



(Foto: Jörg Jenrich, LTZ)

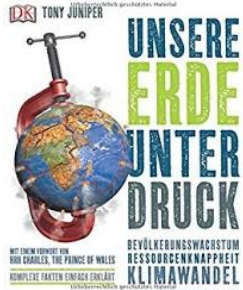


21. BfR-Forum Verbraucherschutz  
„Pflanzenschutzmittel – ein Anlass zur Sorge?“  
9./10. Juni 2021

**Innovationen im Pflanzenschutz  
– Herausforderungen gemeinsam meistern**

Prof. Dr. Frank Ordon

# Herausforderungen an die Pflanzenproduktion der Zukunft



<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

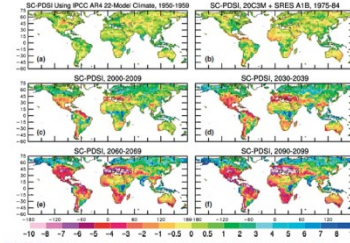


FIGURE 11 | Global annual mean annual crop yield (PPS) per year for (a) 1950-1999, (b) 1975-84, (c) 2000-2009, (d) 2010-2099, (e) 2000-2009, and (f) 2010-2099 calculated using the 22 model ensemble mean surface air temperature, precipitation, humidity, soil salinity, and wind speed used in the IPCC AR4 from the 20th century and 20ES A1B 21st century simulations. 128 had to pink areas are extremely dry, brown drought conditions while blue colors indicate wet areas relative to the 1950-1999 base.

Dai, A. (2010)

- Versorgung der Bevölkerung mit einer Vielfalt an qualitativ hochwertigen Lebensmitteln (ohne Rückstände!) 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 der Pflanzenproduktion an den Klimawandel



Ackerbaustrategie  
Biodiversitätsstrategie  
NAP-Pflanzenschutz

<https://www.bmel.de/DE/ministerium/ministerin/bmin-kloeckner.html>



[https://scontent-frt3-1.xx.fbcdn.net/v/t1.6435-9/fr/cp0/e15/q65/107252449\\_780251775713444\\_2982581478284083231\\_n.jpg?\\_nc\\_cat=108&ccb=1-3&\\_nc\\_sid=8024bb&\\_nc\\_ohc=C4u7EdQfN-IMAX8n7fby&\\_nc\\_ht=scontent-frt3-1.xx&tp=14&oh=d0324a0e7cc6e87a46c35fd48b922228&oe=60E5ABCD](https://scontent-frt3-1.xx.fbcdn.net/v/t1.6435-9/fr/cp0/e15/q65/107252449_780251775713444_2982581478284083231_n.jpg?_nc_cat=108&ccb=1-3&_nc_sid=8024bb&_nc_ohc=C4u7EdQfN-IMAX8n7fby&_nc_ht=scontent-frt3-1.xx&tp=14&oh=d0324a0e7cc6e87a46c35fd48b922228&oe=60E5ABCD)



Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF)



TOWARDS CHEMICAL PESTICIDE-FREE AGRICULTURE

[www.julius-kuehn.de](http://www.julius-kuehn.de)

# Ertragseffekte durch Pflanzenschutzmittel

Kulturart	Ertragseffekte durch PSM (weltweit)
Weizen	+ 19 %
Reis	+ 32 %
Mais	+ 33 %
Kartoffel	+ 42 %
Sojabohne	+ 27 %



Farming without plant protection products

Can we grow without using herbicides, fungicides and insecticides?



IN-DEPTH ANALYSIS

Panel for the Future of Science and Technology

EPRS | European Parliamentary Research Service

Scientific Foresight Unit (STOA)

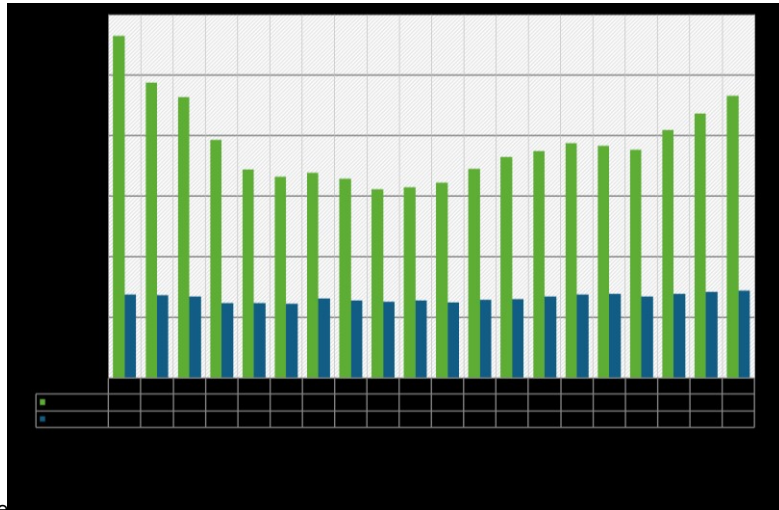
PE 634.416 – March 2019



# Resistenzbildungen bei Schaderregern / Verfügbarkeit von Resistenzklassen (RK) in Einzelindikationen

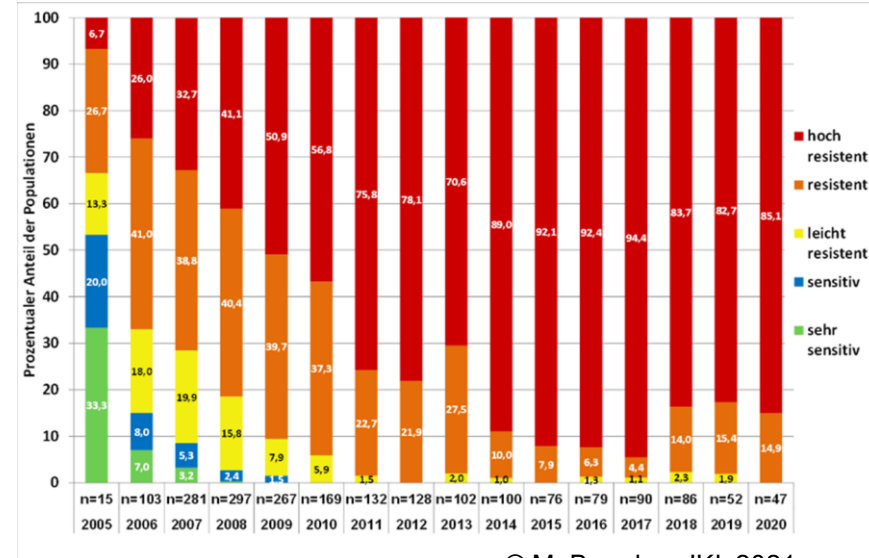


Anzahl in DE zugelassener Pflanzenschutzmittel und Wirkstoffe



Quelle: Umweltbundesamt  
<https://www.umweltbundesamt.de/bild/zahl-zugelassener-pflanzenschutzmittel-wirkstoffe>

Anteil Rapsglanzkäfer in JKI Resistenzklassen, 2005–2020, Biotest mit lambda-Cyhalothrin (5 h)



© M. Brandes, JKI, 2021

Wirkungsbereich	Fungizide		Herbizide		Insektizide	
	RK <3	RK ≥3	RK <3	RK ≥3	RK <3	RK ≥3
Ackerbau	63,3%	36,7%	95,6%	4,4%	97,6%	2,4%
Gemüsebau	92,9%	7,1%	99,6%	0,4%	99,5%	0,5%
Hopfenbau	0,0%	100,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Obstbau	88,7%	11,3%	100,0%	0,0%	98,3%	1,7%
Weinbau	25,0%	75,0%	100,0%	0,0%	80,0%	20,0%
<b>Summen*)</b>	<b>83,3%</b>	<b>16,7%</b>	<b>98,1%</b>	<b>1,9%</b>	<b>97,7%</b>	<b>2,3%</b>

\*) bezogen auf alle Anwendungsbereiche und Kulturen (einschl. Forst, Zierpflanzen, Grünland, Nichtkulturland, Vorratsschutz)

Verfügbarkeit von Resistenzklassen (RK) in Einzelindikationen

F. Jeske, JKI, 2019  
 A. von Tiedemann, Universität Göttingen, 2020

# Pflanzliche Produktionskette



www.fotolia.de



www.fotolia.de



www.fotolia.de



<https://www.earlytaste.de/produkt/brotkorb/>

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



Genotyp  
Sorte

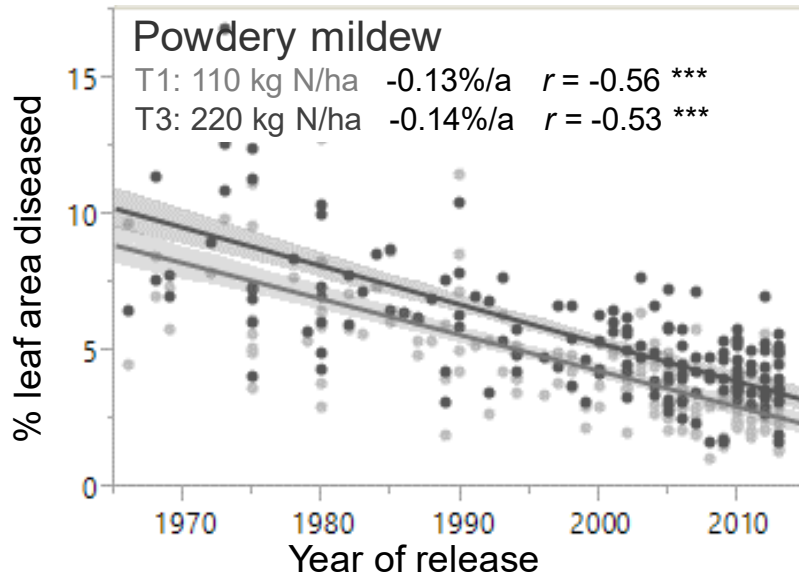
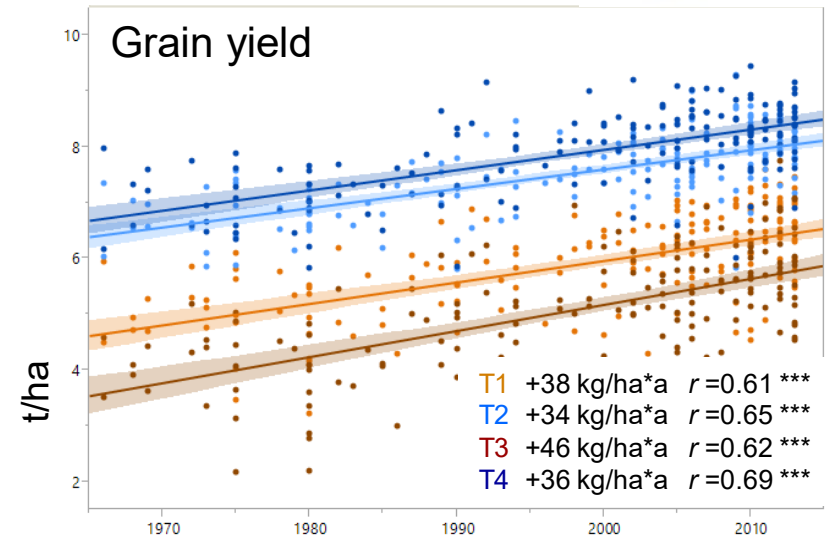
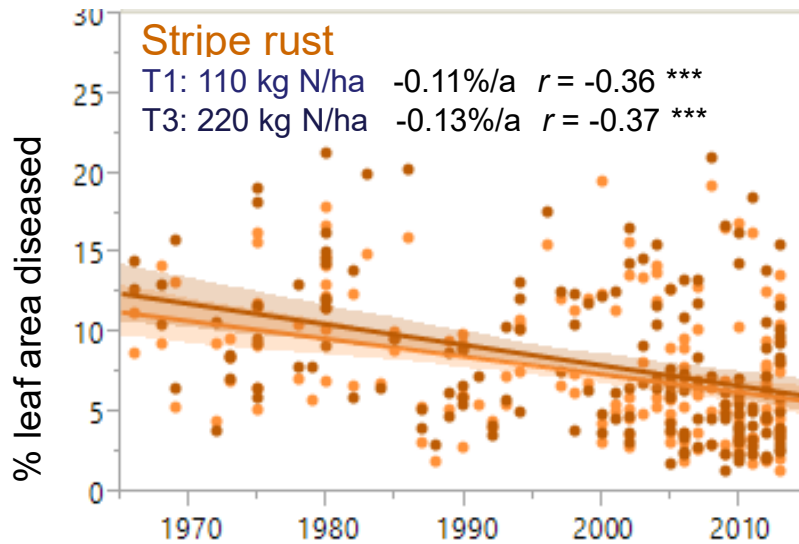


Boden  
Witterung  
.....



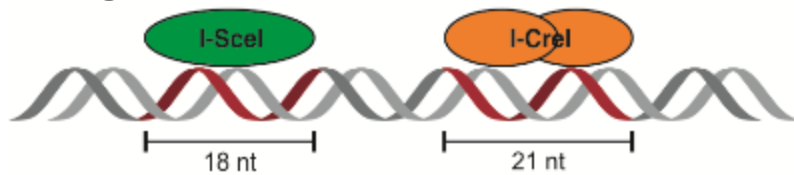
Pflanzenschutz  
Düngung  
.....

# Züchtungsfortschritt in Winterweizen

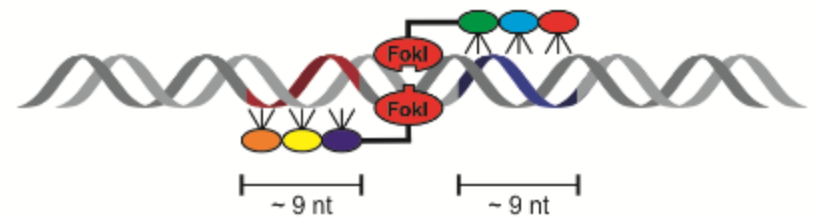


# Gerichtete Mutagenese unter Verwendung von Endonucleasen

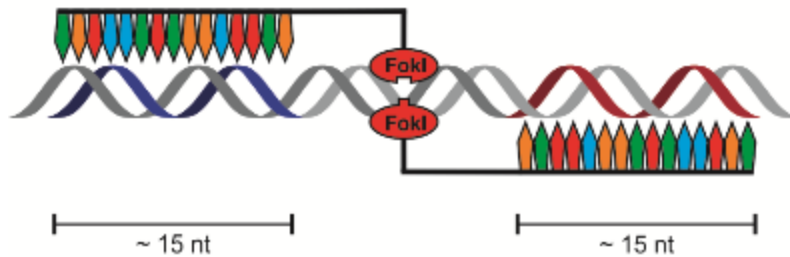
## Meganucleases



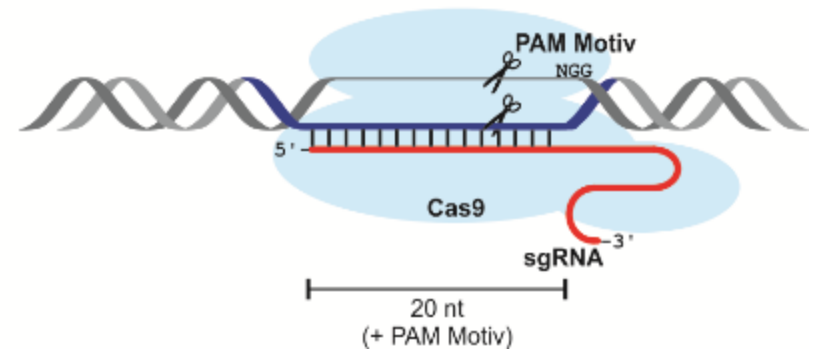
## ZFNs



## 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

# Pflanzenschutztechnik - Heute



**Passive, aktive und elektronische Schwingungstilgung**

**Füllstandskontrolle:**

Restmengen- & Befüllmanagement  
Füllstandsabhängige Rührwerke

**Gestängehöhensteuerung,  
Hangausgleich,  
Konturanpassung**

**Kategorie 4  
Kabinen**



**GPS-Teilbreitenschaltung:**  
Bis zur Einzeldüse (25 cm)

**Pflanzensensoren**

**Düsen:**

Beleuchtung,  
Durchfluss,  
Tropfengröße,  
Düsenwechsel  
25 cm Abstand

**Reinigungssysteme**

**Befüllung:**

Close Transfer Systeme  
Anzeige von Temperatur und pH-Wert

**Ausbringmengenregelung (PWM):**

Schwingungstilgung  
Kurvenfahrten  
Durchflussmengenanpassung

**Parallelfahrssysteme & Spurtreuer Nachlauf**



# Teilflächenspezifische Applikation mit Direkteinspeisung



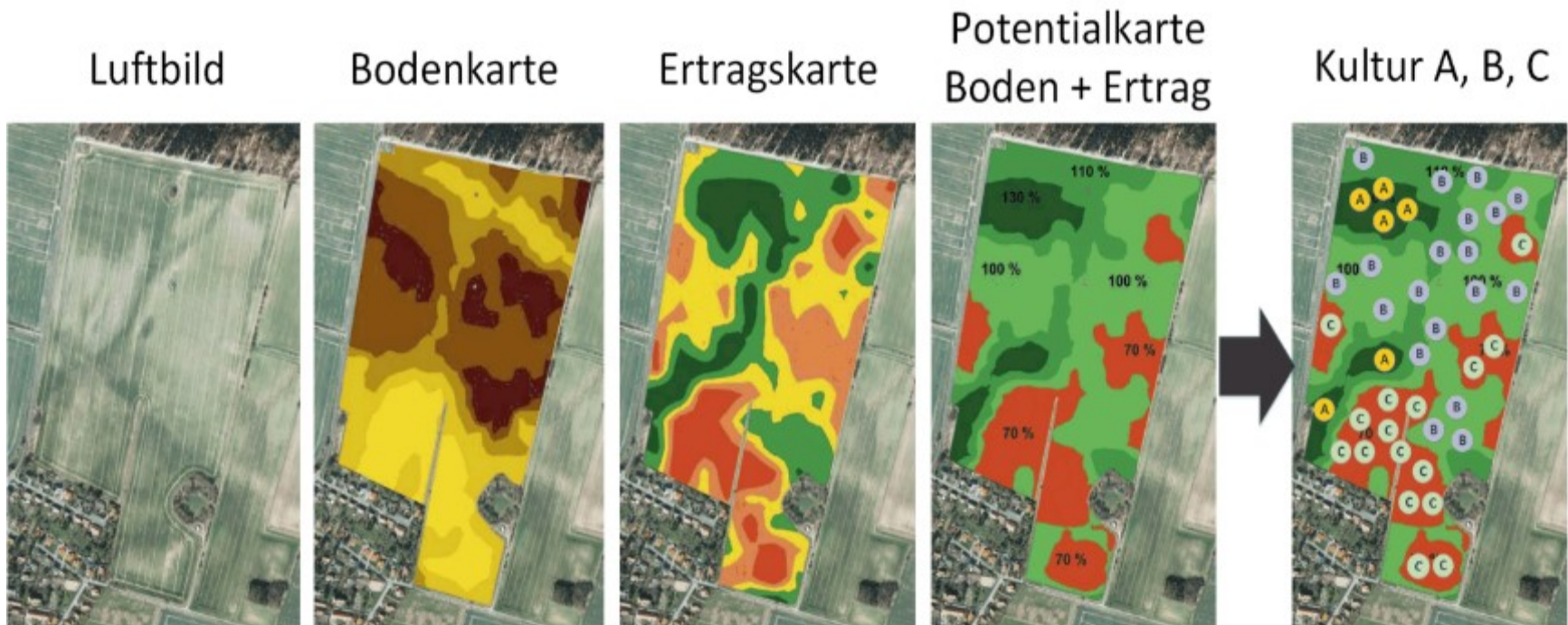
- Erste Geräte zur Direkteinspeisung (Mehrkammersysteme) sind mittlerweile am Markt verfügbar
- An praxistauglichen Sensorsystemen zur Unkrauterkennung wird weiter gearbeitet



Quelle: Herbert Dammann GmbH

# Spot Farming

- Landwirtschaftliche Flächen sind selten homogen (Bodenart, Erträge, Wasserversorgung, Höhenprofil, Erosionspotenzial, geografische Ausrichtung etc.)
- Berücksichtigung von kleinräumigen Unterschieden
- Identifizierung von „Spots“ mit weitgehend homogenen Eigenschaften, die eigenständig bewirtschaftet werden





# Autonome Feldroboter



© Strube D&S

Sechsstreihiges Unkrauthacken mit autonom navigierendem Feldroboter BlueBob



Bildquelle: © Hochschule Osnabrück

Autonome Feldroboter für die Unkrautbekämpfung



# Physikalischer Pflanzenschutz: Kulturschutznetze, Vliese

Beispiel:  
Einnetzen von Obstkulturen zum Schutz  
vor der Kirschessigfliege



Kirsche mit Einnetzung (H. Vogt, JKI)



Vollständig eingetzelte Himbeeranlage (B. Boehnke, JKI)



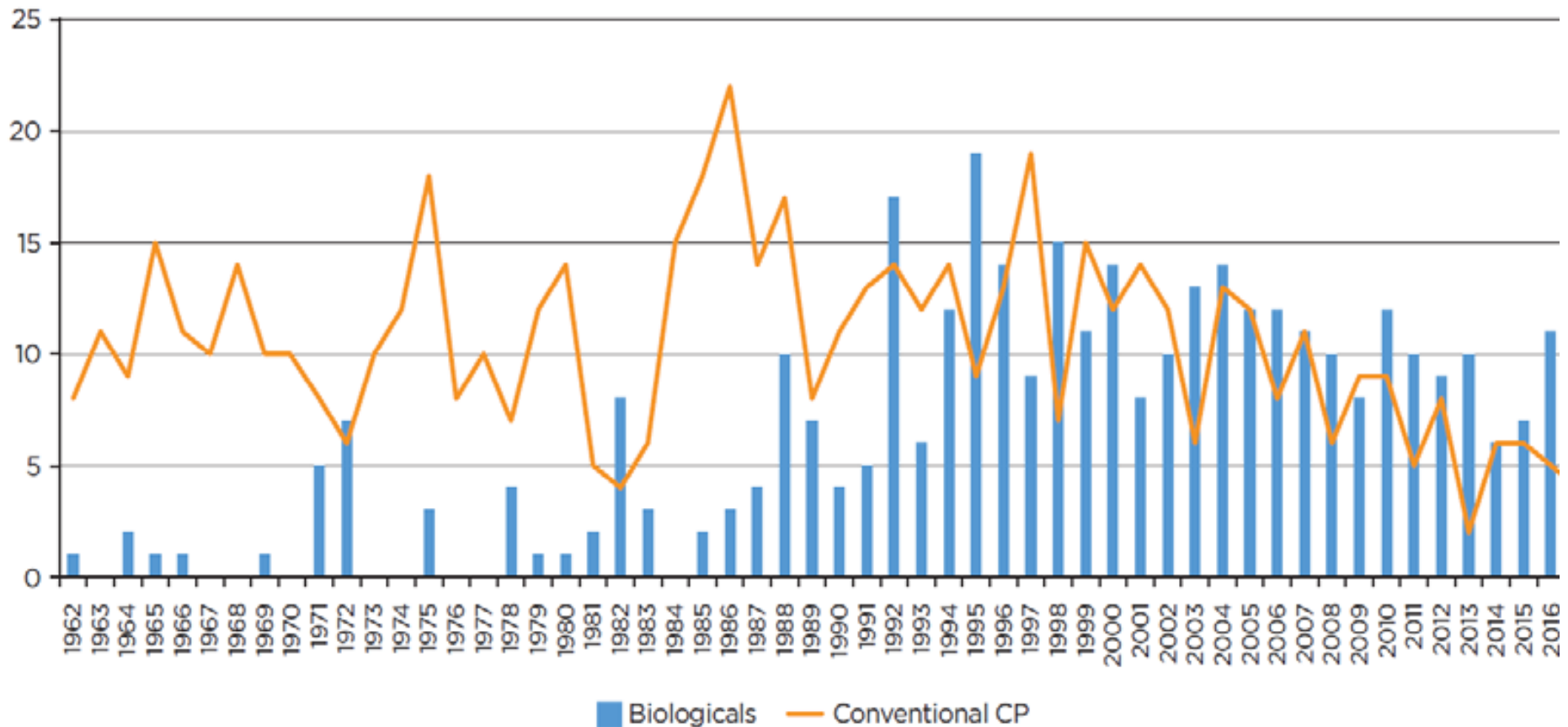
Kirschanlage bei der Einnetzung (B. Boehnke, JKI)  
[www.julius-kuehn.de](http://www.julius-kuehn.de)



# Biologischer Pflanzenschutz



Jährliche Produkteinführungen von Biologicals im Vergleich zu chemisch-synthetischen PSM



Quelle:

EPRS | European Parliamentary Research Service

Scientific Foresight Unit (STOA)

PE 634.416 – March 2019

Farming without plant protection products

# In Deutschland zugelassene Mikroorganismen und kommerziell verfügbare Nützlingsarten



## Virus

Adoxophyes orana Granulovirus	Obstbau (2)
Cydia pomonella Granulovirus	Obstbau (2)
Mild Pepino Mosaic Virus / Pepino Mosaic Virus	Gemüsebau (2)

## Bakterien

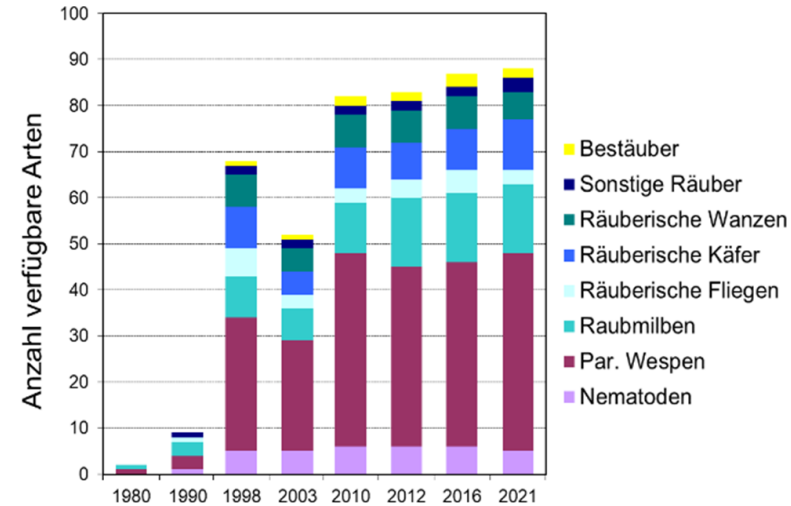
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> FZB24;	Gemüse, Obst, Wein (7)
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> MBI 600;	Ackerbau, Gemüse, Obst (22)
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> QST 713	Ackerbau, Gemüse, Obst, Wein, Zierpflanzen (<30)
<i>Bacillus firmus</i>	Ackerbau (6)
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i>	Gemüse, Zierpflanzen (4)
<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> ;	Gemüse, Obst, Wein, Zierpflanzen, Forst (32)
<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> HD1	Ackerbau, Gemüse, Obst, Wein, Zierpflanzen (>50)
<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> EG-2348	Gemüse Hopfen, Obst, Wein (20)
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Ackerbau (3)
<i>Pseudomonas</i> sp.	Ackerbau (3)

## Pilze

<i>Ampelomyces quisqualis</i> AQ 10	Gemüse, Obst (5)
<i>Aureobasidium pullulans</i> DSM 14940 + <i>Aureobasidium pullulans</i> DSM 14941	Obst, Wein (5)
<i>Beauveria bassiana</i>	Gemüse, Zierpflanzen (3)
<i>Clonostachys rosea</i>	Gemüse, Zierpflanzen (13)
<i>Coniothyrium minitans</i>	Acker, Gemüse, Zierpflanzen (15)
<i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i>	Gemüse, Obst, Zierpflanzen (11)
<i>Pythium oligandrum</i>	Ackerbau (4)
<i>Trichoderma asperellum</i> ( <i>T. harzianum</i> )	Gemüse, Zierpflanzen (6)
<i>Trichoderma asperellum</i> T34	Ackerbau (3)
<i>Trichoderma atroviride</i> SC1	Wein (3)
<i>Trichoderma gamsii</i>	Gemüse, Zierpflanzen (6)
<i>Verticillium albo-atrum</i>	Zierpflanzen (1)

Stand 2021

## Kommerziell verfügbare Nützlingsarten



Multikopter zur Ausbringung von Trichogramma-Kapseln in Mais (Foto: Jörg Jenrich, LTZ)

## Vorteile

- Oftmals keine Non-Target Effekte
- Keine oder geringe längerfristigen negativen Auswirkungen auf Boden, Wasser und Luft
- Keine oder geringe Rückstandsbelastung von Pflanzen und Erntegut
- kurze oder keine Wartezeiten oder Wiederbegehungsfristen (insbesondere unter Glas)

## Nachteile

- **wenige Anwendungen -> kleine Märkte**
- Schwierige Anwendung bei Schädlingskomplexen
- Schwierig bei neu auftretenden Schaderregern
- Für Landwirte höhere Kosten als chemische Mittel
- Wenige Anreize für kommerzielle Anbieter

## Selektivitätsdilemma

Je selektiver, desto

... sicherer für Mensch und Umwelt

... weniger Anwendungen, kleiner der Markt und unattraktiver für die Inverkehrbringung.

# Biotechnische Verfahren des Pflanzenschutzes

- **Entwicklung von neuen Monitoringverfahren zur exakten Bestimmung von Schadensschwellen und Anwendungszeitpunkten**
  - **Nützlingsschonende Lockstofffallen mit spezifischen Duftstoffen und Farbfolien zur Überwachung von Krankheitsüberträgern im Obstbau:** Apfelblattsauger (Apfeltriebsucht), Birnblattsauger (Birnenerkrankung), Pflaumenblattsauger (Europ. Steinobstvergilbung (ESFY))



Sollen 2022 auf den Markt kommen  
(Firma IS Insect Services GmbH, Berlin)



- **Identifizierung von attraktiven und repellenten (abwehrenden) Duftstoffen zur direkten Schädlingsregulation**
  - Attract-und-Kill-Verfahren
  - Formulierung der Duftstoffe in Dispensern, als Mikrokapseln und Nanoformulierungen



# RNAi-basierte Abwehr von Krankheitserregern und Schädlingen durch Gene Silencing (Genstummschaltung)



## *Host induced gene silencing (HIGS)*

- Erzeugung gentechnisch veränderter Pflanzen mit Virusresistenz und mit eingebautem Schutz gegen Insekten
- Keine Akzeptanz für GVP in Europa

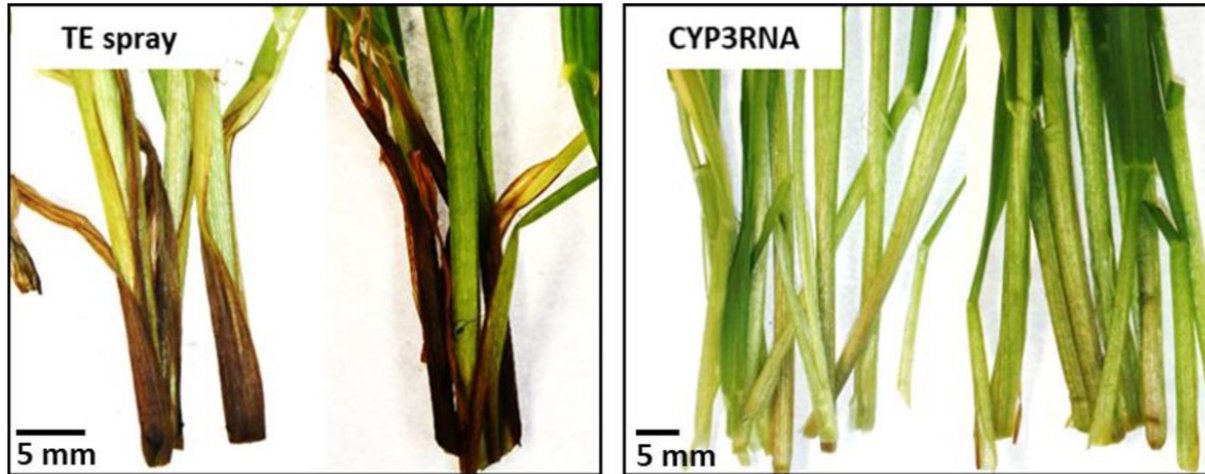
## *Spray induced gene silencing (SIGS)*

- Sprühapplikation von dsRNA als RNA-basierte Pflanzenschutzmittel
- Genstummschaltung in Krankheitserreger oder Schädling ohne Gentechnik
- Hohe Spezifität
- Gute Abbaubarkeit in der Umwelt

# Sprühapplikation von dsRNA als RNA-basierte Pflanzenschutzmittel



## ➤ SIGS-vermittelte Kontrolle von *Fusarium graminearum* an Gerste



Biedenkopf et al. ExRNA (2020) 2:12,  
<https://doi.org/10.1186/s41544-020-00052-3>

## ➤ Schutz der dsRNA durch Bindung an Nanopartikel

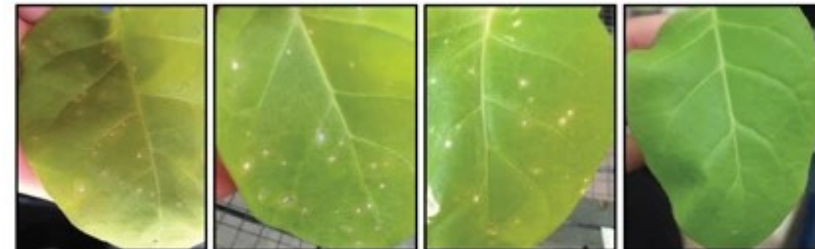
Day 5 challenge

Water      LDH      dsRNA      BioClay



Day 20 challenge

Water      LDH      dsRNA      BioClay



Varianten:

(1) Wasser (2) Ton-Nanopartikel (LDH) (3) PMMoV-dsRNA (4) Komplex aus PMMoV-dsRNA und Ton-Nanopartikeln: „**BioClay**“

Mitter, N. et al. Nature Plants 3, 16207 (2017). <https://www.nature.com/articles/nplants2016207>

## Fazit:

# Mit Innovationen Integrierten Pflanzenschutz stärken und unerwünschte Umweltwirkungen reduzieren



- Vor dem Hintergrund der globalen Ernährungssicherung und dem Klimawandel ist ein vollkommener Verzicht auf chemischen Pflanzenschutz in absehbarer Zeit (noch) nicht möglich.
- Wesentliche Innovationspotenziale bestehen in der Biotechnologie und der Digitalisierung.
- Der Biologische Pflanzenschutz wird zwar weiter an Bedeutung gewinnen, doch wird er nur Nischen abdecken können.
- Resistente Sorten bilden weiterhin einen zentralen Baustein einer **integrierten Pflanzenproduktion**, die in ihrem Instrumentarium unter Nutzung aller nicht-chemischen Alternativen bei Bedarf auch chemische Pflanzenschutzmaßnahmen vorsieht.

## DIE HANDLUNGSFELDER DER ACKERBAUSTRATEGIE 2035







**Ich danke für die Aufmerksamkeit!**