

Geschichte der Getreidezüchtung

Vom fruchtbaren Halbmond zu den aktuellen Sorten

Dr. Dario Fossati

19. November 2015

www.agroscope.ch | une bonne alimentation, un environnement sain

Ablauf

- Herkunft des Weizens
- Evolution - Migration – Domestizierung
- « Synthetischer » Weizen, Suche nach « Ur Diversität »
- Weizenzüchtung in der Schweiz
- Diversität >> Züchtung, einige Beispiele



Züchten für herausragende Leistungen, vom Korn zum Brot

Herkunft des Weizens

Chromosome	Wilde Form
Diploid 2n=2x=14 Chromosome	<i>T. urartu</i> AA
Genom	<i>A. speltoides</i> BB
	<i>T. boeoticum aegilopoides</i> AA

nom vernaculaire

Triticum dicocoides
amidonier sauvage
• espèce sauvage
• chromosome BB
• génome AABB
• grains velus

Herkunft des Weizens

Chromosome	Wilde Form
Diploid 2n=2x=14 Chromosome	<i>Aegilops tauschii</i> = <i>Ae. squarrosa</i> <i>Aegilops speltoides</i> ? <i>Triticum urartu</i>
Genom	DD BB AA
Tetraploid 2n=4x=28 Chromosome	

A. speltoides
BB

T. urartu
AA

Ae. squarrosa
DD

T. aestivum ssp. *spelta*
Dinkel
T. aestivum ssp. *macha*

T. aestivum ssp. *sphaerococcum* = blé indien, blé sphérique, indischer Kugelweizen

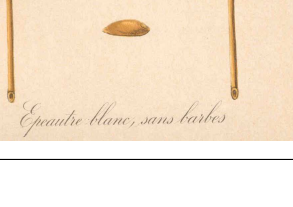
AABB

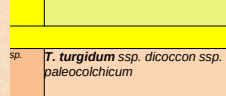
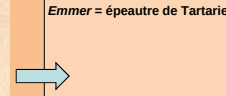
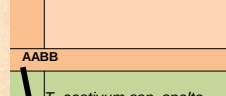
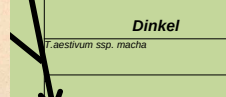
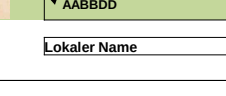
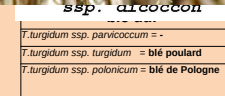
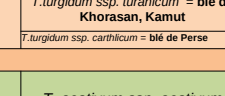
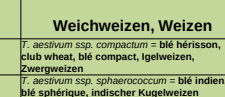
AABBDD

Lokaler Namen

Herkunft des Weizen

<http://www.sortengarten.ethz.ch>

Chromosome	Formes sauvages
Diploides $2n=2x=14$ Chromosome	
Genom	
Tétraploides $2n=4x=28$ Chromosome	
Genom	
Hexaploides $2n=6x=42$ Chromosome	
Genom	

	<i>Triticum turgidum</i>
	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>dicoccon</i> ssp. <i>paleocolchicum</i>
	Emmer = épeautre de Tartarie
	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>parvicoccum</i> = -
	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>turgidum</i> = blé poulard
	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>polonicum</i> = blé de Pologne
	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>turanicum</i> = blé de Khorasan, Kamut
	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>cartholicum</i> = blé de Perse
	<i>T. aestivum</i> ssp. <i>spelta</i>
	<i>T. aestivum</i> ssp. <i>aestivum</i>
	Dinkel
	<i>T. aestivum</i> ssp. <i>macha</i>
	<i>T. aestivum</i> ssp. <i>compactum</i> = blé hérissé, club wheat, blé compact, igelweizen, Zwergweizen
	<i>T. aestivum</i> ssp. <i>sphaerococcum</i> = blé indien, blé sphérique, indischer Kugelweizen
	AABBDD

Lokaler Name

Domestizierung von Pflanzen

Ohne Domestizierung und Züchtung würden unsere Lebensmittel so aussehen:

Melone



Melon

Mais



Mais

Banane



Banane

Aubergine



Aubergine

Karotte



Carotte

Kohl,
Broccoli

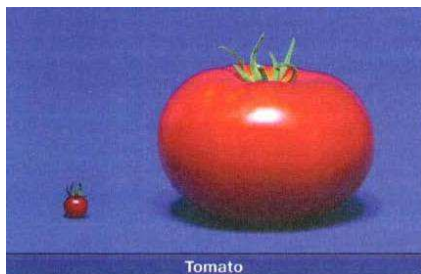
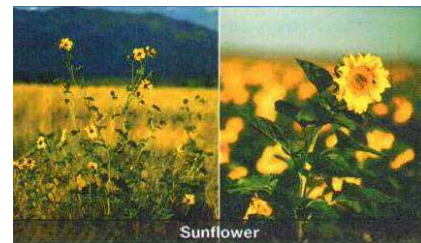


Choux, Brocoli

Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

6

Domestizierung von Pflanzen



Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

7

Domestizierung von Pflanzen

Domestizierung: Prozess durch den die Wildpflanze genetisch an die Bedürfnisse des Menschen angepasst wurde. Domestizierung (von der Pflanze zum Korn)

1. Gleichzeitiges Auffüllung der Körner, florale Synchronisation
2. Gut sichtbarer Zusammenschluss der Körner innerhalb des Trageorgans, apikale Dominanz (Mais)
3. Brüchigkeit der Ährenspindel verschwindet, Verlust des natürlichen Mechanismus der Dispersion der Körner → solider Stiel
4. Zunahme der Körnergrösse
5. Körner lassen sich leichter entspelzen → nackte Körner
6. Schnellere und gleichzeitige Keimung der Körner, Verlust der Keimruhe, Verkleinerung der Spelzendicke
7. Änderung der Sensibilität auf die Photoperiode
8. (Verlust von giftigen und ungeniessbaren Inhaltsstoffen)

Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

8

Die Domestizierung des Weizens

Häufig sorgen wenige Gene für den Unterschied :

Gen Br (3A,3B) schwacher Stiel

Gen Q (5 AL) Einfach zu dreschen,

Quadratförmige Ähre,

Gen Tg (2 DL) haftende Spelzen

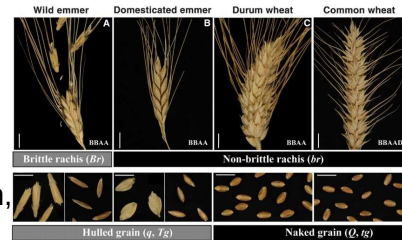
Gen C (2 DL) kompakte Ähre

Gen S (3 DS) kugelförmige Körner

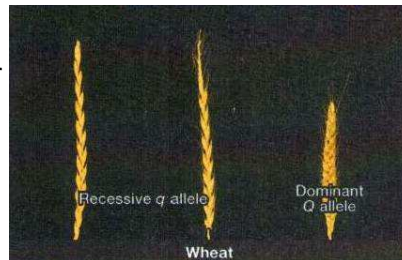
p.ex.:

T. spelta: qq TgTg cc SS

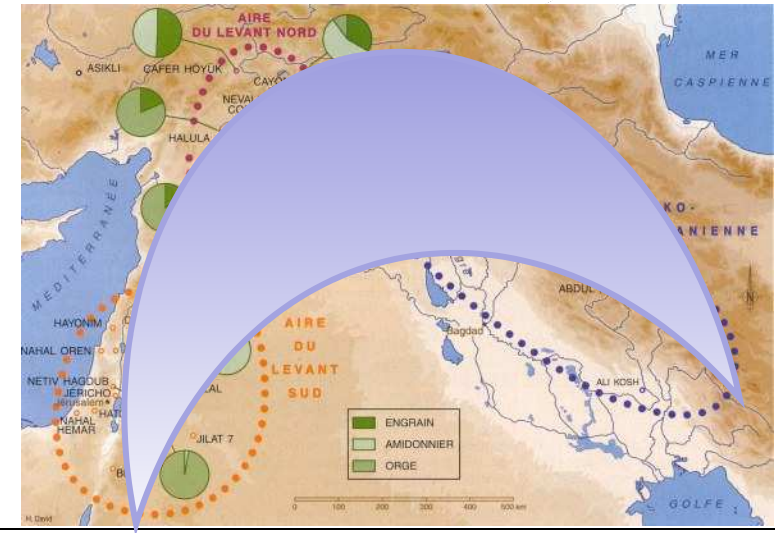
T. aestivum: QQ tgTg cc SS



Jorge Dubcovsky, and Jan Dvorak Science 2007; 316:1862-1866

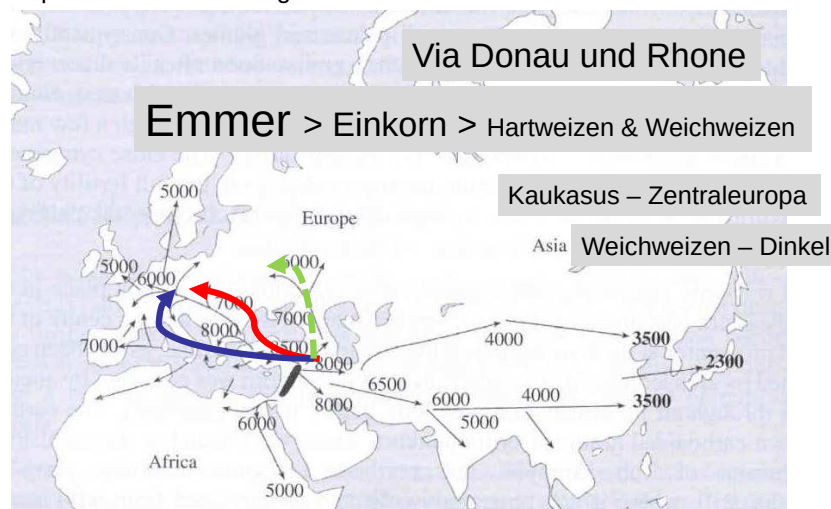


Migration des fruchtbaren Halbmondes...



Migration des fruchtbaren Halbmondes nach...

Route der Ausbreitung des Weizens, Anzahl Jahre seit den ersten Spuren der Kultivierung



Herkunft – Domestizierung - Migration

Zusammenfassung:

-13'000 bis - 10'300

sammeln von Wildformen von Emmer und Einkorn, erste landwirtschaftliche Techniken

-10'300 bis - 9'500

Anbau von Formen mit schwachen Ährenspindel

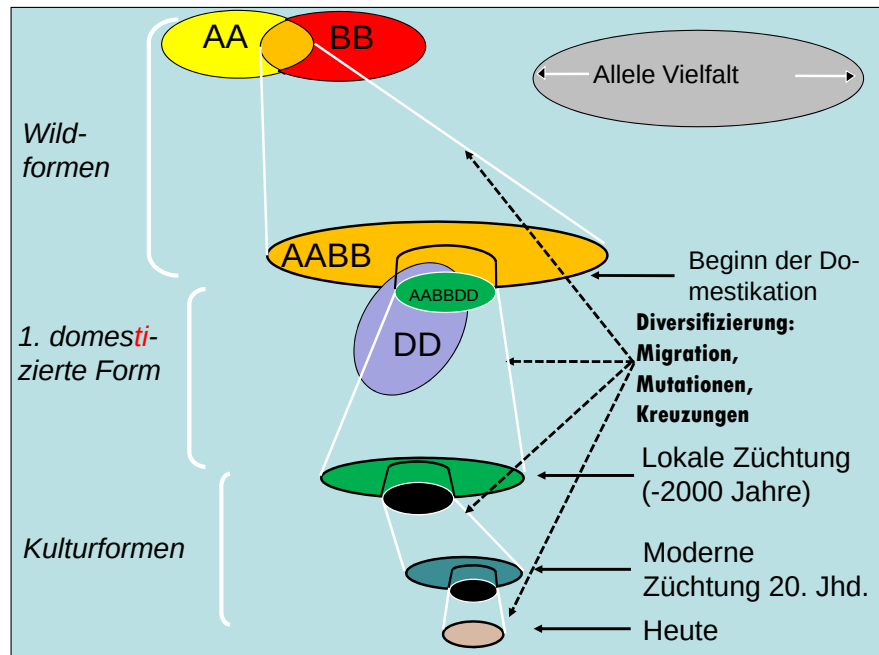
-9'500 bis -7'500

Auftreten von Formen mit festen Ährenspindeln, tetraploider Weizen mit nackten Körnern (Hartweizen)
hexaploider Weizen mit nackten Körnern («weicher» Weizen)

-7'500 bis -6'200

Ausbreitung des Weizenanbaus in Zentralasien, Südeuropa und Ägypten

Züchtung - Diversifizierung



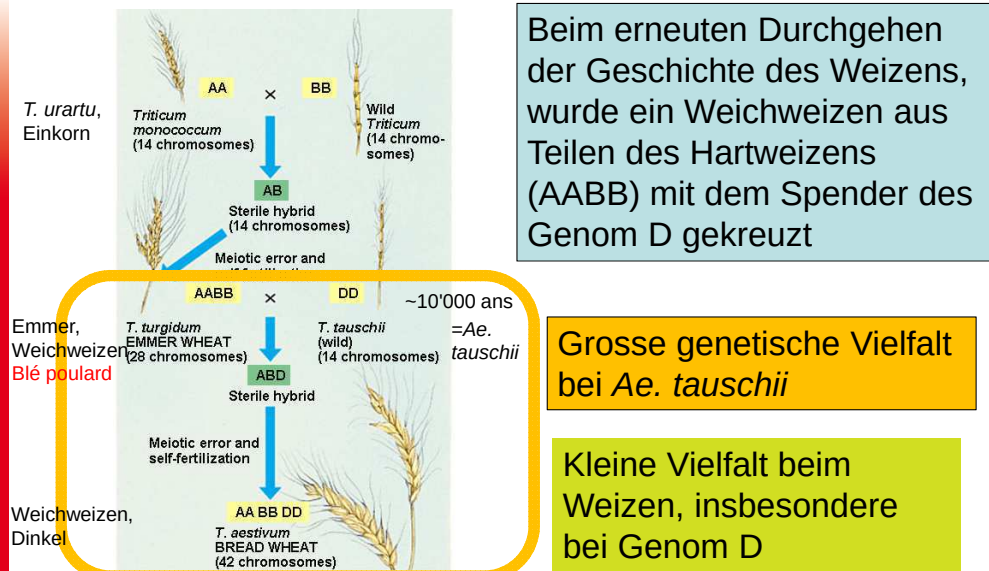
Neuinterpretation der Vielfalt des ersten Weizens



Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

14

Was ist synthetischer Weizen?



Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

15

Bedeutung des Genoms D

Zahlreiche Gene konnten im Genom D identifiziert werden:

- Braunrost (*Lr21*, *Lr32*, *Lr39*, *Lr42*)
- Gelbrost (*Yr28*)
- Schwarzrost (*Sr33*)
- « Hessian fly » (*Mayetiola destructor*) (*H22*, *H23*, *H24*, *H26*)
- ...

Man hofft dort neue, interessante "wilde" Eigenschaften zu finden:

- Resistenz gegen Auswuchs
- Resistenz gegen abiotischen Stress (Trockenheit, Wasser- und Kälteextreme, Salzgehalt)
- Qualität (Härte der Körner, Zusammensetzung der Proteine)

Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

16

Synthetische Weizensorten



Erste Erfolge

- Das **CIMMYT** konnte grosse Erfolge mit synthetischem Weizen erzielen, welcher aus einer Rückkreuzung (BC_1F_1) gewonnen wurde
- Eine ihrer synthetischen Sorten (cv VOROBAY) ist ein Sprung nach vorne für Trockenheitsresistenz
- Seit 1997 sind > 20% der Linien des CIMMYT "synthetisch".
- In **Australien** wurde ein Programm gestartet (biotische und abiotische Resistenzen, Auswuchs, Trockenheit, Salzgehalt)
- In **China**, werden die synthetische Linien seit 1995 verwendet
- Gelbrostresistente Sorten wurden entwickelt, seit 2003 wurden 4 Sorten eingeschrieben darunter Chuanmai 42 +23% des Standards, >100'000 ha seit 2006

Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

18

Verwendung im Programm von Agroscope

In Changins wurden 3 synthetische Weizensorten auf Grund ihrer Resistenzen gegen echten Mehltau, Septoria und wegen anderen agronomischen Kriterien ausgewählt und bei Kreuzungen mit Elitesorten/Linien im 2008 und 2009 (BC) verwendet. 20 Linien und 50 neue synthetische Linien werden in 2016 evaluiert werden.

Génération	2013	2014	2015	2016
Lignées F4	251			
Lignées F5	30	51		
Lignées F6		9	21	
Lignées F7			7	17
Lignées F8				3

Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

19

Schweiz - Beginn der Züchtung

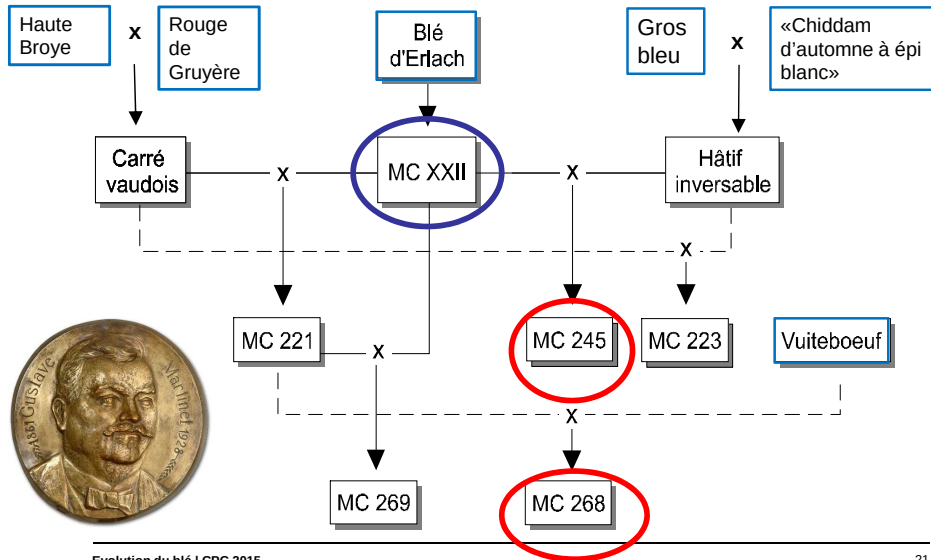
Weizenpopulationen welche aus Landsorten gewonnen wurden (Ende 19. - Anfang 20 Jhd.):

- Petit Rouge du pays
 - [Blanc du Jorat](#), [Bretonnières](#), [Vuiteboeuf](#), [Baulmes](#), ...
- Blanc du pays (Blanc précoce, Blanc de Savoie)
 - [Haute-Broye](#), [Peissy](#), [Pailly](#), [Rouge de la Venoge](#),...
- Blé d'Altkirch
 - [Rouge de Gruyère](#), [Rouge de Cernier](#), [Rouge de Vaumarcus](#),...
- Weizen aus Graubünden
 - [Plantahof](#), [Rothenbrunner](#),...
- Zürcher Weizen
 - [Strickhof](#),...
- Erlacher Weizen (Rütti)
 - [MC XXII \(1913\)](#), [Barbut du Tronchet](#)

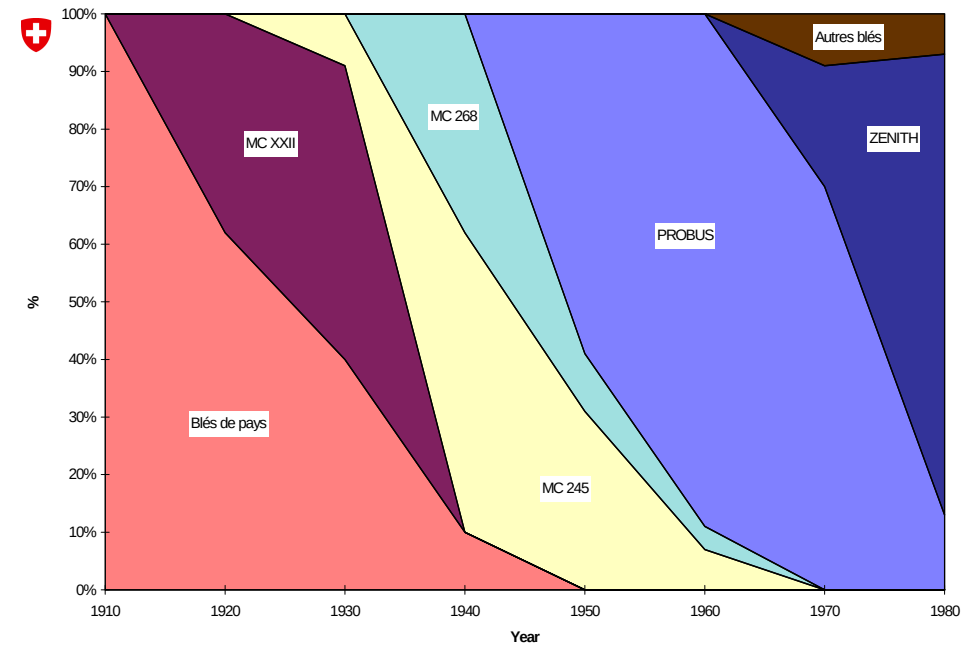
Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

20

Schweiz – Beginn der Züchtung

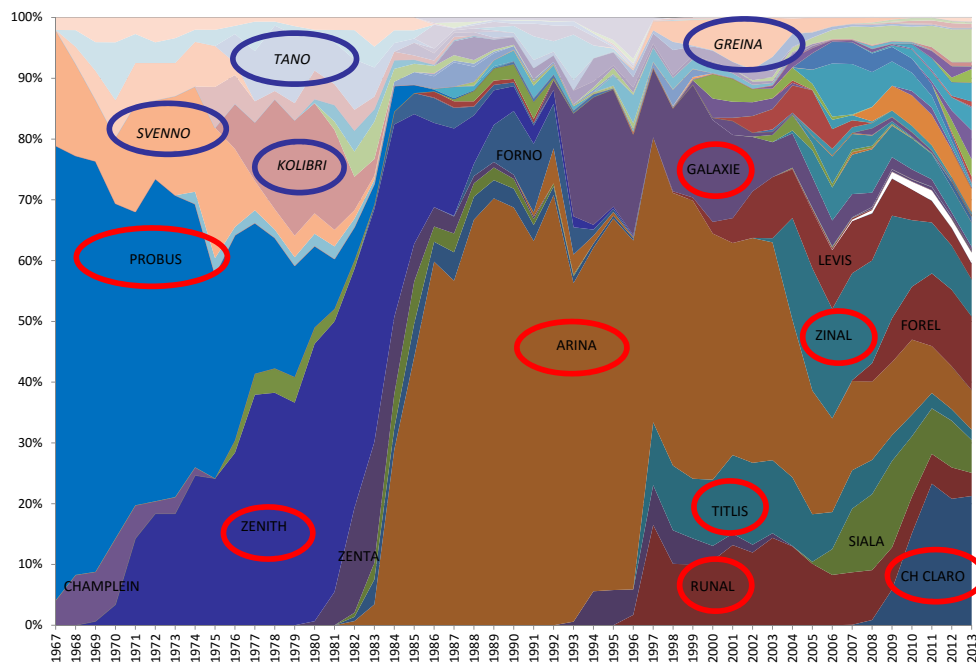


21



22

Anteil der Sorten in der Schweiz (1967-2013)



Erhaltung der genetischen Ressourcen in Changins

- Seit 1900 Sammlung durch die Züchter
- Getreidesammlungen bis in die 80er Jahre (1989 Aosta)
- Die grösste Dinkelsammlung der Welt (Schweiz, Deutschland, Belgien, Luxemburg, Spanien)



Espèce	Nombre d'accessions
Blé = Weizen	> 5100
Epeautre = Dinkel	> 2200
Triticale	> 840
Orge = Gerste	> 790
Seigle = Roggen	> 70
Avoine = Hafer	> 40
Plantes maraîchères = Gemüse	> 700
Maïs = Mais	> 400
Plantes industrielles (soja, fève, pavot, ...)	> 80
Plantes fourragères = Futterpflanzen	> 100
Plantes médicinales = Heilpflanzen	> 140
Total	> 10'470

24



Faktoren der Diversifizierung & des Engpasses

Züchten bedeutet eine Auswahl in einer erschaffenen oder existierenden Diversität

Diversifizierung

- Mutationen
 - *Lr34, Rht, ...*
- Kreuzungen (intra- & interspezifisch)
 - spontan (<~5%),
 - kontrolliert (*Sorte1 x Sorte2, VPM, Synthetisch,*)
- Unterschiede der Umwelt
 - Klima, Boden, Breitengrad, Höhe
 - Anbautechnik, Branchen

Nutzung der Variabilität

Externe Quellen:

- Austausch mit anderen Züchtern
- Internationale Sammlungen und Pflanzgärten
- Nationaler Katalog

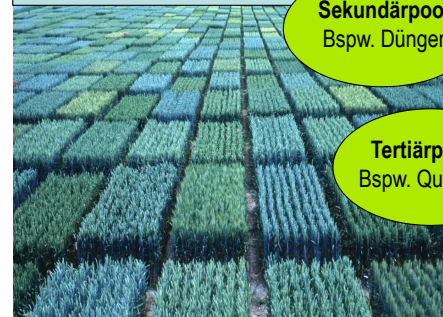
interne :

- CH Sorten
- Fortgeschrittene Linien
- Sammlungen

Primärpool
Weizen

Sekundärpool
Bspw. Dünger

Tertiärpool
Bspw. Quecke



Schaffung von Variabilität



V: *Aegilops ventricosa* P: *T. persicum* = *Ae. triuncialis* AB M: *T. aestivum* cv. Marne ABD VPM: *T. aestivum* ABD

- Interspezifische Kreuzungen (bspw. VPM, « synthetics »)
- mutagen
- transgen

Quartärpool
Andere
Organismen



Der Engpass

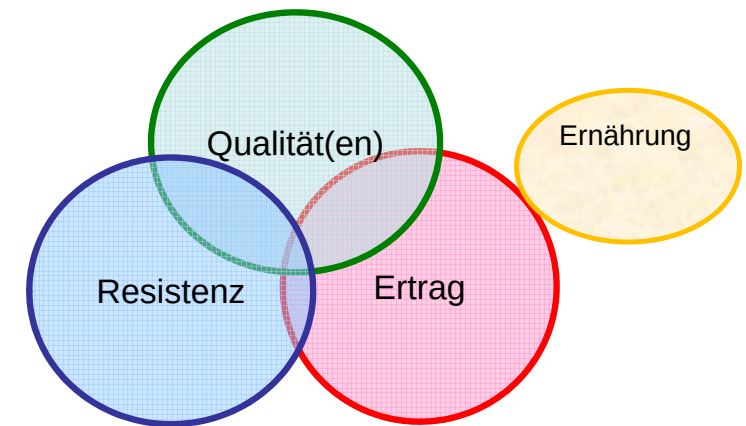
Einige Faktoren die die Variabilität verkleinern

1. Zuchtziele

- *Der beste , aber nur der beste...*

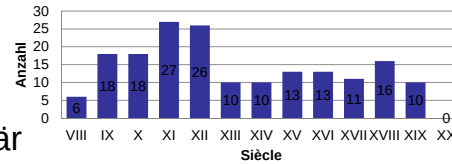


1. Zuchtziele



1 Zuchtziele

Anzahl in Frankreich
verzeichnete Hungersnöte und
Mangel an Nahrungsmittel



Ertrag

am Anfang prioritär

→ 1914-18, 1939-45, 1984, ...

Stabilität des Ertrages

Koadaptation an die Kulturtechnik

Anpassung an abiotische Faktoren (Klima, Boden)

Resistenz gegen Pilzkrankheiten

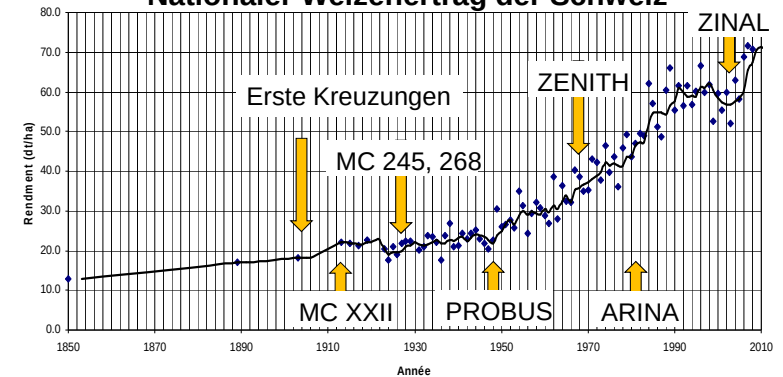
→ RJ Probus, Fungizide <> extenso

Backqualität

kein Export, «Schweizer» Brot, neue industrielle Technologien

Die Züchtung

Nationaler Weizenertrag der Schweiz



Die Züchtung ist effizient.

33 bis 63% des Fortschrittes ist der Züchtung zuzuschreiben.

Der Engpass

Einige Faktoren die die Variabilität verkleinern

1. Zuchtziele

- *Der beste, aber nur der beste...*

2. Seltene Quellen an interessanten Genen

- *Resistenzgene, Zwergwuchs, Qualität,*

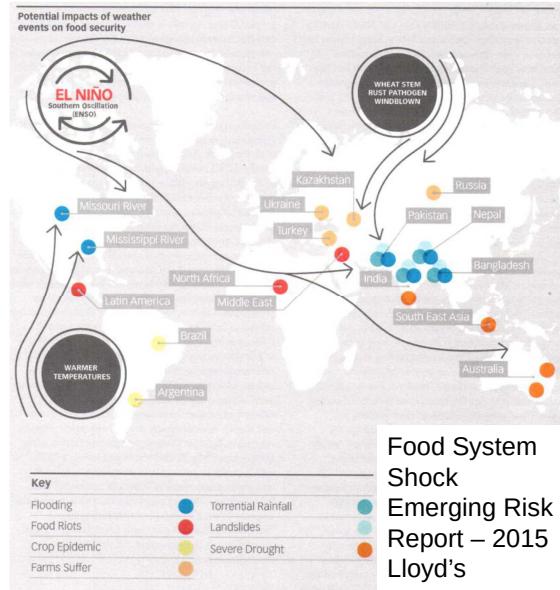
2. Seltene Quellen an interessanten Genen

Beispiele :

Agronomie, Resistenz

1. Rht1, Rht2 Die Zwergwuchsgene der grünen Revolution
2. 1BL-1RS Translokation (+ Lr26, Yr9, Sr31, Pm8, Aphid res., Biomasse, PMG; +/- Ertrag, - sticky dough)
3. VPM Markierung (enzymatisch), (+ Lr37, Yr17, Sr38, Cre5)
4. Sr31, Lr24, ... sehr effiziente Resistenzgene, Risiko des « boom and bust »

Risiken ?



Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

Klima:
El Niño →
Überschwemmungen
in den USA (-7%)
Starker Monsun im
Norden und
Trockenheit im Süden
von Indien
(-11%)
und Pakistan
(-15%)
Trockenheit AUS
(-50%)
Pathologie:
Ug99 erreicht TUR,
KAZ, UKR (-15%)
RUS (-10%)
→
Weizenpreis:
+400%

33

2. Seltene Quellen an interessanten Genen

Beispiele:

1. HMWG 5+10 Züchtung für Backqualität

Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

34

Die Frequenz des Allels Glu-D1 5+10, welches einen sehr großen Einfluss auf die Teigeigenschaften hat, ist in den Landsorten von Schweizer Winterweizen selten (<8%). Obwohl dieses Allel in über 50% der zwischen 1913 und 2015 registrierten Sorten vorkommt. Im Sommerweizen ist diese Frequenz bei >60% der Landsorten und bei 86% der modernen Sorten vorhanden. Andere Allele mit positivem Einfluss auf die Backqualität sind ebenfalls häufiger (Glu-A1 2", 2*, Glu-B1 7+9) in den aktuellen Sorten. Einige seltene Allele (Glu-B1 13+16, 14+15, 17+18) finden sich häufiger bei Sommerweizensorten als beim Winterweizen. Durch Kreuzungen von Winter x Sommer können sie auch für Winterweizensorten verwendet werden.

		HMW-GS		Quality

Cultivar Name	Year of registration	Secalin	HMW-GS			Quality
			Glu-A1	Glu-B1	Glu-E1	

Uniter engadina	1	6.6	2.12	42
Vesperminen 63BD	1	6.8	2.12	24
Vesperminen 64BD	1	7.9	2.12	42
Vesperminen	1	7.8	2.12	40
Vuiteboeuf	1	6.8	2.12	24

BARDAN	2014	2*	7.8	5.10	78
MONTALTO	2014	nul	7.9	5.10	50
VANILNOIR	2014	2*	7	2.12	30
# for biscuit					

Der Engpass

Einige Faktoren, die die Variabilität verkleinern

1. Zuchtziele
 - Der beste, aber nur der besten...
2. Seltene Quellen an interessanten Genen
 - Resistenzgene, Zwergwuchs, Qualität,
3. Konzentration
 - Regional auf wenige Sorten (Top 5)
 - Abnehmende Anzahl der Akteure in der Züchtung, bei der Vermehrung oder der Nutzung,...

Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

36

3. Konzentration des Marktes auf wenige Sorten

In der Schweiz:

- 245+268 ~90% (1940 S.romande)
- Probus ~89% (1960 S.romande), ~75% (1967)
- Zénith ~46% (1980)
- Arina ~71% (1992)
- CH Claro ~21% (2013) + Siala ~5%

Die Anzahl möglicher Sorten erhöht sich mehr und mehr, aber der Anteil der Top 5 & Top 10 bleibt hoch

Land	möglich	Nationaler Katalog	Empfohlene Listen	% der Top 5	% der Top 10
CH	2'235 = Europ. Katalog	~100	LR 33 (28 + 5)	51%	73%
France	2'235 = Europ. Katalog	304	S.d.F >120 VrMF >70	26%	38%

3. Konzentration auf wenige Sorten

In gewissen Ländern belegen einige dominante Sorten mehrere hunderttausend Hektaren. z.B. Sommerweizen im Osten / cv Granite

Land	1. Sorte	Top 10	ha (x1000)
Ukraine	28%	96%	160 - 240
Weissrussland	30%	94%	191
Russland	13%	57%	12'848
Kasachstan			11'568

Wenn es keine oder nur eine schwache öffentliche Züchtung gibt und der Saatgutmarkt nur wenig einträglich ist

- wenig oder keine Förderabgaben, viel Hofsaatgut
→ dann hat es nur wenige Züchter und wenige Sorten
Aber die Situation entwickelt sich laufend weiter

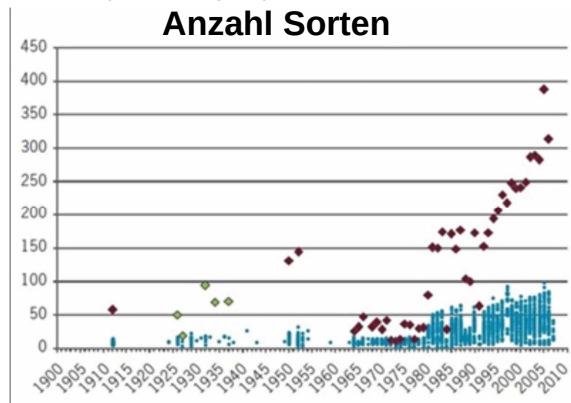
Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

38

3. Konzentration auf wenige Sorten Entwicklung in Frankreich

Entwicklung im Verlaufe des 20. Jhd. in 80 französischen Départements (blau) und auf nationalem Niveau (schwarz/grün)

Die Lokalsorten wurden durch moderne Sorten ersetzt. Nach den 70er Jahren erhöht sich die Anzahl Sorten deutlich. Einige Hauptsorten dominieren.



Etude Goldringer et al., 21.11.2013

(http://www.cpc-skek.ch/fileadmin/Fachtagungen/2013/INRA_Goldringer.pdf)

Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

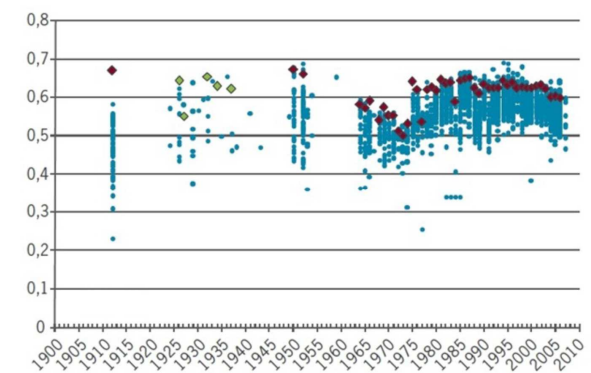
39

3. Konzentration

Inter-Sorten allelische Diversität
(Aber nur auf der Basis von 35 Marker gemessen!)

Die Diversität zwischen den Sorten verkleinert sich von 1912 bis in die 70er, anschliessend erhöht sie sich deutlich. Nachher stagniert sie und nimmt seit Ende der 90er Jahre wieder ab

Indiz der Diversität von Nei



Etude Goldringer et al., 21.11.2013

(http://www.cpc-skek.ch/fileadmin/Fachtagungen/2013/INRA_Goldringer.pdf)

Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

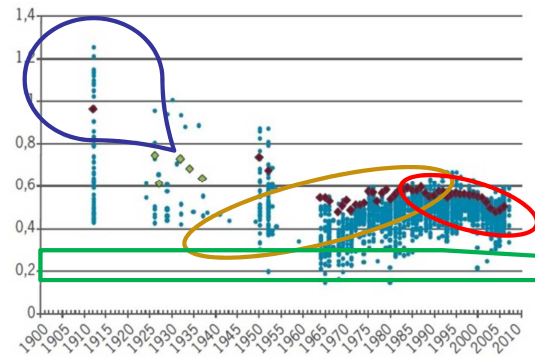
40

3. Abnahme der Anzahl Akteure

Man könnte **noch** den Indizes Anzahl der Züchter hinzufügen:

- Die **Bauern** (cv.loc.)
- Die **Pioniere** der öffentlichen Züchtung
- Die **Unternehmen** der privaten Züchter
- Die **multinationalen Konzerne**, Aufkauf und Fusionen

Zusammengesetzter Indikator Ht*
(genetische Diversität inter- und intra-Sorten, Sorten spektrum)



Etude Goldringer et al., 21.11.2013

(http://www.cpc-skek.ch/fileadmin/Fachtagungen/2013/INRA_Goldringer.pdf)

3. Abnahme der Anzahl Akteure

Diese Abnahme der Anzahl Akteure beobachtet man nicht nur auf Ebene der Züchter, sondern auch auf Ebene:

- der **Saatgutproduzenten** (VO=Vehrmehrungsorganisation),
- der **Saatgutverteiler** (Kooperativen),
- der **Erntenden** (Sammelstellen),
- der **Müllereien**,
- der **Bäckereien** und der **Backindustrie**.

Die ganze Branche versucht die Anzahl Sorten, welche sie Verarbeiten muss, zu verringern. Sie wirken bisweilen sehr "erhaltend".

Diversität ! Diversität ?

Verlust der Biodiversität:

- Verschwinden von Biotopen !!!
- Wenig angebaute Arten !!
- Schwache intra-Arten Diversität !
 - Angebaute Sorten (Anzahl)
 - Diversität inter-Sorten
 - Diversität intra-Sorten (Population)

Welche Diversität?

- globale – regional – auf dem Feld?

Diversität ! Diversität ?

Global und aus vielen Blickwinkeln gesehen, gibt es beim Weizen eine grosse Diversität:

- Winterweizen / Sommerweizen, rote / weisse / (und andere) Typen von Körner, weiche / harte Körner, Backqualität etc...
 - Regionale Anpassung, keine weltweit verbreitete Sorte (keinen "Golden delicious" oder "Russet Burbank")
- Eine grosse Anzahl Sorten weltweit oder in Europa
- Eine gute Erhaltung von genetischen Ressourcen

Man fand einen Ausweg aus dem Mangel an Diversität in den 70er Jahren aber...

- Lokal besteht das Risiko einer Konzentration auf nur wenige Sorten ("Top 5")
- Eine Krise ist immer noch möglich (bspw. Ug99), vor allem wegen dem empfindlichen Welternährungssystem

Diversität ! Diversität ?

Was machen auf Ebene Landwirtschaftsbetrieb und auf dem Feld:

- mehrere Sorten (wegen klimatischen Risiken / Krankheitsrisiko) zu Gunsten des Betriebes
- Mischung von Sorten (die Landwirte sind häufig schon davon überzeugt), da diese Mischungen auf Ebene der Produktion zu einer Stabilisierung führen, dagegen müssen die Zustimmungserfordernisse auch in Betracht gezogen werden. Die Qualität muss auch beständig und sicher sein (Kontrolle und Vertrauen):
- Sorte "Population" (+ / -)
 - Der Müller ist der Mischer. Auch er benötigt die Diversität und erstklassiges Material, welches so beständig wie möglich ist.
 - Es ist möglich (bspw. Roggen)

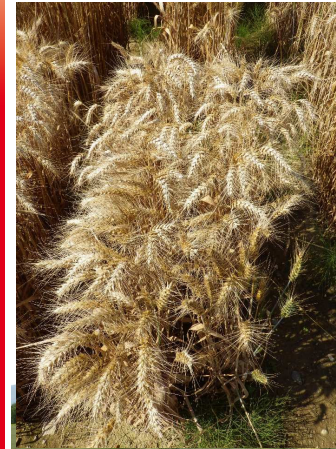
Evolution du blé | CPC 2015
D. Fossati

45

Agroscope

Danke für die Aufmerksamkeit

Agroscope Gutes Essen,
Gesunde Umwelt



Agroscope