

Indirekter ($CR_{öko}$) versus direkter ($R_{öko}$) Selektionsgewinn

$$\frac{CR_{öko}}{R_{öko}} = \frac{h_{kon} \cdot 0{,}498}{h_{öko}}$$



h^2_{kon} >/=/< $h^2_{öko}$?

Heritabilitätswerte aus 4 Serien (je 3 bzw. 4 Orte, 2 Reps)

		h^2 Kornertrag	
Genotypen	Serie	KON	ÖKO
90 Flint x DT + 10 Checks	151	0.538**	0.533**
90 Flint x DT + 10 Checks	152	0.671**	0.586**
90 Dent x FT + 10 Checks	153	0.666**	0.791**
90 Dent x FT + 10 Checks	154	0.744**	0.787**
	Mittel h^2	0.655**	0.674**
	Mittel h	0.809**	0.821**

Daten aus:

Messmer, M.M., H. Burger, W. Schmidt und H.H. Geiger, 2009: Experimental evidence for the importance of the appropriate selection environment for breeding maize varieties adapted to organic farming systems. Vortrag IFOAM-Konferenz, Santa Fe / New Mexico, in Vorbereitung.

Heritabilitätswerte aus 4 Serien (je 3 bzw. 4 Orte, 2 Reps)

		h^2 Korn-TS %	
Genotypen	Serie	KON	ÖKO
90 Flint x DT + 10 Checks	151	0.943**	0.949**
90 Flint x DT + 10 Checks	152	0.909**	0.907**
90 Dent x FT + 10 Checks	153	0.938**	0.933**
90 Dent x FT + 10 Checks	154	0.951**	0.929**
	Mittel h^2	0.935**	0.930**
	Mittel h	0.967**	0.964**

Daten aus:

Messmer, M.M., H. Burger, W. Schmidt und H.H. Geiger, 2009: Experimental evidence for the importance of the appropriate selection environment for breeding maize varieties adapted to organic farming systems. Vortrag IFOAM-Konferenz, Santa Fe / New Mexico, in Vorbereitung.

Indirekter ($CR_{öko}$) versus direkter ($R_{öko}$) Selektionsgewinn

$$\frac{CR_{öko}}{R_{öko}} = \frac{h_{kon} \cdot r_{kon/öko}}{h_{öko}}$$

Kornertrag:

$$\frac{CR_{öko}}{R_{öko}} = \frac{0{,}809 \cdot 0{,}489}{0{,}821} = 0{,}482$$

Korn-TS%:

$$\frac{CR_{öko}}{R_{öko}} = \frac{0{,}967 \cdot 0{,}966}{0{,}964} = 0{,}969$$

h^2_{kon} >/=/< $h^2_{öko}$?

Schlussfolgerungen aus den Verifikationsexperimenten des Jahres 2008 zum „non-chemical approach“

- 70 bis 80% der Sorten, die unter Ökobedingungen zu den besten 10% gehören, verliert man, wenn man nur konventionell prüft und dabei mit einer Selektionsschärfe von α=10% operiert.

- Man erreicht im Kornertrag einen doppelt so hohen Selektionsgewinn, wenn man Ökosorten unter Ökobedingungen entwickelt. Denn die indirekte Selektion unter konventionellen Bedingungen erreicht lediglich eine Effizienz von 48%.

- In der Körnerreife ist die Selektion unter konventionellen Anbaubedingungen ebenso wirksam wie die direkte Selektion in Ökoumwelten, denn die Effizienz der indirekten Selektion liegt hier bei 97%.

- Diese Ergebnisse bestätigen voll und ganz unsere Schlussfolgerungen aus den Vorjahren (Folien 17 bis 19): **Optimale Sorten für den Ökolandbau lassen sich nur unter Ökobedingungen identifizieren. Aber es ist sinnvoll, Synergieeffekte zwischen konventioneller und Ökozüchtung zu nutzen, besonders in den hoch heritablen Reife-, Qualitäts- und Resistenzmerkmalen.**

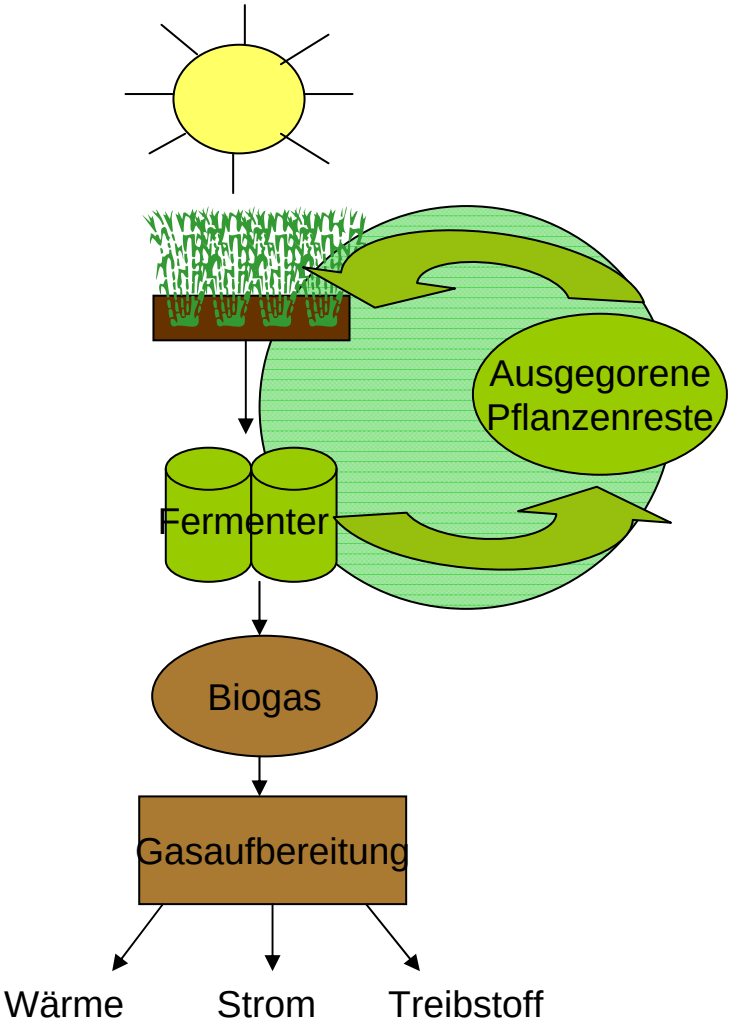
KWS

Agro-ecological approach

- Managing a farm as an agro-ecosystem
- Striving for a closed nutrient cycle
- Stimulating a high degree of internal self regulation
- Exploiting and supporting biodiversity at all levels:
  - farm
  - crop
  - between and within varieties.

aus: Lammerts van Bueren, 2008

Optimal geschlossener Nährstoffkreislauf beim Anbau von Energiepflanzen zur Biogasproduktion



aus: KESTEN, 2002

- Es gibt in der Landwirtschaft keine andere Produktion, die das ökologische Ideal des geschlossenen Nährstoffkreislaufs so optimal erfüllt wie die Energieproduktion, wenn diese über den Verwertungspfad Biogas erfolgt.

- Bei der Biogasproduktion verlässt nämlich ausschließlich die Energie den Hof und alle von den Pflanzen aufgenommenen Nährstoffe verbleiben zu 100% im Nährstoffkreislauf des Betriebes – ökologischer geht es nicht!

Optimal geschlossener Nährstoffkreislauf beim Anbau von Energiepflanzen zur Biogasproduktion

- Die Energie ist wie die Nahrung ein Grundbedürfnis des Menschen und damit alles andere als ein Luxusgut. Wollen wir sie zukünftig aus regenerativen Quellen schöpfen, kommt der Energie aus Biomasse wegen ihrer Speicherfähigkeit eine Schlüsselstellung zu. Dies zeigt sehr eindrucksvoll SCHEFFER (2008) in seinem vielbeachteten EUROSOLAR-Vortrag: „Vom Bioenergiedorf zur autonomen Solarenergieregion“.

- Neben der Energieproduktion bietet die Biogasproduktion dem Ökobetrieb auch die Chance, das Kleegras besser zu verwerten, womit indirekt auch noch eine höhere Stickstofffixierung erzielt wird.

- Auch die im Ökobetrieb anfallenden Wirtschaftsdünger werden über die Biogasproduktion besser genutzt und sie können vor allem als Gärrest gezielter und damit qualitätswirksamer in die Pflanzenbestände ausgebracht werden.

- KWS hat als erstes und bisher einziges Züchtungsunternehmen ein spezielles Zuchtprogramm für Energiemais etabliert. Um auch den Ökolandwirten die optimalen Sorten für die Biogasproduktion anbieten zu können, testen wir unsere neu entwickelten Energiemaissorten auch unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus (Folie 40).

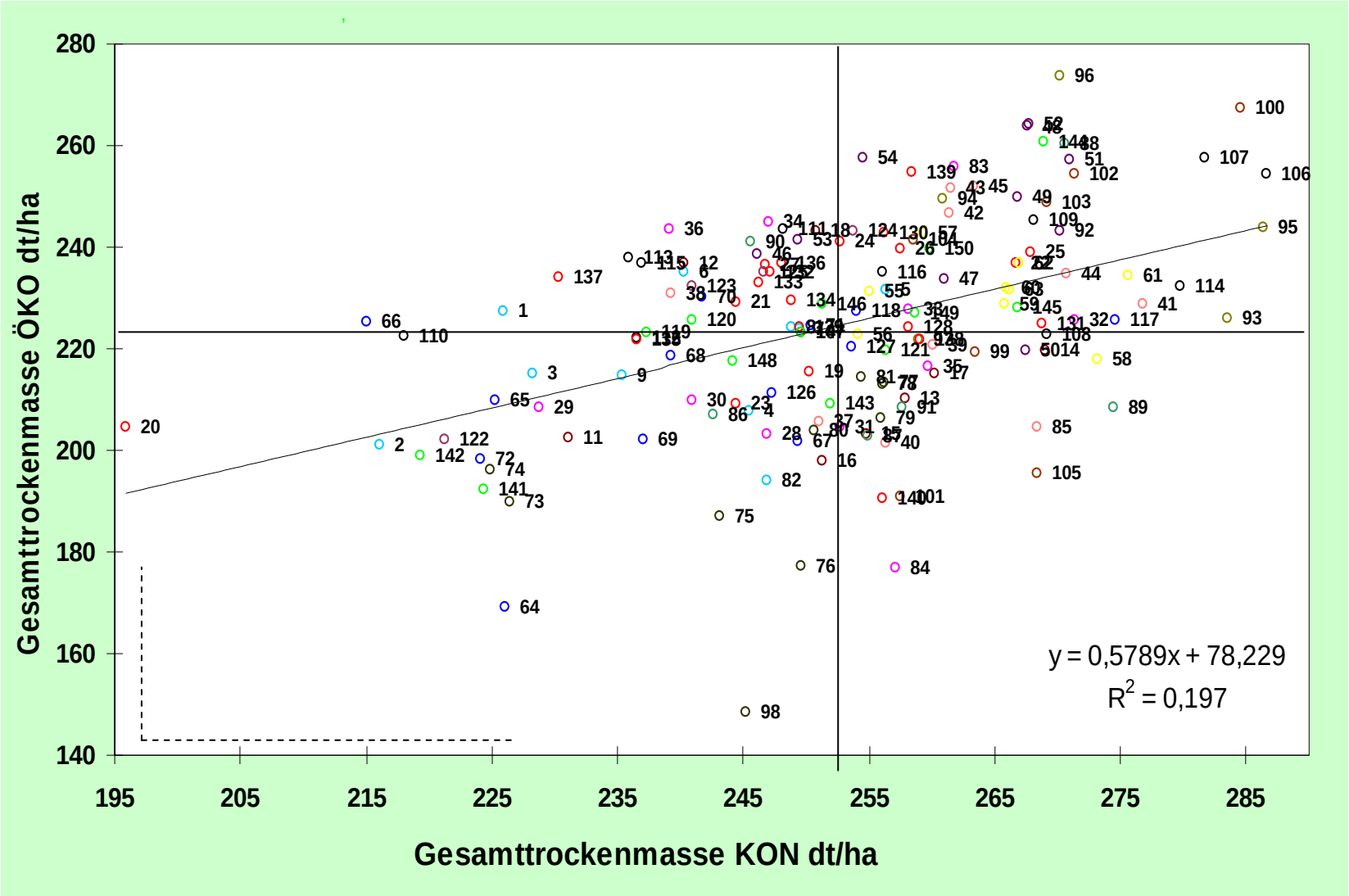
Optimal geschlossener Nährstoffkreislauf beim Anbau von Energiepflanzen zur Biogasproduktion

- Mit diesen neuen Energiemaissorten konnten wir auch unter Ökobedingungen Biomasseerträge von über 260 dt/ha realisieren (Folie 41).

- 260 dt/ha entsprechen einem Dieseläquivalent von 8 700 Litern und dies wiederum der 85-fachen Menge an Diesel, die für die Bearbeitung von einem Hektar Ackerland benötigt wird.

Energiemais-Prüfung auf dem KWS Ökobetrieb Wiebrechtshausen 2007

Beziehung zwischen der Biomasseleistung bei Öko- und konventionellem Anbau (LP151, 2007, je 3 Orte, 2 Reps)



Daten aus: GEIGER, et al., 2009

Agro-ecological approach

- Managing a farm as an agro-ecosystem
- Striving for a closed nutrient cycle
- Stimulating a high degree of internal self regulation
- Exploiting and supporting biodiversity at all levels:
  - farm
  - crop
  - between and within varieties.

aus: Lammerts van Bueren, 2008

Energieproduktion – die Chance auch für mehr Biodiversität

- Der Energiepflanzenanbau erfüllt nicht nur das ökologische Ideal, den Nährstoffkreislauf zu schließen, er bietet zudem die Chance, weitere Kulturarten in die Fruchtfolge zu integrieren.

- Dies kann den Ökolandbau einem weiteren ökologischen Ideal näherbringen, dem einer möglichst breiten **Biodiversität** auf der Ebene des Betriebes und auf der Ebene der Kulturarten.

- Damit die Vielfalt der Kulturen auch im Energiepflanzenanbau gewährleistet werden kann, hat KWS die Energiepflanzenzüchtung über den **Mais** hinaus auf das **Sorghum,** den **Roggen und** die **Zuckerrübe** ausgedehnt. Weitere Kulturarten befinden sich noch in der Evaluierungsphase.

- Um eine möglichst große Biodiversität in den Pflanzenbeständen zu erzielen, haben wir in den letzen Jahren auch viele Mischanbauten durchgeführt und diese mit den Reinanbauten hinsichtlich der Ertragsleistung und der Ertragsstabilität verglichen (Folien 44 bis 46). Aber wir haben bisher noch kein Mischanbausystem gefunden, das dem getrennten parallelen Anbau der jeweiligen Komponenten überlegen war.

Energieproduktion – die Chance für mehr Biodiversität

KWS Öko-Energiepflanzenversuche Wiebrechtshausen 2007: Sonnenblume, Hirse und Mais

Energieproduktion – die Chance für mehr Biodiversität

KWS Öko-Energiepflanzenversuche Wiebrechtshausen 2007: Mais, Amarant und im Hintergrund Mais / Hirse in Mischanbau

Energieproduktion – die Chance für mehr Biodiversität

Praxisversuch: Mais/Sonnenblumen-Mischanbau in Nördlingen 2004

Agro-ecological approach

- Managing a farm as an agro-ecosystem
- Striving for a closed nutrient cycle
- Stimulating a high degree of internal self regulation
- Exploiting and supporting biodiversity at all levels:
  - farm
  - crop
  - between and within varieties

Andere Ansprüche an die Sortenstruktur und die genetische Breite des Zuchtmaterials

aus: Lammerts van Bueren, 2008

Biodiversität zwischen und innerhalb von Sorten

- Der Ökolandwirt realisiert die größtmögliche Biodiversität auf seinem Betrieb, wenn er die Fruchtfolge so vielgliedrig wie möglich gestaltet. Doch die betrieblichen Gegebenheiten (Boden, Klima, wirtschaftliche Faktoren, …) setzen der Auswahl der Kulturen Grenzen.

- Doch auch innerhalb der anbauwürdigen Kulturen kann er durch die Wahl der Sorten die Biodiversität auf seinem Betrieb beeinflussen. Denn die genetische Diversität zwischen und innerhalb von Sorten einer Kulturart ist faszinierend groß.

- Die folgenden Folien geben einen Eindruck von der faszinierenden Vielfalt **zwischen** (Folien 49 bis 55) und **innerhalb** von Sorten (Folien 56 bis 60) wichtiger Kulturarten.

Faszination Biodiversität: Variation zwischen Gerstensorten

Gerstensorten in der Leistungsprüfung Wiebrechtshausen 2006

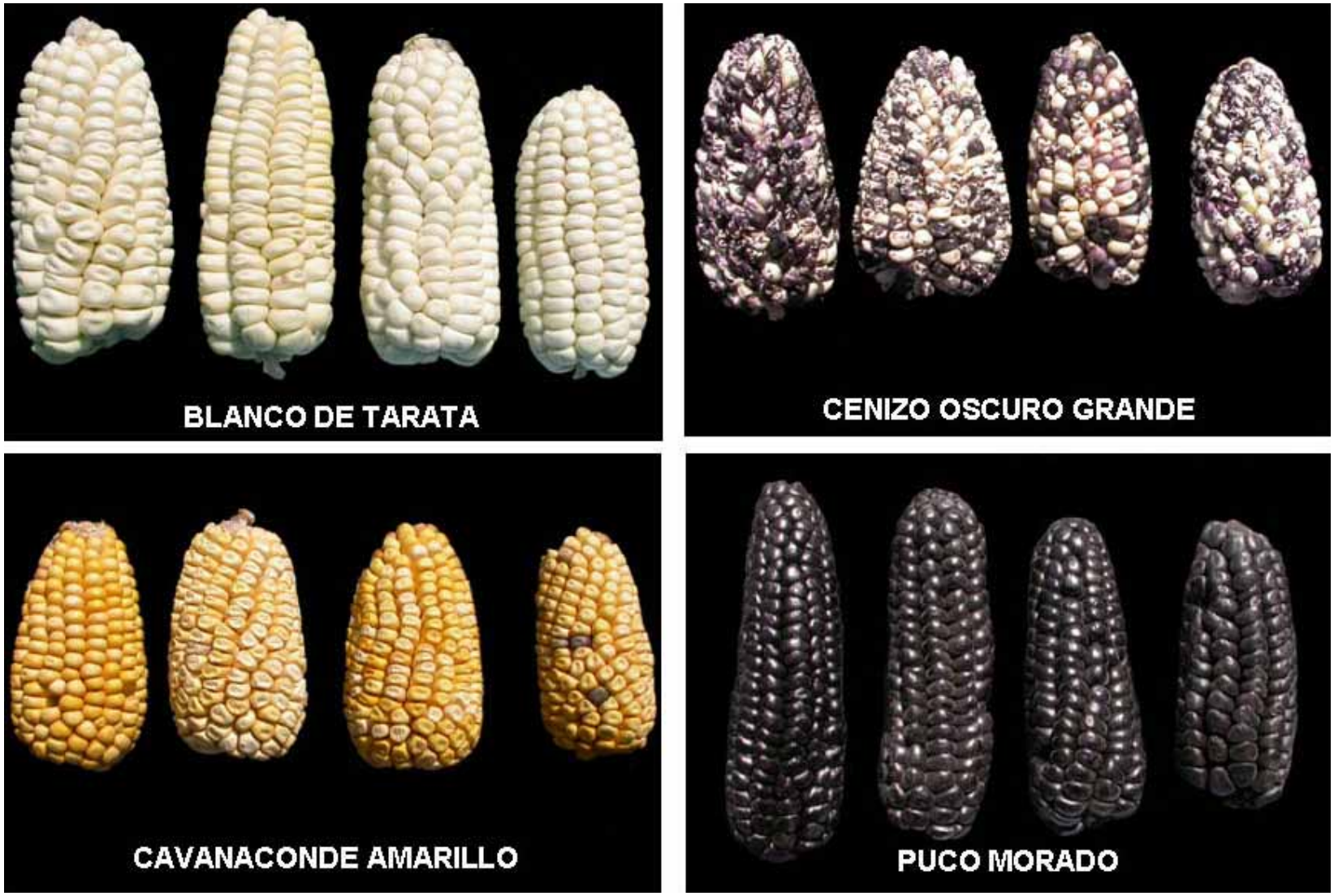
Faszination Biodiversität:
Variation zwischen Sonnenblumensorten

Sonnenblumensorten im Zuchtgarten der LSA Hohenheim 2004

Faszination Biodiversität: Variation zwischen Sorghumsorten

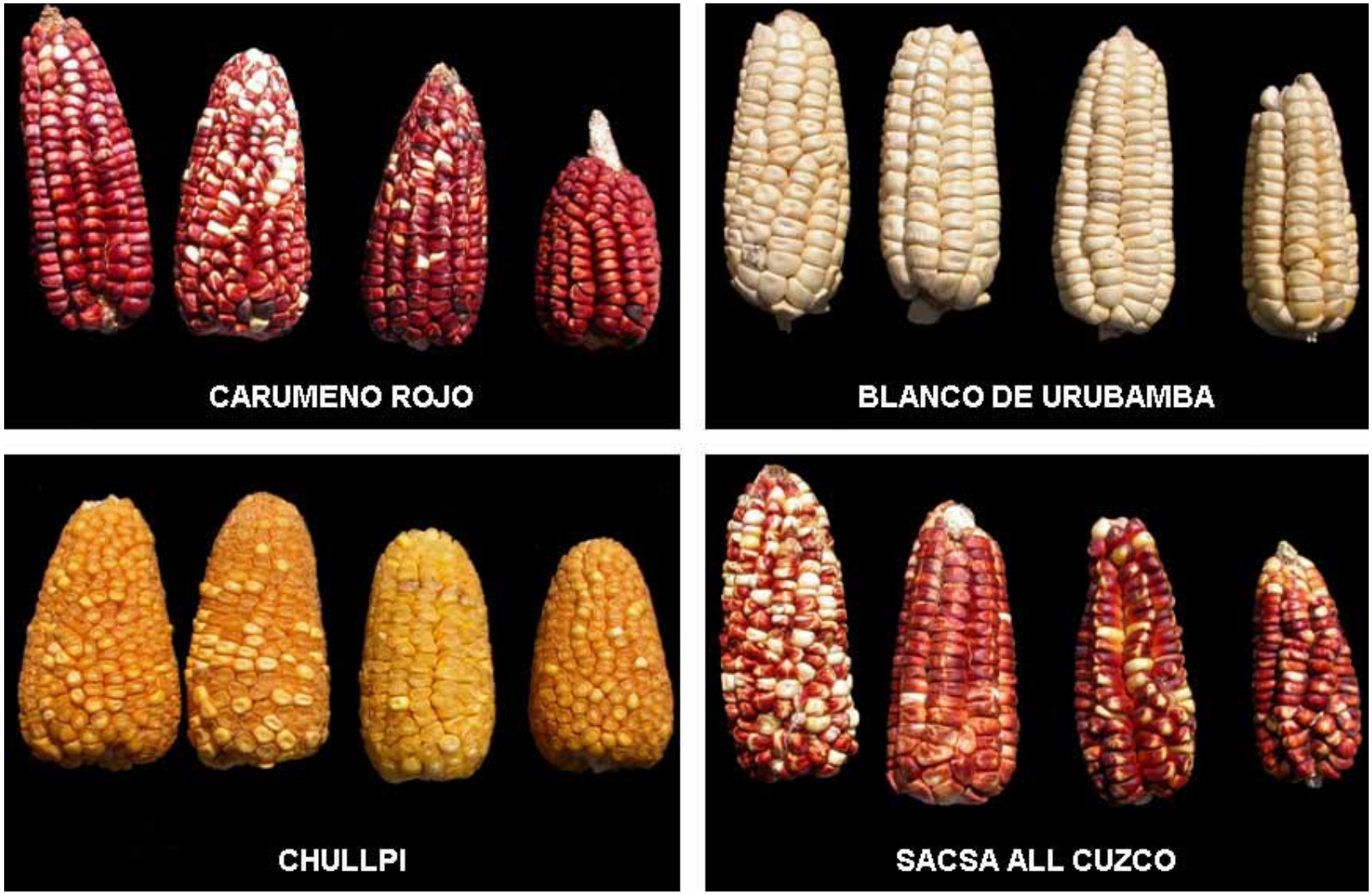
Sorghumsorten in der Sortendemonstration Gondelsheim 2007

Faszination Biodiversität: Variation zwischen Maissorten



Kolben von 4 peruanischen Landsorten

Faszination Biodiversität: Variation zwischen Maissorten



Kolben von 4 peruanischen Landsorten

Faszination Biodiversität: Variation zwischen Maissorten

Kolben von 4 peruanischen Landsorten

Faszination Biodiversität: Variation zwischen Maissorten

Körner von 20 peruanischen Landsorten

Faszination Biodiversität:
Variation innerhalb einer panmiktischen Roggensorte

Variable Panmixie-Roggensorte CONDUCT neben der uniformen Weizensorte ACHAT in Wiebrechtshausen 2008

Faszination Biodiversität:
Variation innerhalb Kartoffelsorten

Kartoffelernte am Titicacasee

Faszination Biodiversität:
Variation innerhalb Kartoffelsorten

Jede Sorte besteht aus einer Vielzahl von Klonen

Faszination Biodiversität:
Variation innerhalb Kartoffelsorten

Jede Sorte besteht aus einer Vielzahl von Klonen

Faszination Biodiversität:
Variation innerhalb einer Gerstensorte

Gersten-Landsorte in Äthiopen:
Jede Sorte besteht aus einer Vielzahl von Linien

Selbstbefruchter- und Klonzüchtung: Einschränkung der Biodiversität zugunsten der Leistung und/oder der Qualität

- Die Kunst der Pflanzenzüchtung besteht darin, die faszinierende Biodiversität oder Variabilität innerhalb einer Kulturart züchterisch optimal zu nutzen.

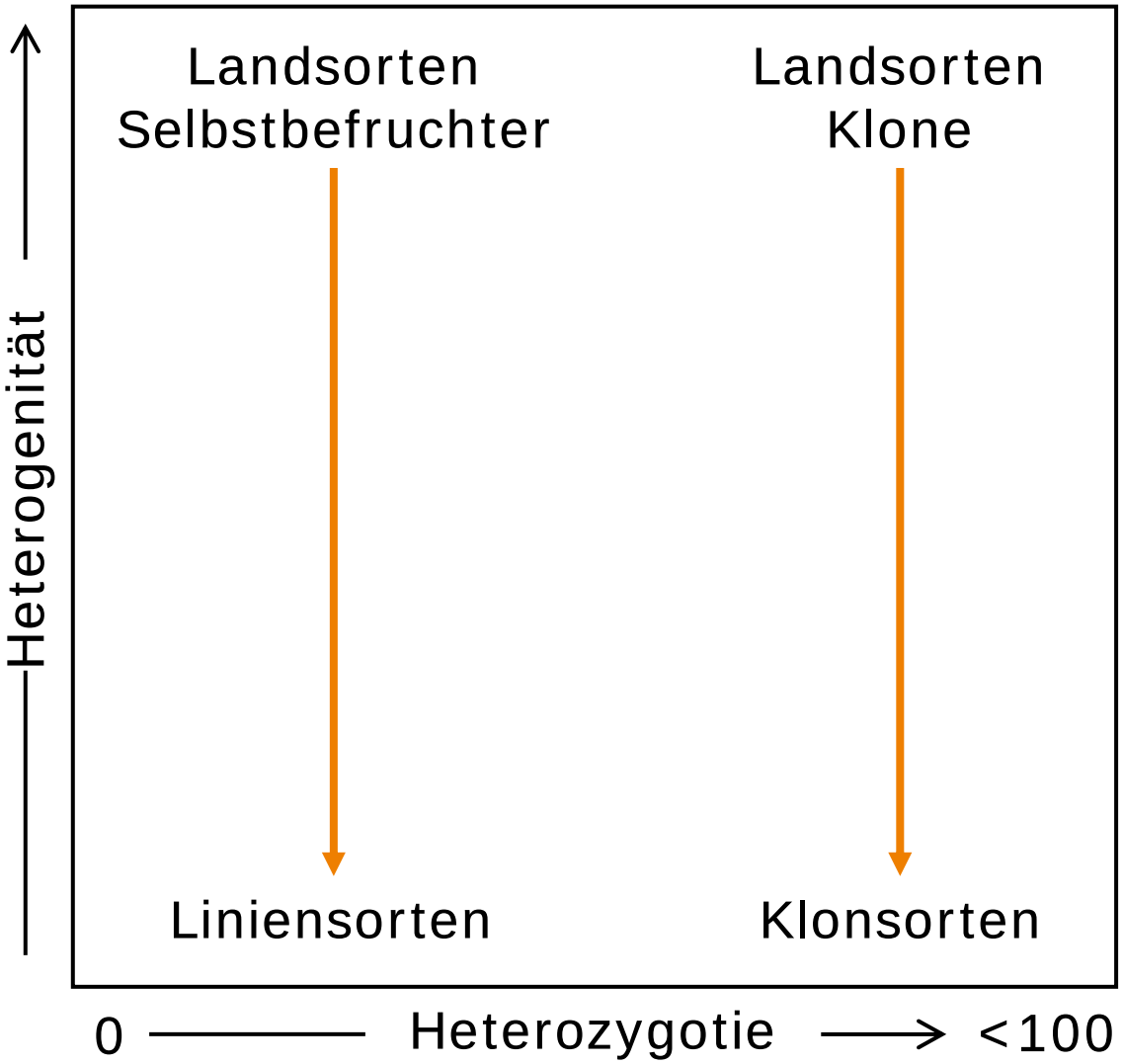
- Eines der Prinzipien der Züchtung besteht darin, aus der in Landsorten vorhandenen Variation direkt Sorten zu entwickeln.

- Folie 62 zeigt dies schematisch am Beispiel der Selbstbefruchtersorten (Weizen, Gerste, Hafer) und Klonsorten (Kartoffel): Der Züchter identifiziert in einer Landsorte den **„besten Genotyp“** und reproduziert diesen für den Landwirt als **Linien-** oder als **Klonsorte**.

- Dieses Prinzip wenden die Züchter auch heute noch an. Allerdings suchen sie die **„besten Genotypen“** nicht mehr in Landsorten, sondern in großen Nachkommenschaften von gezielt hergestellten Ausgangskreuzungen.

- Das Grundprinzip der Selbstbefruchter- und Klonzüchtung bleibt dabei jedoch gleich: Das **Ziel** ist nach wie vor die millionenfache **Reproduktion des „besten Genotyps“ als Sorte** (Folien 64 bis 66).

Heterogenität (= Biodiversität) und Heterozygotie von Sorten (nach SCHNELL, 1982)



Selbstbefruchter- und Klonzüchtung: Einschränkung der Biodiversität zugunsten der Leistung und/oder der Qualität

- Welches der **„beste Genotyp“** ist, hängt vom Zuchtziel ab,
  - es kann der schmackhafteste sein,
  - der resistenteste,
  - der ertragreichste oder ertragstabilste,
  - der am besten an die Ökobedingungen angepasste,
  - der beste nach einem Selektionsindex, ….

- Die Überlegenheit des „besten Genotyps“ gegenüber dem Mittelwert aller ist der „Selektionsgewinn“. Dieser wird in der Sorte fixiert. Mit dem Kauf der Sorte holt sich der Landwirt diesen Gewinn in seinen Betrieb.

- Aber dieser **Selektionsgewinn hat einen genetischen Preis: Der Verlust der Biodiversität auf dem Feld des Landwirts.** Ohne diesen Verlust ist der Gewinn nicht realisierbar.

- Auch aus neusten Sorten aufgebaute Evolutionsstämme können den Konflikt zwischen Biodiversität und Selektionsgewinn nicht lösen: Auch diese haben einen allgemeinen Mittelwert, um den herum die einzelnen Individuen normalverteilt spalten. Auch hier lässt sich immer ein „bester Genotyp“ finden, der gegenüber dem Mittelwert des Evolutionsstammes einen signifikanten Ertrags- oder Qualitätsvorteil verspricht.

Uniforme Gerstensorte:
Der beste Genotyp aus tausenden von Linien

Vermehrung der Sorte Fridericus in Wiebrechtshausen 2008

Uniforme Buschbohnensorte:
Der beste Genotyp aus tausenden von Linien

Buschbohnenproduktion in Wiebrechtshausen 2008

Uniforme Kartoffelsorte:
Der beste Genotyp aus tausenden von Klonen

Vermehrung der Sorte Salome in Wiebrechtshausen 2008

Auch in der Hybridzüchtung: Einschränkung der Biodiversität zugunsten der Leistung und/oder der Qualität

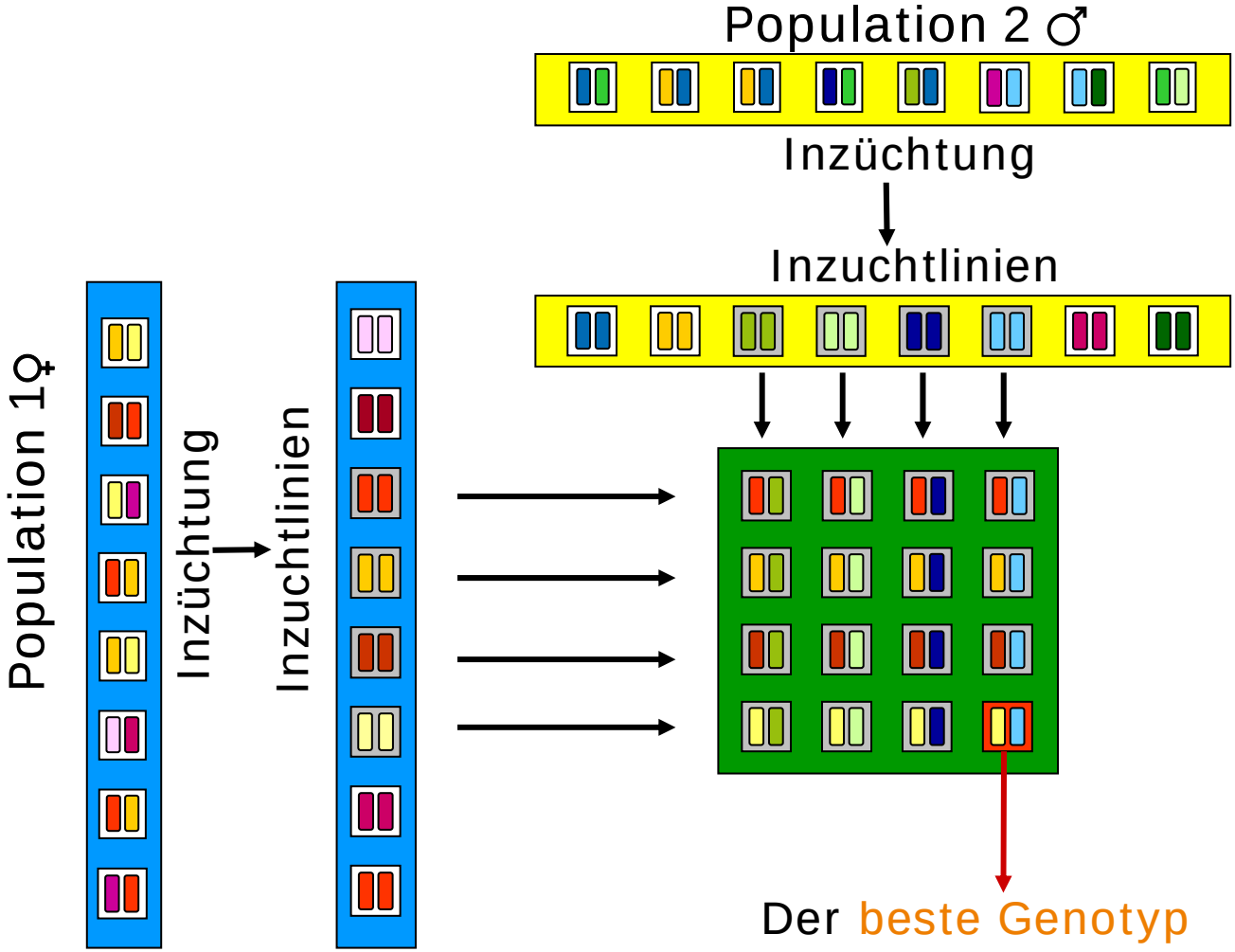
- Das züchterische Prinzip, aus einer Vielzahl von Genotypen den besten zu identifizieren und diesen dann dem Landwirt als Sorte an die Hand zu geben, lässt sich beim Fremdbefruchter Mais nicht so einfach anwenden wie bei den Selbstbefruchtern oder klonbaren Arten.

- Zwar könnte man auch in einer Maispopulation eine ideale Einzelpflanze finden, aber diese ließe sich weder klonen noch sinnvoll vermehren. Eine isolierte Vermehrung des „besten Genotyps“ würde eine 50%-ige Inzuchtdepression und damit einen massiven Leistungsrückgang in der Folgegeneration nach sich ziehen.

- Auf einem Umweg lässt sich aber auch bei Mais das züchterische Prinzip, dem Landwirt den **„besten Genotyp“ als Sorte** anzubieten, realisieren. Folie 68 zeigt, wie über den Umweg der Inzuchtlinienentwicklung auch bei Mais der „beste Genotyp“ reproduzierbar gemacht wird (Folie 69 und 70).

- Die Folien 71 bis 74 zeigen verschiede F1- Maishybriden, die jeweils aus der Kreuzung von zwei Inzuchtlinien hervorgegangen sind.

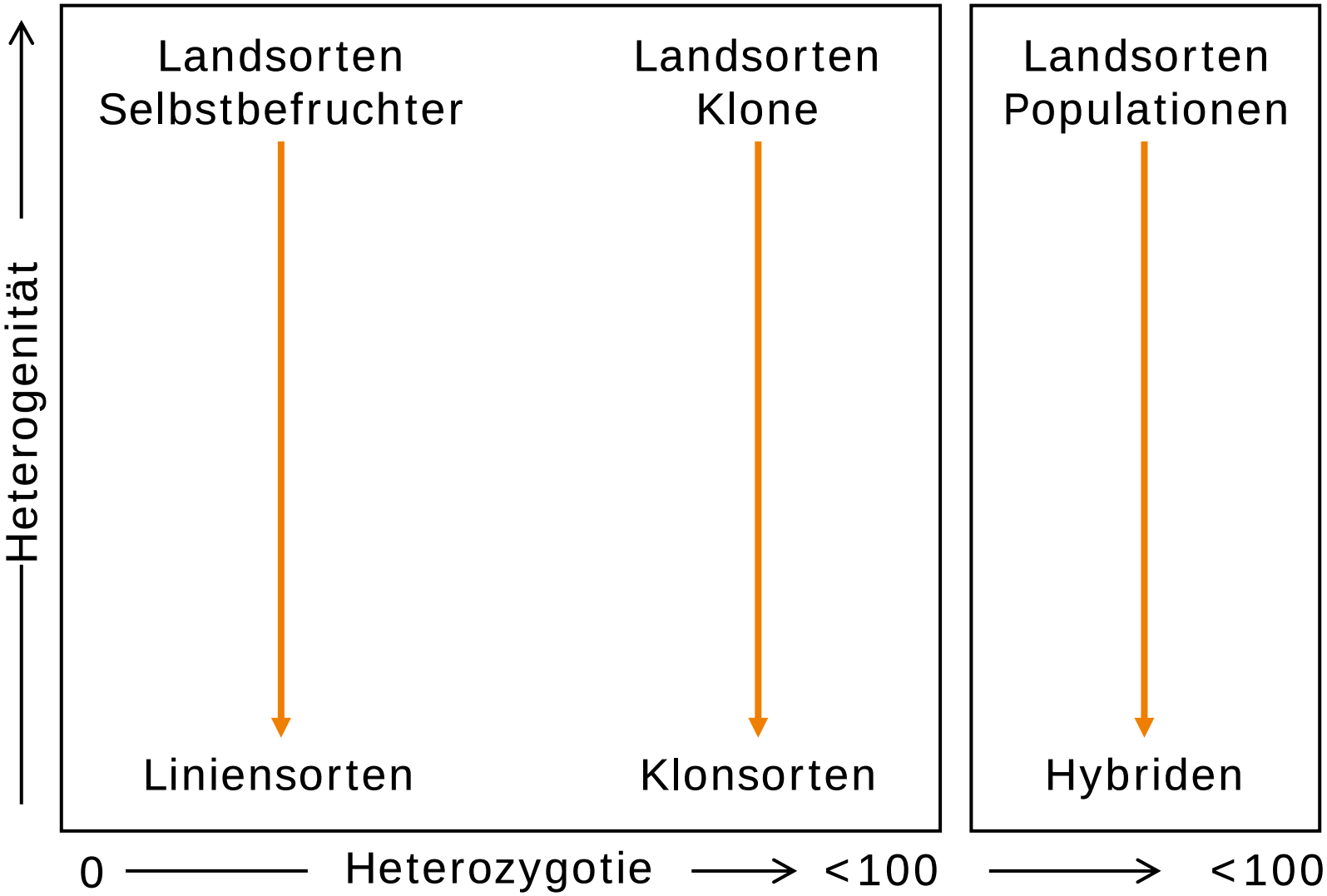
Prinzip der Hybridzüchtung



Der beste Genotyp
wird über den Umweg der Inzüchtung
als Sorte reproduzierbar

aus: MELCHINGER, Vorlesungsscript WS 2003/04, S. 159

Heterogenität (= Biodiversität) und Heterozygotie von Sorten (nach SCHNELL, 1982)



Auch in der Hybridzüchtung: Einschränkung der Biodiversität zugunsten der Leistung und/oder der Qualität

Variable Maispopulation **Uniforme F1-Hybride**

Aus tausenden F1-Hybriden werden die besten Genotypen über vielortige Leistungsprüfungen herausselektiert

Einreihiger Beobachtungsanbau von Maishybriden

Uniforme F1- Maishybride:
Der beste Genotyp aus tausenden von Testkreuzungen

Uniforme F1- Maishybride:
Der beste Genotyp aus tausenden von Testkreuzungen

Uniforme F1- Maishybride:
Der beste Genotyp aus tausenden von Testkreuzungen

Synthetics: Eine echte Alternative zu den Hybriden?

- In der Literatur zur Ökologischen Pflanzenzüchtung finden sich zahlreiche Artikel, die sich teils pro, tendenziell aber eher contra, zur Hybridzüchtung äußern.

- Autoren, die die Hybridzüchtung ablehnen, stören sich häufig an der Uniformität der Hybriden, übersehen dabei aber regelmäßig, dass diese nicht „unnatürlicher“ ist als die Uniformität einer rein nach ökologischen Kriterien gezüchteten Weizen-, Gerste- oder Kartoffelsorte.

- Andere wiederum stört, dass Hybriden auf ingezüchteten Eltern produziert werden. Vermutlich ist diesen Autoren nicht bekannt, dass heutige Inzuchtlinien teilweise wüchsiger sind als die Landsorten von früher (Folie 76 und 77).

- Am meisten stört man sich aber am erzwungenen Saatgutwechsel, da der Nachbau von Hybriden einen Leistungsabfall nach sich ziehen würde. Man wünscht sich deshalb als Sortenstruktur offen abblühende Synthetics, die über viele Generationen hinweg nachgebaut werden können und dabei ihr Leistungsniveau halten oder gar noch durch eine natürliche Anpassung an die Anbaubedingungen verbessern.

Anstieg der Linien-*per-se*-Leistung in der Hybridzüchtung

Körnermaislinie von 1976

Heutige Körnermaislinien

Anstieg der Linien-*per-se*-Leistung in der Hybridzüchtung

Heutige Energiemaislinien

Synthetics: Eine echte Alternative zu Hybriden?

- In enger Zusammenarbeit mit der Universität Hohenheim (Dissertation H. Burger) haben wir untersucht, ob Synthetics eine brauchbare Alternative zu Hybridsorten sein könnten (Folien 79 – 84).

- Im Jahr 2004 haben wir unter Ökobedingungen rund 200 Flint- und 200 Dentlinien auf Allgemeine Kombinationsfähigkeit zum jeweiligen Gegenpool geprüft und daraus die besten 44 Flint- und die besten 44 Dentlinien herausselektiert. Im Jahr 2005 haben wir aus der selektierten Fraktion auch noch die jeweils 22 und die jeweils 11 besten Flint- und Dentlinien identifiziert.

- Aus den selektierten Linienfraktionen wurden 4 Synthetics gebildet, ein breiter mit 44+44=88 Linien, ein engerer mit 22+22=44 und ein scharf selektierter mit 11+11=22 Linien. Dazu noch ein 4. Synthetic aus einer Mehrfachrekombination des 88-Linien-Synthetics (Folie 79).

- Aus den 11 besten Flint- und den 11 besten Dentlinien wurde zudem ein balancierter Satz von Einfachhybriden hergestellt.

Synthetics: Eine echte Alternative zu Hybriden?

KWS SYN 88: Synthetic aus 88 unter Ökobedingungen selektierten Linien, Wiebrechtshausen 2007

Synthetics: Eine echte Alternative zu Hybriden?

- Im Jahr 2006 wurden dann diese Hybriden mit den Synthetics zusammen sowohl unter Öko- wie auch und unter konventionellen Anbaubedingungen geprüft Die Synthetics wurden dabei jeweils 6-fach in die Testserie aufgenommen.

- Die Abbildung auf Folie 81 zeigt die relative Leistung der Synthetics gegenüber der durchschnittlichen Leistung der Hybriden:

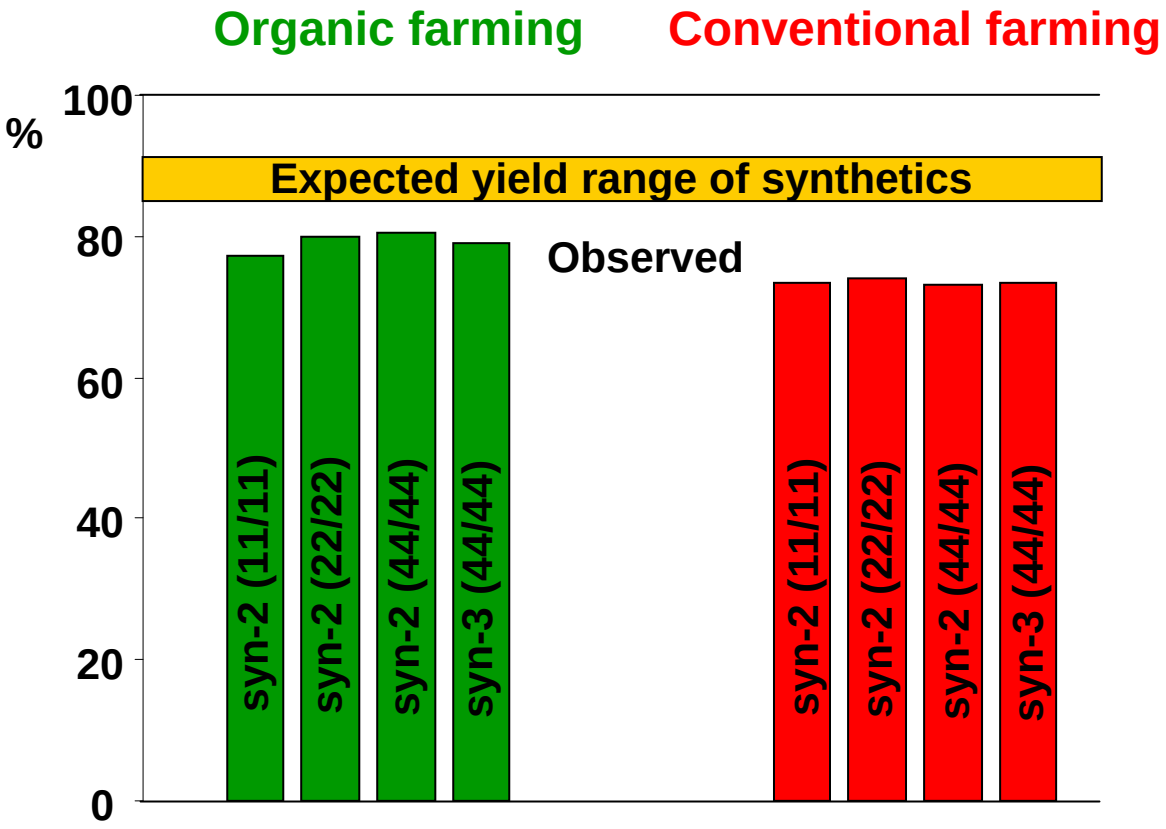
- Unter den konventionellen Anbaubedingungen erreichten die Synthetics rund 75% und unter Ökobedingungen annähernd 80% der Hybridleistung.

- Aufgrund theoretischer Erwägungen zum Abbau der Heterosis zwischen Flint- und Dentpool nach der zweiten Rekombination hatten wir die Synthetics bei rund 85% bis 90% des Hybridniveaus erwartet.

Relativer Kornertrag von 4 Synthetics unter Öko- und konventionellen Anbaubedingungen

Syn-a (b/c) = a-fach rekombinierter Synthetic aus (b Flint- und c Dent-Linien)

Die bis zu 88 Linien in den Synthetics wurden unter Ökobedingungen selektiert.



aus : Geiger et al., 2007: Quantitative-Genetic Basis of Breeding Maize for Adaptation to Organic and Low-Input Farming. Vortrag EUCARPIA-Kongress, Wageningen 2007

Synthetics: Eine echte Alternative zu Hybriden?

- Der praktisch relevantere Vergleich ist natürlich der zwischen den besten Synthetics und den besten Hybriden. Dieser findet sich in der folgenden Folie 83:

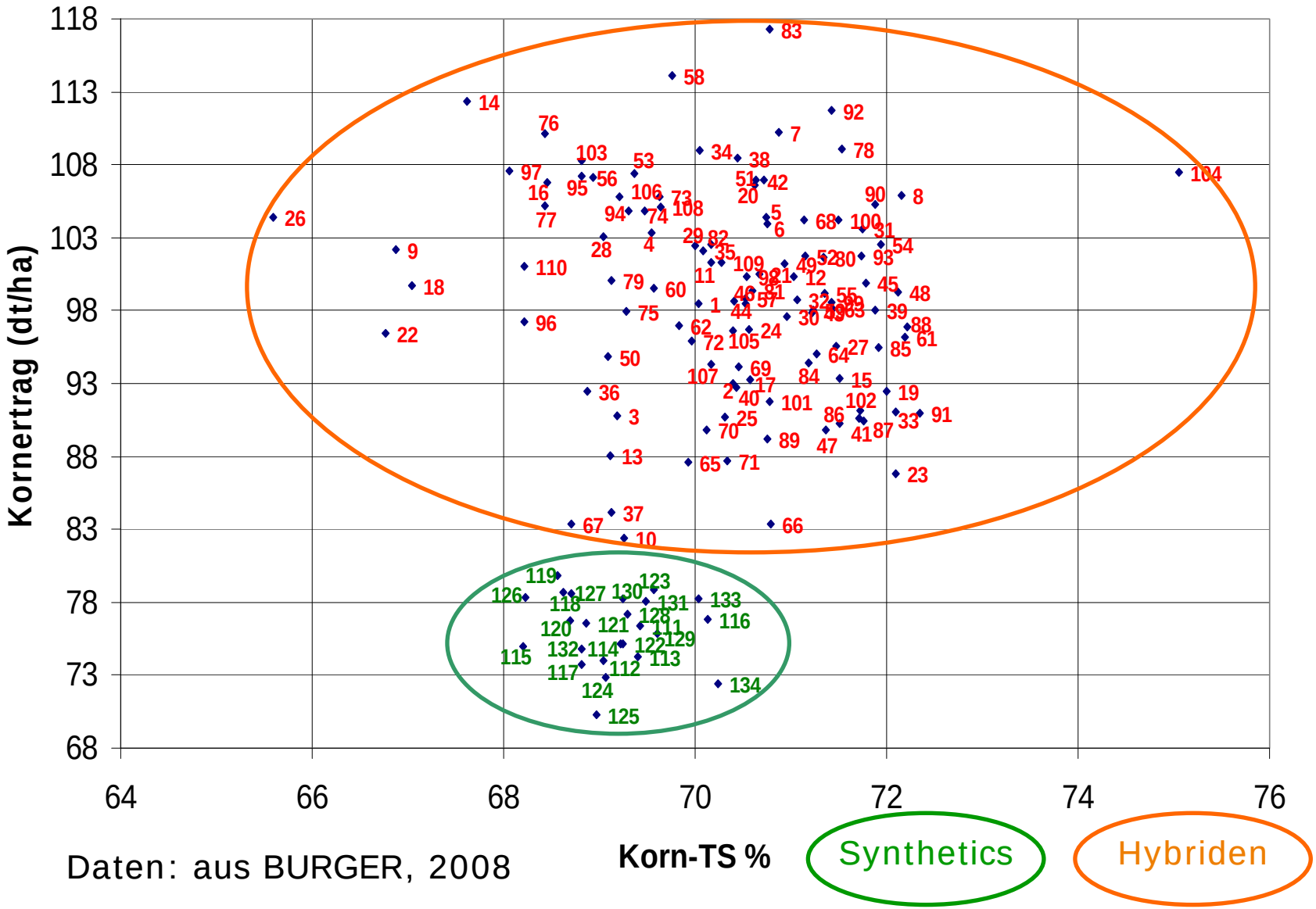
- Die besten Synthetics erreichten ein Ertragsniveau von rund 79 dt/ha, die besten 5 Hybriden lagen alle über 110 dt/ha. Somit leisteten die besten Hybriden über 30 dt/ha mehr als die besten Synthetics.

- Bei einem Körnermaispreis von € 30.- je dt (Stand Januar 2009) bedeutet dies für den Ökolandwirt eine **Mehreinnahme von über € 900.- je ha**, wenn er Hybriden anstelle von Synthetics anbaut.

- Selbst wenn man die vollen Kosten von € 205.- je ha für das unter Ökobedingungen produzierte Hybridsaatgut von den Mehreinnahmen abzieht, erlöst der Ökolandwirt mit **Hybriden rund € 700.- je ha mehr.**

- Und dies ist nur der kurzfristige Gewinn des Ökolandwirts, ein langfristiger kommt noch hinzu.

Vergleich von 4 Synthetics (je 6 fach geprüft) gegenüber den 110 korrespondierenden Hybriden (+ 16 Checks)



Daten: aus BURGER, 2008

Synthetics: Eine echte Alternative zu Hybriden?

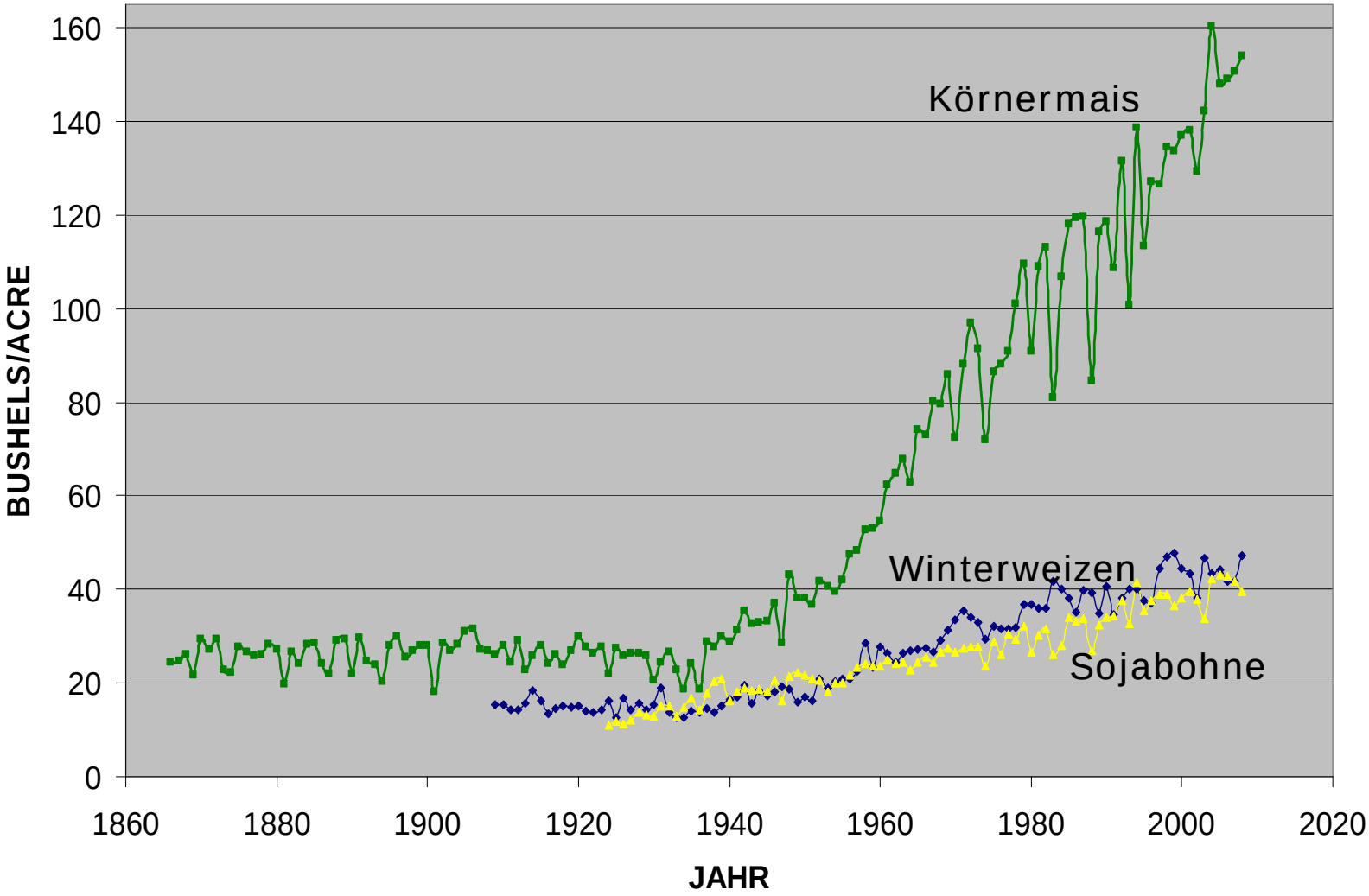
- Er profitiert nämlich auch noch vom jährlich immer größer werdenden Leistungszuwachs der Hybridsorten. Folie 85 zeigt, wie die Maiserträge in den USA etwa ab 1940 geradezu explodierten, während sie bei Weizen und Sojabohne dagegen nur moderat angestiegen sind.

- Die Ursache für diese explosionsartige Leistungssteigerung bei Mais hängt unmittelbar mit der Umstellung auf die Hybridzüchtung zusammen. Die Hybridzüchtung ist aus zwei Gründen so unglaublich effektiv:

  - Sie nutzt optimal das Phänomen der Heterosis, die auf maximaler genetischer Divergenz der Elterlinien beruht.
  - Hybriden verlangen einen jährlichen Saatgutwechsel. Der damit verbundene größere Saatgutumsatz erlaubt den Züchtern viel intensivere Züchtungsaktivitäten. Ich vermute, dieser Faktor ist sogar der wichtigere.

- Man erschrickt über die verpassten Chancen, wenn man sich klar macht, wo die Erträge von Weizen und Sojabohne heute liegen könnten, wenn diese beiden wichtigen Kulturarten züchterisch so intensiv bearbeitet worden wären wie der Mais. Die Welternährungssituation wäre heute eine andere.

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



Quelle: USDA Website

Synthetics: Eine echte Alternative zu Hybriden?

- Wie erfolgreich die Hybridzüchtung auch in unserem Klimaraum arbeitet, belegen auch unsere Folien 24 bis 27 überdeutlich: In allen 4 Versuchen konnten wir Hybriden finden, die bei konventionellem Anbau 150 bis 160 dt/ha Kornertrag auf die Waage brachten.

- Unsere Ergebnisse spiegeln das Ertragsniveau der Landessortenversuche 2008 wider: Die neuste KWS Sorte RICARDINIO (Folie 87), die aktuell beste Körnermaissorte Deutschlands, erbrachte im Durchschnitt über alle LSV-Standorte in Nordrhein-Westfalen 157 dt/ha und in Niedersachsen 158 dt/ha. Wenn man sich in Erinnerung ruft, dass in diesen Regionen vor wenigen Jahrzehnten der Mais noch nicht anbauwürdig war, wird klar, wie effizient die Hybridzüchtung arbeitet.

- Dass die Hybridzüchtung auch dem Ökolandbau schnell und effektiv optimierte Sorten bereitstellen kann, belegen die Folien 24 bis 27 ebenfalls sehr eindrucksvoll: Rund 10% der getesteten Sorten erreichten unter Ökobedingungen Erträge von über 140 dt/ha. Das entspricht rund 93% des Ertrages, den die besten konventionellen Sorten unter konventionellen Bedingungen erbringen konnten. Mit Panmixiezüchtungsmethoden würde es noch viele Jahre beanspruchen, ein derartiges Leistungspotenzial zu realisieren. Offen-abblühende Sorten oder Synthetics halten wir deshalb unter unseren mitteleuropäischen Produktionsbedingungen für keine echte Alternative zu Hybriden.

Uniforme F1- Maishybride RICARDINIO:
Der beste Genotyp aus tausenden von Testkreuzungen

Hybridzüchtung nur dort, wo sie hinpasst: Entwicklung von Panmixiesorten für Peru

- Aber trotz der bestechenden Erfolge ist die Hybridzüchtung dennoch nicht für alle Produktionsbedingungen der Welt geeignet.

- In Ländern wie Peru unterstützen wir sehr die Entwicklung von offen-abblühenden Sorten (Panmixiesorten), die unsere Forschungspartner über Massenselektion und Voll- und Halbgeschwister- Selektionsmethoden weiterentwickeln (Folien 89 bis 91).

- Diese Züchtungsverfahren haben gegenüber der Hybridzüchtung den Nachteil, dass sie das Phänomen der Heterosis nicht in demselben Maß nutzen können wie es die Hybridzüchtung kann. Teilweise kann die Panmixiezüchtung jedoch diesen Nachteil dadurch wieder kompensieren, dass sie im Gegensatz zur Hybridzüchtung keinen Input in aufwändige SCA-Tests* stecken muss, der für den langfristigen Selektionserfolg nicht nutzbar ist. Der so eingesparte Input kann in umfangreichere Halb- oder Vollgeschwisterprüfungen umgelenkt werden.

*SCA-Test: Der „Test auf spezifische Kombinationsfähigkeit“ beansprucht in der Hybridzüchtung einen großen Teil der Prüfkapazitäten und ist bei schnellen Selektionszyklen für die Reziproke Rekurrente Selektion (RRS) nicht mehr nutzbar.

Hybridzüchtung nur dort, wo sie hinpasst: Entwicklung von Panmixiesorten für Peru

Prüfung von 1 800 Vollgeschwisterfamilien in Peru auf 4 000 m über NN aus (KWS SYN 88 X Peruanische Populationen)

Hybridzüchtung nur dort, wo sie hinpasst: Entwicklung von Panmixiesorten für Peru

Unterschiedlich frostresistente Halbgeschwisterfamilien aus (KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE) X AMARILLO DE TARATA

Hybridzüchtung nur dort, wo sie hinpasst: Entwicklung von Panmixiesorten für Peru

Frostresistente Population aus
(KWS SYN 7 x Qello Cuzco) x Amarillo de Tarata

Concept of naturalness

Organic agriculture claims to be more 'natural' than conventional agriculture.

The concept of naturalness includes (Verhoog et al., 2002):

- non-chemical approach;
- agro-ecological approach;
- integrity of life approach.

aus: Lammerts van Bueren, 2008

Auswirkung auf:

Zuchtziele

Genetische Breite

- **Sortenstruktur**
- **Nutzung Genetischer Ressourcen**

Wahl der Züchtungs-strategie und –technik

Biodiversität: Nutzung genetischer Ressourcen

- Landsorten (Folien 94 bis 97) sind geeignete Quellen neuer genetischer Variation. Diese kann man heute relativ leicht mit der Dihaploidentechnik erschließen (Folien 98 bis 100).
- Landsorten tragen noch Merkmale, die in der konventionellen Züchtung vernachlässigt wurden. Dazu zählt die Fähigkeit zu effektiven Symbiosen mit Leguminosen (Folie 101) und Pilzen (Mykorrhizierung).
- Ein wichtiges Werkzeug zur Erschließung der in den Landsorten schlummernden genetischen Variation ist die Markertechnologie. Sie hilft uns, wichtige Chromosomensegmente zu identifizieren und diese in Elitematerial zu übertragen.
- Am leichtesten sind Linien aus Landsorten in der Energiemaiszüchtung einsetzbar, da hier geringere Ansprüche an die Kolbenleistung gestellt werden.
- Unsere Ergebnisse zeigen, Linien aus Landsorten können in der Biomasseleistung mit dem Elitematerial mithalten (Folie 102), aber nicht in der Körnerleistung (Folien 103 und 104). Dies deutet darauf hin, dass wir Maiszüchter, wie die Weizenzüchter auch (Folie 105), in den letzten 50 Jahren vorwiegend den Harvest Index verschoben haben.

Biodiversität: Nutzung Genetischer Ressourcen

2 Landsorten: Gelber Badischer Landmais und Schindelmeiser

Biodiversität: Nutzung Genetischer Ressourcen

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

Biodiversität: Nutzung Genetischer Ressourcen

H. Oppliger und E. Körbitz bearbeiten den Rheintaler Ribelmais

Biodiversität: Nutzung Genetischer 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.

Biodiversität: Nutzung Genetischer Ressourcen

DH–Linien aus der Landsorte Gelber Badischer Landmais

Biodiversität: Nutzung Genetischer Ressourcen

DH–Linien aus der Landsorte Schindelmeiser

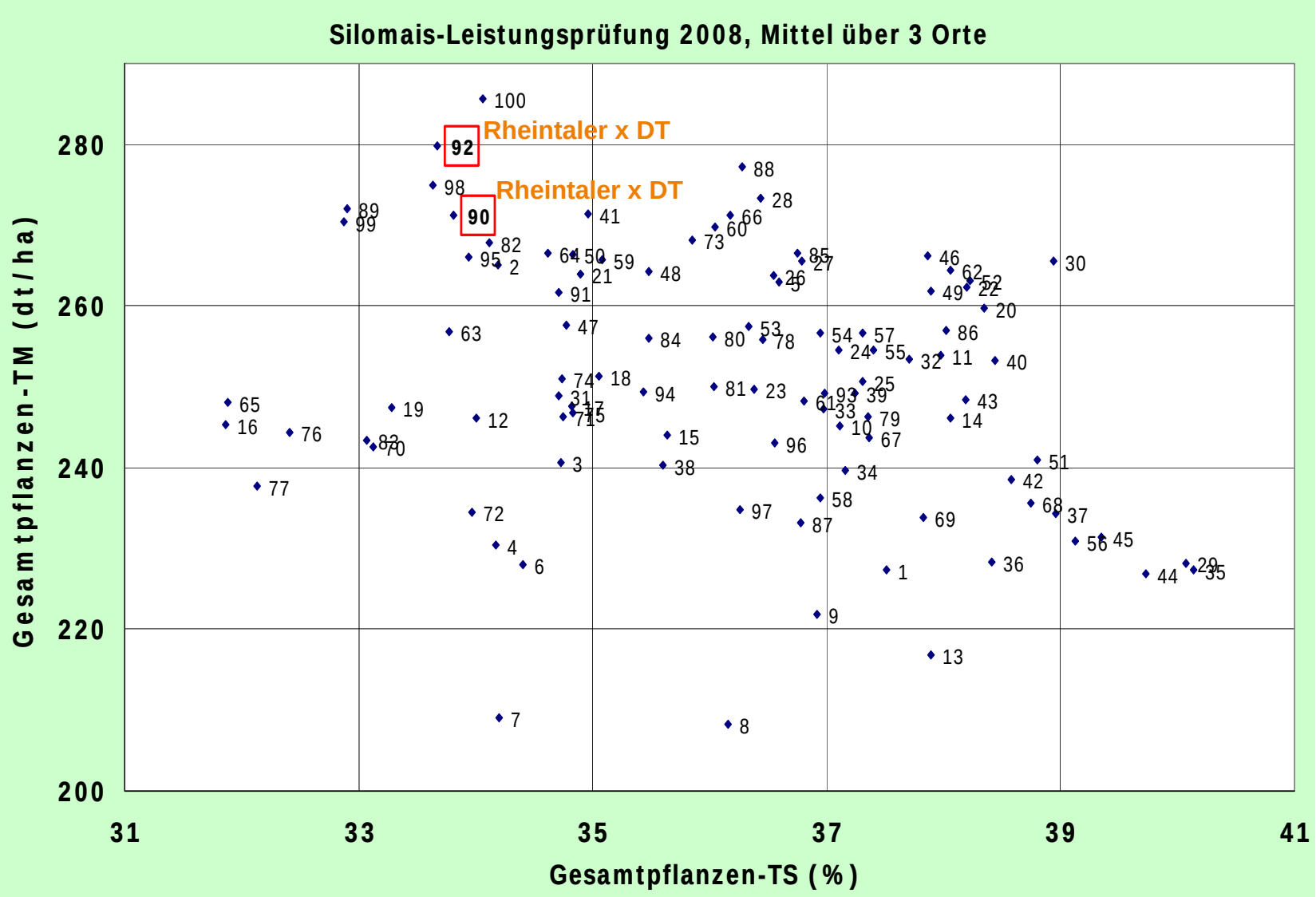
Biodiversität: Nutzung Genetischer Ressourcen

Linien aus Landsorten tragen viele Letal- und Subletalgene

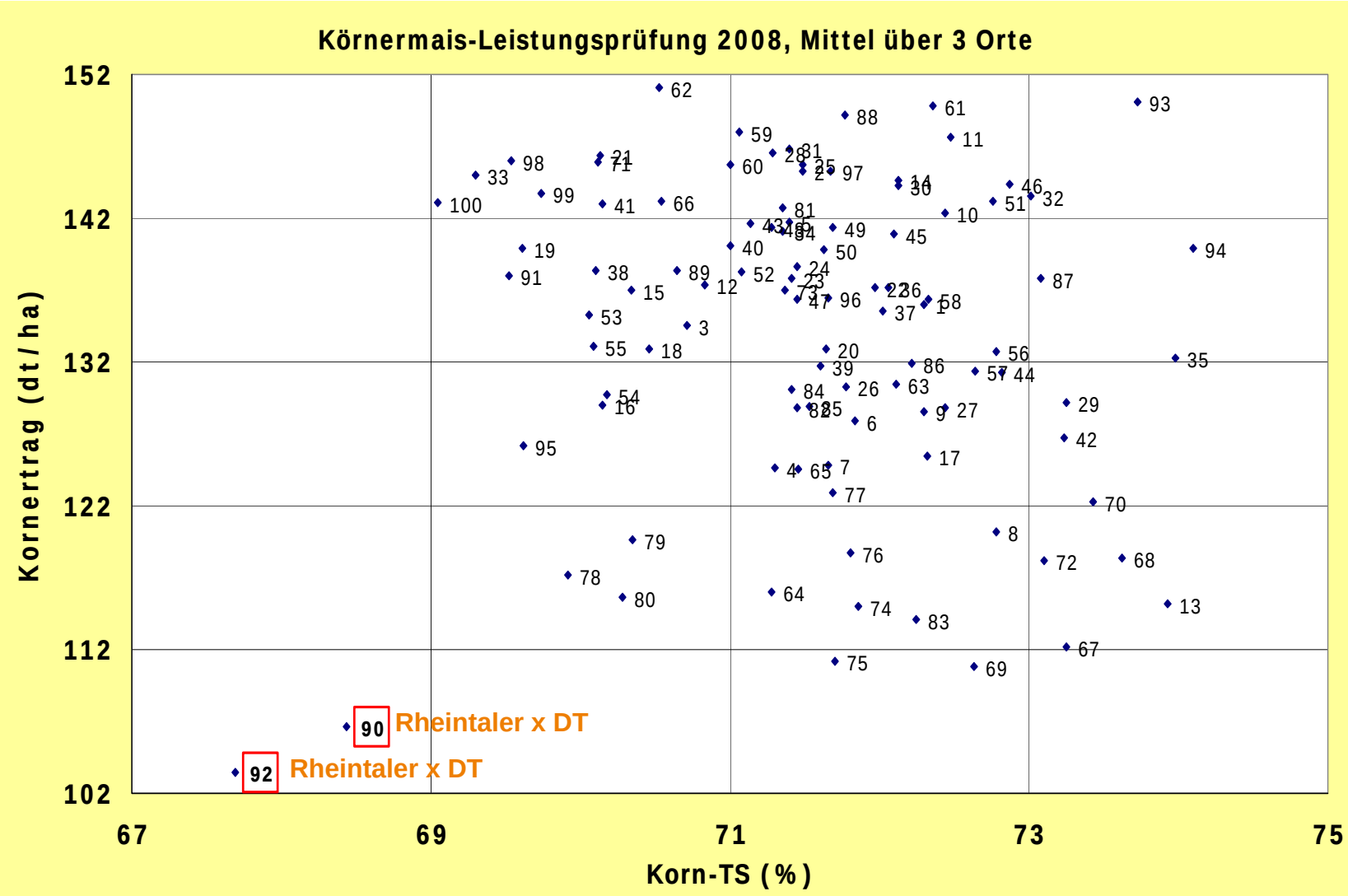
Schwefelbohne

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

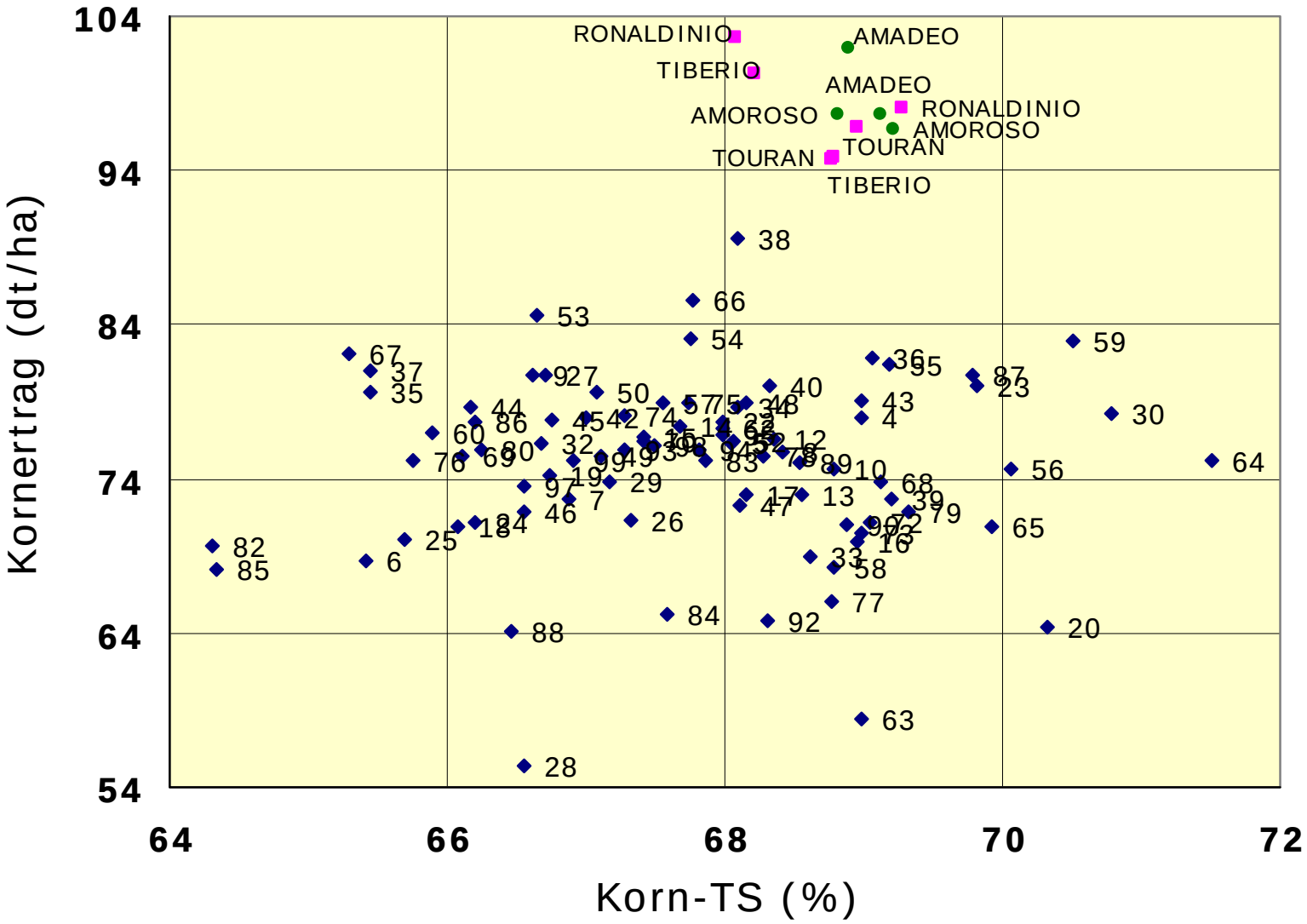
Testkreuzungsleistung von 90 neusten Elitelinien im Vergleich zur Testkreuzungsleistung der Population Rheintaler (+8 Checks)



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



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



Veränderung des Harvest Index bei Weizen

Fotos: E. Ebmeyer, KWS Lochow

Concept of naturalness

Organic agriculture claims to be more 'natural' than conventional agriculture.

The concept of naturalness includes (Verhoog et al., 2002):

- non-chemical approach;
- agro-ecological approach;
- integrity of life approach.

aus: Lammerts van Bueren, 2008

Auswirkung auf:

Zuchtziele

Genetische Breite

- **Sortenstruktur**
- **Integration Genet. Ressourcen**

Wahl der Züchtungsstrategie und –technik

Integrity of life approach (1)

- Integrity of life is the operational dimension of the concept of intrinsic value (value or worth of a living entity as such vs the extrinsic/instrumental value),

- Integrity of cultivated plants refers to their inherent nature, wholeness, completeness, species-specific characteristics, and their being in balance with their (organically farmed) environment.

Beschränkung auf Züchtungsmethoden und –techniken, die den Leitlinien des Ökologischen Land-baus entsprechen

aus: Lammerts van Bueren, 2008

Consequences for OA standards (1)

- Breeding, maintenance and propagation under organic conditions;
- Only those techniques that allow crossing, pollination, fertilization and seed formation on the whole plant itself;
- Respect for natural crossing barriers;
- No in-vitro techniques, protoplast fusion, GMOs;
- No male sterility (cms) without restorer genes;
- No patents on life, but respecting farmers' and breeders' rights.

aus: Lammerts van Bueren, 2008

In den USA sind derzeit „triple stacks“ Standard.

Diese bewirken:

- **Maiszünsler-Resistenz**
- **Diabrotica-Resistenz**
- **Roundup-Resistenz**

Konventionelle Resistenzzüchtung

- Der Ökolandbau verzichtet bewusst auf den Einsatz gentechnisch erzeugter Resistenzen, obwohl diese sehr effizient sein können (Folie 110). Er will die Schädlings- und Kranheitsprobleme dort lösen, wo ihre eigentlichen Ursachen liegen, in den extrem eng gewordenen Fruchtfolgen nämlich.

- Vielgliedrige Fruchtfolgen und unterstützende Maßnahmen wie die Anlage von Blühstreifen (Folie 111) zum Aufbau von Nützlingspopulationen (WYSS et al., 1995) sollen den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln oder gentechnische Lösungen überflüssig machen.

- So sehen BERTOSSA et al. (2009) in „der guten alten Fruchtfolge“ das adäquates Mittel, den Maiswurzelbohrer gar nicht erst zum Problem werden zu lassen.

- Eine Resistenzzüchtung gegenüber jeglichen Herbiziden ist im Ökolandbau ohnehin irrelevant, da grundsätzlich keine Herbizide eingesetzt werden (Folie 112).

Vergleich von Maislinien ohne und mit BT-Gen im Zuchtgarten Puerto Rico, Januar 2009

OHNE BT-Gen

MIT BT-Gen

Konventionelle Resistenzzüchtung

Blühstreifen auf dem KWS Ökobetrieb Wiebrechtshausen zum Aufbau von Nützlingspopulationen

Maiszüchtung für den Ökologischen Landbau

KWS

Agro-ecological approach

- Managing a farm as an agro-ecosystem
- Striving for a closed nutrient cycle
- Stimulating a high degree of internal self regulation
- Exploiting and supporting biodiversity at all levels:
  - farm
  - crop
  - between and within varieties.

Consequences for OA standards (1)

- Breeding, maintenance and propagation under organic conditions;
- Only those techniques that allow crossing, pollination, fertilization and seed formation on the whole plant itself;
- Respect for natural crossing barriers;
- No in-vitro techniques, protoplast fusion, GMOs;
- No male sterility (cms) without restorer genes;
- No patents on life, but respecting farmers' and breeders' rights.

Non-chemical approach

- Soil bound production, no artificial growing media
  (no hydroponics, no in vitro culture);
- Organic fertilizers
  (no mineral fertilisers; no synthetic growth hormones);
- Organic crop protectants
  (no synthetic-chemical pesticides);
- Organic seed treatments
  (no post-harvest chemical treatments);
- Mechanical weed management
  (no herbicides).

Maiszünsler-Resistenz

~~Diabrotica-Resistenz~~

~~Herbizid-Resistenz~~

Diabrotica- und Herbizid-Resistenz sind im Ökolandbau irrelevant!

Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

- Es bleibt zunächst also lediglich die Herausforderung einer konventionellen Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler.

- Unser Züchterkollege Dr. Ralph Kreps, der auf dem Gebiet der natürlichen Maiszünslerresistenz promoviert wurde, und Dr. Bettina Kessel haben sich bei uns dieser Aufgabe angenommen.

- Der Schwerpunkt der Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler liegt in der Integration einer polyfaktoriell vererbten Resistenz aus US-amerikanischem Zuchtmaterial (Folien 114 bis 116).

Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

- Unseren Züchterkollegen in den USA bei AgReliant gelang es, Hybriden mit guter natürlicher Maiszünslerresistenz zu entwickeln.

- Folie 115 zeigt für 4 Hybriden (A, B, C, D) den Ertragsunterschied der BT-Version gegenüber der entsprechenden isogenen Normalform.

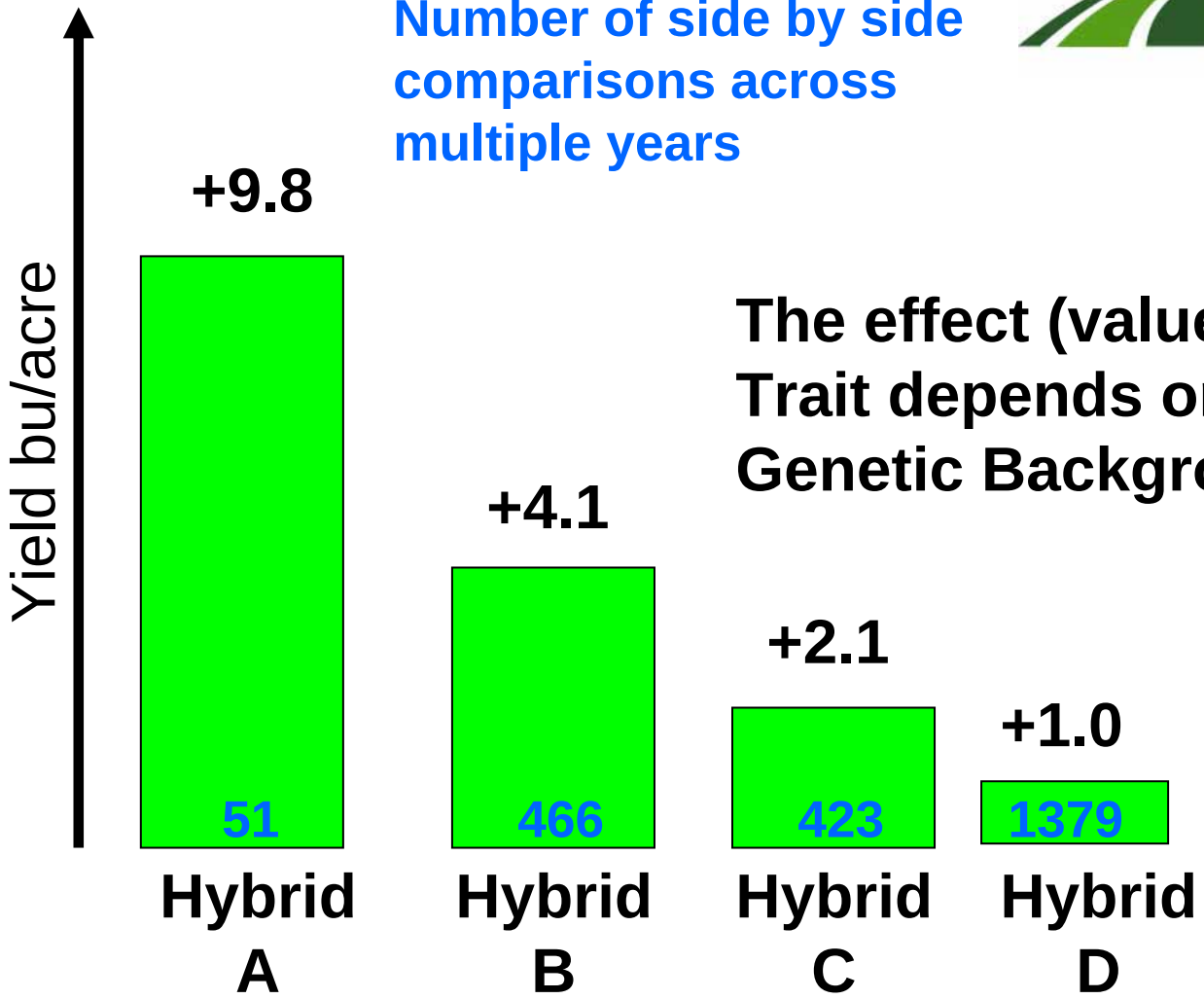
- Bei Hybride A, deren beide Eltern extrem anfällig gegen den Maiszünsler sind, war die Wirkung des integrierten BT-Gens groß. Die BT-Version der Hybride A zeigte im Mittel über 51 Orte einen um 9,8 bu/acre (rund 5,9 dt/ha) höheren Ertrag, der auf geringere Fraßschäden durch den Zünsler zurückzuführen war.

- Bei den Hybride B und C waren die BT-Versionen nur 4,1 bu/acre (rund 2,5 dt/ha) bzw. 2,1 bu/acre (rund 1,3 dt/ha) besser, da deren Eltern eine gewisse natürliche Resistenz mitbrachten.

- Bei Hybride D verfügten beide Elterlinien über eine ausgezeichnete natürliche Zünslerresistenz. Hier lag der über 1379 Orte geprüfte Ertragsvorteil der BT-Version, gerade mal bei 1,0 bu/acre. Das sind rund 0,6 dt/ha. Berücksichtigt man den höheren Saatgutpreis für die BT-Hybride, dann lohnt es sich für den Landwirt im Fall der Hybride D nicht, die BT-Version zu kaufen.

Performance of Bt (ECB) vs. Conventional in various Genetic Backgrounds

Number of side by side comparisons across multiple years



The effect (value) of the Trait depends on the Genetic Background

aus: SEITZ, G., The Trait Future: Conversion vs. Forward Breeding, Vortrag ASTA-Konferenz 08.12.2006

Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

US-Stiffstalk x D-Dent **US-Lancaster x D-Flint**

2007	**Herstellung von 1000 DH-Llinien**
2007/08	**Zwischenvermehrung**
2008	**Line-per Screening + Zünslerresistenz**
2008/09	**TC1-Produktion**
2009	**TC1-Test Energiemais + Zünslerresistenz**
2009/10	**TC2-Produktion**
2010	**TC2-Test Energiemais + Zünslerresistenz**
2011	**Neuanmeldung**

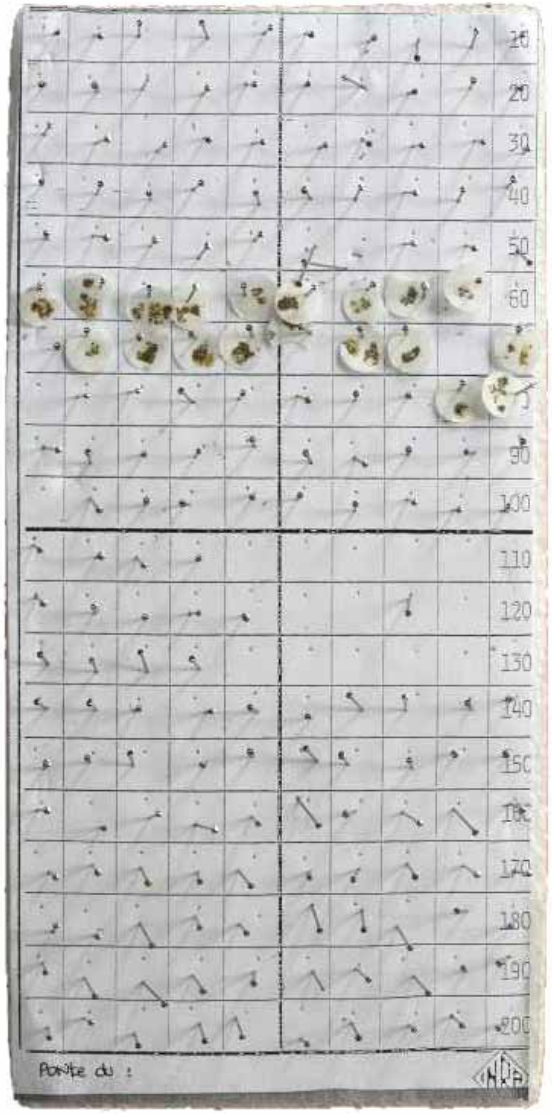
Forschungspartner: TU München, LFL Weihenstephan

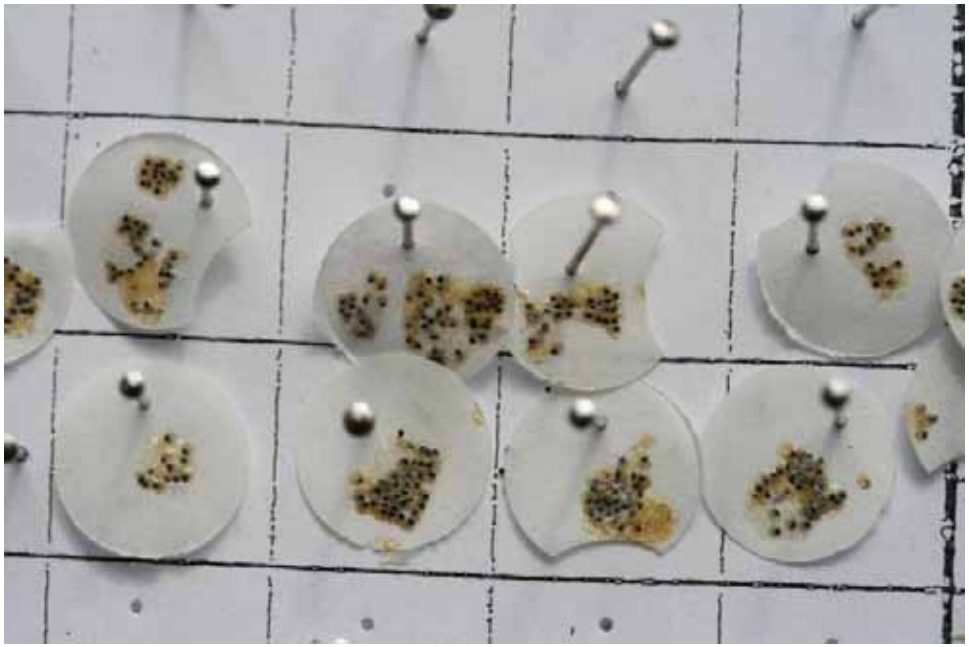
Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

- Bei der Selektion hilft uns die künstliche Infestierung mit Maiszünsler-eiern (Folien 118 und 119).

- In einem kleinen Seitenprojekt prüfen wir, ob wir zusätzlich den Bewegungsraum des Maiszünslers eingrenzen können (Folien 120 bis 126), indem wir ihm eine mechanische Barriere in den Weg stellen. Die Behaarung soll ihm den Weg vom Blatt, dem Ort der Eiablage, zur Rispe hin, wo er sich gewöhnlich in den Stängel einbohrt, versperren.

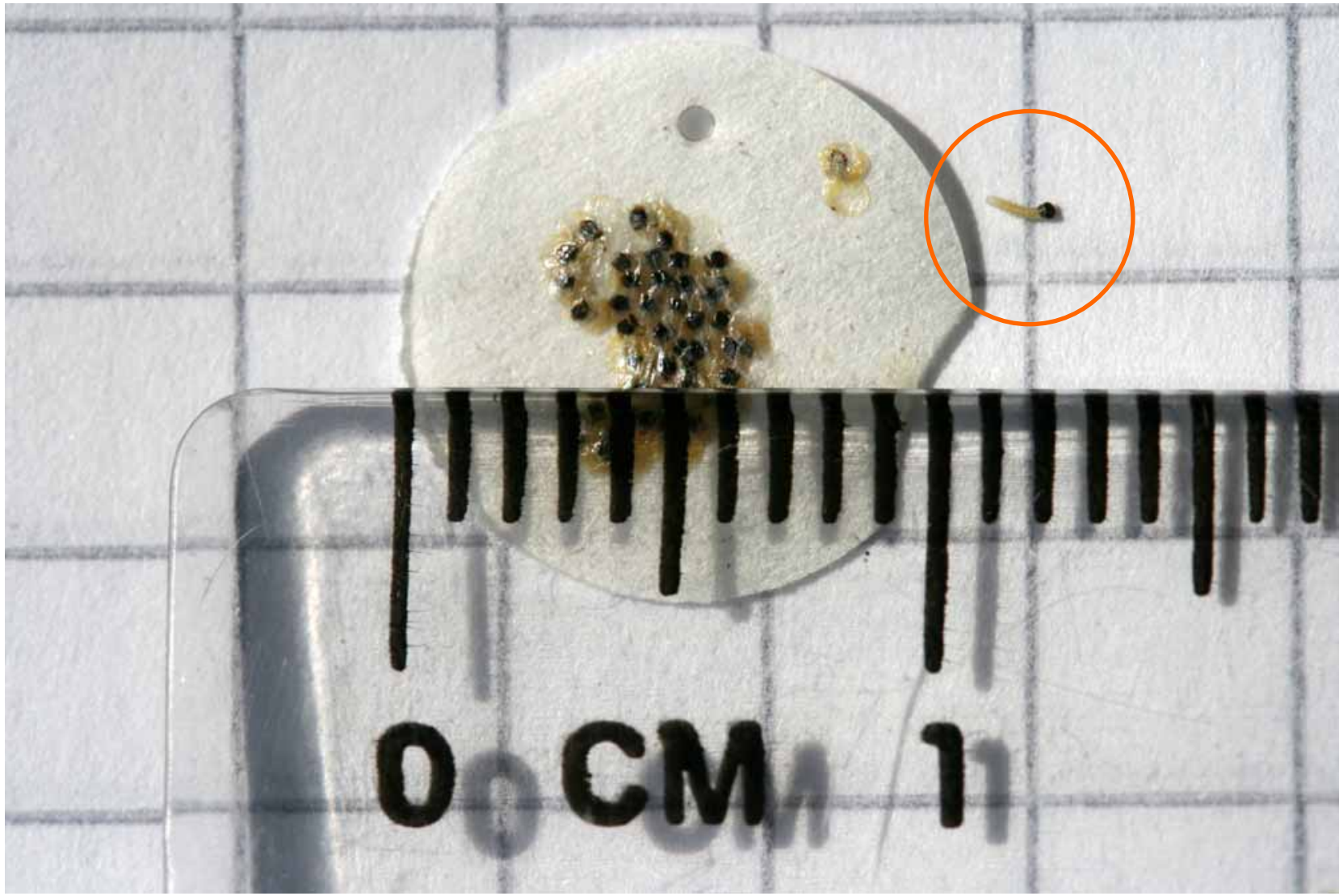
Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler





Maiszünslergelege zur künstlichen Infestierung

Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler



Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

Maiszünslerlarve bewegt sich auf einem unbehaarten Stängel in Richtung Rispe, um sich dort in den Stängel einzubohren.

Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

Maisstängel mit extrem starker Behaarung

Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

Maisstängel mit extrem starker Behaarung

Foto: B. Kessel, KWS

Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

Maisstängel mit extrem starker Behaarung - Detailaufnahme

Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

Die Behaarung versperrt den Maiszünslerlarven den Weg zur Rispe

Konventionelle Resistenzzüchtung gegen den Maiszünsler

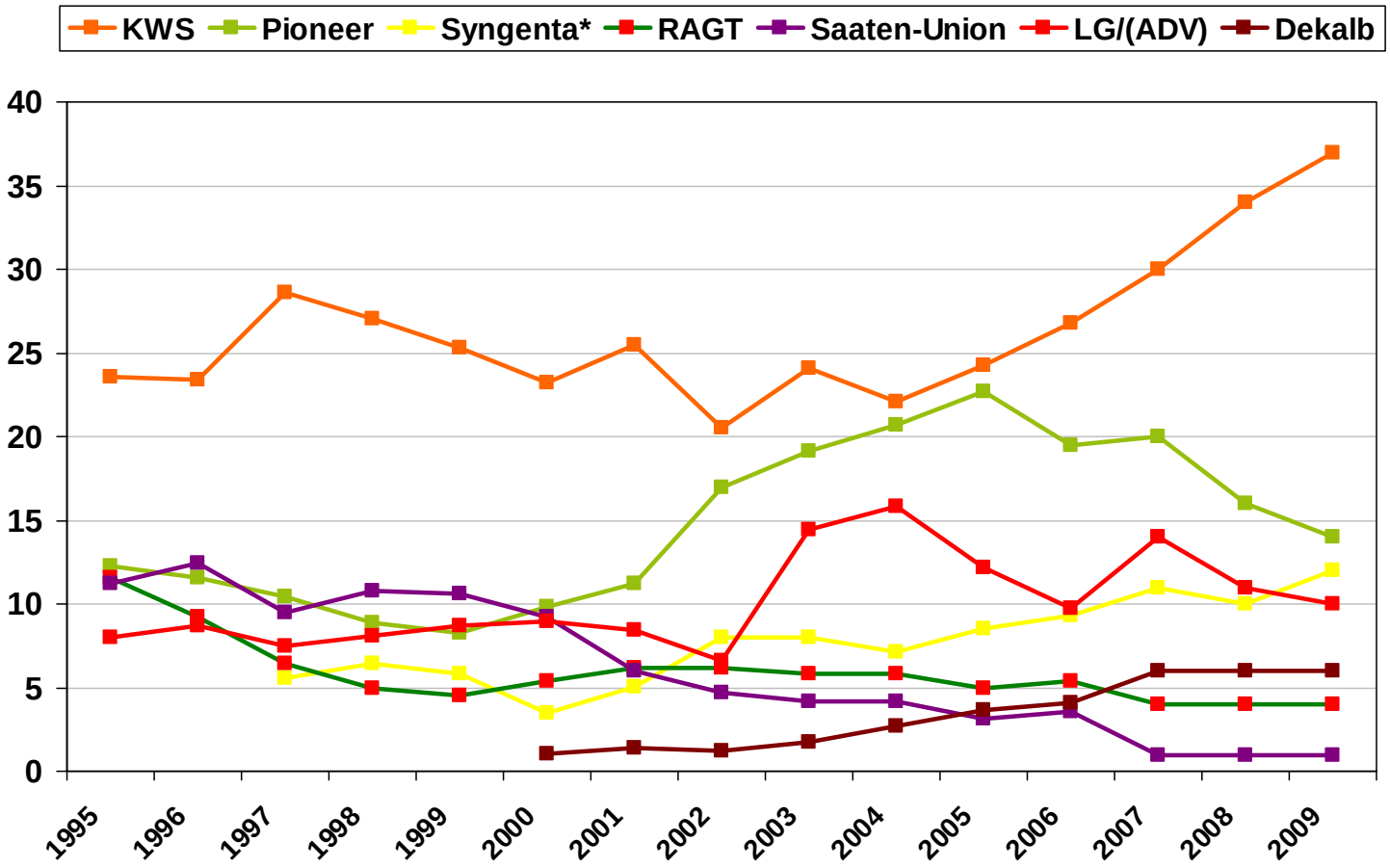
Die Behaarung versperrt den Maiszünslerlarven den Weg zur Rispe

Perspektiven

- Der Ökologische Landbau ist nicht die einzige, aber allemal eine faszinierende Form der Landwirtschaft.
- So faszinierend wie der Ökolandbau ist die Entwicklung von Sorten für diese Form der Landwirtschaft: Man arbeitet mit einer eingeschränkten Werkzeugpalette und stellt schon nach wenigen Jahren fest, man ist nicht weniger effektiv.
- Die KWS Öko-Maiszüchtung schöpft das züchterische Ausgangsmaterial aus dem erfolgreichsten konventionellen Maiszüchtungsprogramm Deutschlands (Folie 128).
- Im Gegenzug fließt das öko-geeignete Zuchtmaterial in das konventionelle zurück und bereichert dieses um wertvolle Eigenschaften.
- Viele neue Eigenschaften werden noch bearbeitet. Dazu gehören die schon erwähnte natürliche Zünslertoleranz, die Verbesserung der Konkurrenzkraft gegenüber dem Unkraut, die Verbesserung des Nährstoffaneignungsvermögens durch die Fähigkeit, eine effektive Mykorrhiza auszubilden und die Untersaatverträglichkeit.
- Auch davon wird das konventionelle Zuchtprogramm profitieren:

Ökozüchtung – für alle ein Gewinn

Entwicklung des Marktanteils der KWS Genetik im Vergleich zur Genetik wichtiger Mitwettbewerber von 1995 bis heute



Quelle: 1995 – 2008 nach KLEFFMANN,
2009: KWS-interne Schätzung nach bisherigem Marktverlauf

Literatur

- Bertossa, M., L. Schaub und L. Colombi, 2009: Die gute alte Fruchtfolge als Bekämpfungsmethode gegen den Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, Band 1, S.370-373.
- Geiger, H.H., H. Burger und W. Schmidt, 2009: Energiemais im Ökologischen Landbau -Perspektiven aus Sicht der Pflanzenzüchtung. In Vorbereitung.
- Kesten, E., 2002: Biomasse – Chance für Wertschöpfung und Nachhaltigkeit im Ackerbau. Vortrag Einbeck, 08.03.2002
- Lammerts van Bueren, E., 2008: Concepts and values in organic agriculture relevant to plant breeding techniques. Vortrag, Frankfurt, 22.09.2008
- Scheffer, K., 2008: Vom Bioenergiedorf zur autonomen Solarenergieregion. Vortrag Einbeck, 17.07.2008
- Wyss, E., U. Niggli, und W. Nentwig, 1995: The impact of spiders on aphid populations in a strip-managed apple orchard. J. Appl. Ent. 119, 473-478.
- Schmidt, W., 2008: Die Ökozüchtung bei KWS mit besonderem Focus auf den Mais – Wie große Züchterhäuser Ökozüchtung betreiben. Vortrag Plankstetten, Bioland- Wintertagung, 11. – 14. Februar 2008

Besuchen Sie uns auf unserer Ökozuchtstation Klostergut Wiebrechtshausen: