



Dr. Marcel Thieron

ARGUS monitoring DAS Pflanzenschutzlabor

Neuentwicklung des aqua.protect-Verfahrens
zur Reduzierung
von Kupfer

+ Verbundpartner



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

apl. Prof. Dr. Ulrich Schaffrath
Dr. Rhoda Delventhal
Renate Schubert

universität**bonn** 
INRES

Rheinische
Friedrich-Wilhelms-
Universität Bonn
Institut für
Nutzpflanzenwissenschaften
und Ressourcenschutz

Dr. Ulrike Steiner



Rheinland-Pfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM
LÄNDLICHER RAUM
RHEINPFALZ

Dr. Andreas Kortekamp
Tabitha Kellerer


JKI
Julius Kühn-Institut

Dr. Annegret Schmitt
Dr. Andrea Scherf
Florentine Stix

 **ARGUS**
monitoring

Dr. Marcel Thieron
Nicole Spees
Kai Winkel

aquagroup
Aktiengesellschaft

Markus Zetzlmann
Dr. Ulf Kausch
Tatjana Röder

Gefördert durch:



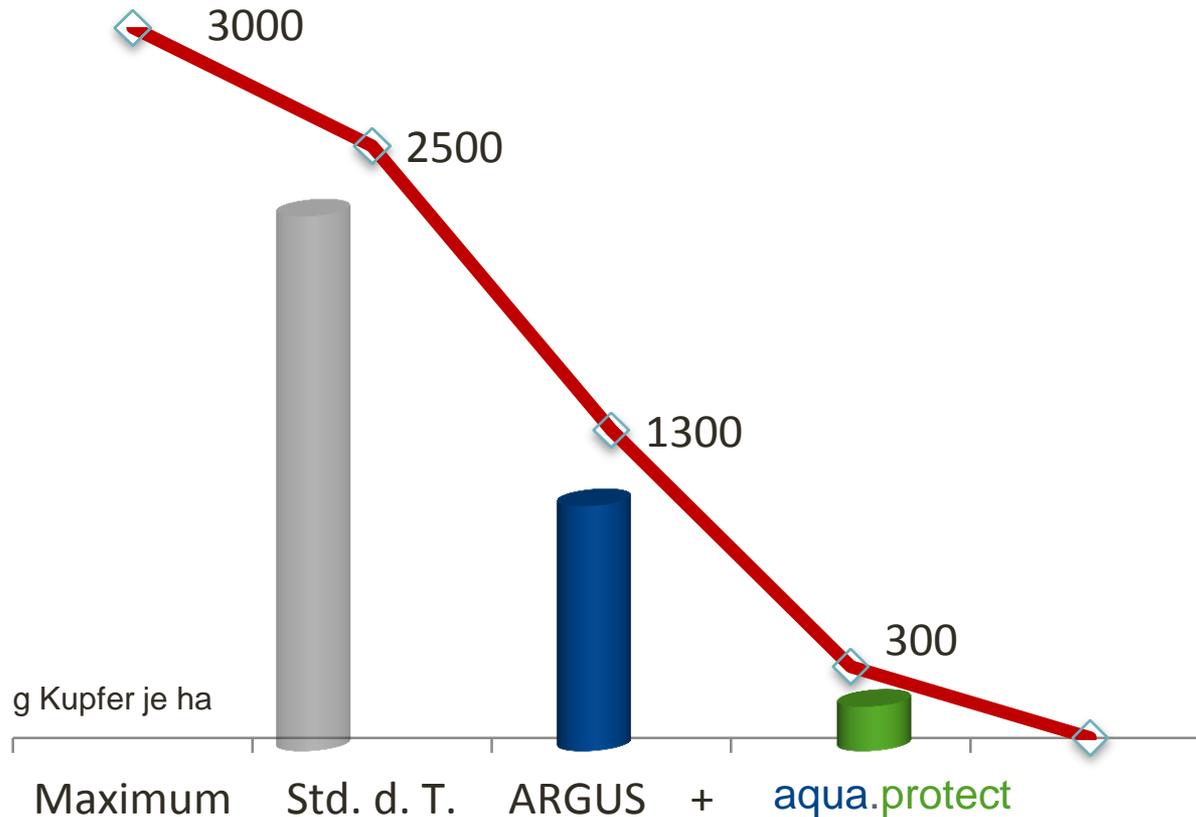
Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ptble

Projekträger Bundesanstalt
für Landwirtschaft und Ernährung

+ Praxispotential im biologischen Kartoffelanbau



■ Kupferreduktion im biologischen Kartoffelanbau

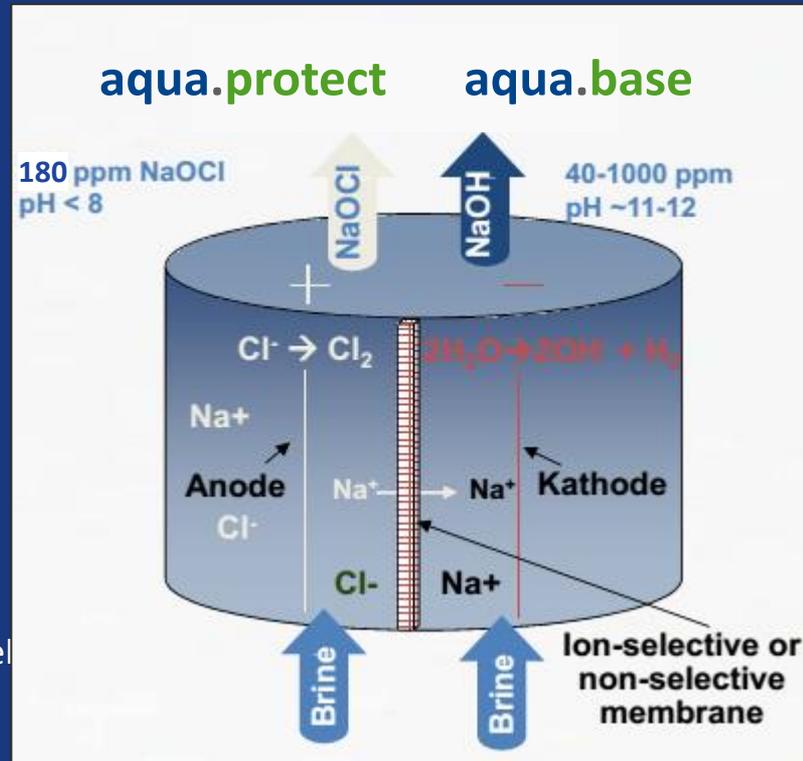
- Bei aktuellem Stand der Technik kann der Kupfereinsatz um 500 g/ha reduziert werden
- Das Expertensystem von ARGUS monitoring kann den Kupfereinsatz auf 1,3 kg/ha reduzieren
- die Kombination von aqua.protect mit dem Expertensystem senkte in Vorversuchen den Kupfereinsatz um 90% auf durchschnittlich 300 g/ha

aqua.protect – ein ECA-Produkt



ECA-Generator
(Quelle: aquagroup AG)

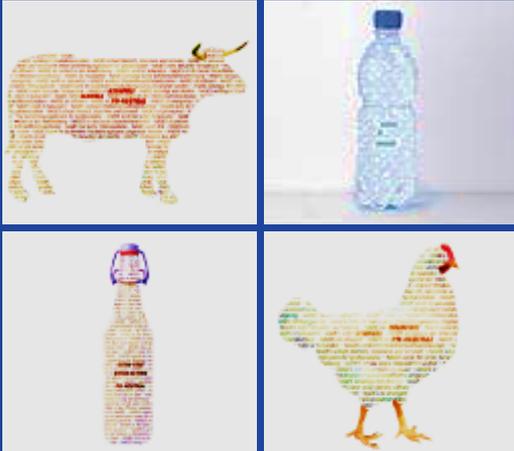
der el



Modell einer Elektrolyse-Zelle
(Quelle: aquagroup AG)

+ aqua.protect – ein ECA-Produkt

Übertragung
des Prinzips



Quelle: aquagroup AG, <http://www.nades.info>

**ECA-Produkte in der
Lebensmittelhygiene**

BLE-Verbundprojekt „aqua.protect-Verfahren“

Ziel: Reduktion und Ersatz von Pflanzenschutzmitteln

konventioneller Landbau
ökologischer Landbau



Quelle: Uni Bonn



Quelle: Uni Bonn



Quelle: DLR Rheinpfalz



→ Wirkungsspektrum Pflanzenpathogene

Labor

→ Wirkmechanismus

→ Wirksamkeit im Praxiseinsatz

Freiland



Grundsätzliches

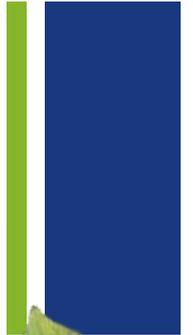
Wirkungsspektrum

Wirkmechanismus

Phytotox



+ aqua.protect wirkt gegen ein breites Pathogenspektrum



Krankheitserreger	Wirkung in vitro	Wirkung ad planta (Klimakammer/ Gewächshaus) auf	
Echte Mehltaupilze			
<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>tritici</i>	/	Weizen	✓
<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>	✓	Gerste	✓
<i>Podospaera xanthii</i> / <i>Golovinomyces oronhii</i>	/	Gurke	✓
<i>Podospaera leucotricha</i>	/	Apfel	✓
<i>Oidium lycopersicum</i>	/	Tomate	✓
Rostpilze			
<i>Puccinia triticina</i>	/	Weizen	✓
<i>Puccinia graminis</i> f.sp. <i>tritici</i>	/	Weizen	✓
<i>Puccinia hordei</i>	/	Gerste	✓
<i>Uromyces betae</i>	/	Rübe	✓
<i>Uromyces appendiculatus</i>	/	Bohne	✓
Blattflecken			
<i>Venturia inaequalis</i>	/	Apfel	✓
<i>Mycosphaerella graminicola</i>	/	Weizen	-
<i>Pyrenophora teres</i>	/	Gerste	-
<i>Cercospora beticola</i>	/	Rübe	✓
<i>Diplocarpon rosae</i>	/	Rose	✓
<i>Magnaporthe oryzae</i>	✓	Gerste	✓

✓ : Wirkung beobachtet
 - : keine Wirkung beobachtet
 / : nicht untersucht



Krankheitserreger (fortgesetzt)	Wirkung in vitro	Wirkung ad planta (Klimakammer/ Gewächshaus) auf	
Oomyceten			
<i>Phytophthora infestans</i>	✓	Kartoffel, Tomate	✓
<i>Peronospora sparsa</i>	/	Rose	✓
<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	/	Gurke	✓
<i>Peronospora parasitica</i>	✓	Radies	✓
<i>Albugo candida</i>	✓	Radies	✓
<i>Pythium ultimum</i>	✓	/	
Samenbürtige Pathogene			
<i>Tilletia caries</i>	✓	/	
Weinrebenpathogene			
<i>Botrytis cinerea</i>	✓	/	
<i>Penicillium expansum</i>	✓	/	
<i>Alternaria alternata</i>	✓	/	
<i>Aspergillus niger</i>	✓	/	
<i>Phomopsis viticola</i>	✓	/	
<i>Guignardia bidwellii</i>	✓	Weinrebe	✓
<i>Phaemoniella chlamydospora</i>	✓	/	
<i>Phaeocremonium aleophilum</i>	✓	/	
<i>Botryosphaeria parva</i>	✓	/	
<i>Plasmopara viticola</i>	✓	/	
<i>Erysiphe necator</i>	/	Weinrebe	✓

+ aqua.protect hat eine hemmende Wirkung *ad planta...*

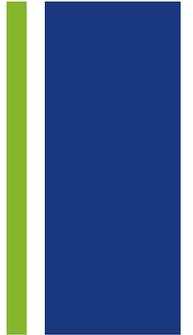
... z.B. im Pathosystem Radies / *Albugo candida*



Kontrollapplikation 1h p.i.



aqua.protect (50%)-Applikation 1h p.i.



+ aqua.protect hat eine hemmende Wirkung *ad planta...*

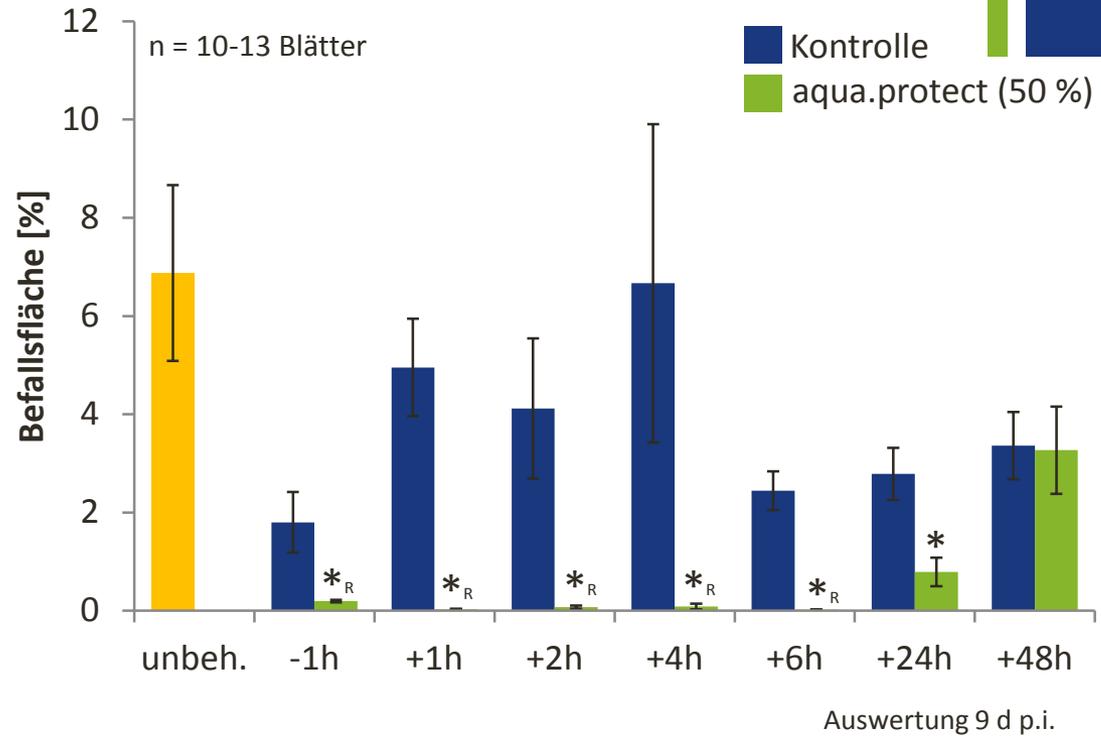
... z.B. im Pathosystem Radies / *Albugo candida*



Kontrollapplikation 1h p.i.



aqua.protect (50%)-Applikation 1h p.i.



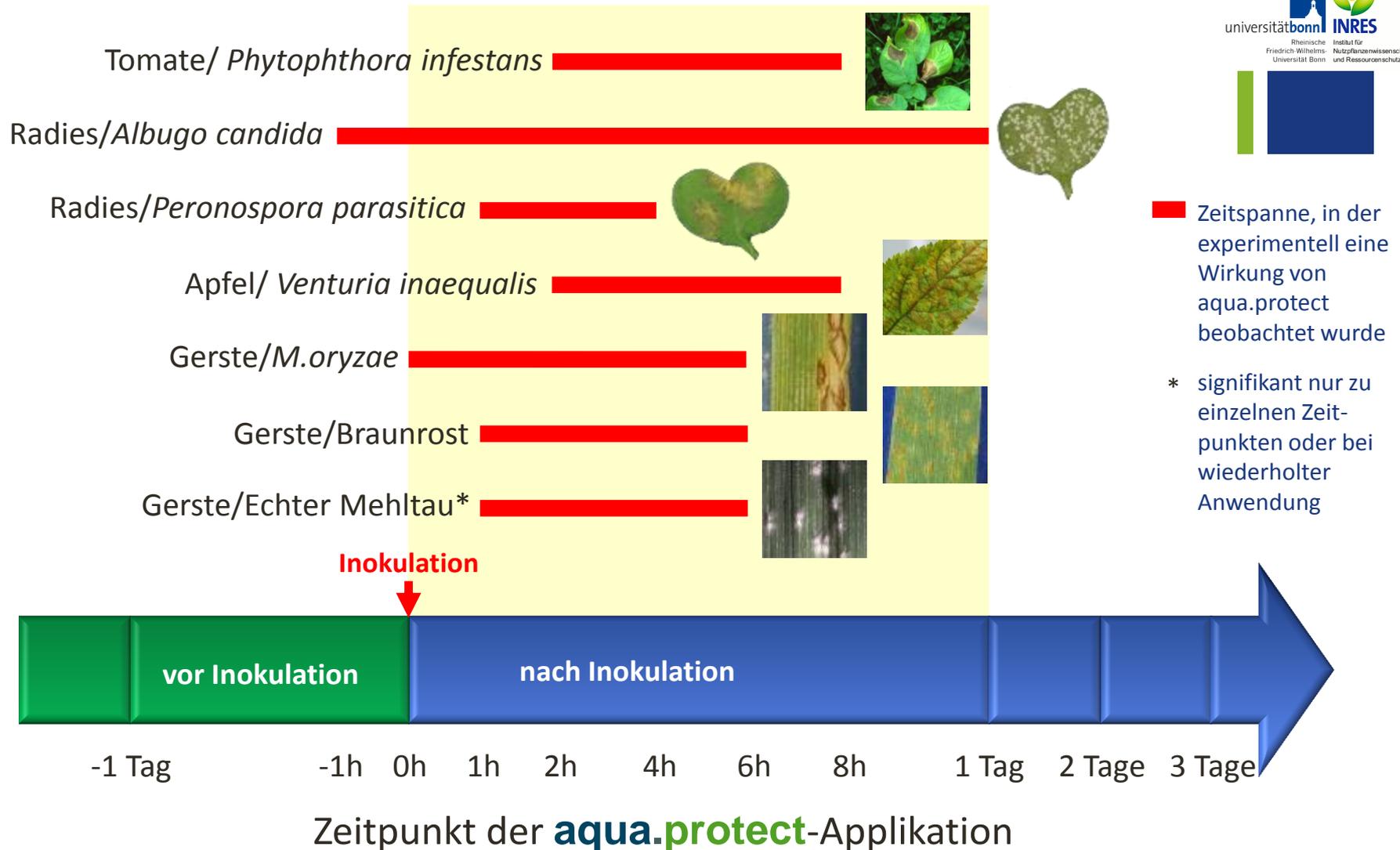
signifikante Unterschiede zwischen aqua.protect und Kontrolle:

*: nach t-test

*_R: nach Mann-Whitney Rangsummentest

Experiment wurde zweimal mit ähnlichen Ergebnissen reproduziert

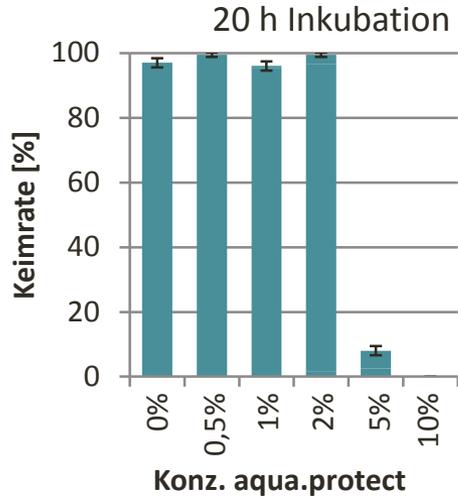
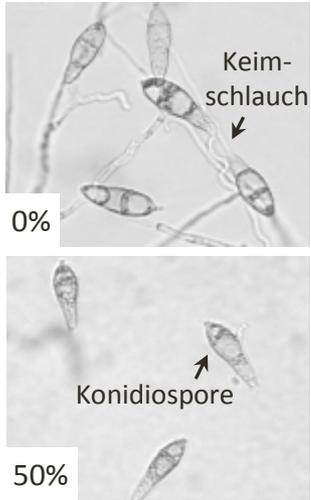
+ aqua.protect wirkt optimal früh nach Inokulation



+ aqua.protect hat eine hemmende Wirkung *in vitro*...

... auf die Keimung von Sporen

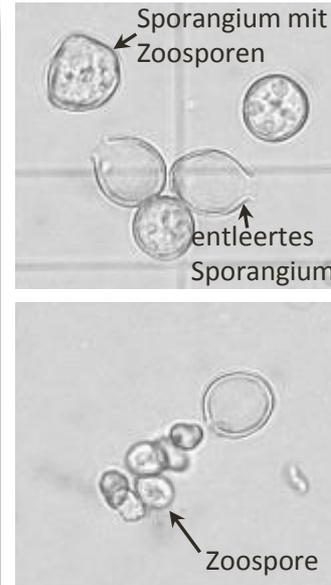
Magnaporthe oryzae – rice blast



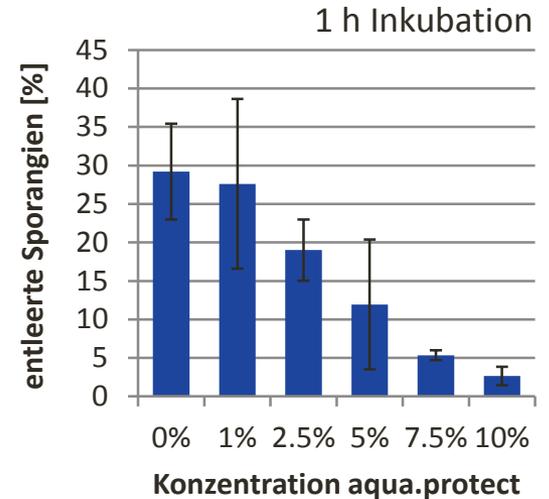
10 min. Inkubation, Ausplattieren auf Agar



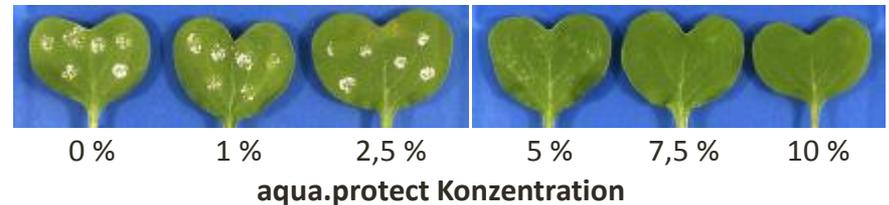
... und auf das Schlüpfen von Zoosporen



Albugo candida - Weißrost

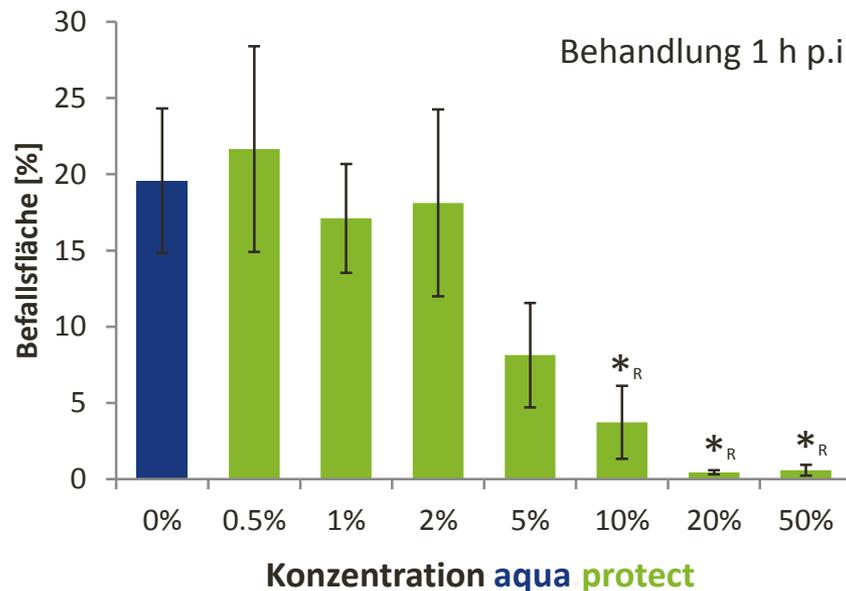


6 d nach Tropfeninokulation auf Radies



+ aqua.protect wirkt *ad planta* konzentrationsabhängig

... z.B. im Pathosystem Radies / *Peronospora parasitica*

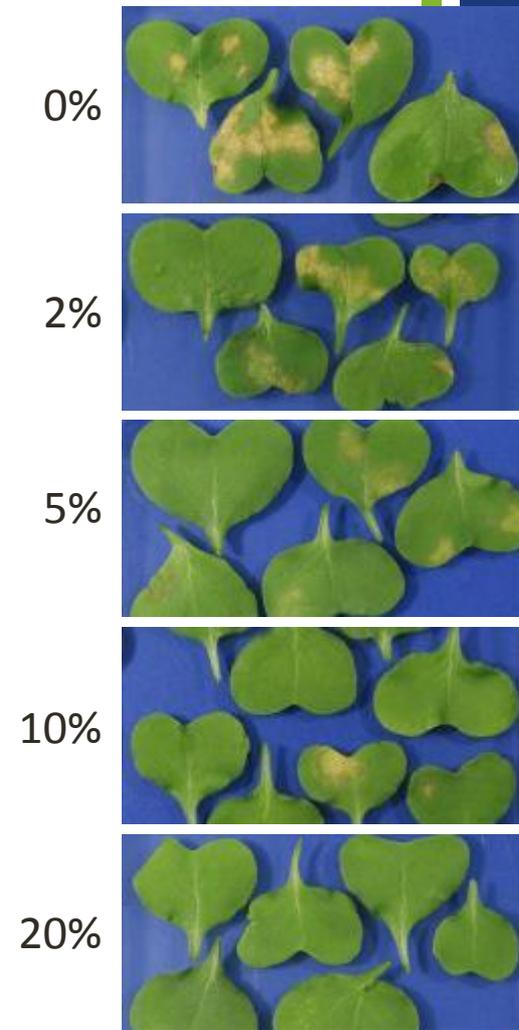


signifikante Unterschiede zwischen aqua.protect und Kontrolle:

* : nach t-test

*_R : nach Mann-Whitney Rangsummentest

effektive Mindestkonzentration: 5-50% (9-90 ppm NaOCl)
(je nach Pathosystem und Befallsstärke)



+ Wirkmechanismen von aqua.protect *ad planta*



M. oryzae auf Gerste

Behandlung 4 h p.i.,
Mikroskopie 48 h p.i.



unbeh.



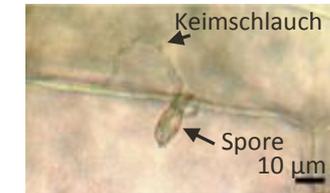
Kontrolle



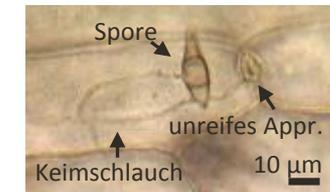
aqua.protect



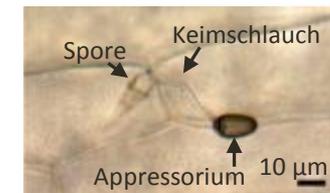
ungekeimte Spore



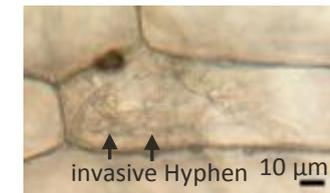
Spore mit Keimschlauch



unreifes Appressorium



Appressorium



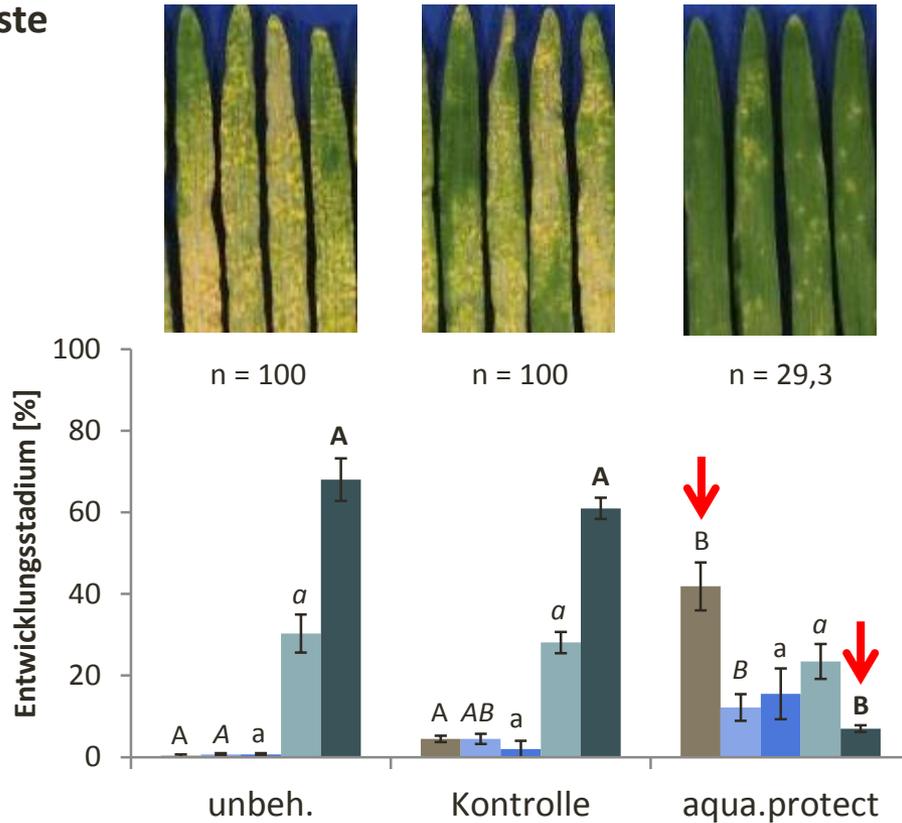
invasive Hyphen

Delventhal et al. (2014),
BMC Plant Biology 14: 26

+ Wirkmechanismen von aqua.protect ad planta

M. oryzae auf Gerste

Behandlung 4 h p.i.,
Mikroskopie 48 h p.i.

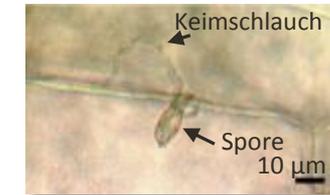


Effekte auf Sporen und frühe Infektionsstrukturen:

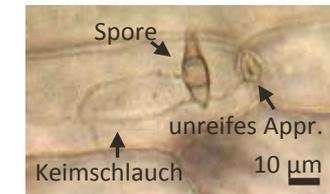
→ Hemmung der Keimung bzw. des Wachstums



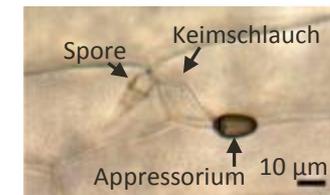
ungekeimte Spore



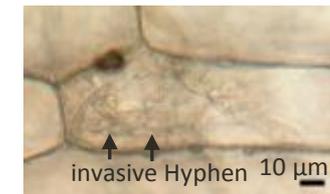
Spore mit Keimschlauch



unreifes Appressorium



Appressorium



invasive Hyphen

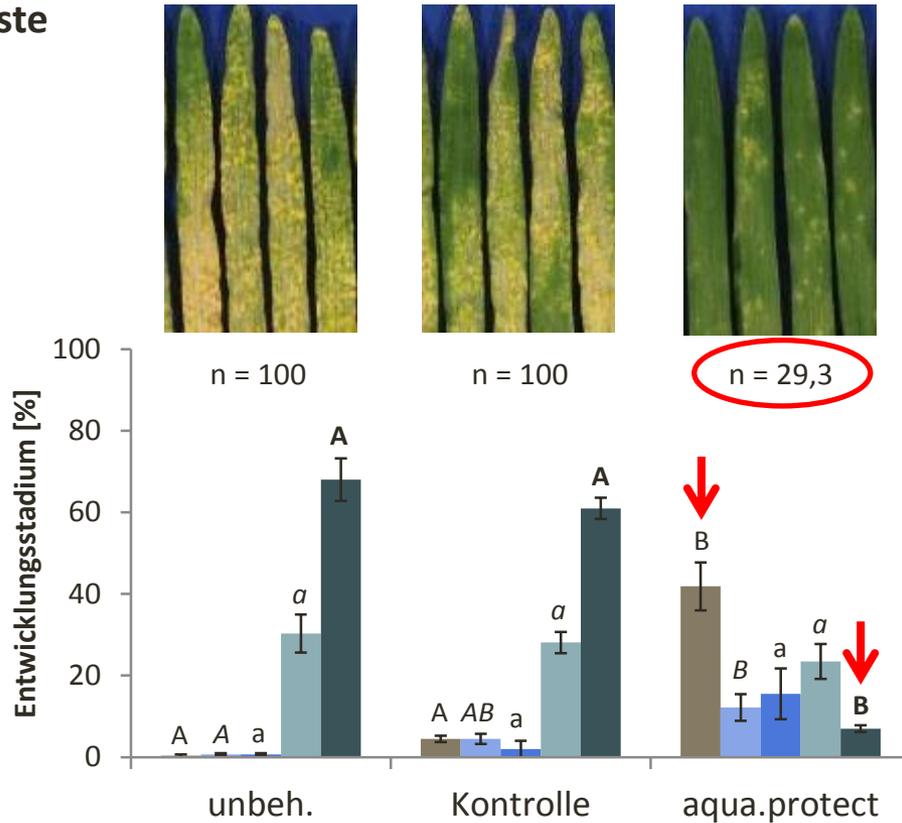
Delventhal et al. (2014),
BMC Plant Biology 14: 26

+ Wirkmechanismen von aqua.protect ad planta



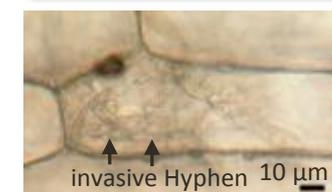
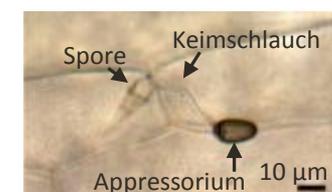
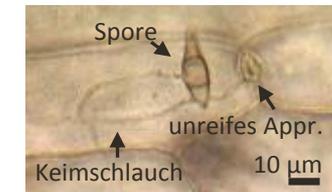
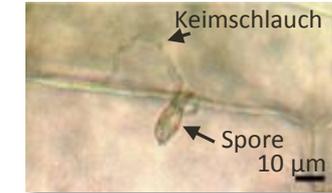
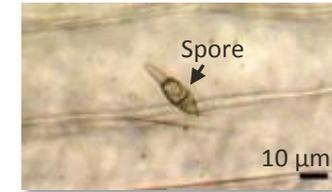
M. oryzae auf Gerste

Behandlung 4 h p.i.,
Mikroskopie 48 h p.i.



Effekte auf Sporen und frühe Infektionsstrukturen:

- Hemmung der Keimung bzw. des Wachstums
- Verminderung der Adhäsion



Delventhal et al. (2014),
BMC Plant Biology 14: 26

+ Wirkmechanismen von aqua.protect *ad planta*

Puccinia hordei auf Gerste

Rostsporenlager (Uredosori)
ca. 1 Woche nach Inokulation



vor Behandlung...



...nach Behandlung mit aqua.protect

Effekte auf Sporen und frühe Infektionsstrukturen:

- Hemmung der Keimung bzw. des Wachstums
- Verminderung der Adhäsion

+ Nebenwirkungen von aqua.protect

■ auf die Vitalität der Pflanze:

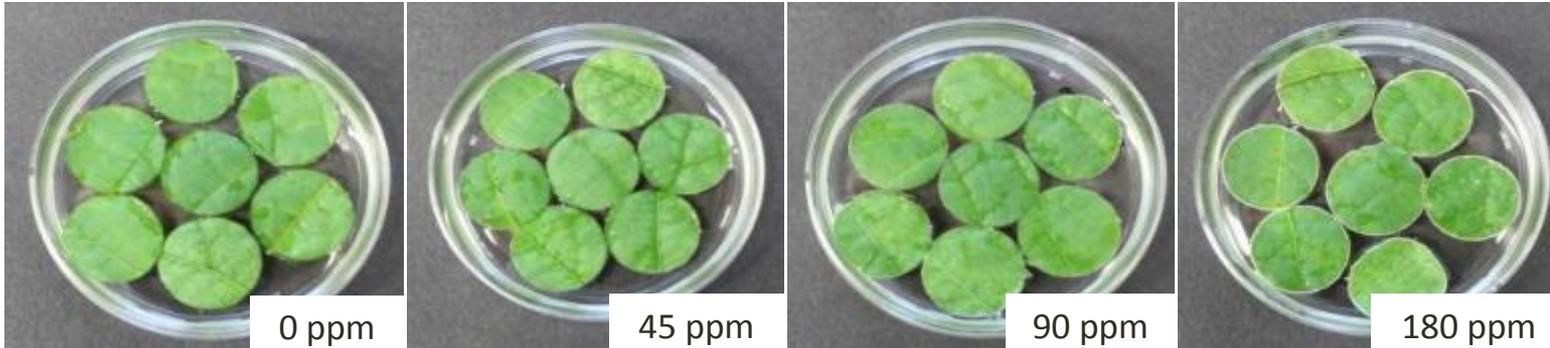
- keine phytotoxischen Effekte (wenige Ausnahmen)

Gurke „Chinesische Schlange“
nach Behandlung mit 50% aqua.protect

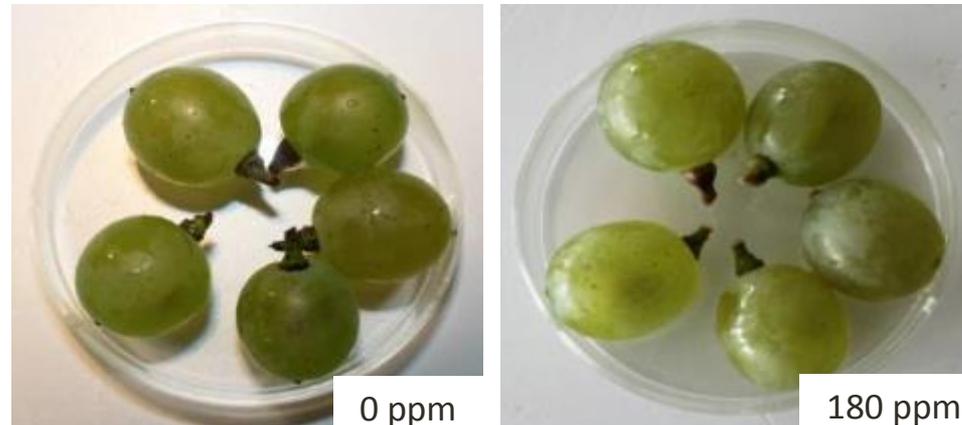


Quelle: Florentine Stix, JKI Darmstadt

Blattscheiben, Sorte Müller-Thurgau, 24 h in aqua.protect



Beeren, Sorte
Müller-Thurgau,
24 h in aqua.protect



+ Nebenwirkungen von aqua.protect

■ auf die Vitalität der Pflanze:

- keine phytotoxischen Effekte (wenige Ausnahmen)

■ physiologische Effekte:

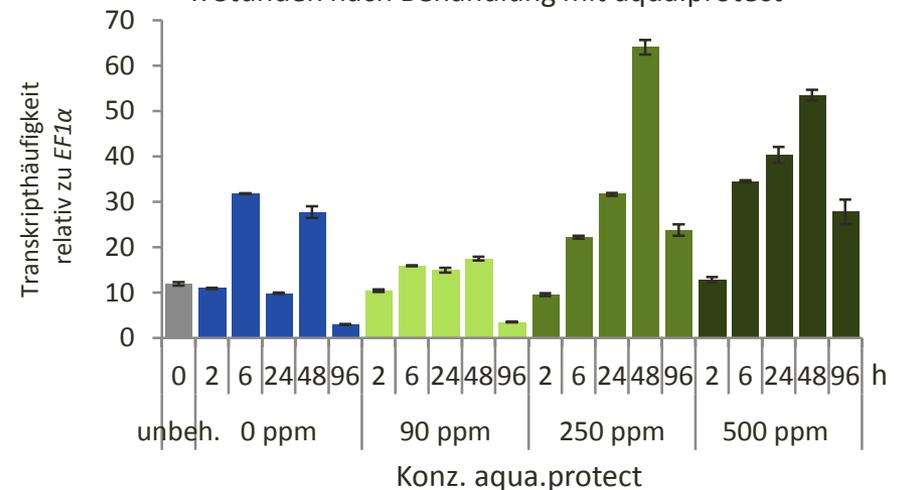
- kein Einfluss auf Wasserstoffperoxid-Anreicherung nach Behandlung (mittels DAB-Färbung)
- kein reproduzierbarer Einfluss auf Chlorophyllgehalt oder Photosynthese (mittels SPAD- bzw. ImagingPAM-Messung)
- schwache Induktion der *PR1*-Gen-Expression in Gerste, Tomate und Kartoffel (mittels real time qPCR)
 - für Tabak und Apfel ebenfalls beschrieben von Zarattini 2015, Ecotoxicology 24: 1996-2008

Gurke „Chinesische Schlange“
nach Behandlung mit 50% aqua.protect



Quelle: Florentine Stix, JKI Darmstadt

PR1b-Genexpression in Kartoffel
x Stunden nach Behandlung mit aqua.protect



+ Nebenwirkungen von aqua.protect

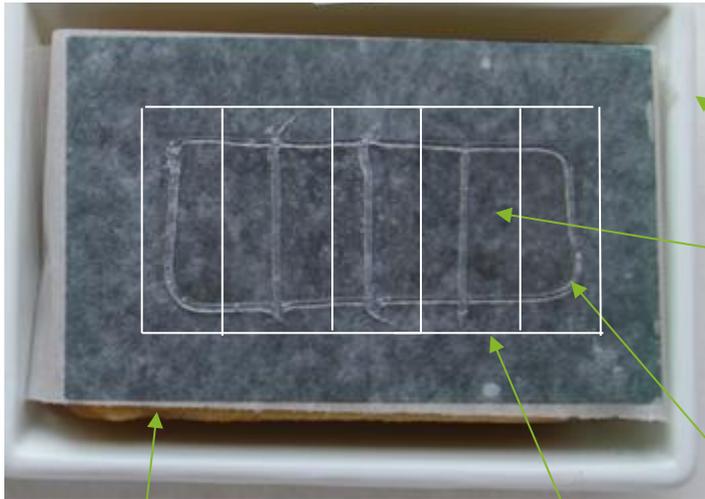
■ auf Nützlinge:

- kein Effekt auf Raubmilben (*Typhlodromus pyri*)

- Besprühen mit Wasser (Kontrolle) und 180 ppm aqua.protect
- tägl. Auswertung nach Mortalität und Fertilität



Ulrich Remund, wikipedia.de



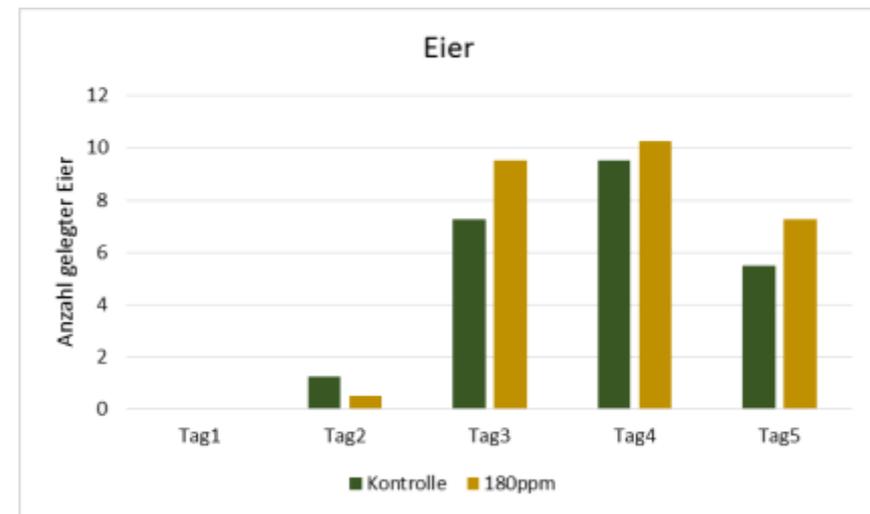
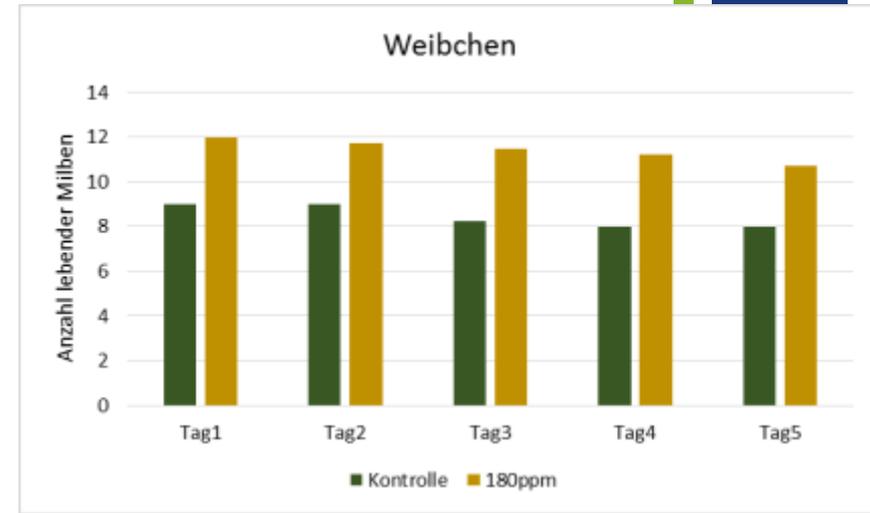
Schwamm mit Glasplatte und feuchtem Papiertuch

Deckgläser

Plastikwanne mit Wasser

Feld mit Raubmilben
4 Wiederh.
(je 10 Weibchen und 2 Männchen)

Leimrand

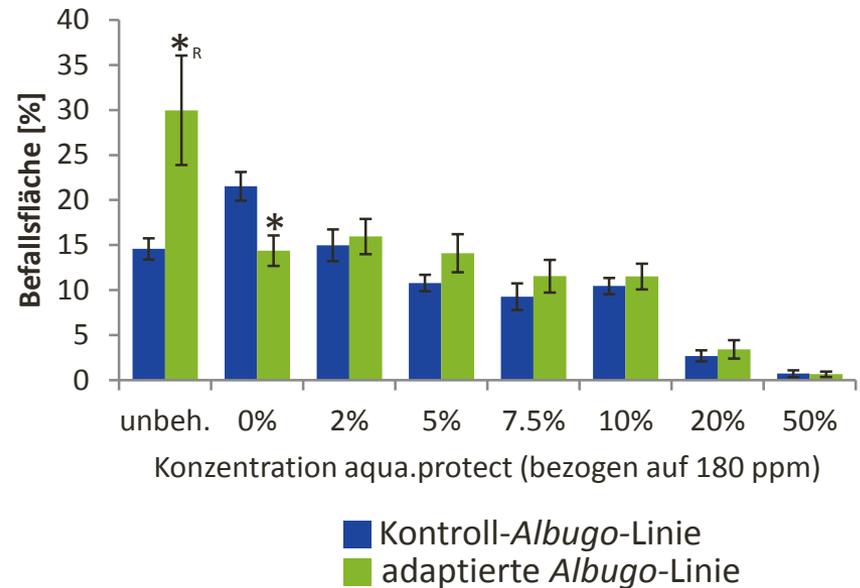
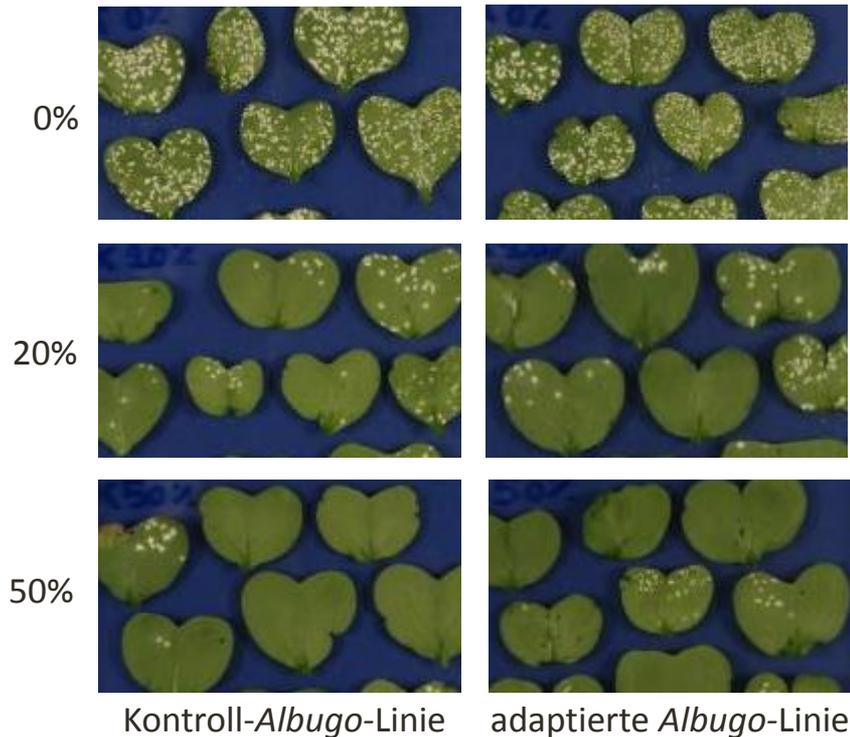


+ Nebenwirkungen von aqua.protect

■ Resistenzbildung gegenüber aqua.protect:

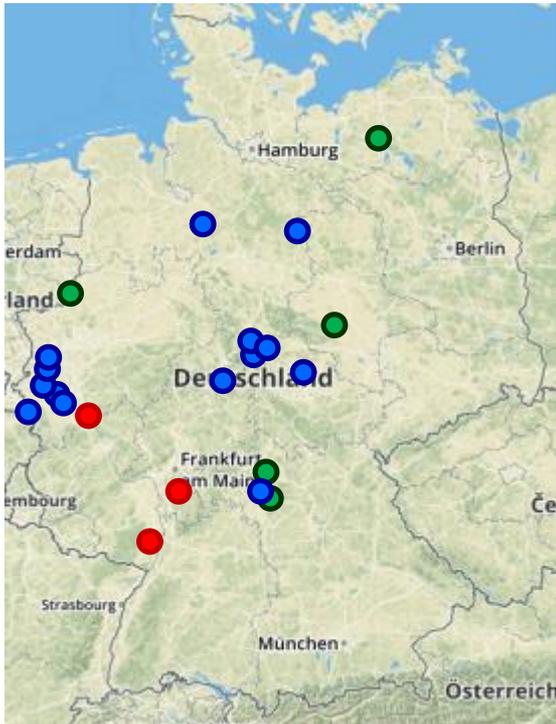
- keine Adaptation durch *A. candida* auf Radies (in zwei Experimenten)

- 10x ↻
- Inokulation von Radies mit *A. candida*-Zoosporen
 - nach 2 h Behandlung mit 5% aqua.protect bzw. Leitungswasser (Kontrolle)
 - nach 10-14 Tagen Herstellen einer neuen Sporangienlösung von behandelten Blättern mit Weißrost-Symptomen



+ Vom Labor ins Freiland: Praxis-Potential von aqua.protect

Standorte der Freilandversuche
(konventionell und ökologisch)



© Mapbox, © OpenStreetMap-Mitwirkende,
<http://map.project-osrm.org/>

Uni Bonn

Kartoffel
Apfel
Birne

JKI Darmstadt

Kartoffel

DLR Rheinpfalz

Weinrebe

Kleinparzellen (ARGUS/aquagroup)

Weizen
Kartoffel

ARGUS-Kunden

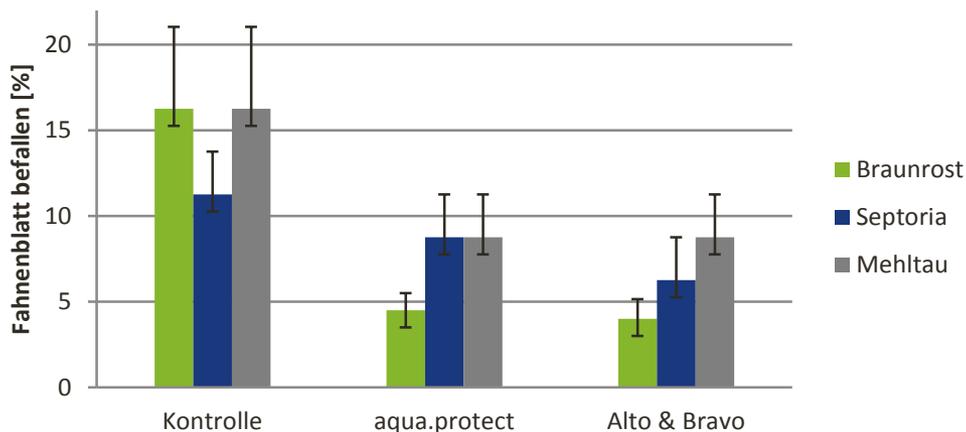
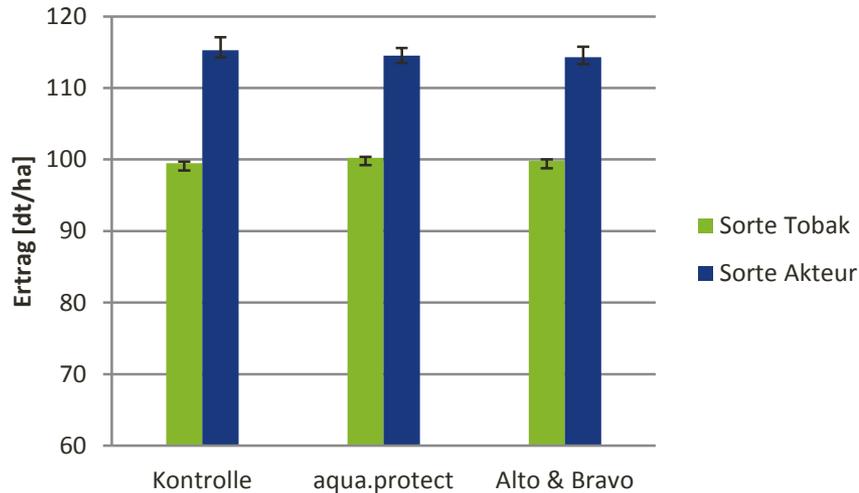
Getreide	Gurke
Kartoffel	Kohl
Möhre	Zuckerrübe
Zwiebel	



Entwicklung und Optimierung eines
aqua.protect-spezifischen Prognosemodells



Freilandversuche Weizen



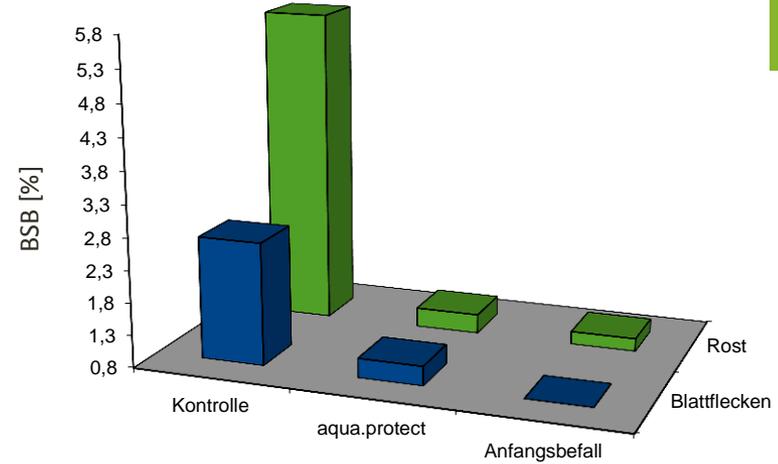
Winterweizenversuch 2015 Gerdshagen

- Zwei Sorten im Vergleich
- Ertragsunterschiede in den Varianten : keine
- Krankheitsbefall auf dem Fahnenblatt dargestellt
- aqua.protect und konventionelle Variante weniger Befall als Kontrolle
 - Blütenbehandlung blieb aus
- Krankheitsdruck war gering. Vor dem 3.7. traten keine Symptome auf (Info Hetterich)

+ Feldversuche Zuckerrüben 2009*



- Parzelle mit geringem Ausgangsbefall an Rost und Blattflecken
- Keine Vorbehandlung mit Fungiziden
- Einmalbehandlung mit 50% aqua.protect zum Infektionstermin
- Zwischen Behandlung und letzter Auswertung lagen 3 Wochen
- Die Ausbreitung von Rost und Blattflecken konnte nachhaltig verhindert werden



* außerhalb des Forschungsprojektes untersucht

aqua.protect im Apfelanbau



Venturia inaequalis
Schorf



Podosphaera leucotricha
Echter Mehltau



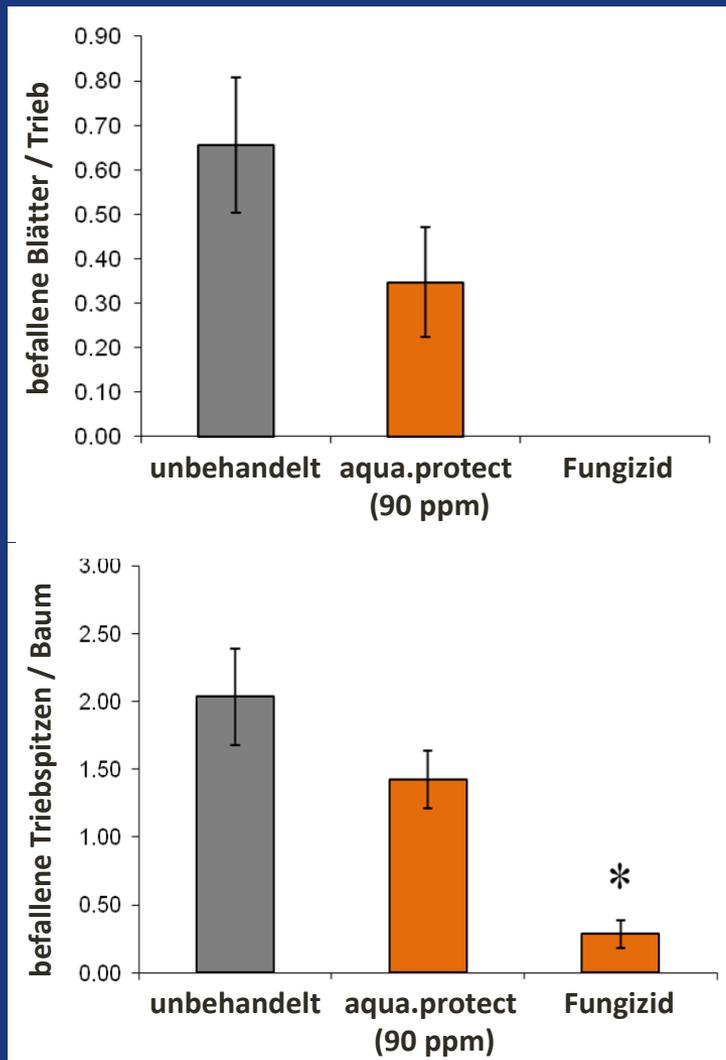
aqua.protect im Apfelanbau (1. Jahr)



Venturia inaequalis
Schorf



Podosphaera leucotricha
Echter Mehltau



Ertrag [kg/Baum]

8,1

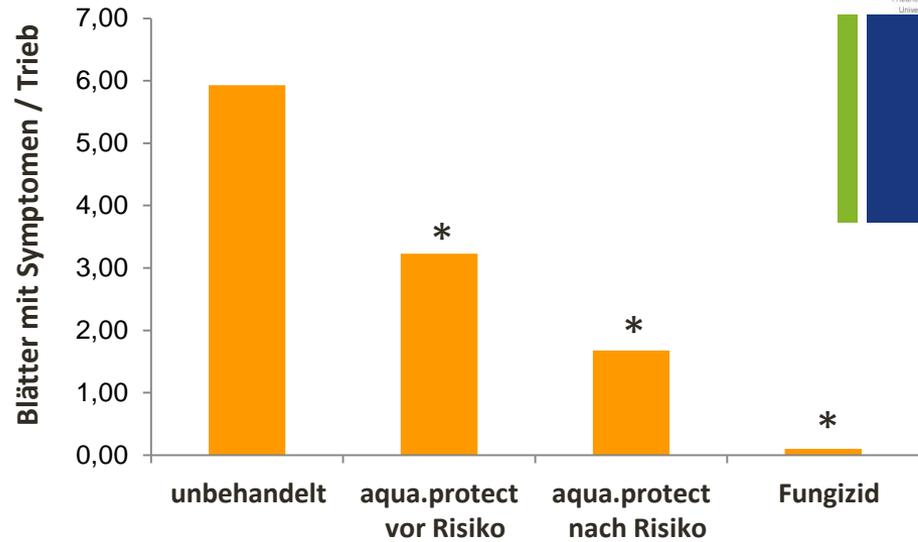
9,5

8,9

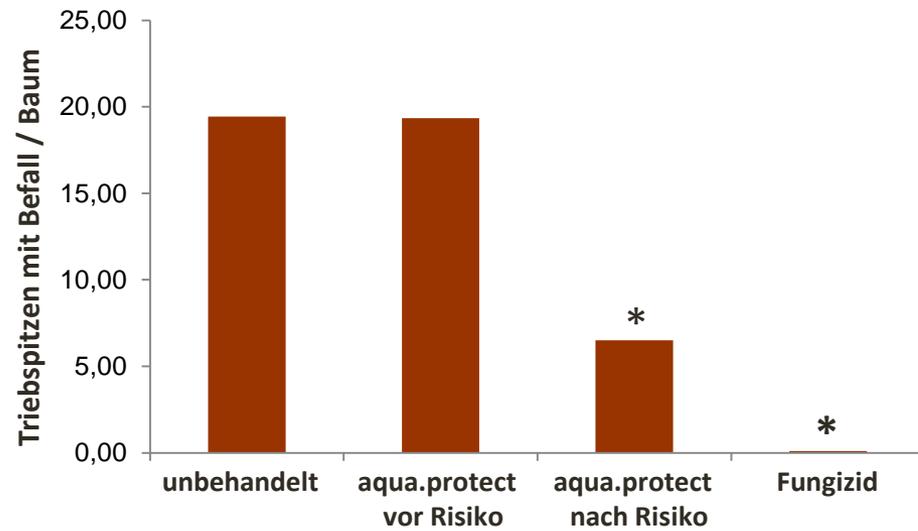
+ Einfluss von aqua.protect im Apfelanbau (2. Jahr)



Venturia inaequalis
Schorf



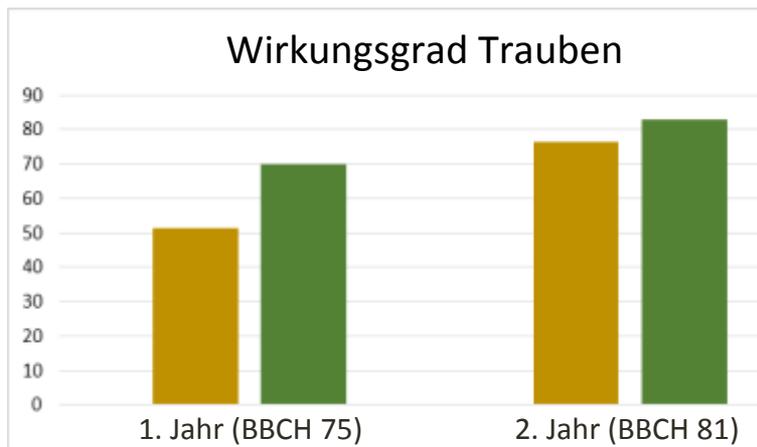
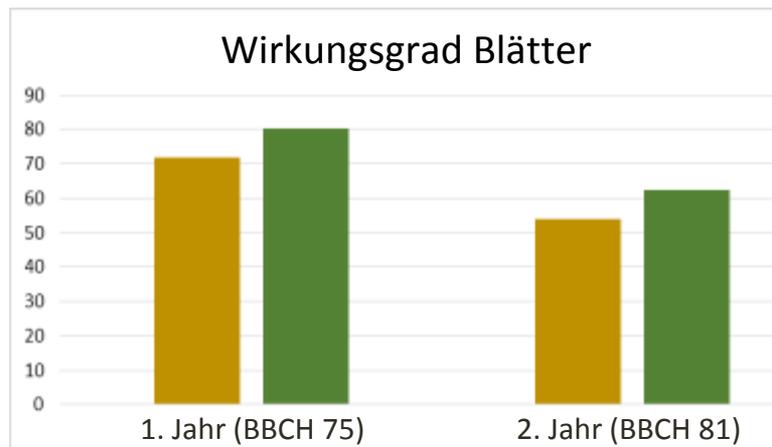
Podosphaera leucotricha
Echter Mehltau



Ertrag [kg/Baum]	5,2	5,8	6,9	6,5
------------------	-----	-----	-----	-----

+ Einfluss auf Weinrebe – Echter Mehltau (*Oidium tuckeri*)

Spritzabstand: 7 Tage



■ aqua.protect (180 ppm)/
Netzschwefel
■ Netzschwefel

unbehandelte Kontrolle

180ppm/Netzschwefel

Netzschwefel

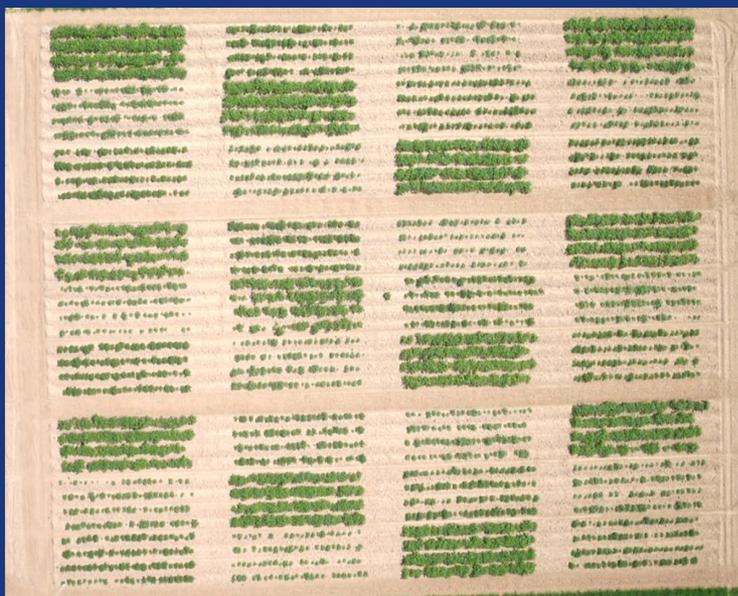
Trauben



Blätter



Einfluss auf Befall und Ertrag im Kartoffelanbau



cv. Solist

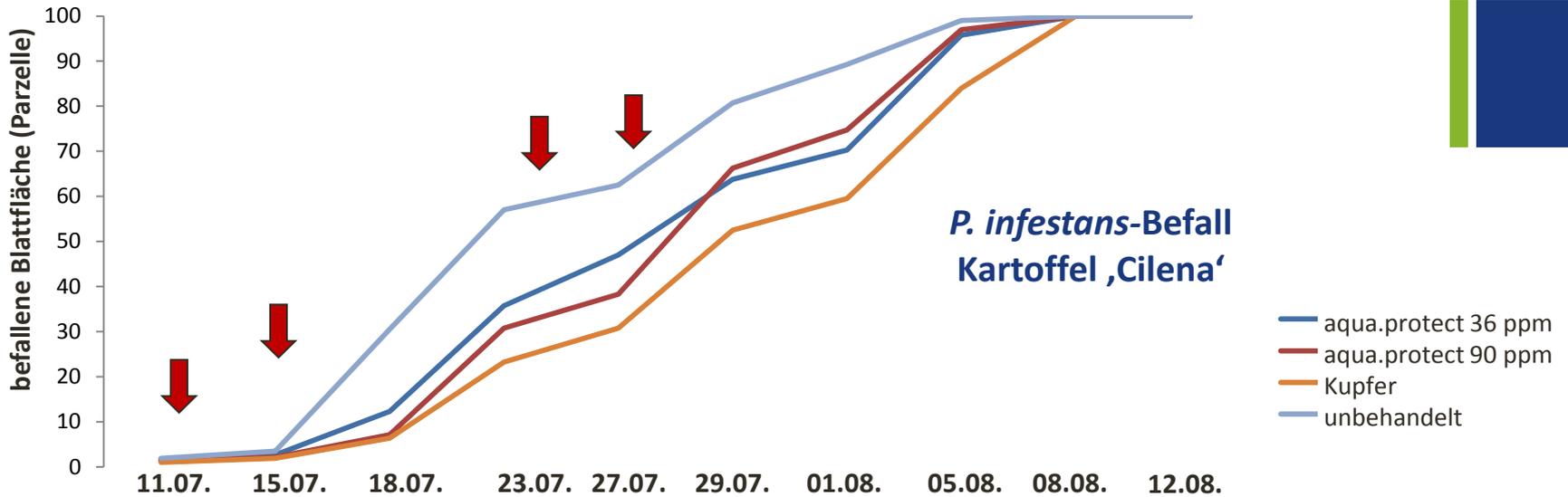


cv. Annalena



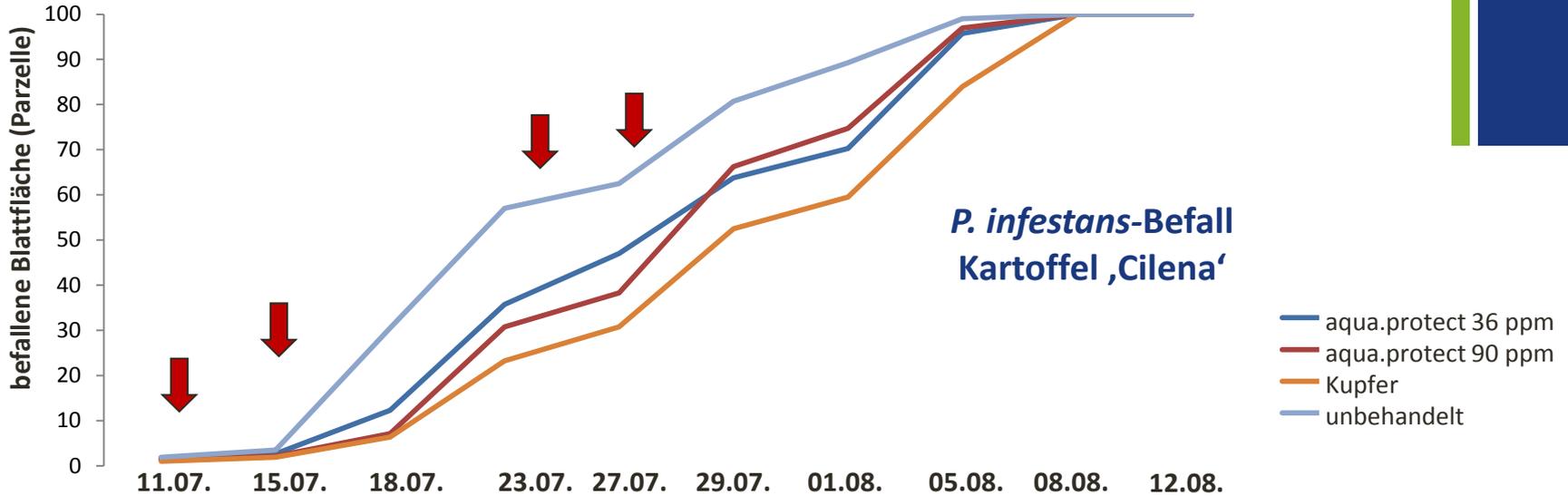
cv. Granola

+ Einfluss auf Befall und Ertrag im Kartoffelanbau



Sorte	Anfälligkeit	Erträge t/ha				
		unbehandelt	aqua.protect 36 ppm	aqua.protect (90 ppm)	Kupfer	
Cilena	früh, 5	20,7	26,3	25,1	30,3*	} Meßdorfer Feld
		unbehandelt	aqua.protect (12x)		Kupfer (4x)	
Solist	sehr früh, 5	25,3	25,3		23,5	} Campus Klein Altendorf
Annalena	mittelfrüh, 6	33,0	33,3		42,5	
Granola	mittelfrüh, 3	38,6	42,5		46,4	

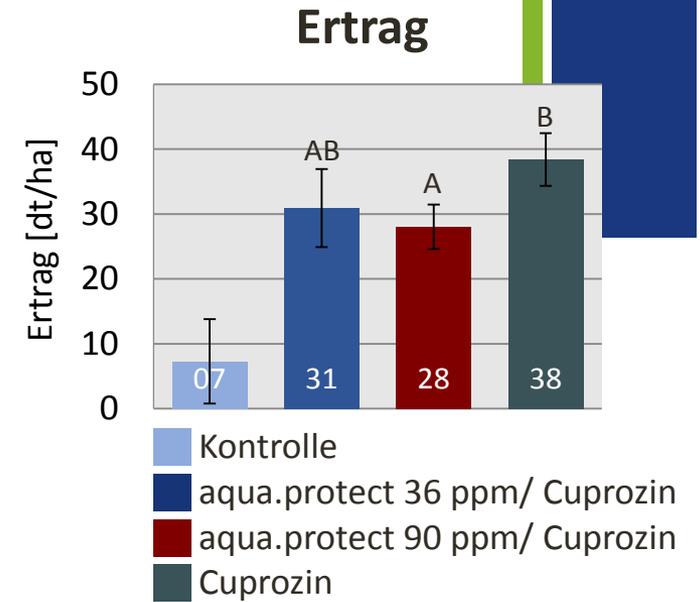
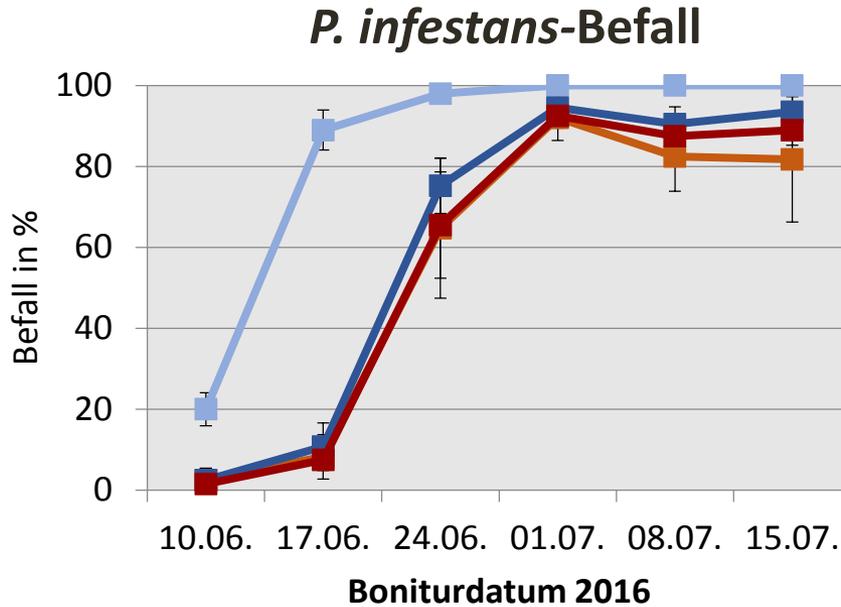
+ Einfluss auf Befall und Ertrag im Kartoffelanbau



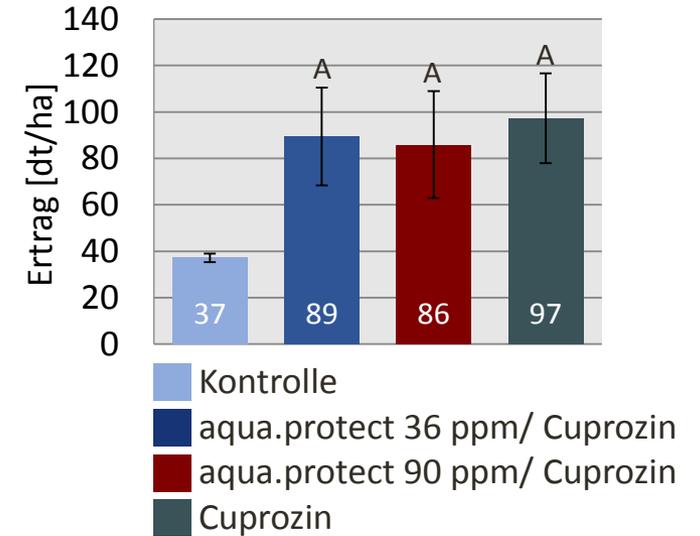
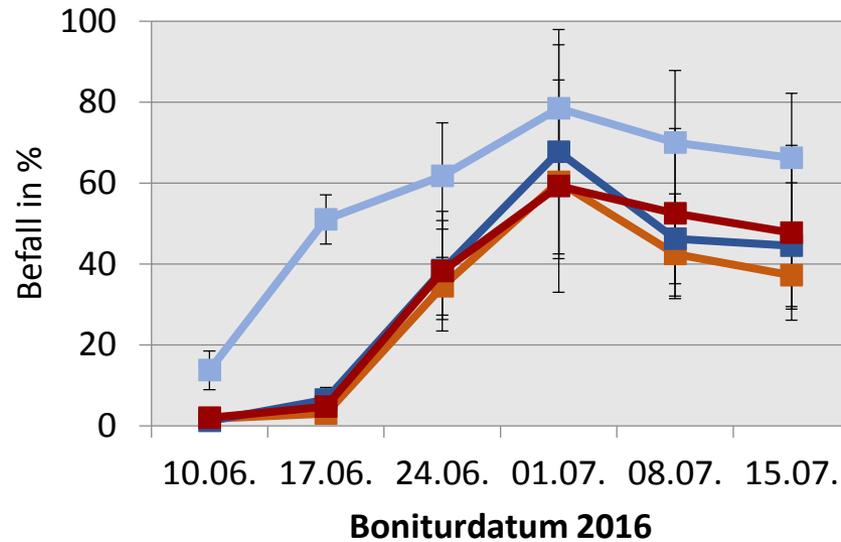
Sorte	Anfälligkeit	Erträge t/ha				
		unbehandelt	aqua.protect 36 ppm	aqua.protect (90 ppm)	Kupfer	
Cilena	früh, 5	20,7	26,3	25,1	30,3*	} Meßdorfer Feld
		unbehandelt	aqua.protect (12x)		Kupfer (4x)	} Campus Klein Altendorf
Solist	sehr früh, 5	25,3	25,3	23,5		
Annalena	mittelfrüh, 6	33,0	33,3	42,5		
Granola	mittelfrüh, 3	38,6	42,5	46,4		

+ Einfluss auf Befall und Ertrag im Kartoffelanbau

Kartoffel
„Isabelia“

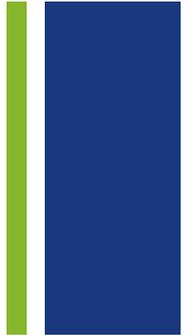


Kartoffel
„Princess“



* Vor Versuchsbeginn bereits flächendeckend Krautfäule aus dem Damm heraus in allen Versuchsgliedern

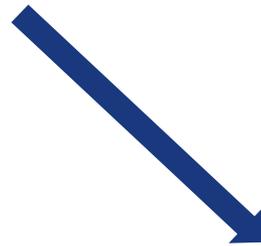
+ Vorstellung aquaagrار GmbH



aquagroup
Aktiengesellschaft

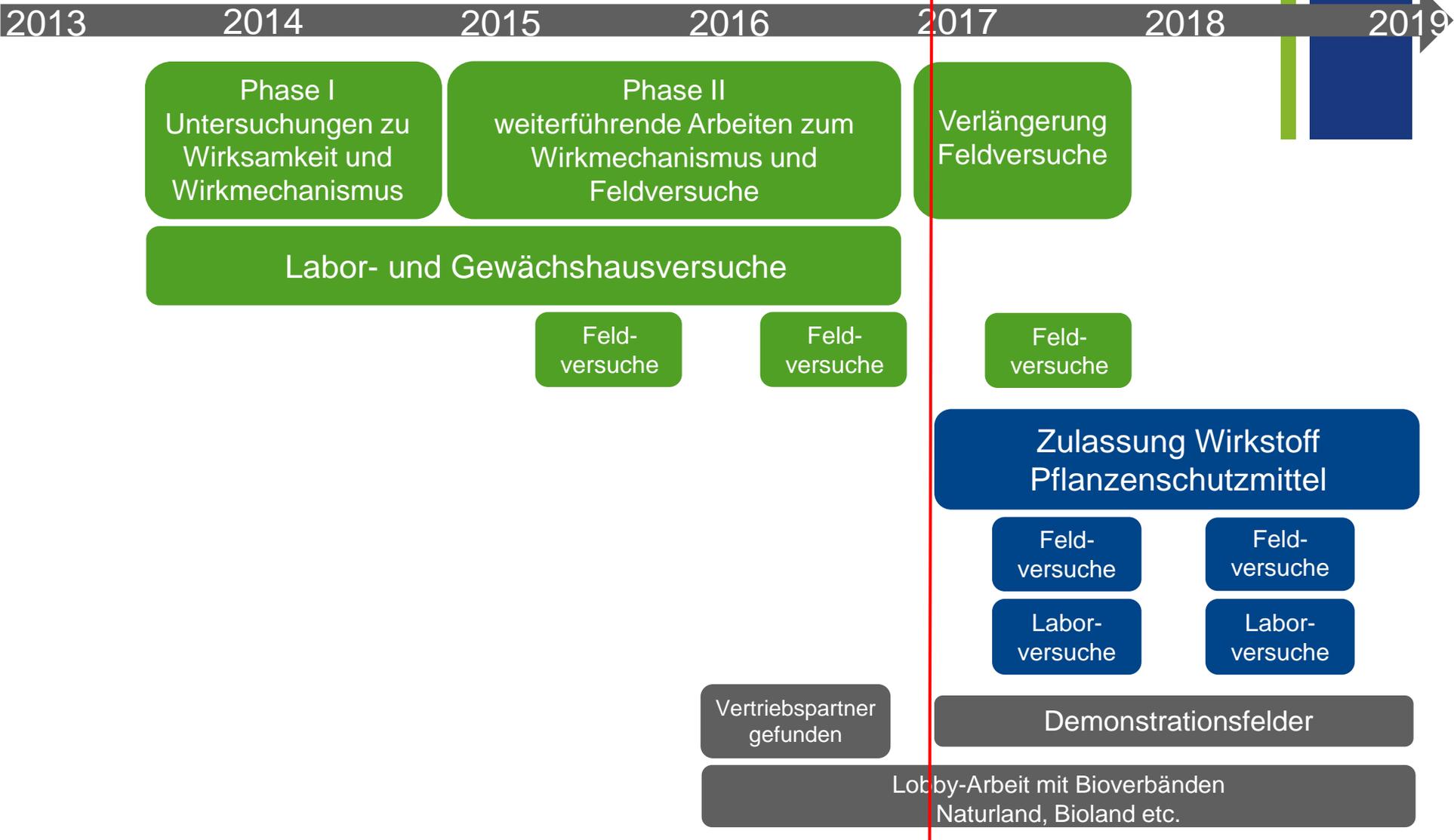


ARGUS
monitoring



aquaagrار
GmbH

+ Ausblick: Verwertung des aqua.protect-Verfahrens





amagrar

Online-Plattform für effizienten

P f l a n z e n s c h u t z

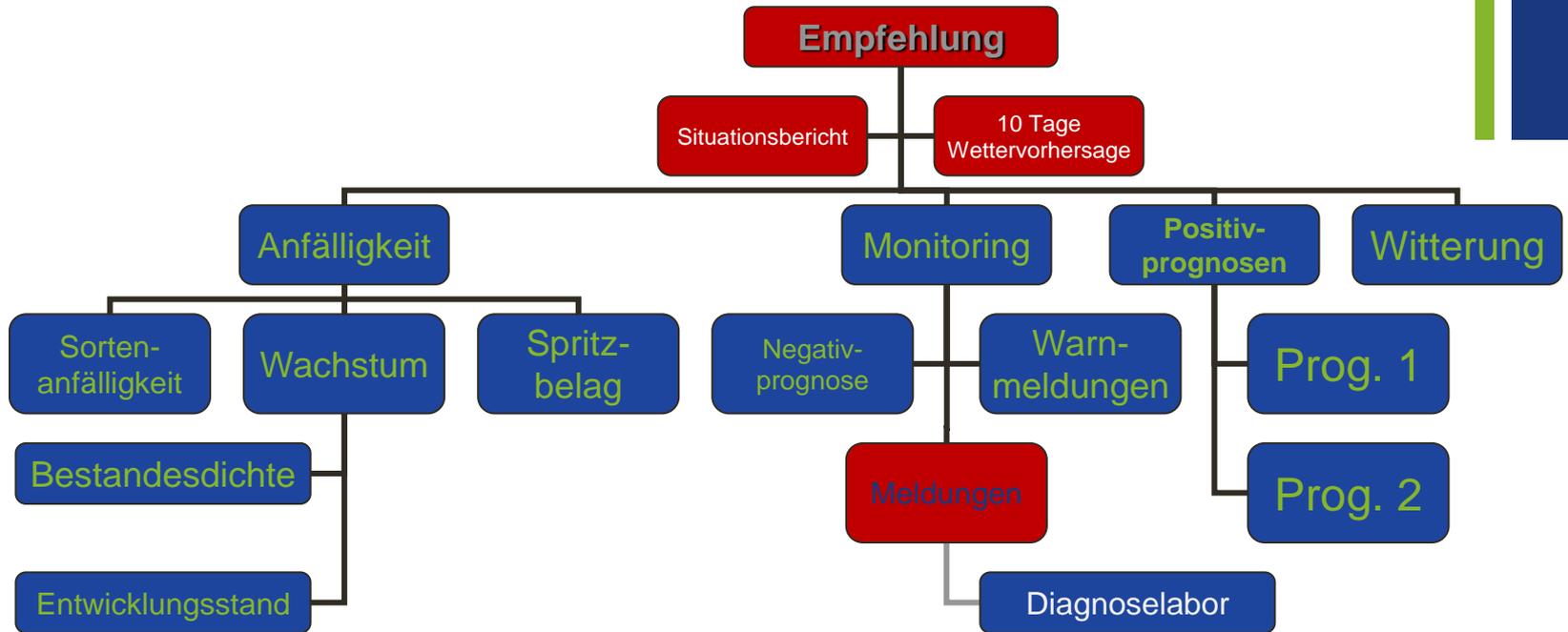


+ Infektionsrisiken und Empfehlungen

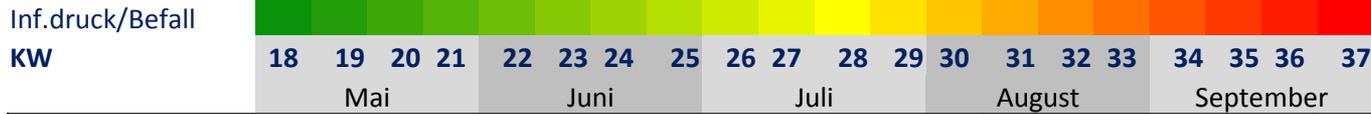
- ✓ Tagesgenau die Infektionsgefahren im Blick
- ✓ Den Erfolg der letzten Maßnahme überprüfen
- ✓ Präzise Empfehlungen für Start- und Folgebehandlungen
- ✓ Mittelwahl + Aufwandmenge + Behandlungstermine



Einsatz nach ARGUS-Phytophthoraprognose



+ Feldversuche konventioneller Kartoffelbau 2010



niedrig bis extrem hoch
Regionen

A



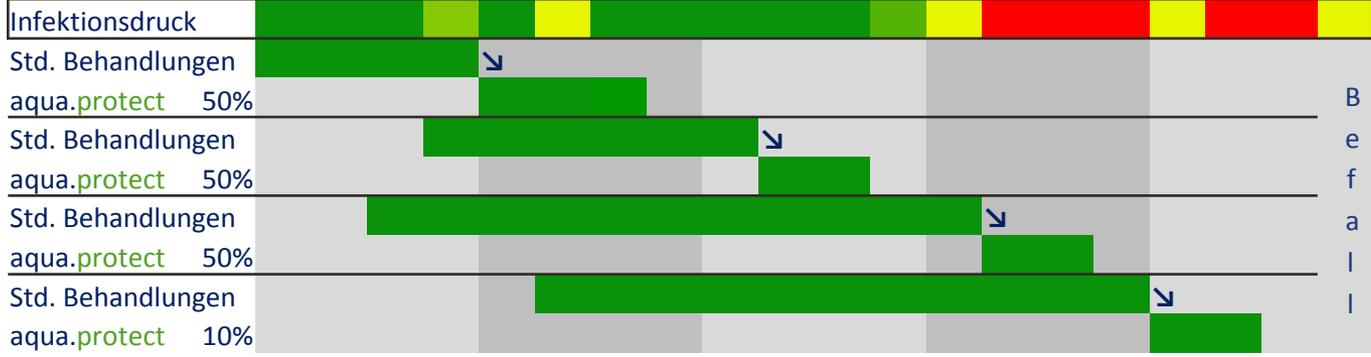
Rheinland

Behandlungen nach Infektionsprognosen von Start- bis Abschlussbehandlung



Regionen

B



Bedburg

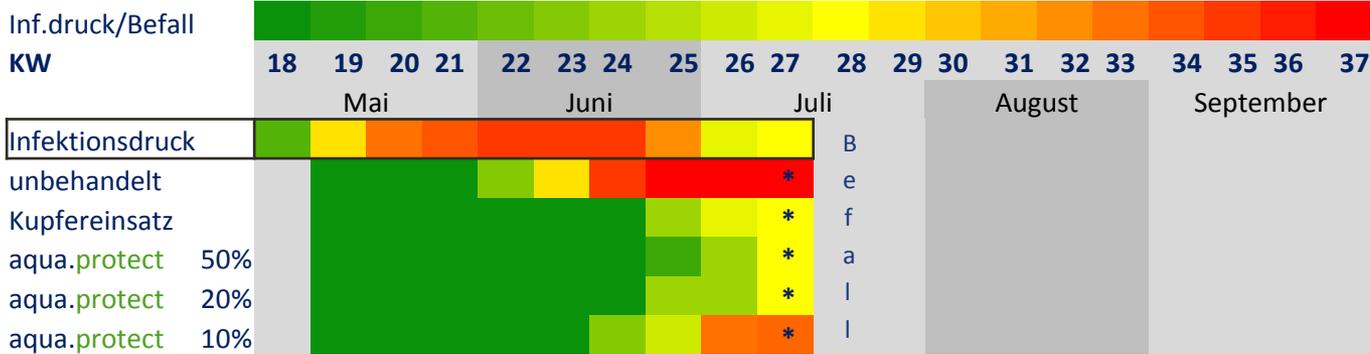
Behandlungen nach Infektionsprognosen als Verlängerung des Krautfäuleschutzes bei Grünrodung

Erfolgreicher Ersatz konventioneller Kartoffelfungizide im konventionellen Anbau durch aqua protect

A: vollständiger Ersatz konventioneller Fungizide

B: Einsatz in der Wartezeit bei Grünrodung zur Verlängerung des Schutzes

+ Feldversuche ökologischer Kartoffelbau 2010



niedrig bis extrem hoch

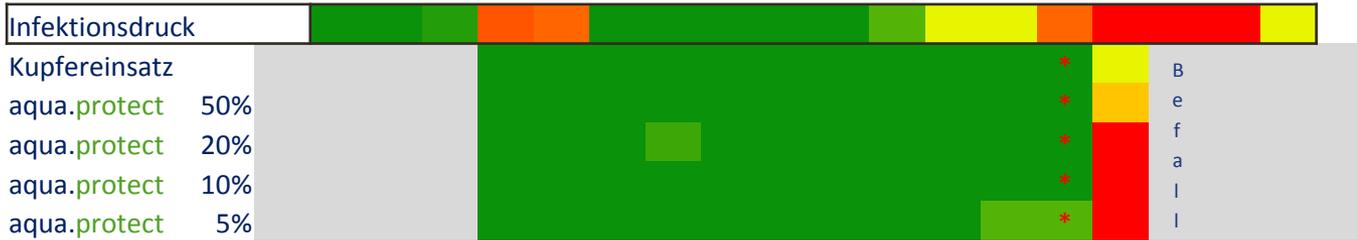
Regionen

Pfalz

* Ende der Behandlungen
wegen Erreichen des
Erntegewichts
in KW 27

Göttingen

* Ende der Behandlungen
wegen Erreichen des
Erntegewichts
in KW 32



Kupfer nach Behandlungsende



aqua.protect Test auf Wirkrückstände



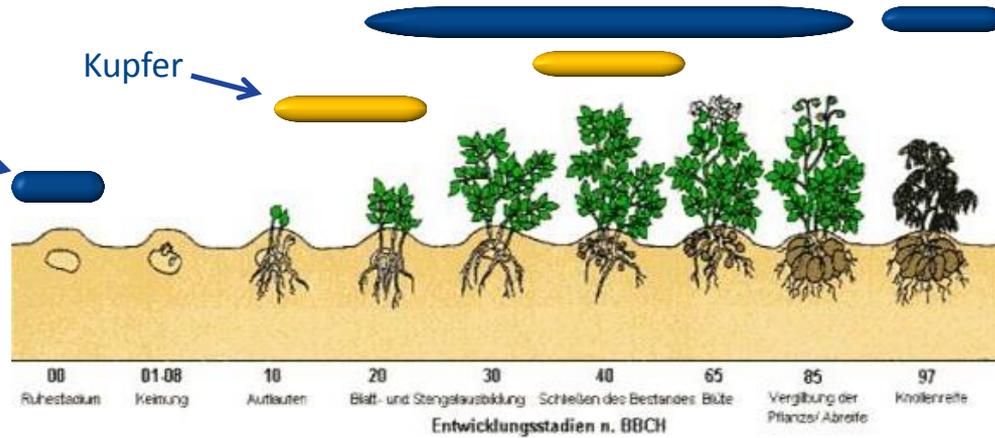
* Test auf Wirkrückstände: Nach Abschluss der Behandlungen sollte kein Schutz mehr vorhanden sein!



Mögliche Einsatzbereiche von aqua protect im Kartoffelanbau

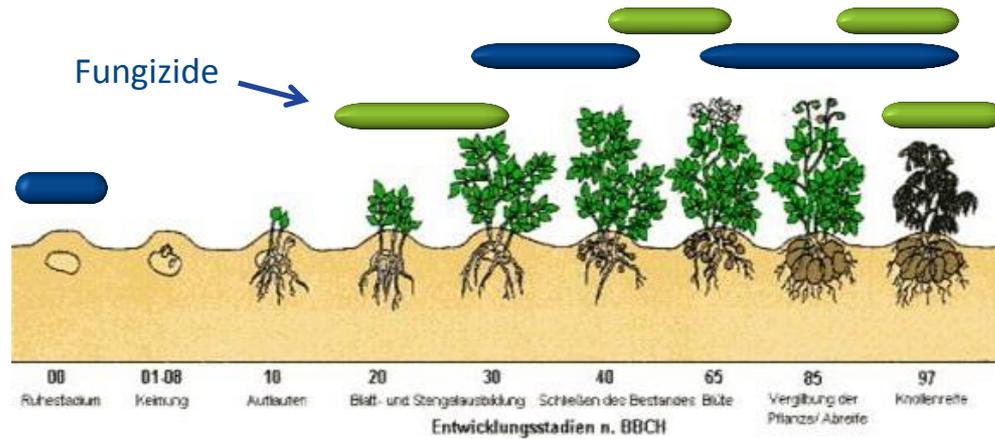
ökologischer Anbau

aqua.protect 2.0



konventioneller Anbau

aqua.protect 2.0



+ Neuentwicklung des Konzentrates **aqua.protect 2.0**

- Spritzabstand von Benachrichtigung bis Ausbringung: 1 - 4 Tage
- Aufwandmenge **aqua.protect 2.0**:

Geringes Risiko		Hohes Risiko	
Wassermenge [l/ha]	Aufwandmenge aqua.protect 2.0	Wassermenge [l/ha]	Aufwandmenge aqua.protect 2.0
100	0,8	100	1,8
200	1,4	200	3,7
300	2,2	300	5,5
400	3,3	400	7,4

- Anzahl Spritzungen mit **aqua.protect 2.0** in durchschnittlichen Anbaujahren mit geringem Risiko: 7 (Kupfer 5-6)
- Anzahl Spritzungen mit **aqua.protect 2.0** in durchschnittlichen Anbaujahren mit hohem Risiko: 5 plus 4-5 Kupferbehandlungen (Kupfer solo 7-8)

+ Vielen Dank...



aqua.protect Projektpartner

Dr. Marcel Thieron
Nicole Spees
Kai Winkel

Dr. Ulrike Steiner

Dr. Andreas Kortekamp
Tabitha Kellerer

apl. Prof. Dr. Ulrich Schaffrath
Dr. Rhoda Delventhal
Renate Schubert

Dr. Annegret Schmitt
Dr. Andrea Scherf
Florentine Stix

Markus Zetlmann
Dr. Ulf Kausch
Tatjana Röder

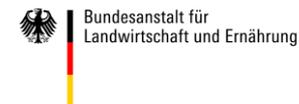
Prof. Motschmann

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

... und Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit!



Dr. Carmen Lübken
Dr. Martina Becher
Paul Martin Küpper