



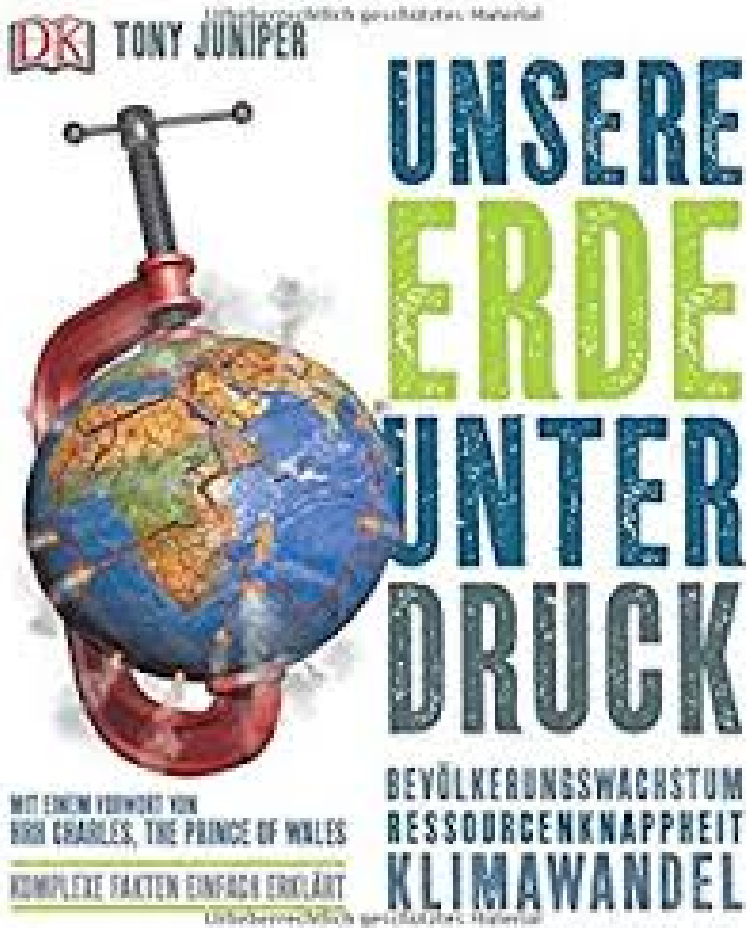
**Julius Kühn-Institut**

Bundforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Federal Research Centre for Cultivated Plants

# Anpassung des Landbaus an den Klimawandel – Pflanzenzüchterische Möglichkeiten

Frank Ordon

# Klimawandel



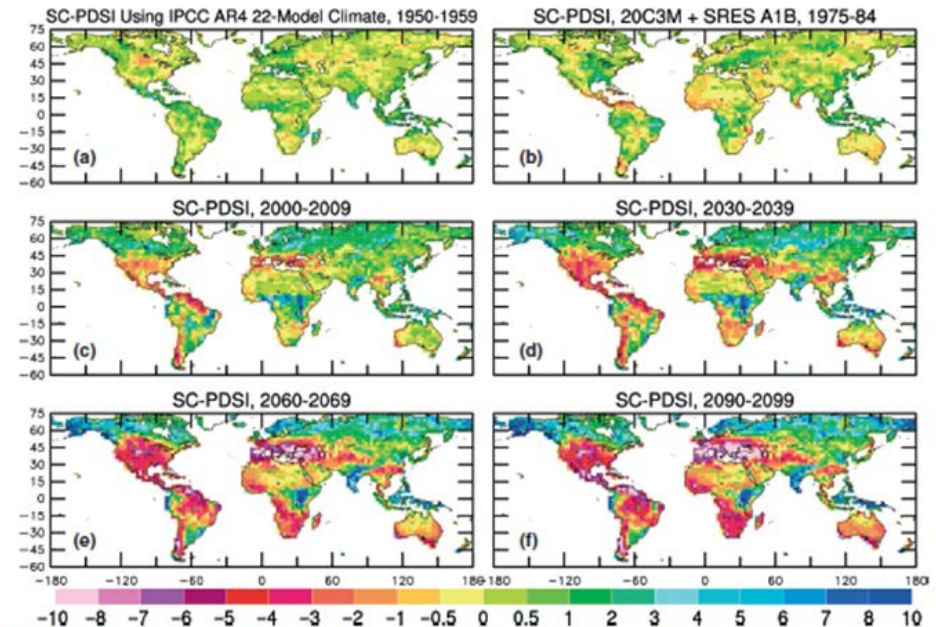
<https://www.amazon.de>



World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100

21 June 2017, New York

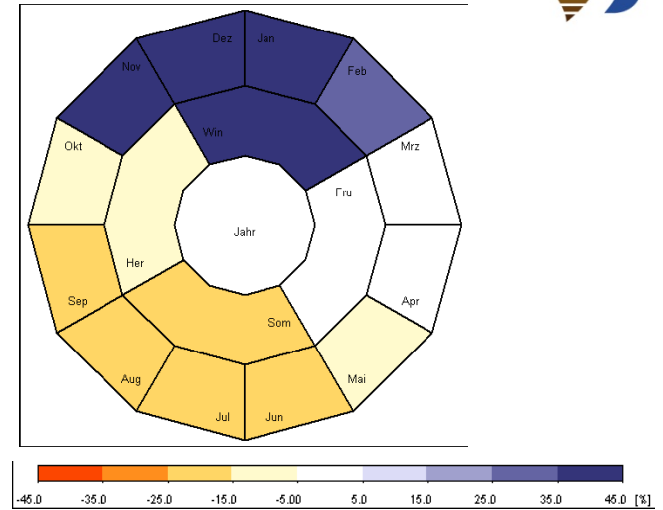
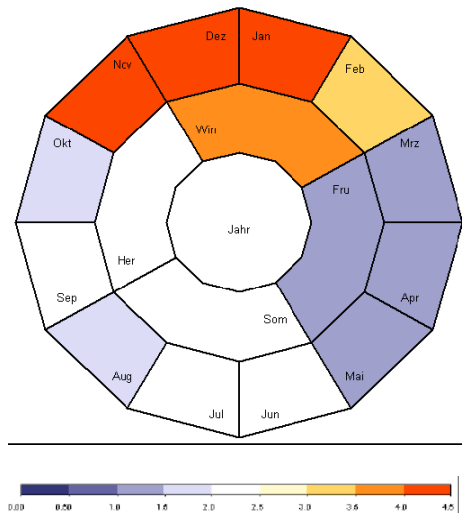
The current world population of 7.6 billion is expected to reach 8.6 billion in 2030, 9.8 billion in 2050 and 11.2 billion in 2100, according to a new United Nations report being launched today. With roughly 83 million



**FIGURE 11 |** (Corrected version) Mean annual sc-PDSI pm for years (a) 1950–1959, (b) 1975–1984, (c) 2000–2009, (d) 2030–2039, (e) 2060–2069, and (f) 2090–2099 calculated using the 22-model ensemble-mean surface air temperature, precipitation, humidity, net radiation, and wind speed used in the IPCC AR4 from the 20th century and SRES A1B 21st century simulations. Red to pink areas are extremely dry (severe drought) conditions while blue colors indicate wet areas relative to the 1950–1979 mean.

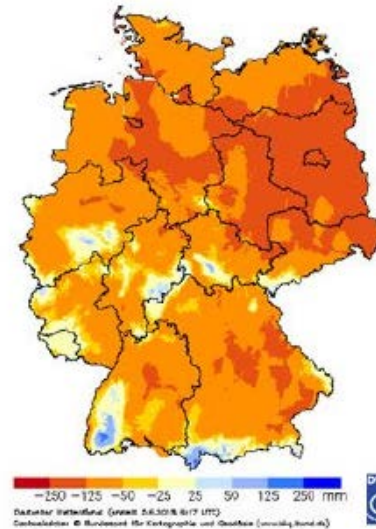
Dai, A. (2010)

# Klimawandel



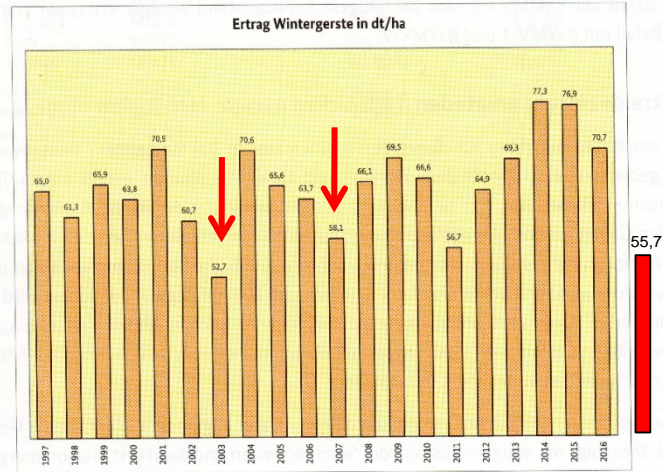
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/GGTSPU-styx2.bba.de-6248-7152625-DAT/3133.pdf>

Wasserbilanz 01.03.2018 – 31.05.2018

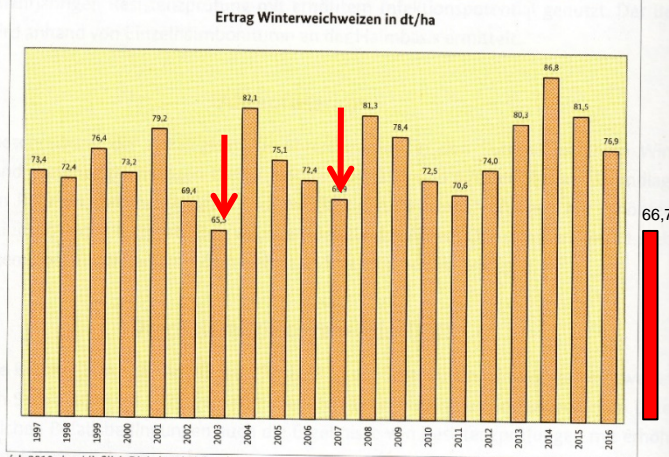


Wasserbilanz 01.06.2018 – 20.08.2018



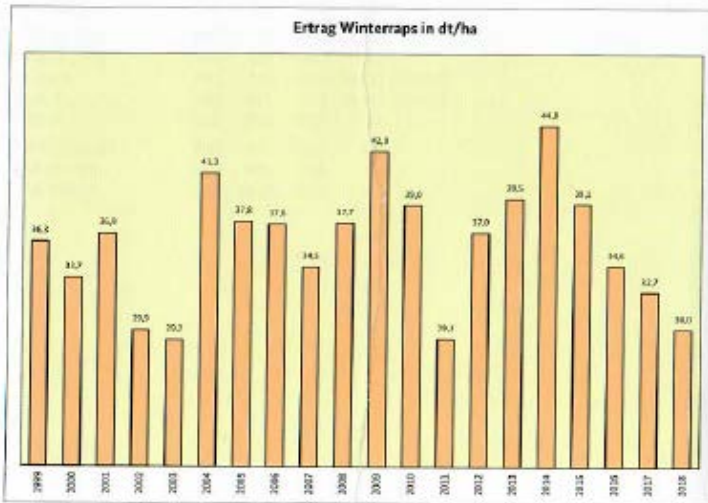


Quelle: Wachstum und Ernte - Feldfrüchte - Fachserie 3 Reihe 3.2.1 (www.destatis.de)

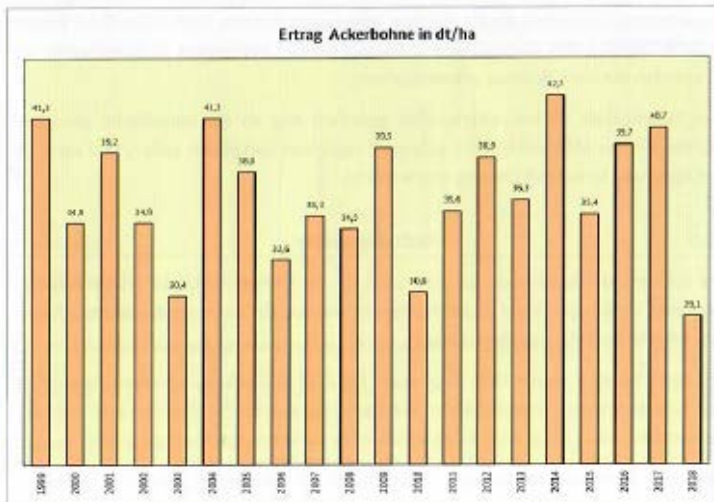


(ab 2010 einschließlich Dinkel und Einkorn)

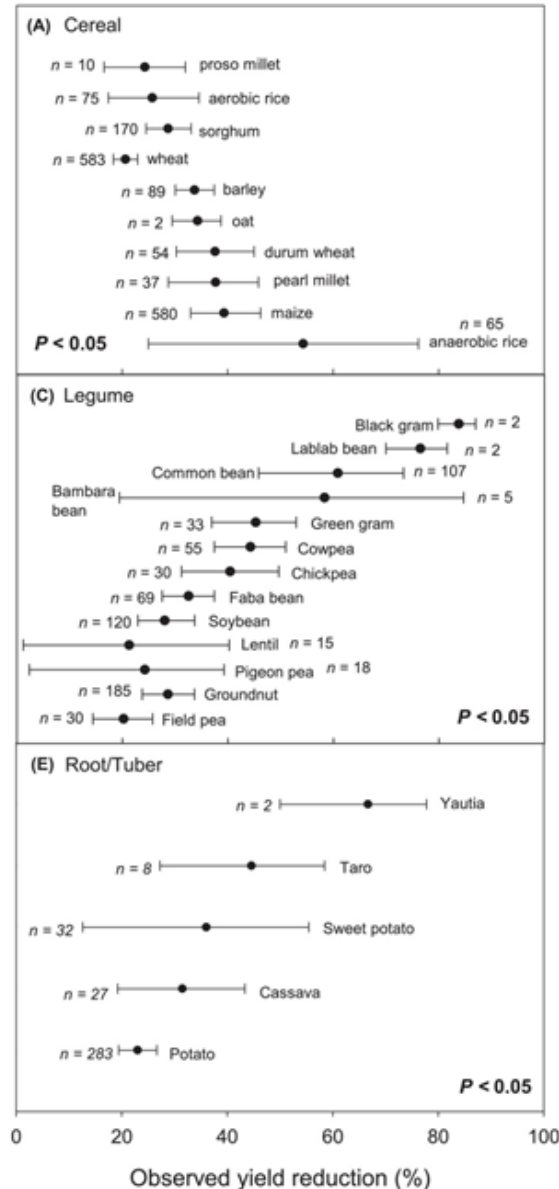
Quelle: Wachstum und Ernte - Feldfrüchte - Fachserie 3 Reihe 3.2.1 (www.destatis.de)



Quelle: Wachstum und Ernte - Feldfrüchte - Fachserie 3 Reihe 3.2.1 (www.destatis.de)



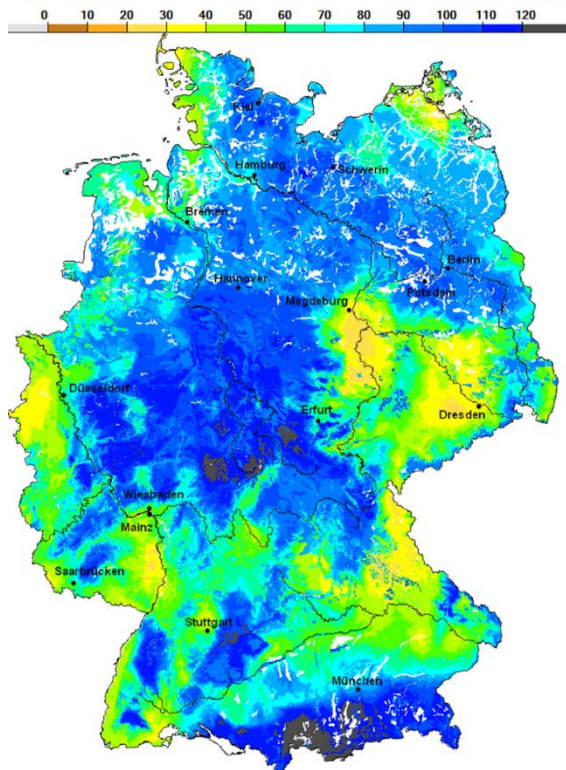
Quelle: Wachstum und Ernte - Feldfrüchte - Fachserie 3 Reihe 3.2.1 (www.destatis.de)



Daryanto et al. 2017

## Extremwetterindikator: Bodenfeuchte in 0-60 cm zum Termin der Aussaat von Winterraps

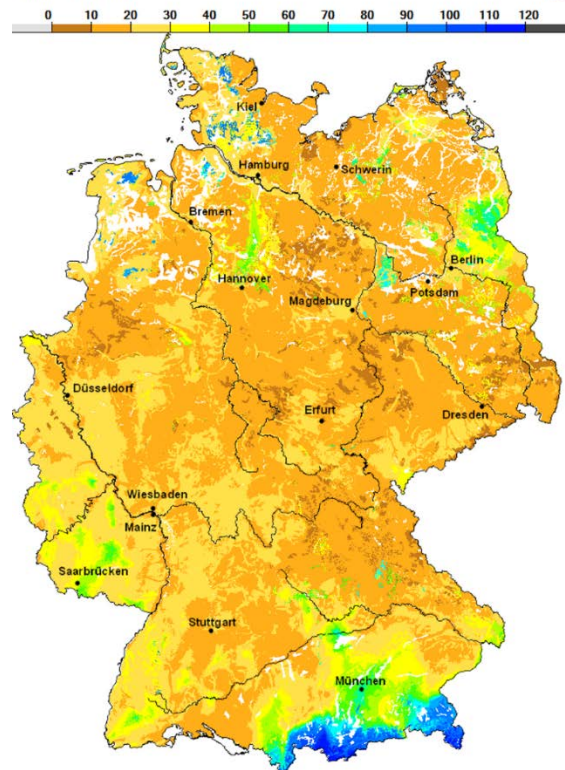
Bodenfeuchte [%nFK] in 0-60 cm  
Datum: 16.08.2017



Geobasisdaten © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie ([www.bkg.bund.de](http://www.bkg.bund.de))

2017

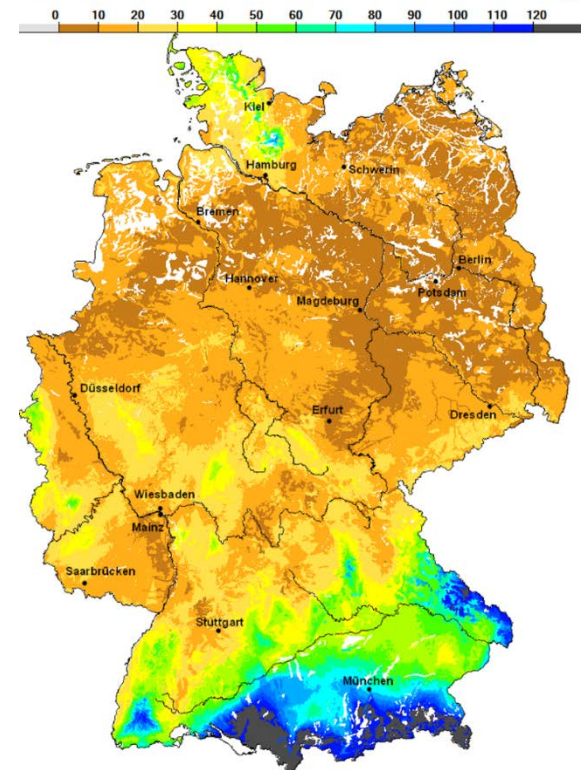
Bodenfeuchte [%nFK] in 0-60 cm  
Datum: 16.08.2018



Geobasisdaten © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie ([www.bkg.bund.de](http://www.bkg.bund.de))

2018

Bodenfeuchte [%nFK] in 0-60 cm  
Datum: 16.08.2019



Geobasisdaten © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie ([www.bkg.bund.de](http://www.bkg.bund.de))

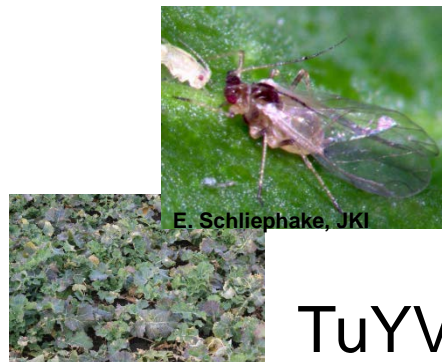
2019

# Schaderreger

- Insekten
- Viren
- Bakterien
- Pilze

Chimelewski, 2007: Steigerung der Durchschnittstemperatur um 3-6°C ermöglicht Arealausweitung bis zu 1000 km Richtung Norden

Pilzliche Erreger mit höheren Temperaturansprüchen wie der Schwarzrost oder die Cercospora-Blattfleckenkrankheit (*Cercospora beticola*) können sich ausbreiten



TuYV





...verbundene unvermeidbare Risiken für Mensch, Tier und Naturhaushalt sind zu mindern. Der Nationale Aktionsplan greift diese Forderung auf, indem die methodenoffene angewandte Forschung und die Innovationsförderung im Pflanzenschutz, inklusive der Resistenzzüchtung, für die Weiterentwicklung des integrierten Pflanzenschutzes und des Pflanzenschutzes im ökologischen Landbau besonders beachtet werden.

NAP Seite 11

Ne-  
ben intensiver Erforschung neuer Verfahren des integrierten Pflanzenschutzes für viele wichtige Kulturen, die in Deutschland angebaut werden, befasst sich das JKI mit der Resistenzforschung. Resistente Sorten sind Kernbestandteil integrierter Pflanzenschutzverfahren.

NAP Seite 50





Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

## Diskussionspapier Ackerbaustrategie 2035

Perspektiven für einen produktiven  
und vielfältigen Pflanzenbau



### ZIELE

#### Widerstandsfähige und standortangepasste Arten und Sorten entwickeln und nutzen

1. Ziel ist die züchterische Verbesserung von Kulturpflanzen, insbesondere im Hinblick auf Ressourceneffizienz sowie auf Resistenz- und Toleranzeigenschaften. Dies ist eine wichtige Maßnahme, um den integrierten Anbau zu fördern. Dabei ist die züchterische Bearbeitung neuer, vernachlässigter oder bisher wenig genutzter Pflanzenarten ein weiteres wichtiges Ziel und sollte durch die öffentliche Forschungsförderung weiterhin unterstützt werden. Dies bietet Möglichkeiten, das **Kulturpflanzen-spektrum zu erweitern**, wenn sich wirtschaftliche Chancen für neue Produkte eröffnen.
2. Um den notwendigen Züchtungsfortschritt zu beschleunigen, sind **innovative Züchtungs- und Selektionsmethoden** weiter zu entwickeln und zu nutzen. Diese ermöglichen es, die Kulturpflanzen schnell an Veränderungen der Anbaubedingungen und des Schadorganismenspektrums anzupassen.

# Herausforderungen an die Pflanzenproduktion der Zukunft



Versorgung der Bevölkerung mit einer Vielfalt an qualitativ hochwertigen Lebensmitteln gewährleisten, Bereitstellung geeigneter Futtermittel und biobasierter Rohstoffe.

Schutz der natürlichen Ressourcen (Boden, Wasser, Luft), Verminderung von Risiken und negativen Auswirkungen auf die Umwelt, Entwicklung positiver Wirkungen auf die Umwelt und die Agrarlandschaft

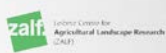
Erhalt und Förderung der Biodiversität/biologischen Vielfalt in der Agrarlandschaft

Anpassung des Ackerbaus an den Klimawandel



Ackerbaustrategie  
Biodiversitätsstrategie  
Eiweißstrategie  
NAP-Pflanzenschutz  
Digitalisierung

.....



TOWARDS CHEMICAL PESTICIDE-FREE AGRICULTURE

# Pflanzliche Produktionskette



<https://raiffeisen-baumarkt-burgkunstadt.de/sortimente/agrar/saatgut-und-saemereien/>



[http://www.agrartechnik-im-einsatz.de/de/index.php?page=view\\_pictureBig&id=711520](http://www.agrartechnik-im-einsatz.de/de/index.php?page=view_pictureBig&id=711520)



<https://www.google.com/search?q=Mährescher&client=firefox>



[https://www.google.com/search?q=Brotkorb&client=firefox-b&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewikpM2395HeAhWPncAKHYUwD2AQ\\_AUIDygC&biw=1680&bih=893#imgrc=2pOKBip79--MAM:](https://www.google.com/search?q=Brotkorb&client=firefox-b&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewikpM2395HeAhWPncAKHYUwD2AQ_AUIDygC&biw=1680&bih=893#imgrc=2pOKBip79--MAM:)

$$Y = G \times E \times M$$



Genotyp  
Sorte



Boden  
Witterung  
.....



Pflanzenschutz  
Düngung  
.....

# Success of breeding for resistance in wheat in Germany

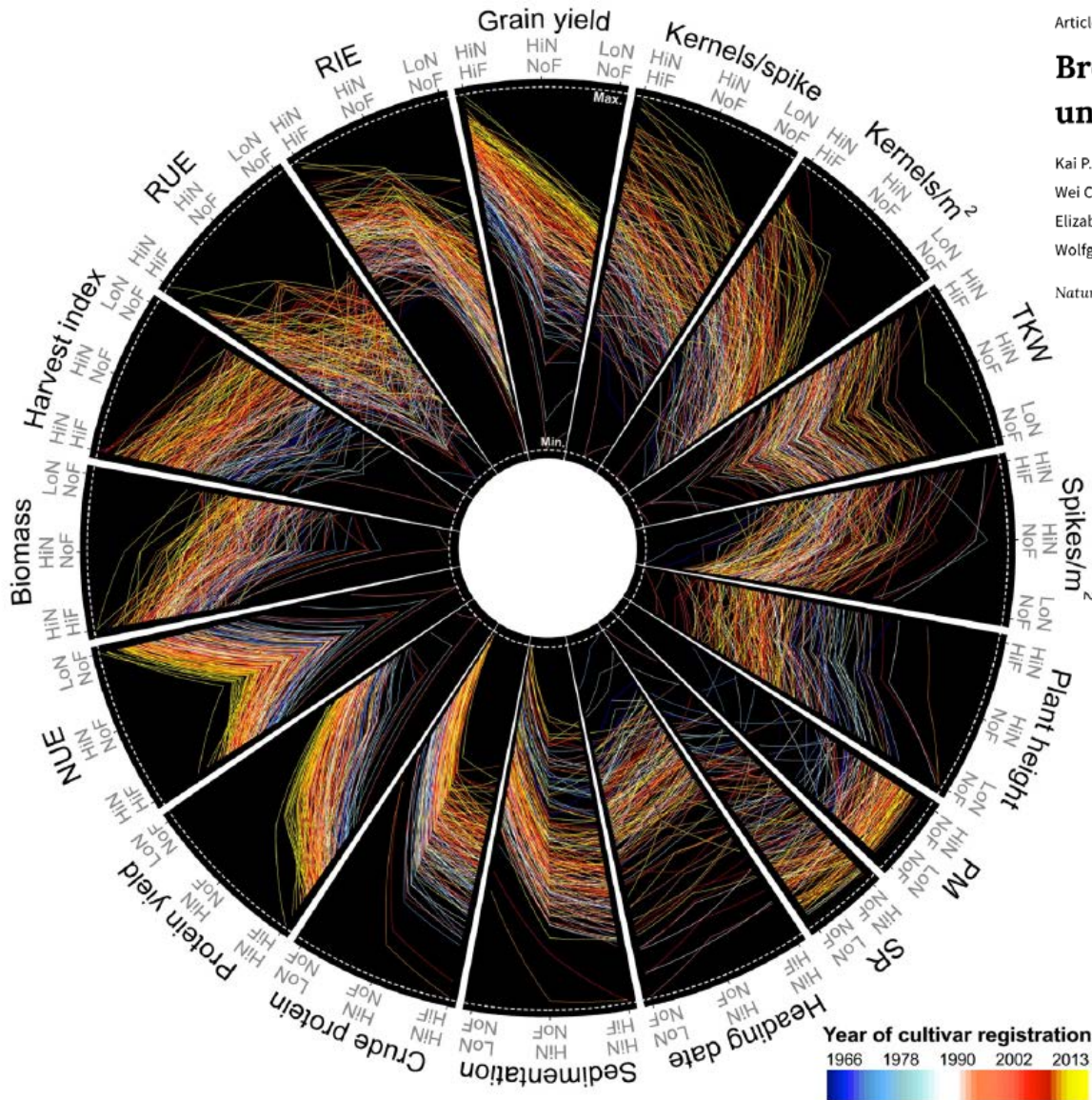


Article | Published: 17 June 2019

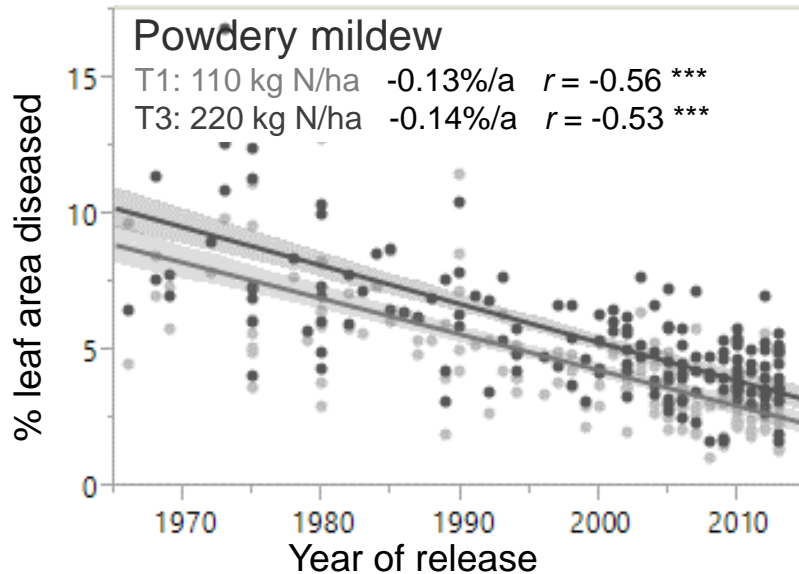
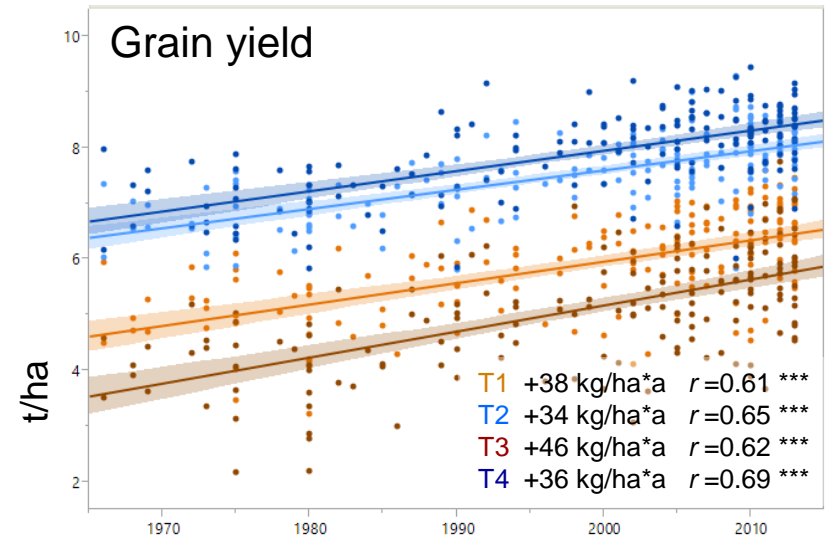
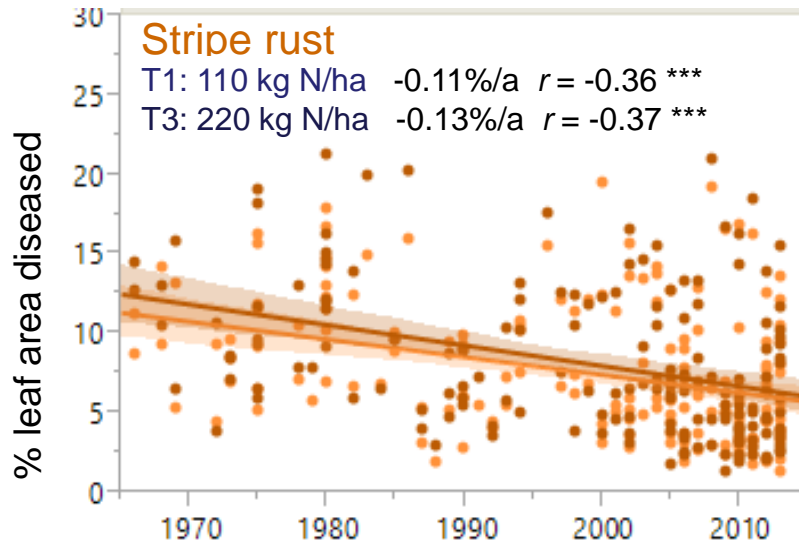
## Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels

Kai P. Voss-Fels, Andreas Stahl, Benjamin Wittkop, Carolin Lichthardt, Sabrina Nagler, Till Rose, Tsu-Wei Chen, Holger Zetzsche, Sylvia Seddig, Mirza Majid Baig, Agim Ballvora, Matthias Frisch, Elizabeth Ross, Ben J. Hayes, Matthew J. Hayden, Frank Ordon, Jens Leon, Henning Kage, Wolfgang Friedt, Hartmut Stützel & Rod J. Snowdon

Nature Plants (2019)

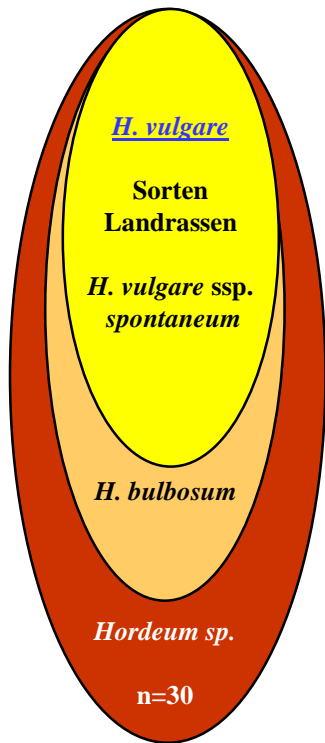


# Success of breeding for resistance in wheat in Germany

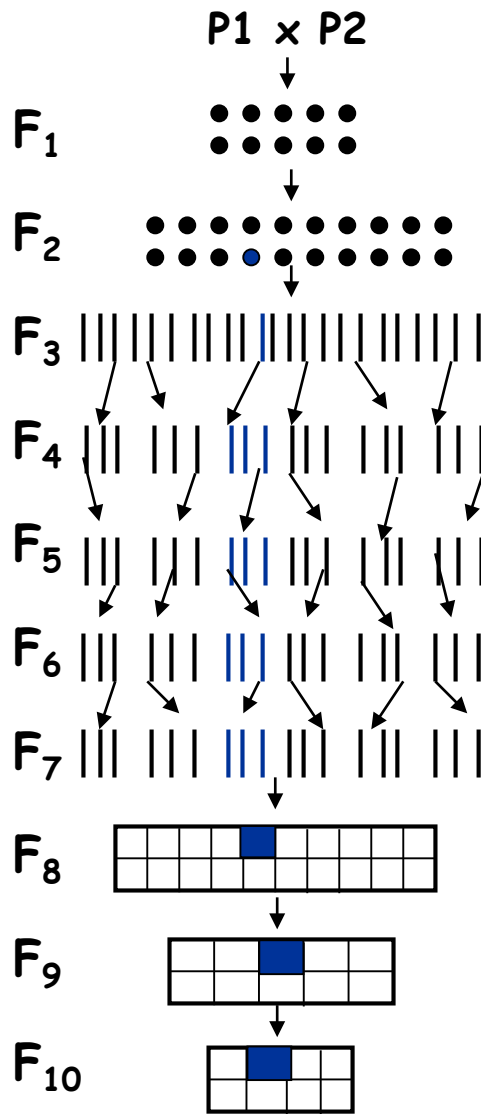


# Klassische Pflanzenzüchtung

Erfassung genetischer Variation



Nutzung genetischer Variation



Pedigree Selektion

I

Schaffung von Ausgangsvariation

II

Selektion von Sortenkandidaten

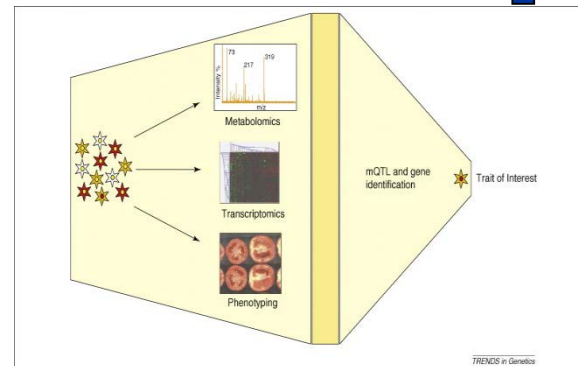
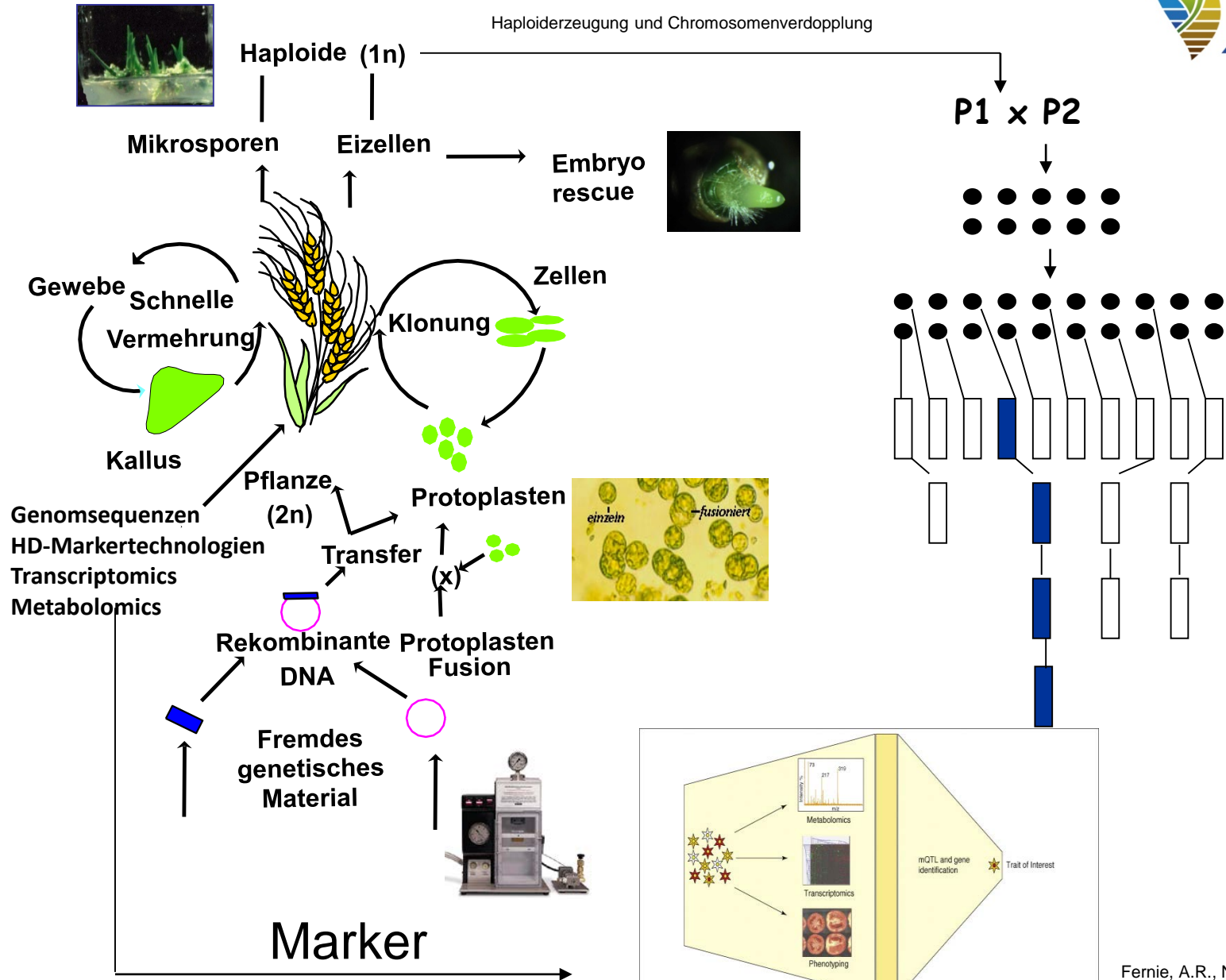
III

Prüfung, Erhaltung und Vermehrung

# Pflanzenzüchterisches Instrumentarium

Biotechnologie

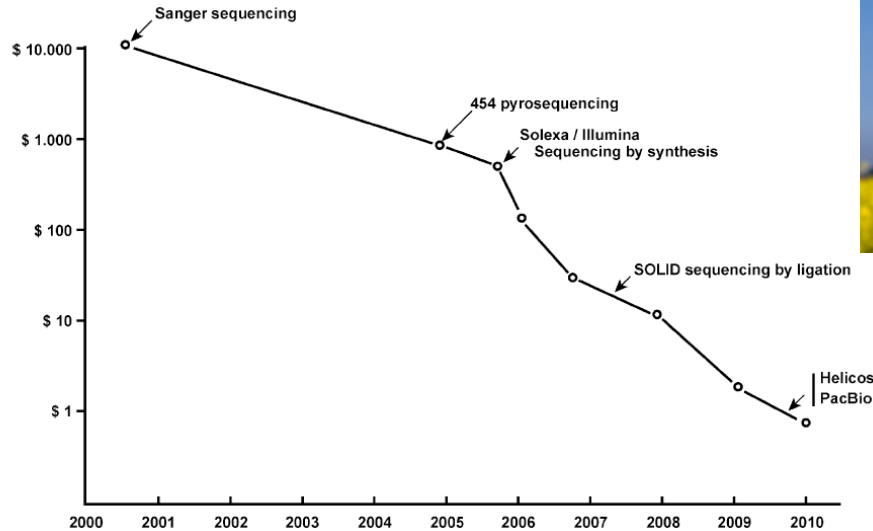
Gen-



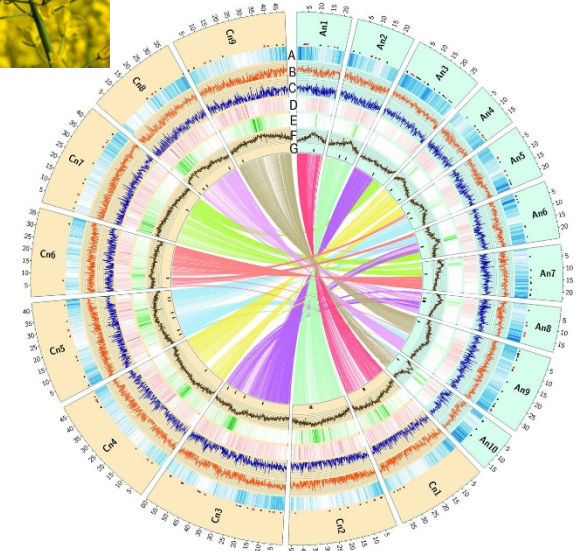
# Pflanzenzüchterisches Instrumentarium



Marker type	RFLPs	Genomic SSRs	AFLPs	EST SNPs/SSRs	DArTs	BOPAs/OPAs	iSelect		Genotyping by sequencing
Throughput	single marker application	single marker application	few marker application	single marker application	6K	1,5K	9K	50K	
Multiplexing	no mutiplexing	few markers multiplexing	low multiplexing	few markers multiplexing	platform/ simultaneous analysis	platform/ simultaneous analysis	platform/ simultaneous analysis	platform/ simultaneous analysis	simultaneous multiplexing NGS/GBS
Amount of D N A	Large amount	low amount	low amount	low amount	low amount	low amount	low amount	low amount	low amount
Quality of D N A	very good	average	average	average	very good	very good	very good	very good	very good



<https://www.pflanzenforschung.de>



M. Delseny et al. (2010) *Plant Sci.* **179**: 407-422



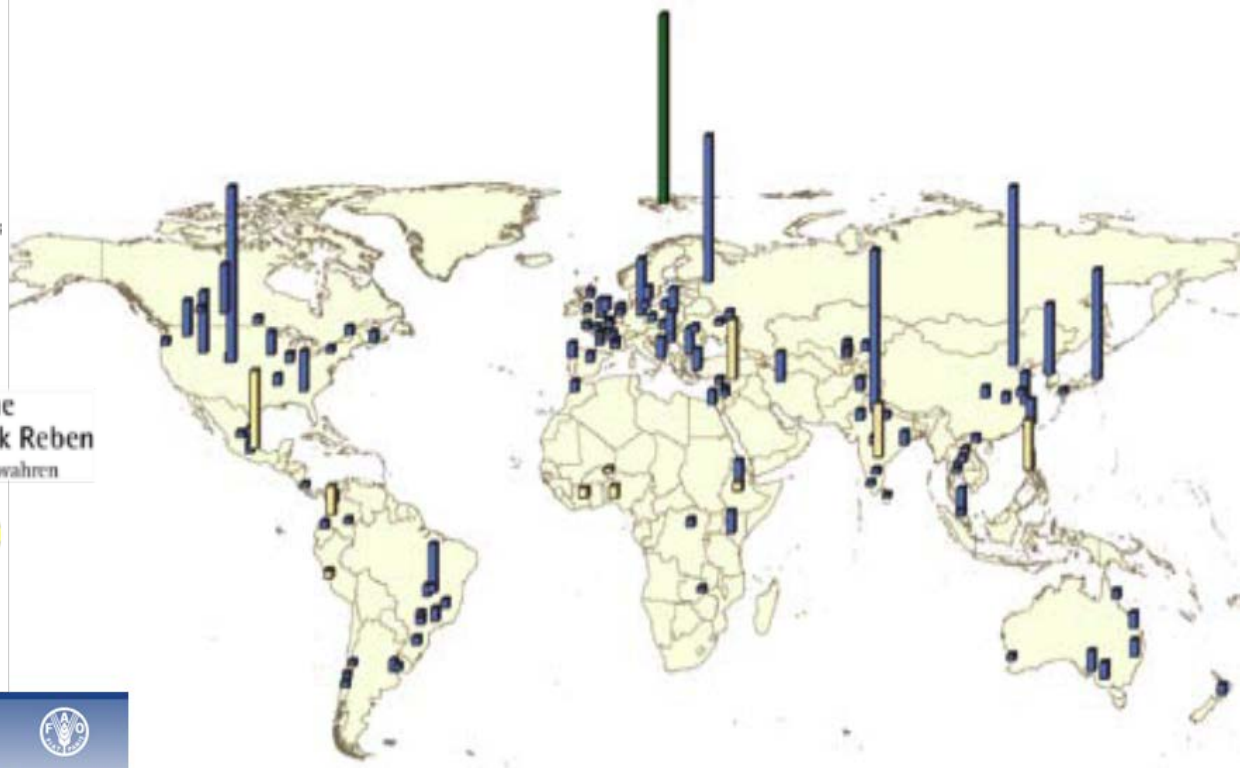
# Pflanzenzüchtungsforschung und -züchtung



## Systematische Nutzbarmachung genetischer Ressourcen



Julius Kühn-Institut  
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Federal Research Centre for Cultivated Plants



1.750 Genbanken weltweit, 7.4 Mio. Akzessionen

130 Genbanken mit mehr als 10.000 Akzessionen

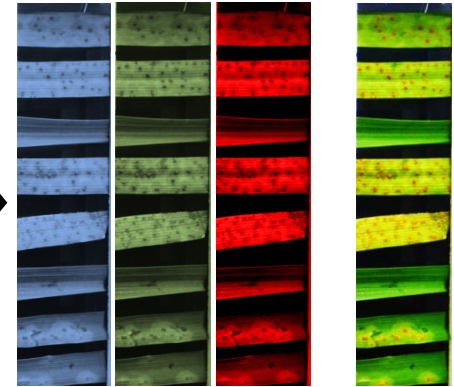
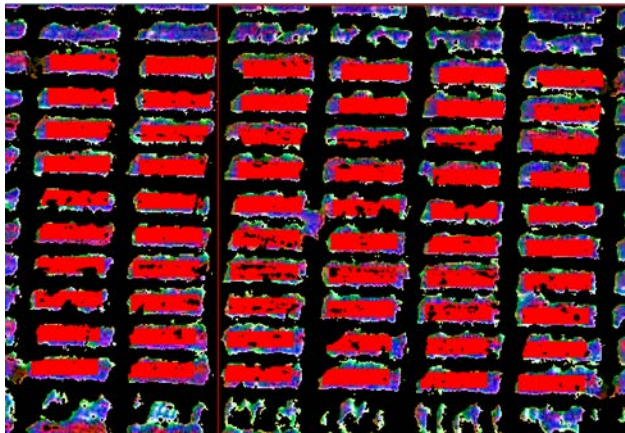


# Pflanzenzüchtungsforschung und -züchtung

Systematische Nutzbarmachung genetischer Ressourcen



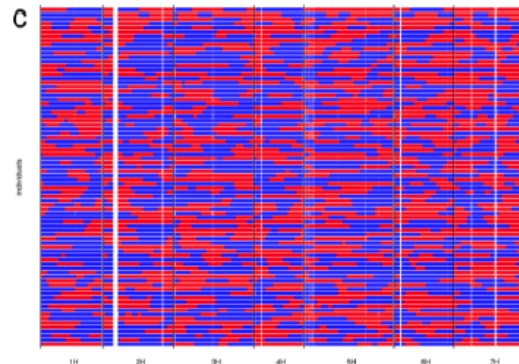
## Phänotypisierung



Hochdurchsatzphänotypisierung

Automatische Detektion der infizierten Blattfläche

## Genotypisierung

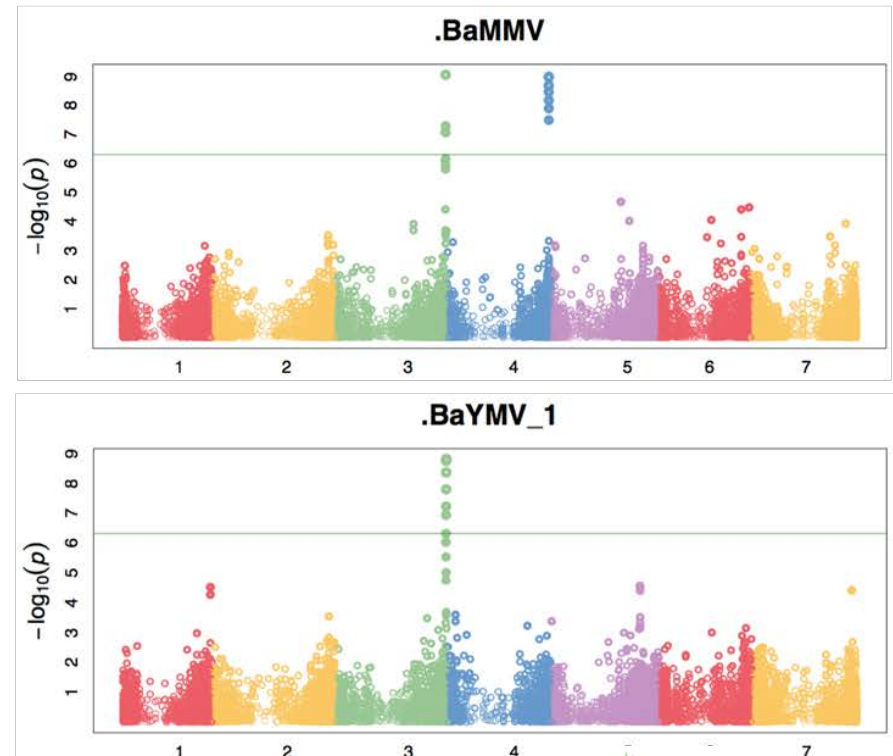


# Pflanzenzüchtungsforschung und -züchtung

Systematische Nutzbarmachung genetischer Ressourcen



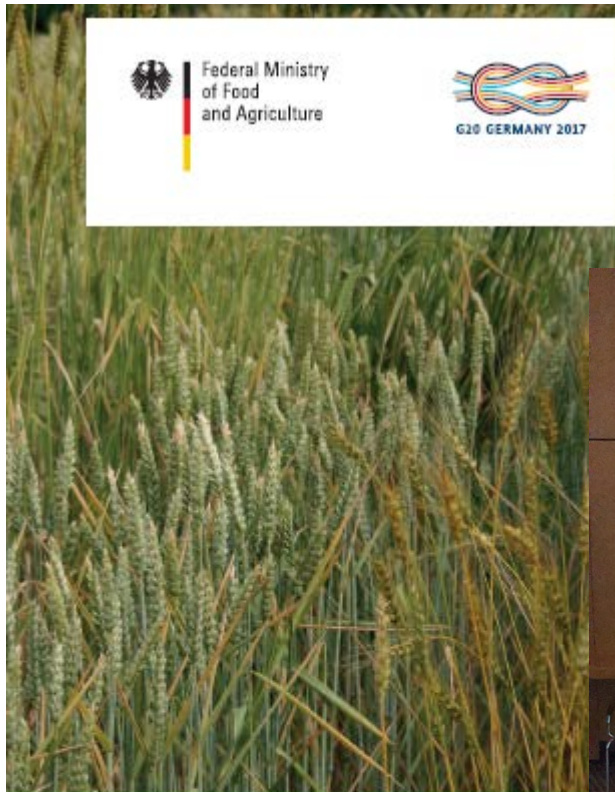
## Genomweite Assoziationsstudien GWAS



Millner et al. 2018: Nature Genetics

# Pflanzenzüchtungsforschung und -züchtung

## Systematische Nutzbarmachung genetischer Ressourcen



<https://conference.geneticdiversity.julius-kuehn.de/>



### G20 Expertworkshop

Harnessing genetic resources for improving drought stress tolerance in Crops  
18 – 19 October 2017, Berlin

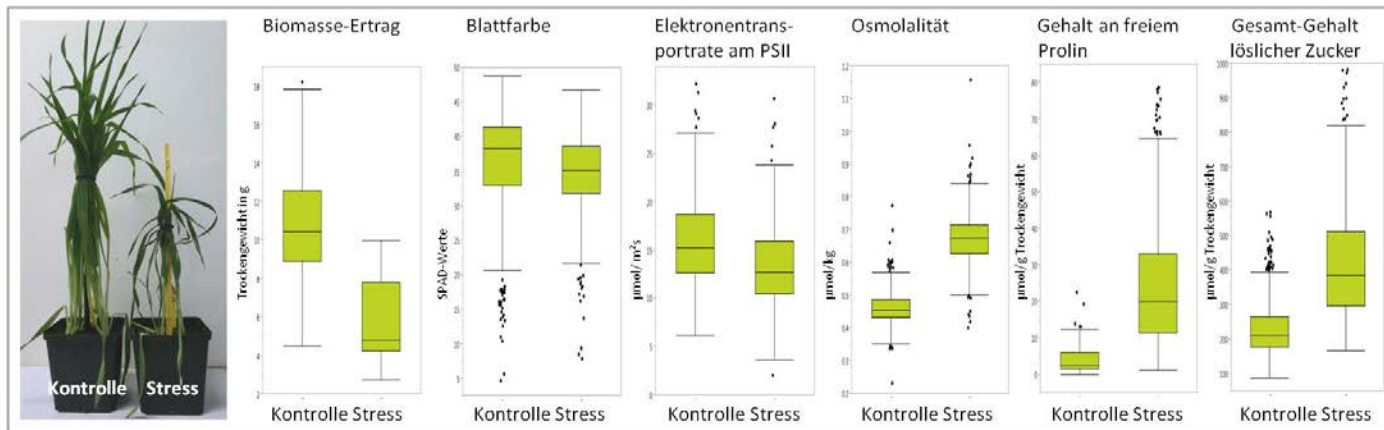
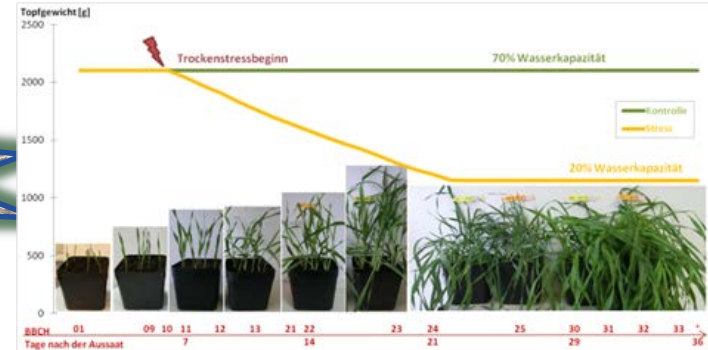
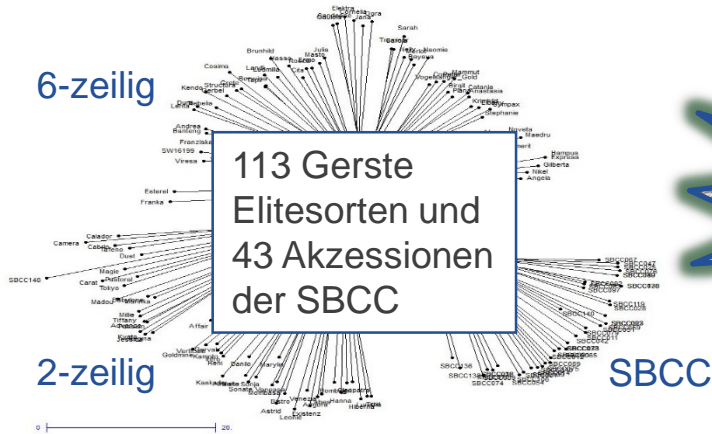


[bmel.de](http://bmel.de)

# Klimawandel: Genomweite Assoziationsstudien (GWAS) Trockenstress

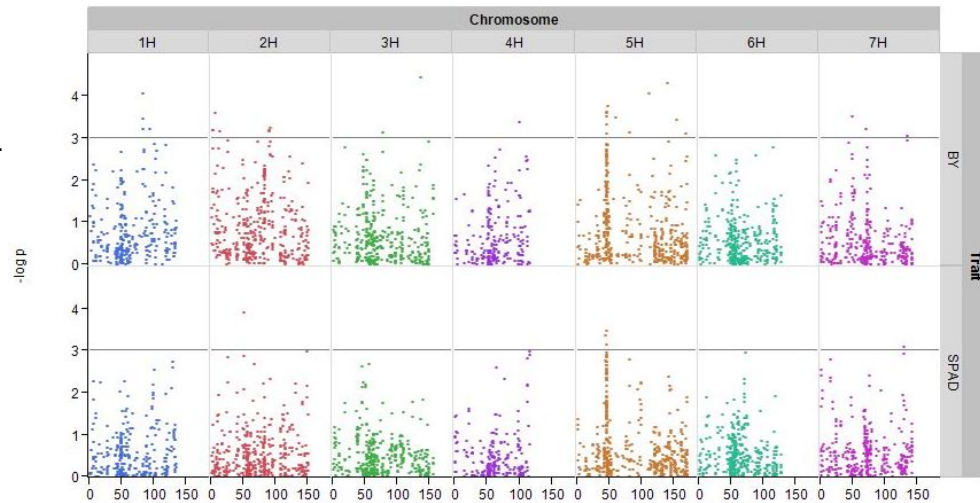


## Genomregionen mit Beteiligung an Trockenstresstoleranz und Blattseneszenz

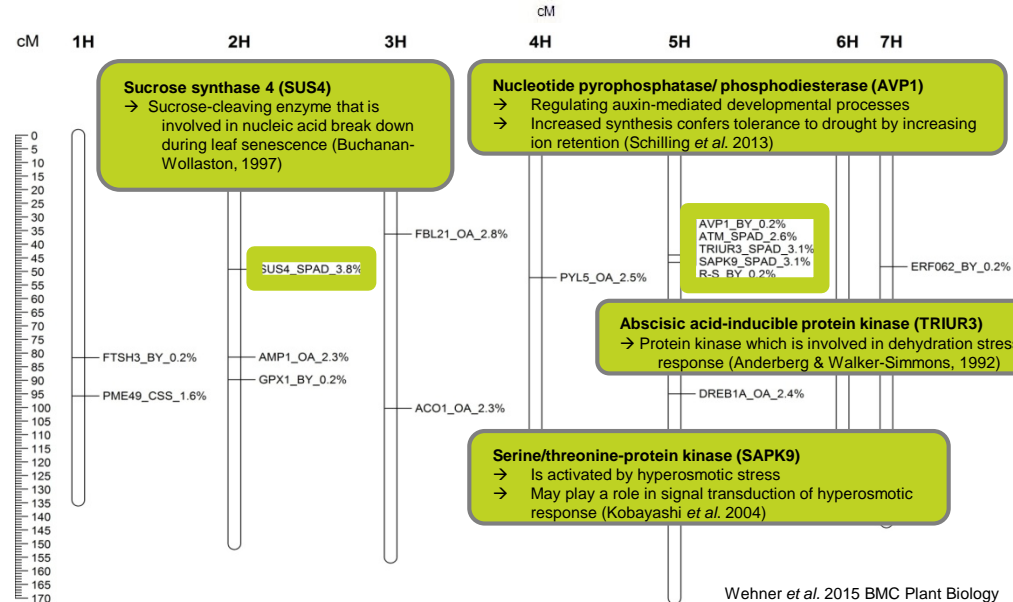


Wehner et al. 2015, BMC Plant Biology; Wehner et al. 2016 BMC Plant Biology und Wehner et al. 2016, Agronomy

## Identifikation von Marker-Merkmal – Assoziationen



Pro



## Identifikation von Genen



# Trockenstress / Nährstoffeffizienz

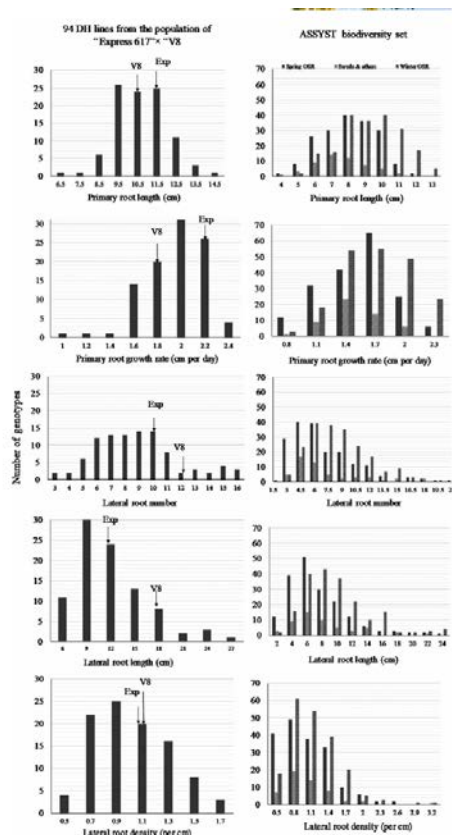
ORIGINAL ARTICLE

WILEY  Plant breeding

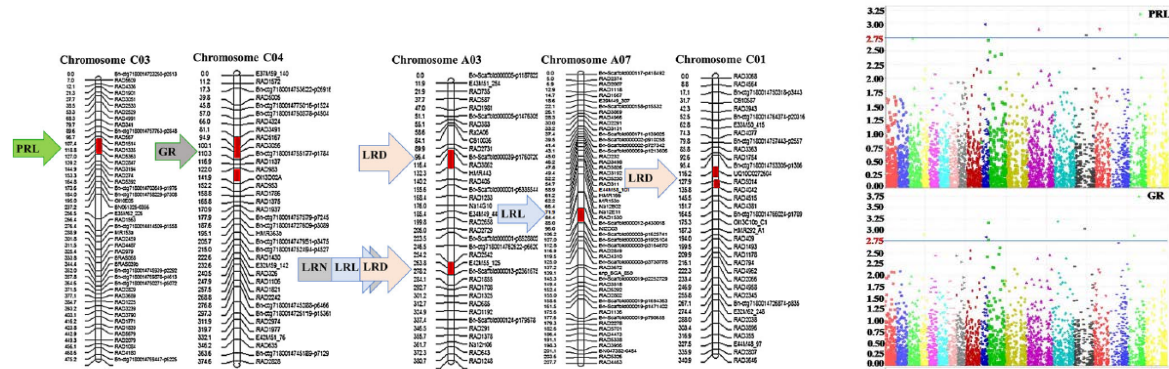


## Genetic dissection of root architectural traits by QTL and genome-wide association mapping in rapeseed (*Brassica napus*)

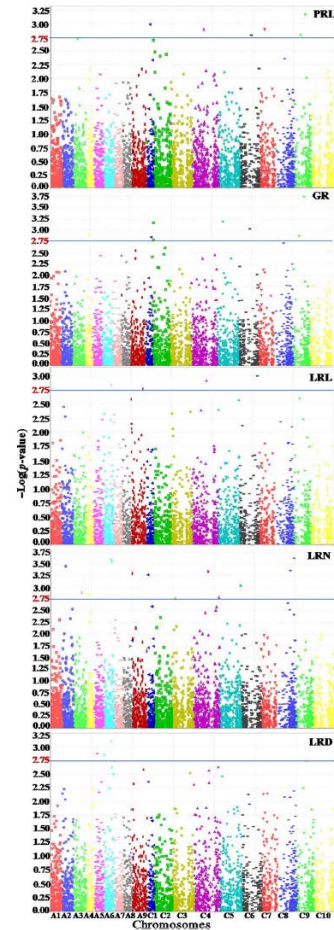
Aysha Kiran<sup>1,2</sup>  | Abdul Wakeel<sup>3</sup> | Rod Snowdon<sup>2</sup>  | Wolfgang Friedt<sup>2</sup>



**FIGURE 1** Frequency distribution of root architectural traits in 94 DH lines along with parental genotypes ("Express 617" [Exp] × "V8"). Values for cross parents are marked by arrows on respective bars. *B. napus* diversity set showed distribution in three sub-populations which composed of winter rapeseed, spring rapeseed and sweet type with some other rapeseed genotypes

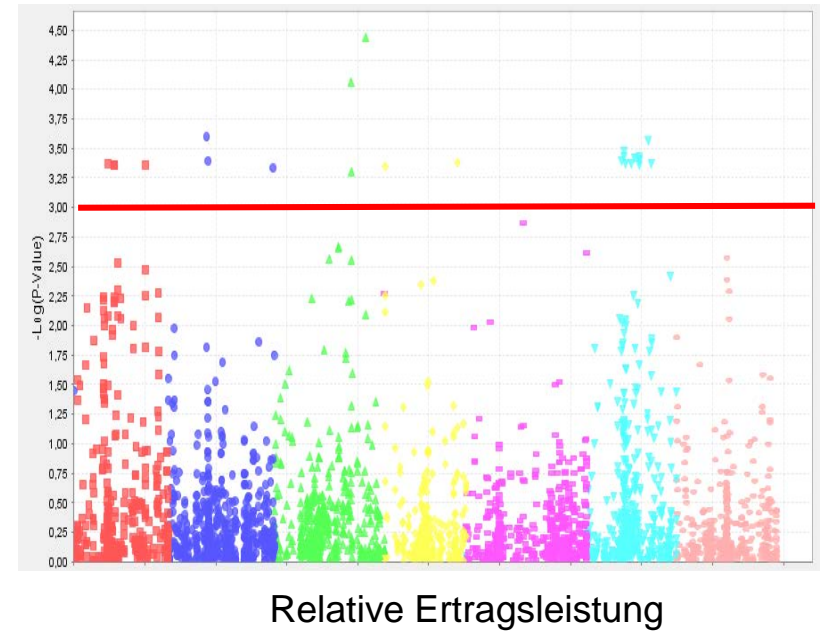
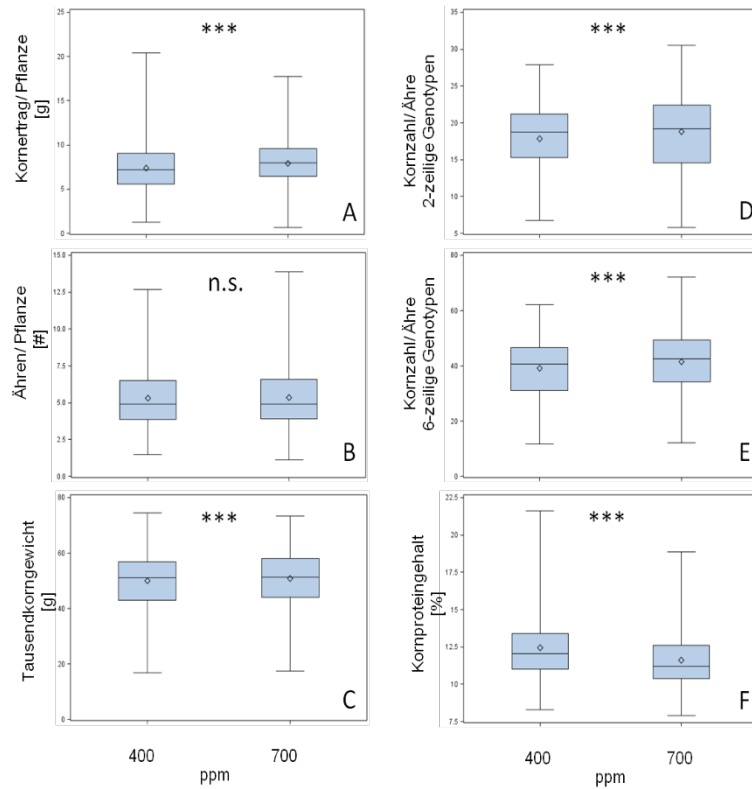


**FIGURE 2** QTLs detected in 94 DH lines from "Express617" × "V8" for primary root length (PRL), primary root growth rate (GR), lateral root number (LRN), lateral root length (LRL) and lateral root density (LRD). QTL positions in cM (2LOD support interval) are marked as red bar, and markers' name is presented on chromosome with their respective distance in cM along whole chromosome. Details for chromosome number, markers, position (cM), LOD score and  $R^2$  are given in Supporting Information Table S5 [Colour figure can be viewed at [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com)]



# Anpassung an steigenden CO<sub>2</sub>-Gehalt

100 Wintergerstegenotypen 3jährig geprüft  
Genomweite Assoziationsstudien



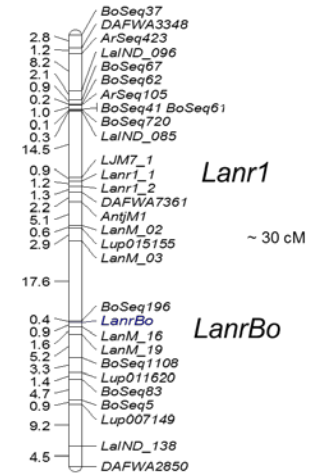


# Pflanzenzüchtungsforschung und -züchtung

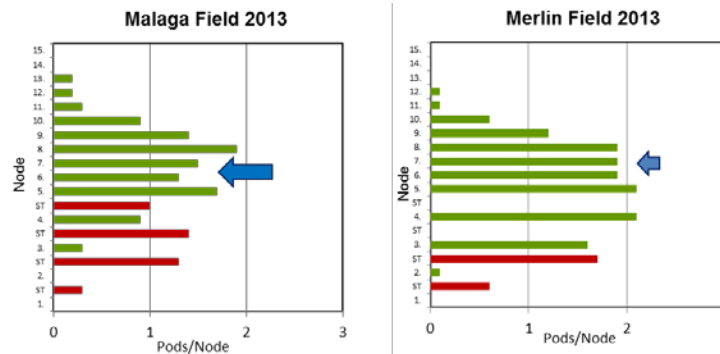


## Neue Kulturarten – Erweiterung der Fruchtfolge

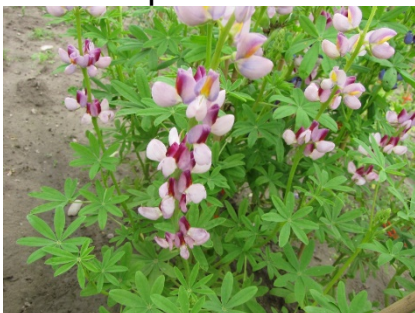
### Blaue Lupine – Anthraknose Resistenz



### Sojabohne - Kühletoleranz







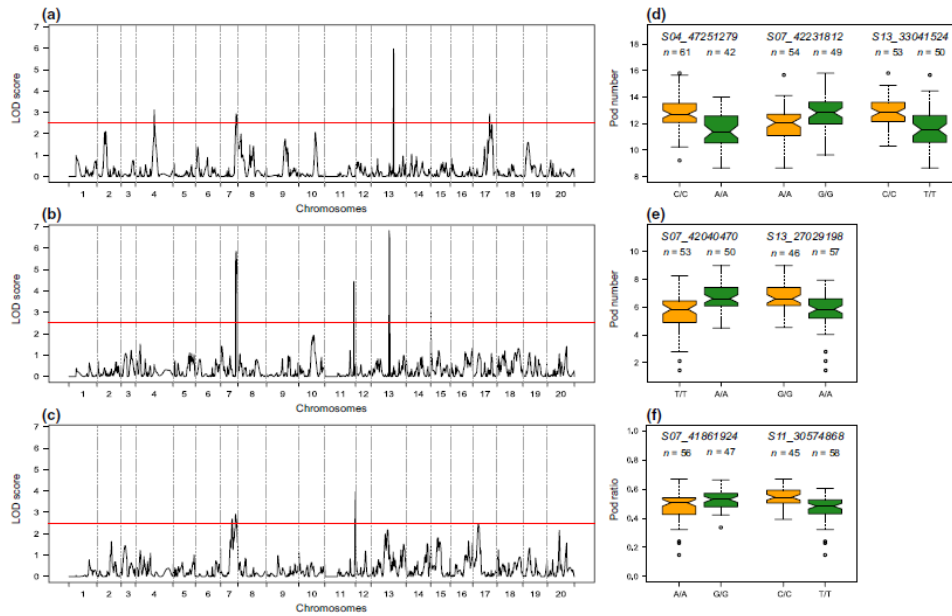
### Andenlupine



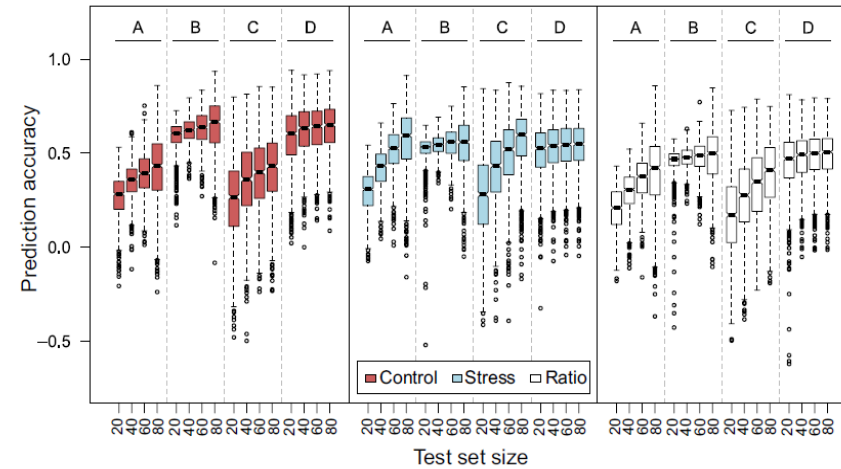
- Andenlupine als neue Biomasse-Pflanze
- Auflockerung maislastiger Fruchtfolgen
- Fixierung von Luftstickstoff
- Lockerung der Bodenstruktur
- Insektenweide

# Cold stress tolerance of soybeans during flowering: QTL mapping and efficient selection strategies under controlled conditions

Felix Jähne<sup>1</sup>  | Christiane Balko<sup>2</sup> | Volker Hahn<sup>1</sup>  | Tobias Würschum<sup>1</sup>  | Willmar L. Leiser<sup>1</sup> 



**FIGURE 4** (a–c) Composite interval mapping of (a) Pod number under control (25°C) (b) Pod number under cold stress (15°C) and (c) the ratio of pod number under cold relative to control conditions; (d–f) Boxplots showing allelic effects for the significant and cross-validated QTL, headlines display marker names, x-axis labels show the alleles, the number above the boxes indicate the numbers of individuals in each allelic group and orange and green colouring depicts 'Sigalia' and 'Merlin' alleles, respectively



**FIGURE 5** Prediction accuracies for the traits pod number under control and stress conditions and predictive ability for the trait ratio based on changing test set sizes (X-axis) and prediction models (A–D). (A) naive rrBLUP model, (B) weighted rrBLUP with weight given to major QTL, (C) naive rrBLUP model using the same 23 genotypes as the validation set for all test set sizes, and (D) weighted rrBLUP with weight given to major QTL and using the same 23 genotypes as the validation set for all test set size

# Association Analyses to Genetically Improve Drought and Freezing Tolerance of Faba Bean (*Vicia faba* L.)

Mohamed B.M. Ali, Gregor C. Welna, Ahmed Sallam, Regina Martsch, Christiane Balko, Björn Gebser, Olaf Sass, and Wolfgang Link\*

Table 2. Association analyses results for drought- and freezing-related traits (minor allele frequency 5%;  $n = 189$  inbred lines; mixed linear model, Kinship-matrix, FDR 20%).

DNA marker	Linkage group and position —————cM—————		$p$ -value	Effect†	Increase allele‡	$R^2$ %
<b>DROUGHT</b>						
ΔGlycine betaine						
1	E36M48-279	7      94.4	$4.72 \times 10^{-5}$	1.017	“0”	9.31
2	E41M58-139	–      –	$1.81 \times 10^{-4}$	0.726	“0”	7.55
%Sugars						
3	E40M48-432	–      –	$9.59 \times 10^{-8}$	24.23	“1”	14.66
4	E40M62-295	–      –	$1.36 \times 10^{-7}$	23.41	“0”	14.49
5	E32M51-178	–      –	$4.02 \times 10^{-6}$	22.47	“0”	11.17
6	E42M48-357	4      154.0	$2.25 \times 10^{-4}$	21.58	“1”	8.43
7	E40M48-340	–      –	$2.57 \times 10^{-4}$	15.07	“0”	6.88
<b>FREEZING</b>						
Disposition to survive						
1	E40M58-369	3      128.8	$1.02 \times 10^{-4}$	9.742	“0”	8.11
2	Vf_Mt3_g086600	2      97.0	$2.77 \times 10^{-4}$	8.859	“G”	7.14

# Pflanzenzüchtungsforschung und -züchtung

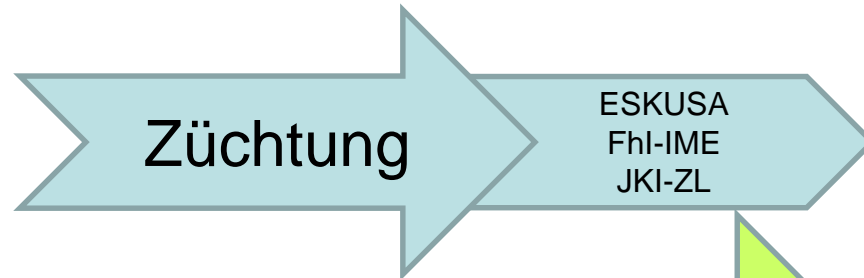
Neue Kulturarten – Erweiterung der Fruchtfolge

Russischer Löwenzahn (*Taraxacum koksaghyz*)

als einheimische Quelle für hochwertigen Naturkautschuk



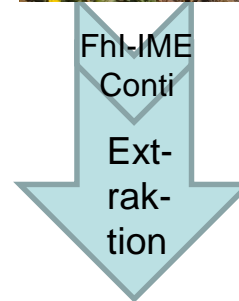
Wildpflanze



- Schwerpunkte:
- Bestandesetablierung
  - Kulturführung
  - Unkrautmanagement
  - Invasivität/genet. Assimilation



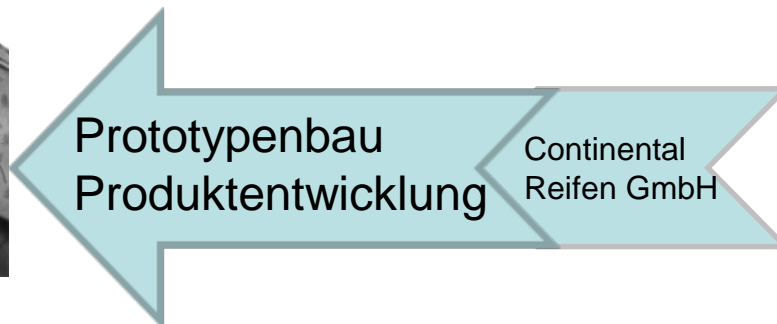
Kulturpflanze?



Rohstoff



Prototyp/Produkt?



# Schaderreger und Klimawandel

## Insektenübertragene Viren: TuYV, BYDV, WDV

- Verbot der Saatgutbeizung mit Neonicotinoiden
- Zunehmende Resistenz der Virusüberträger gegenüber insektiziden Wirkstoffen
- Klimatische Veränderungen, insbesondere Temperaturerhöhung im Herbst / Winter
  - längeres Infektionsgeschehen im Herbst (z. B. BYDV)
  - anholozyklische Überwinterung (Blattläuse)
  - kürzere Winterpause (Blattläuse, Zikaden)
  - starke Vermehrung ⇒ große Populationen
- Veränderungen im Ackerbau, u.a. reduzierte Bodenbearbeitung

Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV) - eine Gefahr für den Rapsanbau?

Fischer et al., Raps 1/2017



E. Schliephake, JKI

WDV



E. Schliephake, JKI

TuYV

**TuYV-Virus  
oder Nährstoffmangel?**

dlz agarmagazin, August 2016

Ein Massenaufreten von Blattläusen im Herbst 2015 und 2016 hat den Wasserrübenvergilbungsvirus im Raps wieder in den Fokus gerückt.  
Hermann Krauß/agrarheute, 14.07.2017

# Schaderreger und Klimawandel

Theor Appl Genet (2010) 120:735–744  
DOI 10.1007/s00122-009-1194-z



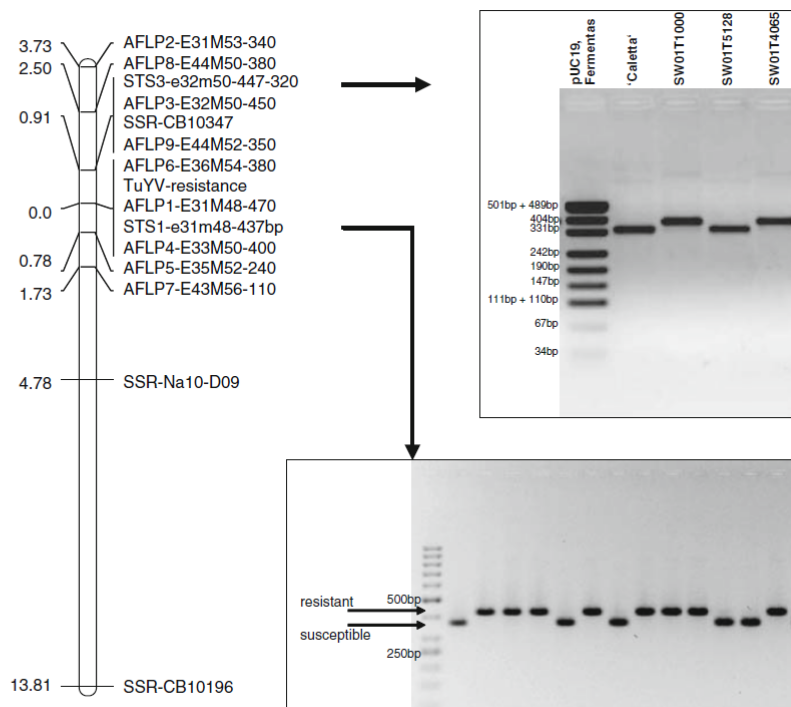
ORIGINAL PAPER

## Genetic analyses of the host-pathogen system *Turnip yellows virus* (TuYV)—rapeseed (*Brassica napus* L.) and development of molecular markers for TuYV-resistance

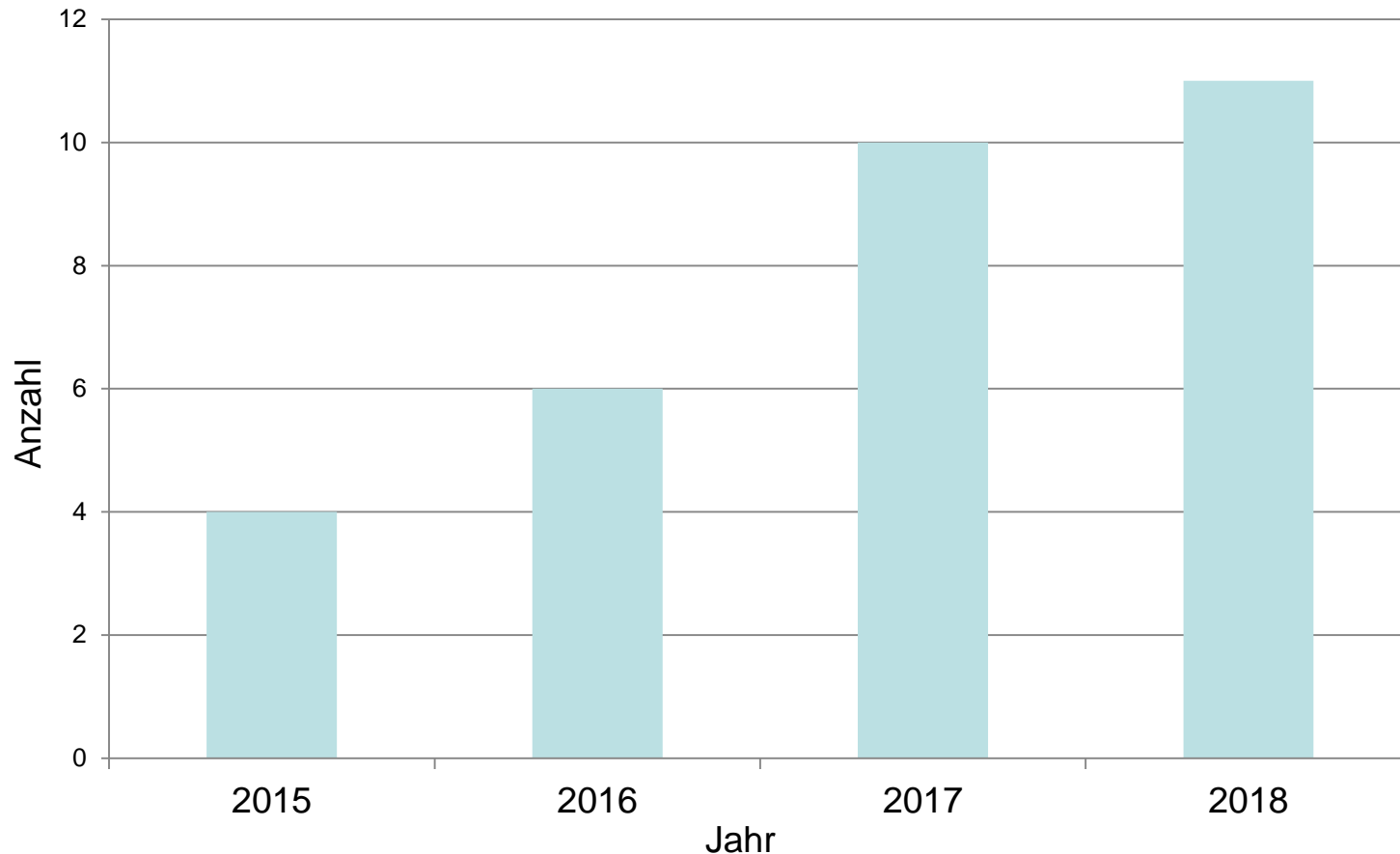
Monique Juergens · Claudia Paetsch · Ilona Krämer · Marc Zahn · Frank Rabenstein · Jörg Schondelmaier · Edgar Schliephake · Rod Snowdon · Wolfgang Friedt · Frank Ordon



**Fig. 4** Genetic linkage of 9 AFLP markers, 2 STS markers and 3 SSR markers with the TuYV resistance locus, calculated on the basis of 111 DH lines. The numbers represent the genetic distance from the resistance locus in centimorgans



# Zunahme der Winterraps Prüfnummern mit TuYV Resistenz in der Zulassung des BSA



Anzahl Prüfnummern Bundessortenamt/JKI mit R54 Resistenz

# Barley yellow dwarf (BYDV)

## Luteovirus

BYDV-PAV



*Rhopalosiphum padi* & *Sitobion avenae*

BYDV-MAV



*Sitobion avenae*

## Polerovirus

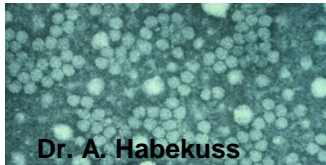
CYDV-RPV



*Rhopalosiphum padi*

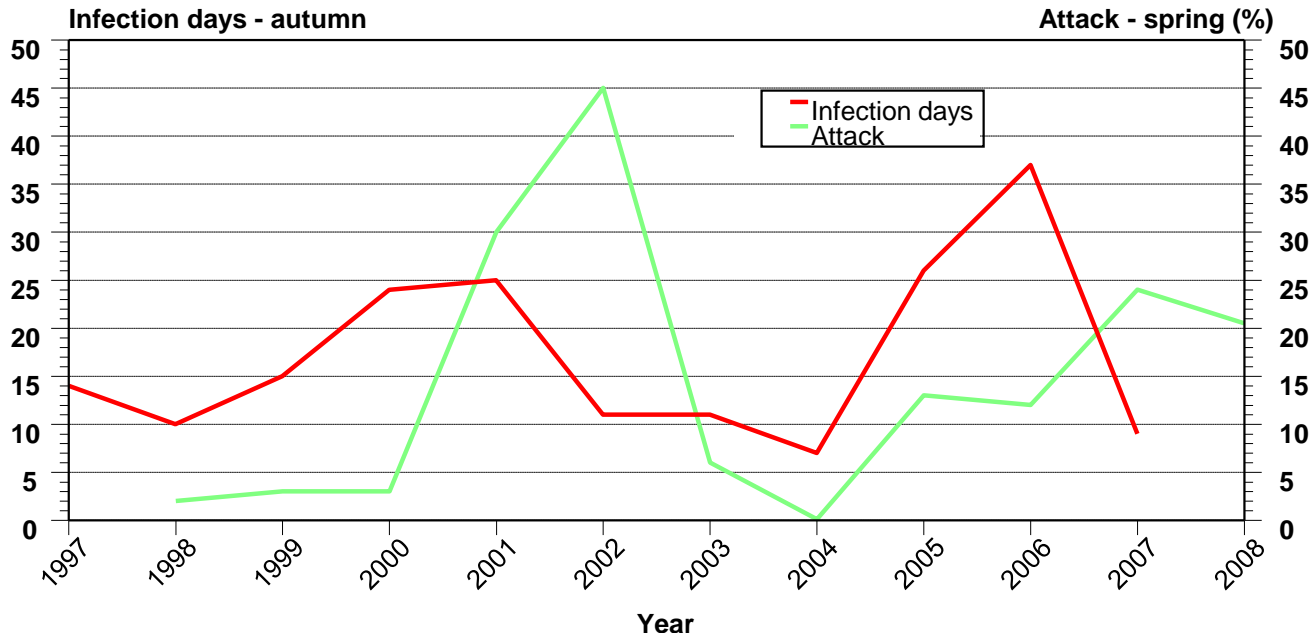


**+ssRNA-Virus, isometric particles  
(25-30 nm), phloem limited  
yield losses 20-40%**



Dr. A. Habekuss

Relation between BYDV-attack of winter barley in spring and temperature in autumn

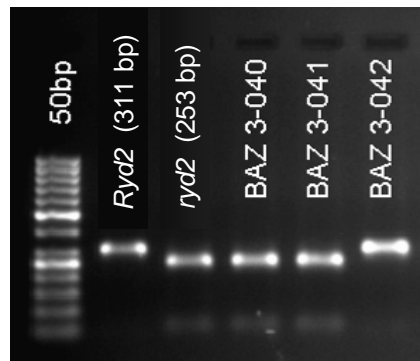


Infection days = Number of days with a diurnal mean temperature  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  between 1<sup>st</sup> of October and 31<sup>st</sup> of December

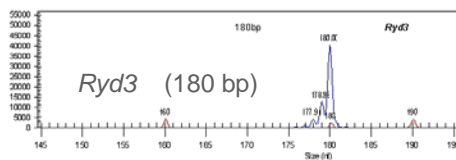


# Pyramiding of resistance genes: BYDV

'RIL K4-56' (*Ryd3*) x 'DH21-136' (*Ryd2* + QTL Post)

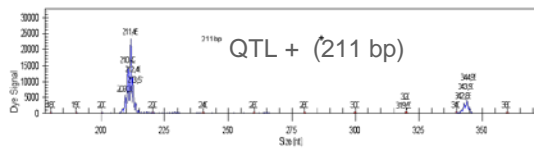
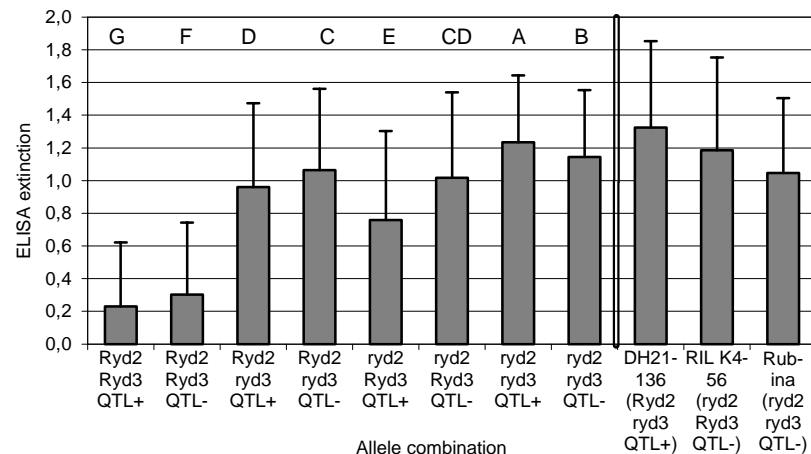
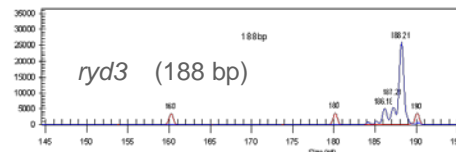


*Ryd2*  
(YLP + HSP92 II)

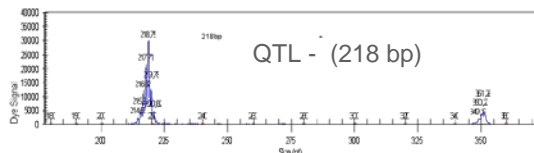


*Ryd3*

(HVM74)



QTL Post 2H



(HVCSG)

Segregation *Ryd2*/*Ryd3*/Post-QTL

	rrr	rrs	rsr	srr	ssr	srs	rss	sss
No. DH-lines	89	49	45	99	49	77	38	29



(*ryd2*, *ryd3*, QTL-) (*Ryd2*, *Ryd3*, QTL+) winter barley, Quedlinburg, April 2008

# Pflanzenzüchtungsforschung und -züchtung

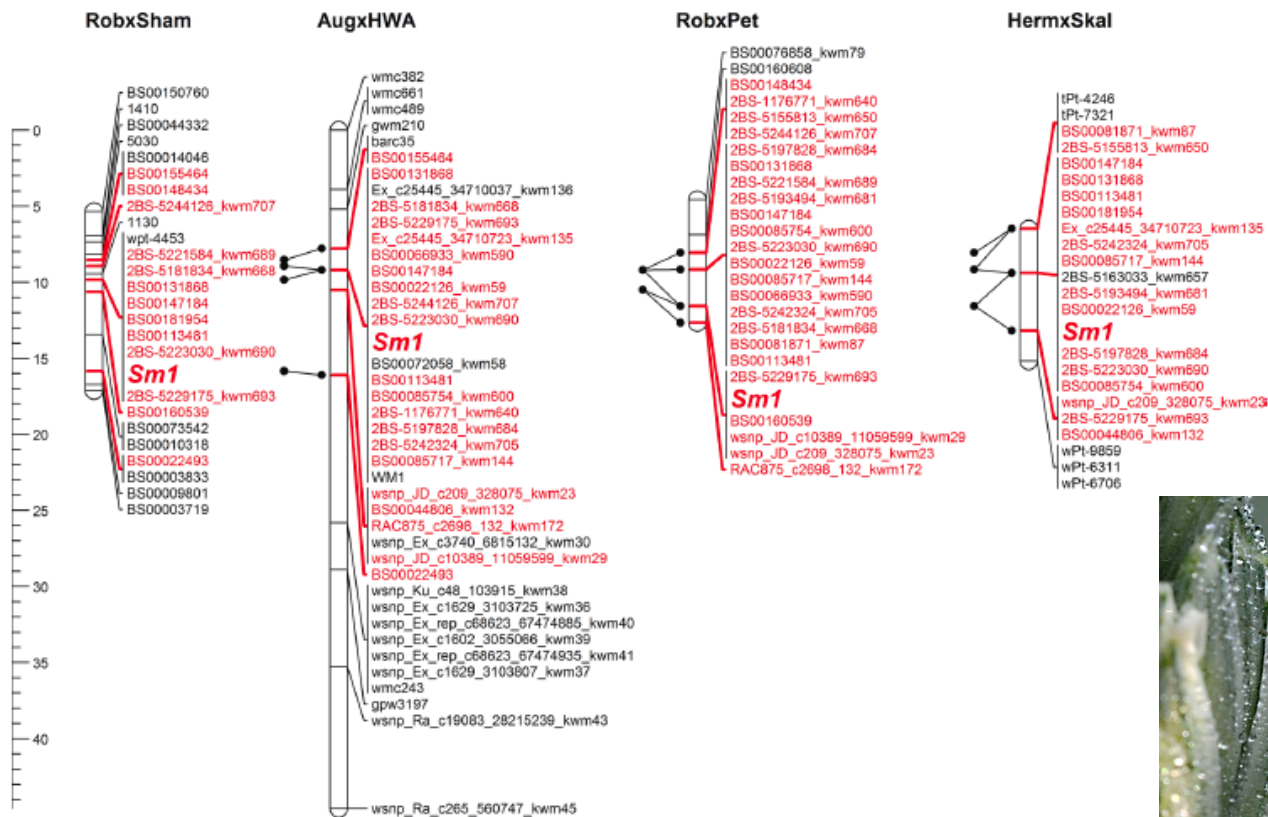
Theor Appl Genet (2016) 129:1507–1517  
DOI 10.1007/s00122-016-2720-4

ORIGINAL ARTICLE



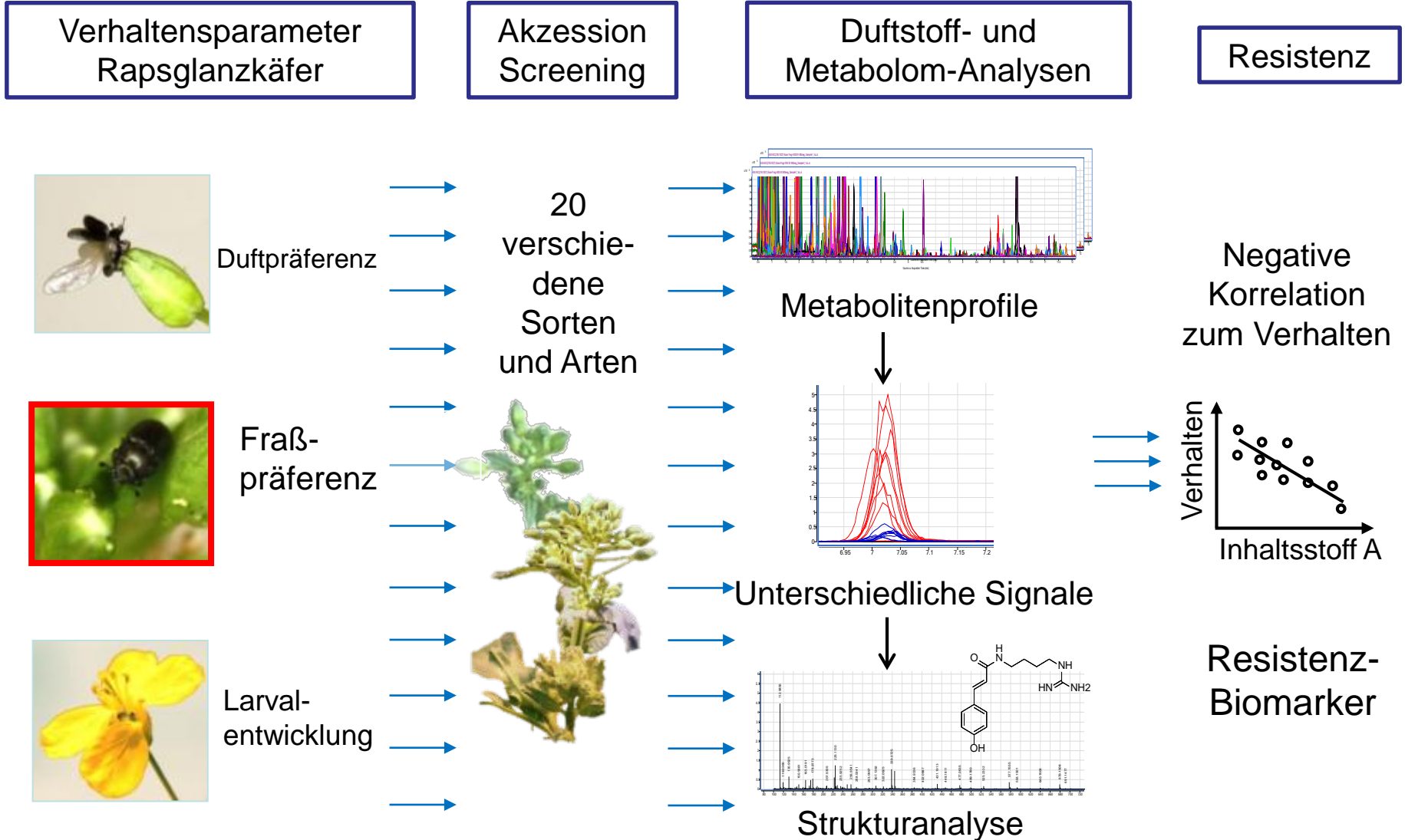
## A saturated SNP linkage map for the orange wheat blossom midge resistance gene *Sm1*

Mulualem T. Kassa<sup>1,2</sup> · Sabrina Haas<sup>3</sup> · Edgar Schliephake<sup>3</sup> · Clare Lewis<sup>4</sup> · Frank M. You<sup>1</sup> · Curtis J. Pozniak<sup>5</sup> · Ilona Krämer<sup>3</sup> · Dragan Perovic<sup>3</sup> · Andrew G. Sharpe<sup>2</sup> · Pierre R. Fobert<sup>2</sup> · Michael Koch<sup>6</sup> · Ian L. Wise<sup>1</sup> · Paul Fenwick<sup>7</sup> · Simon Berry<sup>7</sup> · James Simmonds<sup>4</sup> · Delphine Hourcade<sup>8</sup> · Patrice Senellart<sup>9</sup> · Laure Duchalais<sup>10</sup> · Olivier Robert<sup>11</sup> · Jutta Förster<sup>12</sup> · Julian B. Thomas<sup>1</sup> · Wolfgang Friedl<sup>13</sup> · Frank Ordon<sup>3</sup> · Cristobal Uauy<sup>4</sup> · Curt A. McCartney<sup>1</sup>



# Pflanzenzüchtungsforschung und -züchtung

## Resistenz gegen Rapsglanzkäfer





Workshop  
Insektenresistenz  
Quedlinburg den 16.-17.10.2018

Julius Kühn-Institut (JKI)  
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Erwin-Baur-Straße 27  
06484 Quedlinburg



Workshop  
23.-24.5.2019



# Gene isolation via map based cloning



## Map based cloning

1. Mapping of the gene of interest on low to medium resolution

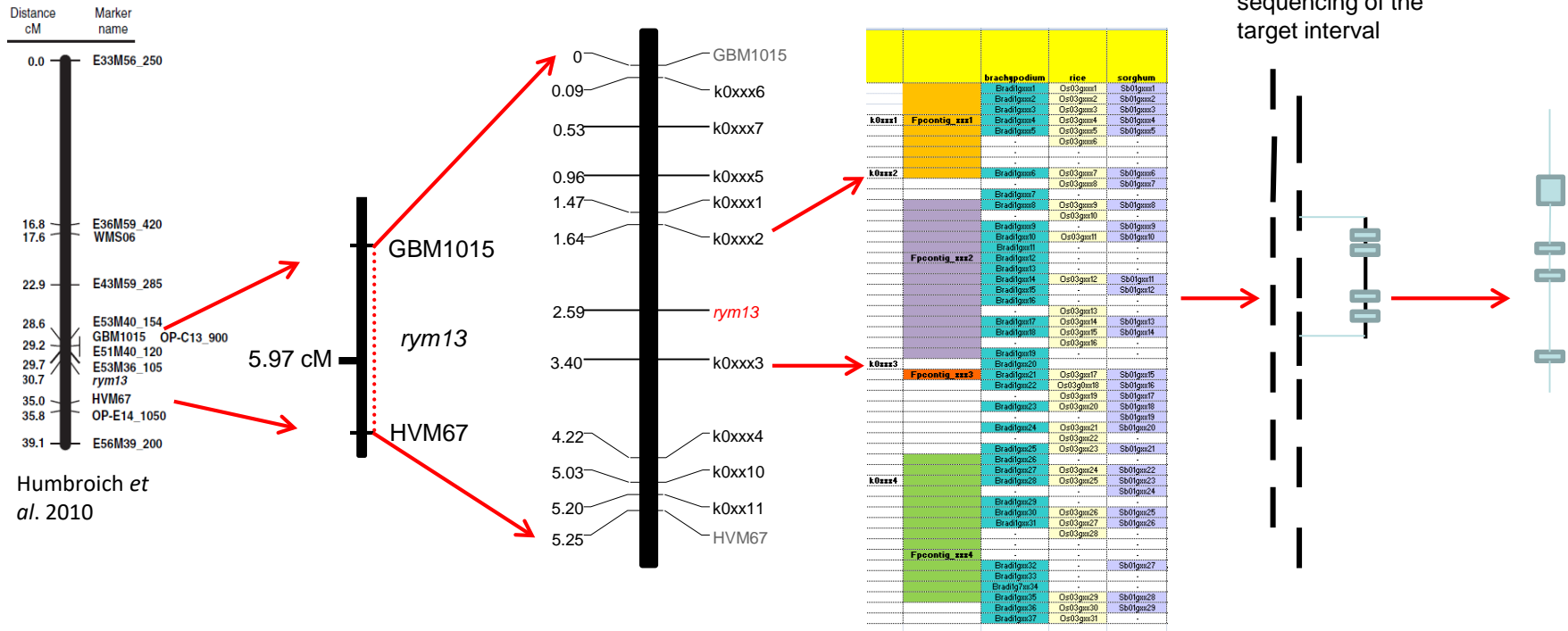
2. Construction of a high resolution mapping population

3. Phenotyping of segmental RILs ( $F_4$ ) and marker saturation using available high density maps

4. Further marker saturation by using sequence information from rice, sorghum brachypodium and NGS data from barley (GenomeZipper)

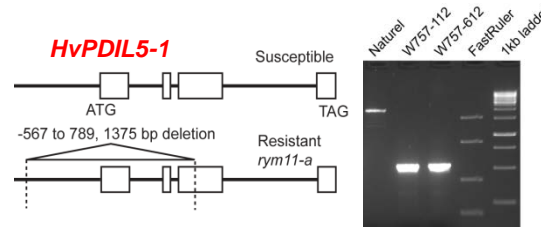
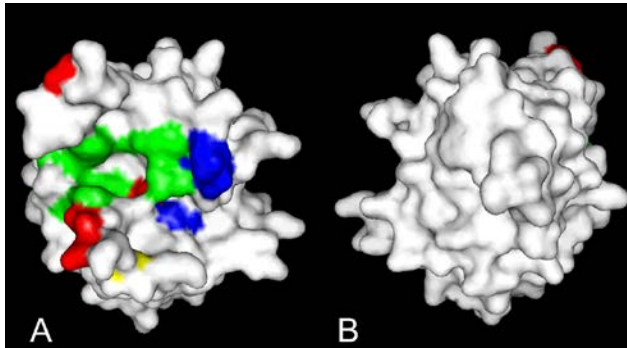
5. Identification of a BAC contig and candidate genes based on the physical map of barley or re-sequencing of the target interval

6. Identification of *rym13* by transformation, TILLING, RNAi



Humbroich et al. 2010

# Isolation of virus resistance genes: *rym4* und *rym11*



Yang et al. 2014. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1320362111](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1320362111)

Stein, N., D. Perovic, J. Kümlehn, B. Pellio, S. Stracke, S. Streng, F. Ordon, A. Graner, 2005. *The Plant Journal* **42**, 912-922

frontiers in  
**PLANT SCIENCE**

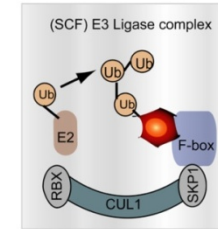
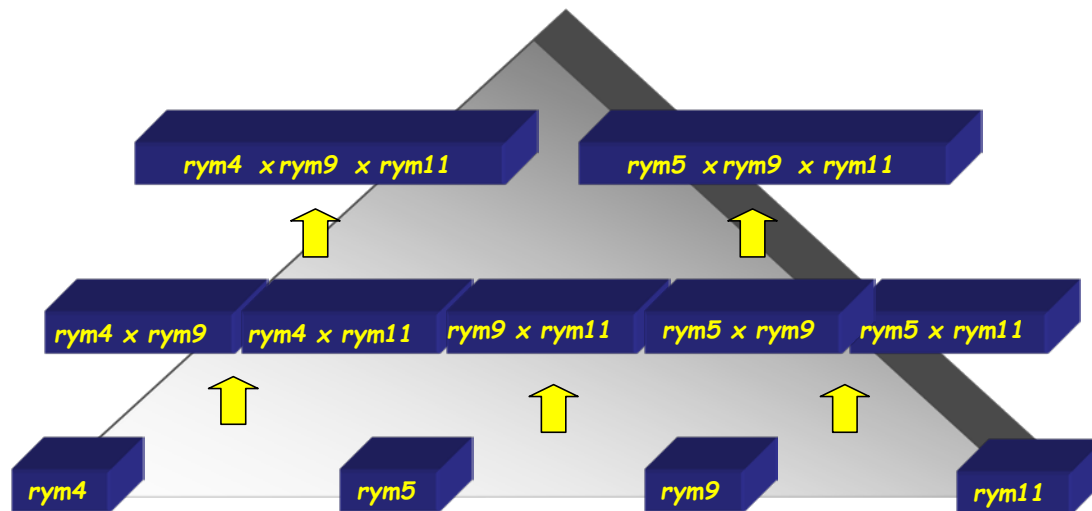
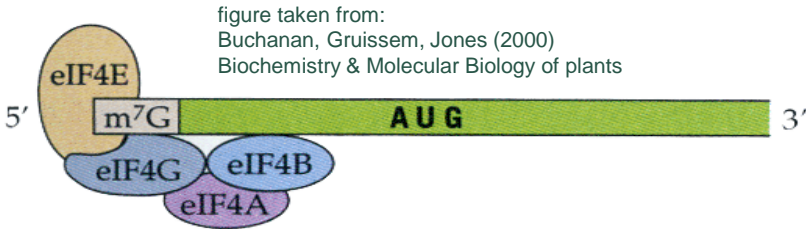
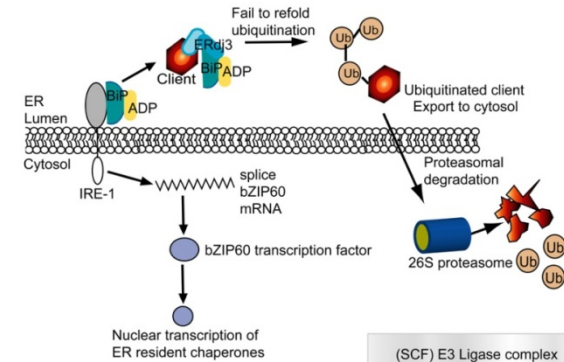
REVIEW ARTICLE  
published: 09 December 2012  
doi: 10.3389/fpls.2012.00276

Cellular chaperones and folding enzymes are vital contributors to membrane bound replication and movement complexes during plant RNA virus infection

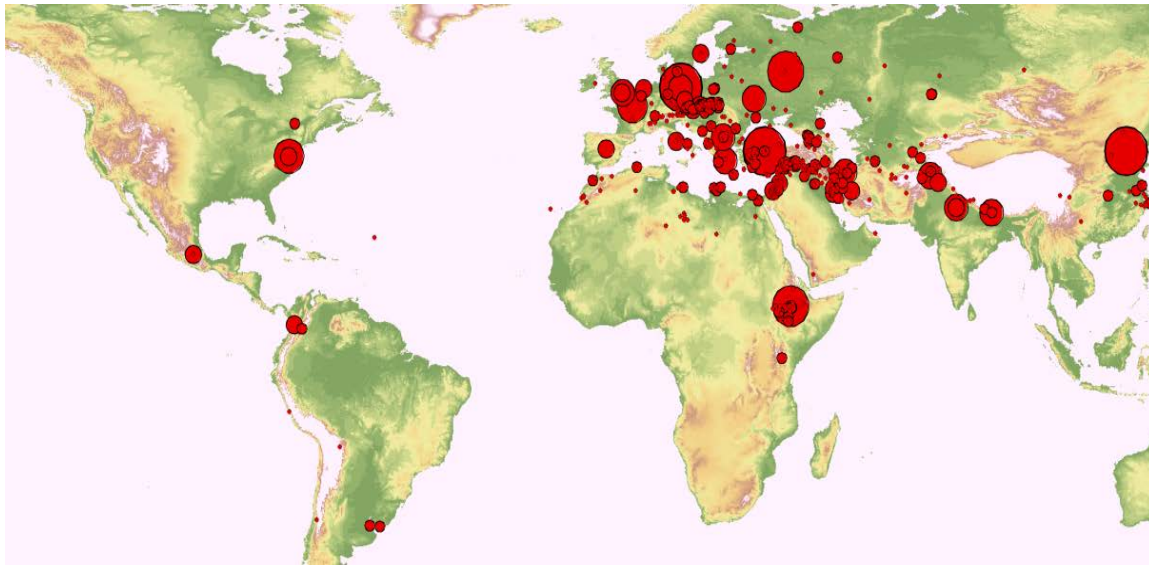
Jeanmarie Verchot\*

Department of Entomology and Plant Pathology, Oklahoma State University, Stillwater, OK, USA

## ER Quality Control Machinery



# Allele mining: *rym11*



365 Wild barley (*H. spontaneum*)

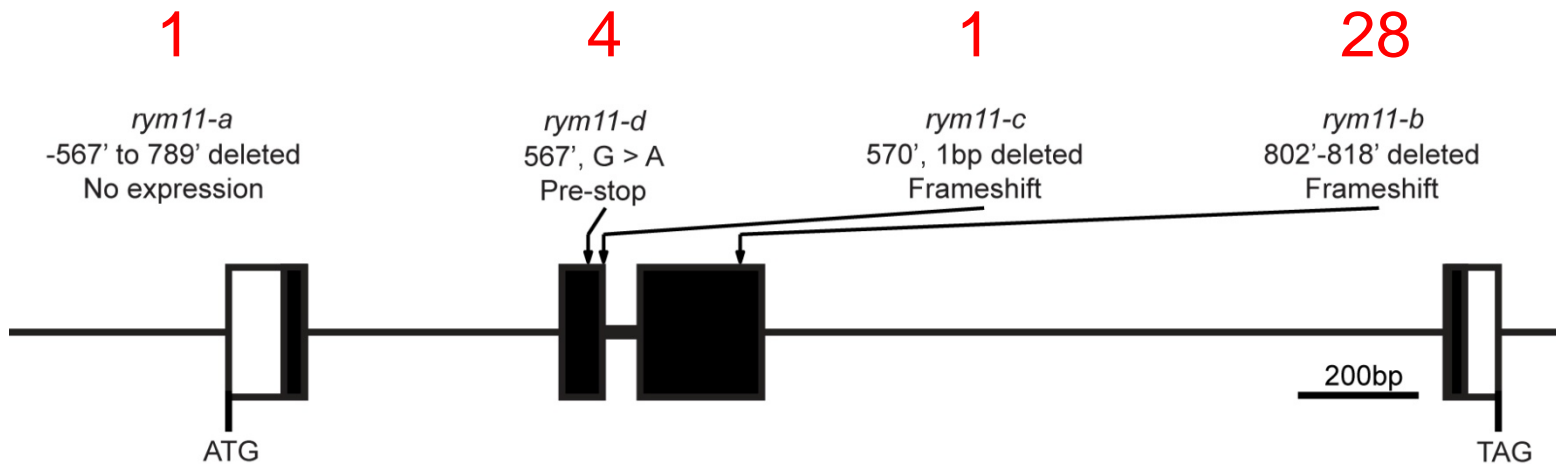
847 Landrace (*H. vulgare*)

559 Cultivar (*H. vulgare*)

5 *H. agriocrithon*

Total = 1,816 accessions

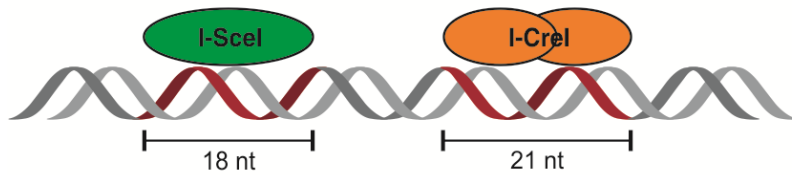
## Number of accessions carrying different alleles



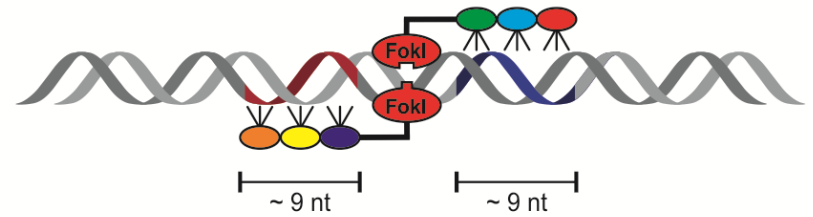
# Allele Editing: Gerichtete Mutagenese unter Verwendung von Endonucleasen



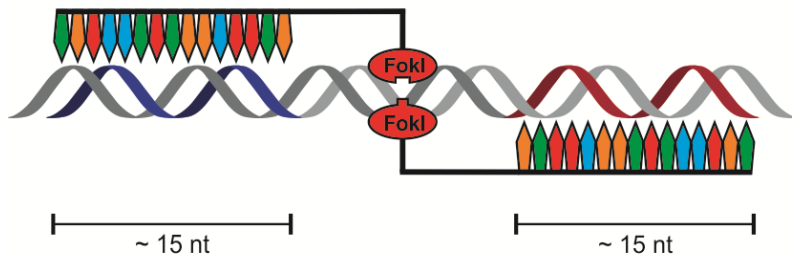
## Meganucleases



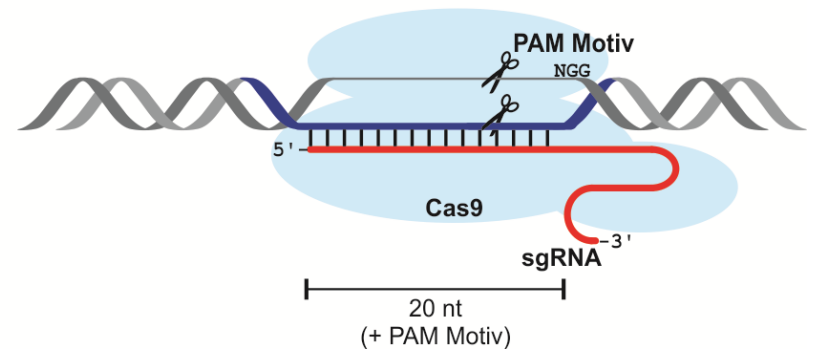
## ZFNs



## TALENs



## CRISPR/Cas System

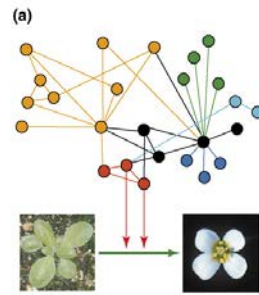


- ZFNs Zinc-Finger Nucleases
- TALENs Transcription Activator-Like Effector Nucleases
- CRISPR Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
- Cas CRISPR-associated, RNA-guided endonuclease



-Sequenzinformation  
-omics Technologien

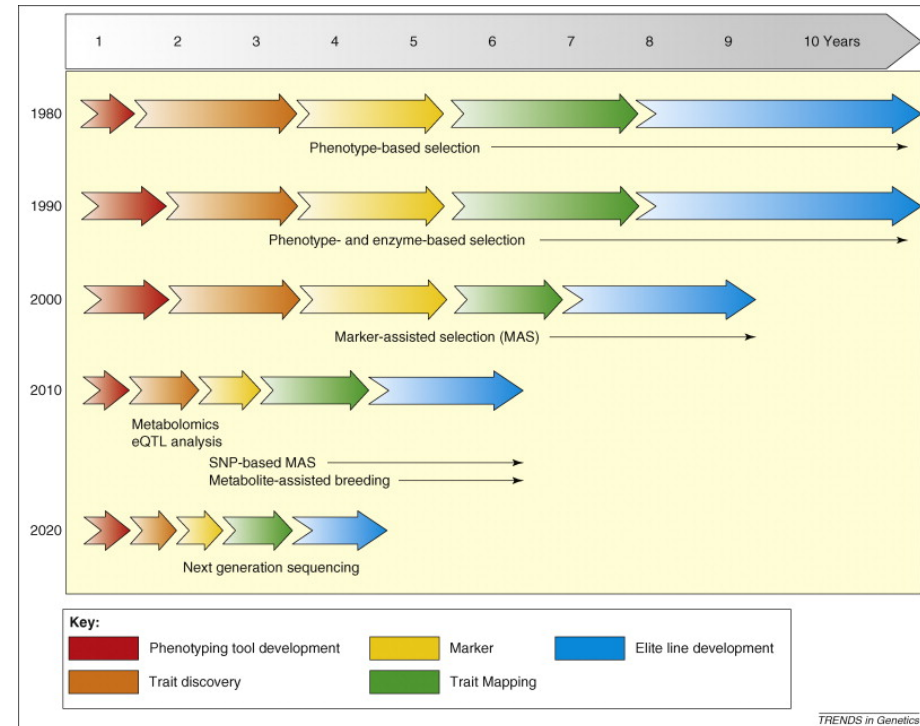
Identifikation von Genen  
bzw. Netzwerken



G. Hammer et al. 2006: Trends in Plant Science 11, 587-593

Erfassung der allelischen  
Diversität und Editierung

Nutzbarmachung durch geeignete  
Markertechnologien



Fernie, A.R., N. Schauer, 2008: Trends in Genetics 25, 39-48

Dr. Dragan Perovic  
Dr. Ilona Krämer  
Dr. Antje Habekuß  
Dr. Thomas Lüpken  
Dr. Doris Kopahnke  
Dr. Janine König  
Dr. Albrecht Serfling  
Fluture Novakazi  
Dr. Thomas Vatter  
Dr. Holger Zetzsche  
Leila Fazilkhani  
Frances Karlstedt

Prof. Dr. Wolfgang Friedt

Prof. Dr. Andreas Graner  
Dr. Nils Stein  
Dr. Ping Yang  
Dr. Martin Mascher  
Dr. Jochen Kumlehn

Prof. Dr. Klaus Pillen

Dr. Ernesto Igartua  
Dr. Ana Casas  
Dr. Cristina Silvar



# Thanks

Dr. Brian Steffenson



Dr. Kostya Kanyuka



Prof. Dr. Olga Afanasenko



Dr. Richard Pickering  
Dr. Paul Johnston





**Vielen Dank für  
ihre Aufmerksamkeit**