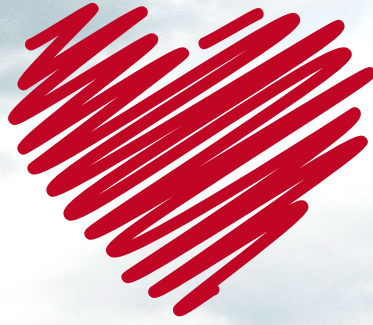


Ramularia in Gerste





**Wir schützen,
was wir lieben.**



Bekämpfung von Ramularia in Wintergerste – Was wird wichtig?

Dr. Jochen Prochnow, Dieter Strobel, Roland Stahl und Olf Hartwig;
BASF SE Limburgerhof

Die Sprenkelkrankheit an Gerste (*Ramularia collo-cygni*) hat sich in vielen Regionen Deutschlands zu einem bedeutenden Erreger entwickelt. Dabei sind regionale Unterschiede zwischen Nord- und Süddeutschland sehr stark ausgeprägt. So sind vor allem südliche Regionen mit vorwiegend zweizeiligem Wintergerstenanbau von der Schadwirkung deutlich stärker betroffen als Regionen mit dem Anbau mehrzeiliger Sorten in den mittleren und nördlichen Regionen Deutschlands.

Ramularia ist eine seit Langem bekannte Krankheit an Gerste. Eine erste Beschreibung des Erregers erfolgte bereits um 1893 in Italien und der Erreger wurde 1988 in die Gattung *Ramularia* eingeordnet. In Deutschland waren der Erreger und die durch ihn hervorgerufene Symptomatik damals von sehr geringer Bedeutung und weitestgehend in der Praxis unbekannt. In eigenen Versuchen in Thüringen wurde das typische Krankheitsbild von *Ramularia* im Jahr 1998 beschrieben und der Erreger nachgewiesen.



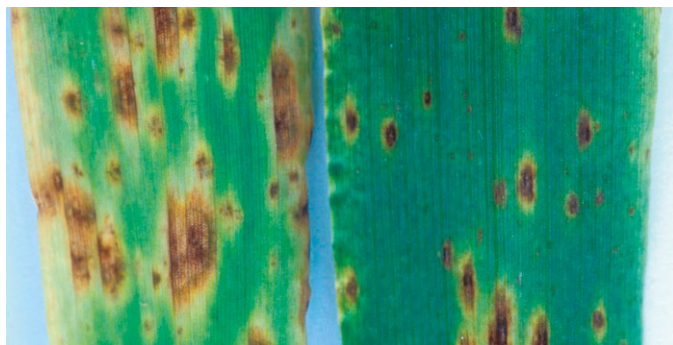
Starker *Ramularia*-Befall an Wintergerste

Frühe Resistenzen gegen QoI-Wirkstoffe

Interessant war hier, dass scheinbar bereits eine Resistenz gegen Wirkstoffe aus der Klasse der QoI-Fungizide (Strobilurinfungizide) vorgelegen haben muss, da die typische Symptomatik (Blattverbräunung und Sporenträger) trotz QoI-Behandlung deutlich sichtbar aufgetreten ist. Diese Resistenz entwickelte sich somit sehr schnell und hat sich mittlerweile europaweit verbreitet. In vielen späteren Untersuchungen konnte die bekannte Mutation G143A nachgewiesen werden und es war keine relevante Wirkung der Strobilurin-Wirkstoffe mehr festzustellen. Damit muss die Resistenzentwicklung nahezu parallel mit der Krankheits- bzw. verstärkten Symptomausbreitung abgelaufen sein – die Zunahme der Symptomatik und damit die Bedeutung der Krankheit entwickelte sich zeitgleich mit der Resistenz gegen die weit verbreitet eingesetzten QoI-Fungizide in der Gerste.

Krankheitsübertragung über Saatgut

Wissenschaftler des SAC und des John Innes Centre (UK) vermuten, dass für die Symptomausprägung im jeweiligen Anbaujahr die Saatgutübertragung ursächlich verantwortlich ist. Die horizontale Verbreitung über Sporen wird eher als Treiber für die Samenübertragung und damit für die Merkmalsausprägung in der nächsten Generation gesehen. Die herausragende Rolle der Saatgutübertragung würde auch die Art und Weise der Ausbreitung von *Ramularia* in Deutschland erklären. In Österreich hat die Bedeutung von *Ramularia* in Wintergerste deutlich früher zugenommen als in Süddeutschland und die Krankheit hat sich dann über Bayern und Baden-Württemberg entsprechend der Saatgutvermehrungs- und Handelsstrukturen weiter in den Norden ausgebreitet. Eine eigene Beobachtung verifiziert diese hohe Bedeutung der Saatgutübertragung. Im Jahr 2001 wurde in Schleswig-Holstein in einem breiten Sortenversuch auch Saatgut von Vermehrungsflächen aus Süddeutschland auf einem Versuchsstandort ausgesät – und nur diese eine Sorte zeigte die typische Reaktion auf den *Ramularia*-Befall. In den Folgejahren ist diese Krankheit in der gesamten Region wieder komplett verschwunden.



Typische Ramularia-Blattflecken auf Blattunterseite (links) und -oberseite (rechts) von Wintergerste

Möglichkeiten zur Kontrolle des Erregers

Für die Bekämpfung der Ramularia-Krankheit an Gerste stehen seit der Resistenzentwicklung gegenüber den QoI-Wirkstoffen (Strobilurine) Vertreter aus den Stoffklassen der DMI (Azole) und der SDHI (Carboxamide) zur Verfügung. Aber auch hier haben Resistenzentwicklungen – vor allem gegenüber den SDHI – bereits zu Wirkungseinbußen geführt. Das zeigt einmal mehr, wie schnell in dem vorhandenen Genpool der aktuellen Ramularia-Population Wirkstoffresistenzen auftreten und sich anschließend ausbreiten können. Von den Kontaktmitteln sind nach dem Wegfall von Chlorothalonil (Bravo®) nur noch Folpet® oder schwefelhaltige Fungizide zur

Resistenzabsicherung bzw. Wirkungsverstärkung verfügbar, auch wenn nicht für jede dieser Optionen eine Indikation gegen Ramularia vorliegt. Leider erreichen beide Wirkstoffe nicht das Leistungsniveau des alten Kontaktstandards Bravo®. Wichtig ist, dass eine Soloapplikation der Kontaktmittel keine befriedigende Wirkung erzielt. Für eine gute Wirkungsunterstützung ist die Applikation in Tankmischung gemeinsam mit systemischen Ramularia-wirksamen Fungiziden unbedingt notwendig.

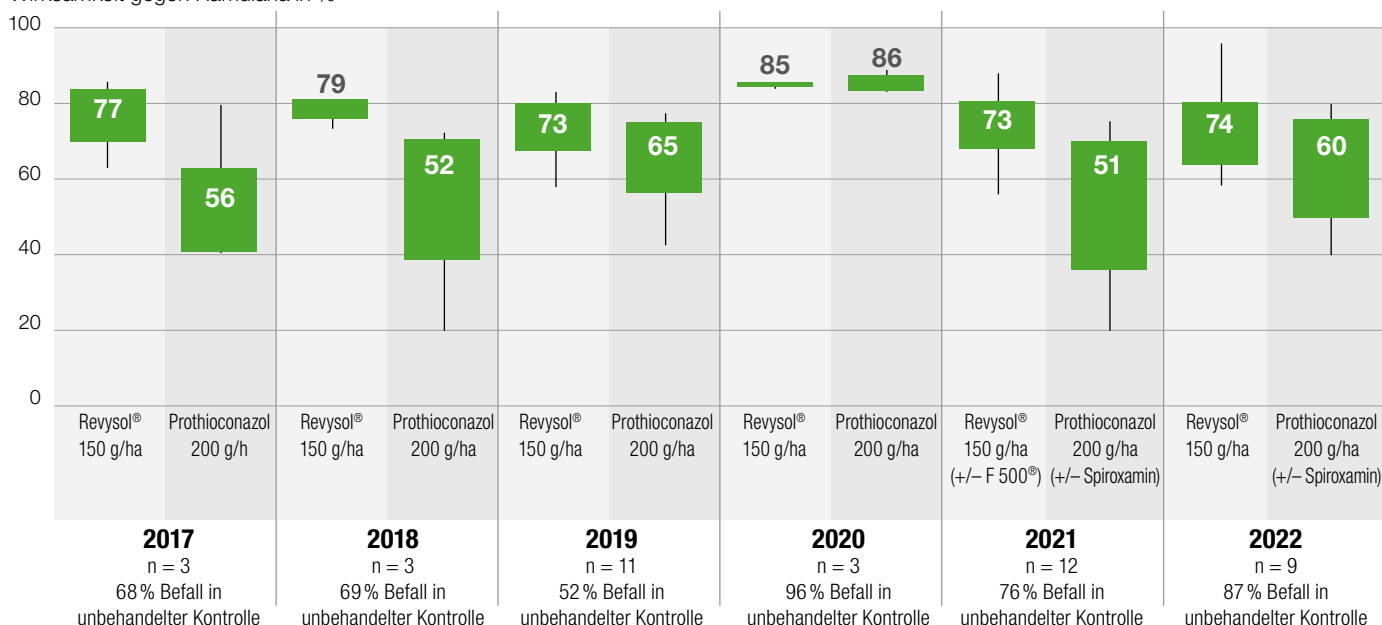
Azol-Wirkstoffe als Basis

Die beiden systemisch wirkenden Azol-Wirkstoffe Revysol® und Prothioconazol zeigen gegenüber der ursprünglichen Population (Wildtyp) von Ramularia eine sehr gute Wirksamkeit, andere Wirkstoffe aus der Klasse der DMI zeigen diese Aktivität nicht. Damit sind diese Ramularia-wirksamen Azol-Fungizide die Basis für eine sichere Kontrolle des Erregers. Die Leistungen der beiden Azol-Wirkstoffe Revysol® und Prothioconazol sind mit ihren Wirkungsgraden über die Jahre in der **Abbildung 1** dargestellt.

Leider ist eine Resistenzentwicklung vor allem gegenüber dem bisher sehr breit eingesetzten Prothioconazol bereits weiter fortgeschritten, was sich mittlerweile auch in einer sehr variablen Bekämpfungsleistung im Feld widerspiegelt.

Abb. 1:
Wirkungsgrade der Azole Revysol® und Prothioconazol gegenüber Ramularia

Wirksamkeit gegen Ramularia in %



Feldversuche Deutschland 2017–2022; 1–2 Applikationen zu BBCH 32–59; Bonitur 20–49 Tage nach letzter Applikation

Der neue Wirkstoff Revysol® dagegen ist in seiner Leistung stabil, die Bekämpfung der aktuellen Erregerpopulation gelingt durch diesen Azol-Wirkstoff wesentlich sicherer. In Jahren mit geringerer Symptomausprägung und späterer Krankheitsentwicklung sind die Unterschiede in der Leistung beider Wirkstoffe geringer – in allen anderen Jahren ist der Wirkungsvorteil von Revysol® signifikant. Die Ursache für diese Differenzierung in den Wirksamkeiten liegt in der unvollständigen Kreuzresistenz beider Azol-Fungizide, was von der Septoria-Blattdürre an Weizen bereits bekannt ist. In den Populationen von Ramularia und Septoria wurden bereits mehrere Mutationen am Wirkort der Azole (CYP 51) beobachtet, welche die Sensitivität der Pilze gegenüber den Azol-Wirkstoffen beeinträchtigen. Von diesen Mutationen ist der Wirkstoff Prothioconazol stärker betroffen.

Dies gilt insbesondere auch für Ramularia, da hier aufgrund des jahrelangen Einsatzes von Prothioconazol die Population entsprechend beeinflusst ist. Vor allem, wenn Mutationen kombiniert vorliegen, lässt die Wirksamkeit hier deutlich nach. Maßstab für die fungizide Leistung ist hier der EC50-Wert. Er bezeichnet die Menge an Wirkstoff, die benötigt wird, um 50 % der Pilzpopulation im standardisierten Microtiter zu hemmen. Je höher der Wert, desto geringer die Wirksamkeit.

In **Abbildung 2** wird deutlich, dass bei den einfachen Mutanten (A-Typ) kaum ein signifikanter Wirkungsunterschied zwischen den beiden fungiziden Wirkstoffen

beobachtet werden kann – aber bei höherer Komplexität der Resistenzentwicklung wird deutlich, dass bei Doppel- oder Dreifachmutanten (B-Typ und C-Typ) die Leistung von Prothioconazol gegenüber dem neuen Revysol® signifikant nachlässt. Diese Beobachtungen zeigen damit, dass die wesentliche Ursache der Unterschiede in der Feldleistung im Fortschreiten der Resistenzentwicklung von Ramularia liegt.

SDHI zur Wirkungsunterstützung bewerten

Die zweite fungizide Stoffklasse, die eine gute Leistung gegen den Ramularia-Pilz aufwies, ist die Gruppe der SDHI-Wirkstoffe (Carboxamide). Auch hier ist seit der breiten Nutzung von Carboxamid-Wirkstoffen eine schrittweise Anpassung der Erregerpopulation zu verzeichnen. Dieses Nachlassen der Wirksamkeit wurde ebenfalls durch sich ausbreitende Resistenzen innerhalb der Population verursacht. Gegenüber der Stoffklasse der SDHI gibt es sehr vielfältige Mutationen, welche die fungizide Wirksamkeit gegenüber dem Pilz unterschiedlich beeinflussen. So bedingen manche Mutationen ein sehr starkes Ansteigen des EC50-Werts – folglich werden sehr hohe Mengen an Wirkstoff benötigt, um eine Kontrolle der Population zu gewährleisten. Andere Mutationen haben nur einen geringen Einfluss auf die Bindungsaffinität am Wirkort und bewirken somit nur einen moderaten Wirkungsverlust des Fungizides. Diese Mutationen werden auch als „milde Mutationen“ bezeichnet.

Abb. 2:
Einfluss von Mutationen innerhalb der Ramularia-Population auf die Wirksamkeit der Azole Revysol® und Prothioconazol

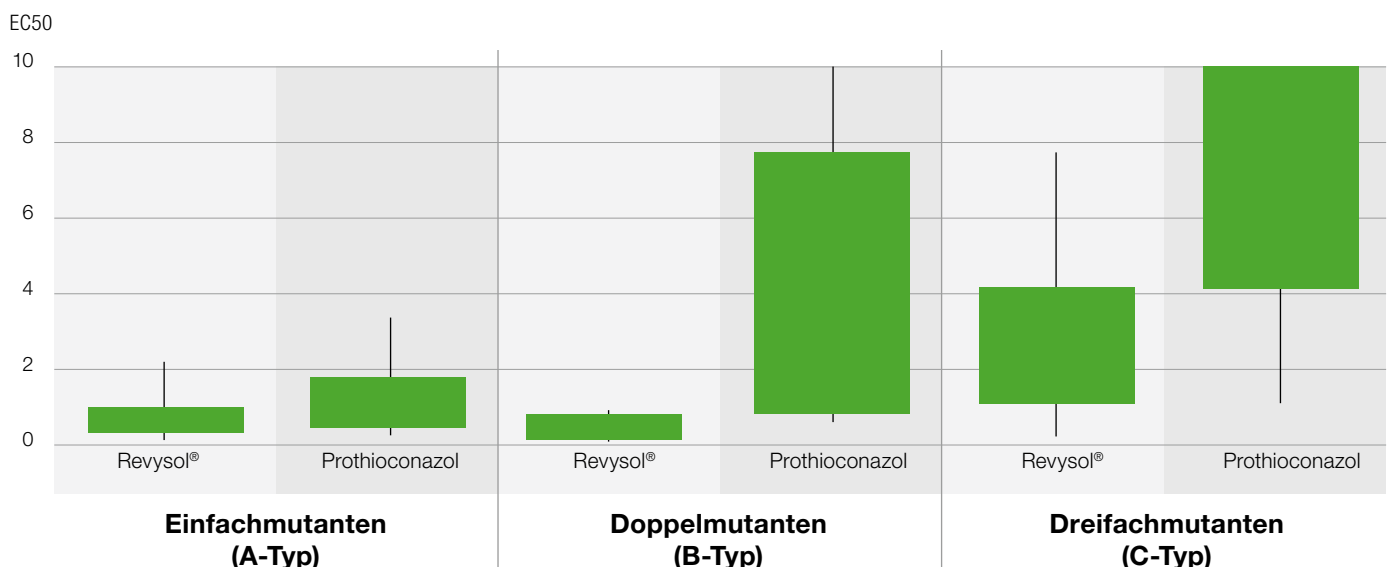
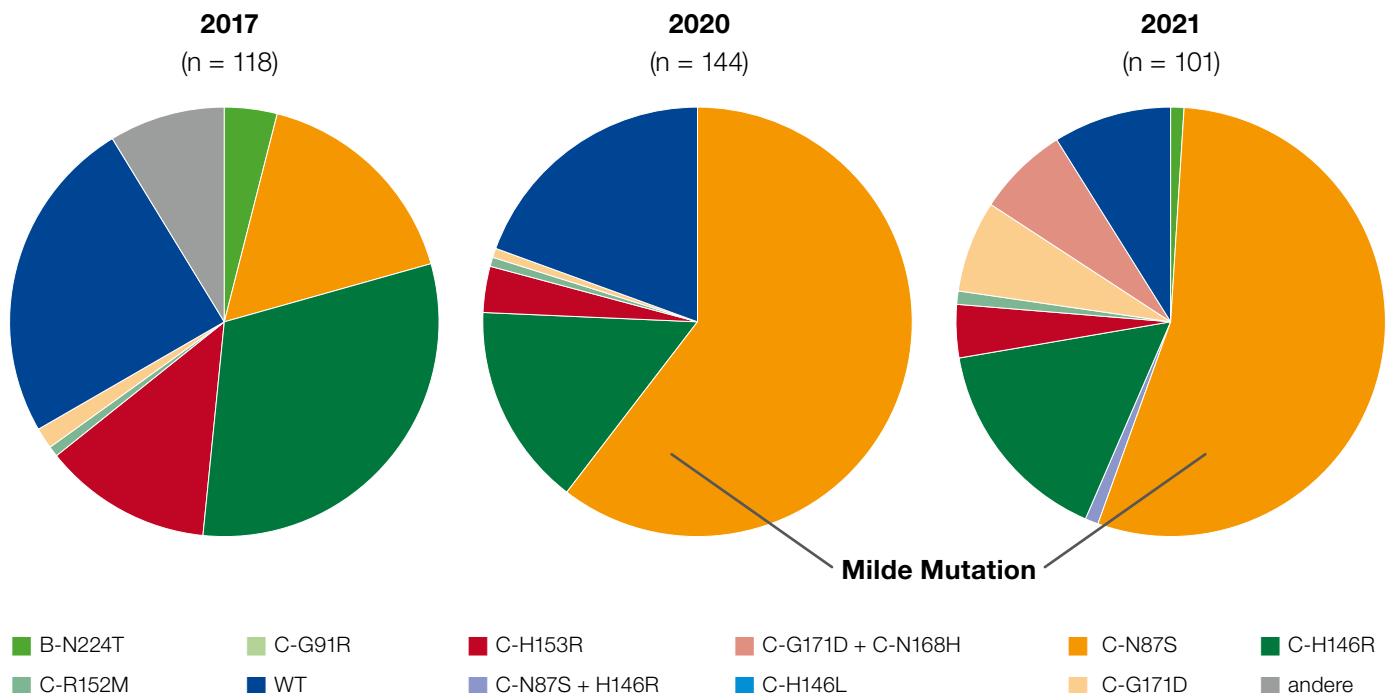


Abb. 3:
Anteil verschiedener SDH-Haplotypen von *Ramularia collo-cygni* an Populationen in drei Jahren



In **Abbildung 3** ist die Zusammensetzung der *Ramularia*-Population über die Jahre dargestellt. Hierbei wird deutlich, dass es sehr viele unterschiedliche Mutationen gibt, die auch in unterschiedlichen Anteilen in den Populationen des jeweiligen Jahres vertreten sind. Interessanterweise ist diese Entwicklung dynamisch.

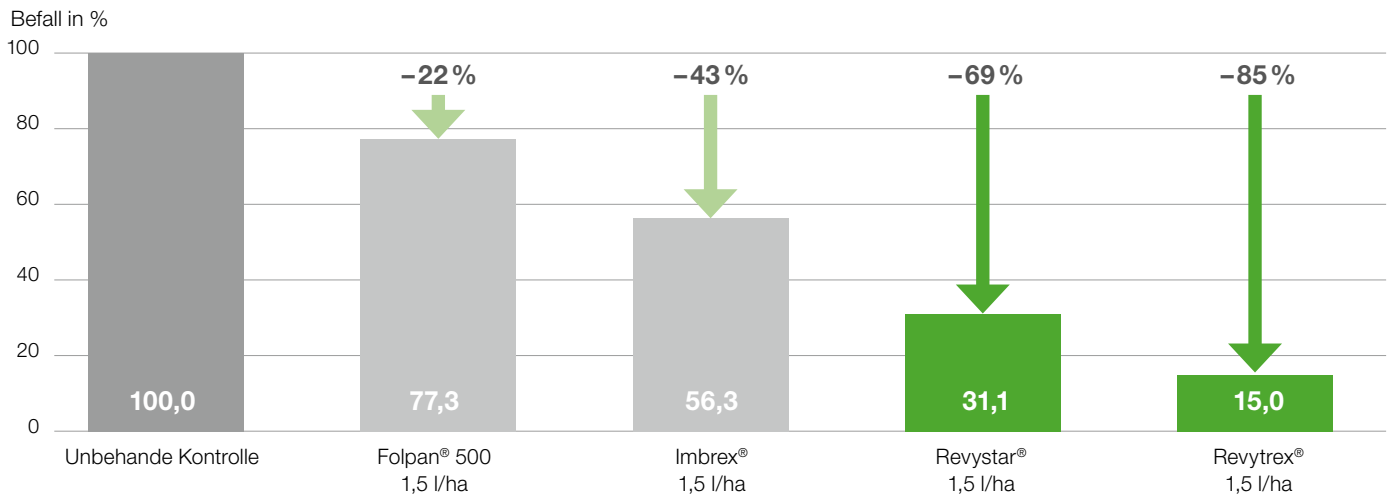
Glücklicherweise konnten sich die starken Mutationen wie die C-H146R oder C-G171D über die Jahre nicht in der Population durchsetzen und die Leistung von Wirkstoffen der Gruppe der SDHI immer weiter nivellieren. Überraschenderweise dominieren mittlerweile eher milde Mutationen wie C-N87S mit einem geringen Einfluss auf die Wirksamkeit der SDHI-Fungizide. Dadurch hat sich die Feldeistung dieser Fungizide gegen die aktuelle *Ramularia*-Population etwas stabilisiert, allerdings auf einem geringeren Niveau als in der Vergangenheit. Damit bieten die SDHI-Fungizide, auch wenn bereits breite Resistenzen gegenüber dieser Wirkstoffgruppe innerhalb der *Ramularia*-Population vertreten sind, immer noch eine wichtige Zusatzleistung gegen diesen Erreger. Offensichtlich sind – analog zur Entwicklung bei *Septoria* – starke Mutationen mit deutlichen Fitnessnachteilen verknüpft, sodass in der Population milde Mutationen in ihrem Anteil stabil bleiben.

Was leisten Kontaktmittel

Kontaktmittel haben bei der Kontrolle von *Ramularia* zwei wichtige Funktionen – erstens die Symptomausprägung zu verlangsamen und zweitens eine weitere Resistenzentwicklung zu bremsen. In der landwirtschaftlichen Praxis spielen die beiden Kontaktwirkstoffe Folpet und Schwefel eine Rolle. Mit beiden fungiziden Wirkstoffen sind bessere Befallsreduktionen vor allem am Ende der Ertragsbildung möglich – aber nur in gemeinsamer Tankmischung mit einem gut wirksamen Basisfungizid. Solo eingesetzt ist der Nutzen der Kontaktmittel gegenüber *Ramularia* sowohl in der Befallsreduktion als auch im Mehrertrag eher gering.

Dabei ist die Leistung von Folpet der von den Schwefelpräparaten in vielen Versuchen überlegen. So haben Schwefelpräparate in Kombination mit Basisfungiziden im Schnitt der letzten Jahre in etwa 50 % der Befallsreduktion erreicht – verglichen mit der Leistung von Folpet in Tankmischungen. In **Abbildung 4** werden die befallsreduzierenden Leistungen verschiedener Wirkstoffe und Wirkstoffkombinationen aus einer Versuchsserie in Nord- und Mitteldeutschland an mehrzeiliger Gerste dargestellt.

Abb. 4:
Relative Befallsreduktion von *Ramularia collo-cygni* nach Wirkstoffapplikation
im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle



Applikation in BBCH 37/39, Befall in der unbehandelten Kontrolle = 83 %, n = 5 (Nord- und Mitteldeutschland)

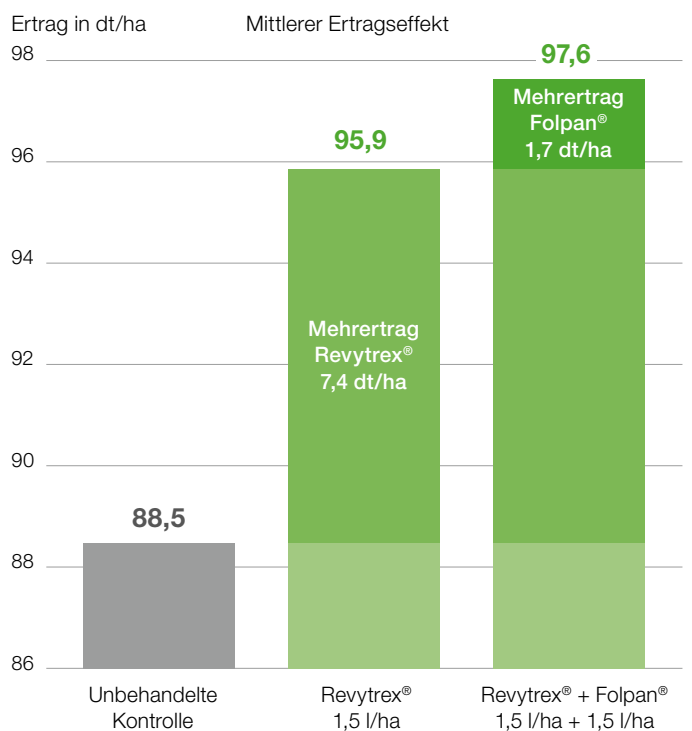
Mit einem alleinigen Einsatz von Folpet solo konnte in dieser Versuchsreihe der Befall im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle um 22 % reduziert werden. Die Leistung eines SDHI-Wirkstoffs (Xemium®) war mit 43 % Befallsreduktion etwas höher. Am deutlichsten wurde der Befall durch den Azol-Wirkstoff Revystar® (-69 %) und durch die Azol-SDHI-Kombination Revytrex® (-85 %) reduziert. Die Ertragsbeeinflussung durch *Ramularia* war in den Versuchen in der Region nur sehr moderat, ein Zusatz von Kontaktmitteln brachte in Nord- und Mitteldeutschland 1,0–1,5 dt/ha Mehrertrag.

Für zweizeilige Gersten in Süddeutschland ist die befallsreduzierende Zusatzleistung von Kontaktmitteln höher – und auch die Ertragssicherung ist stärker ausgeprägt als in Nord- und Mitteldeutschland mit überwiegend mehrzeiligen Sorten. Dies ist nicht allein mit den geografischen Unterschieden zwischen Nord- und Süddeutschland (Strahlungsintensität, Lang-Tag vs. Kurz-Tag) zu interpretieren, sondern liegt auch an einer generellen höheren Anfälligkeit zur Symptomausprägung in zweizeiligen Wintergerstensorten. Parallel angebaut auf dem gleichen Standort zeigen zweizeilige Sorten immer einen höheren Befall.

In **Abbildung 5** wird die ertragssteigernde Leistung des Wirkstoffes Folpet zusätzlich zum wichtigen Basisfungizid Revytrex® dargestellt. Diese Versuchsserie wurde im Süden Deutschlands 2020 in zweizeiligen Wintergerstensorten mit moderater Befallsausprägung durchgeführt. Die Mehrertragsleistung der Azol-SDHI-Kombination Revytrex® als Basisbehandlung lag bei

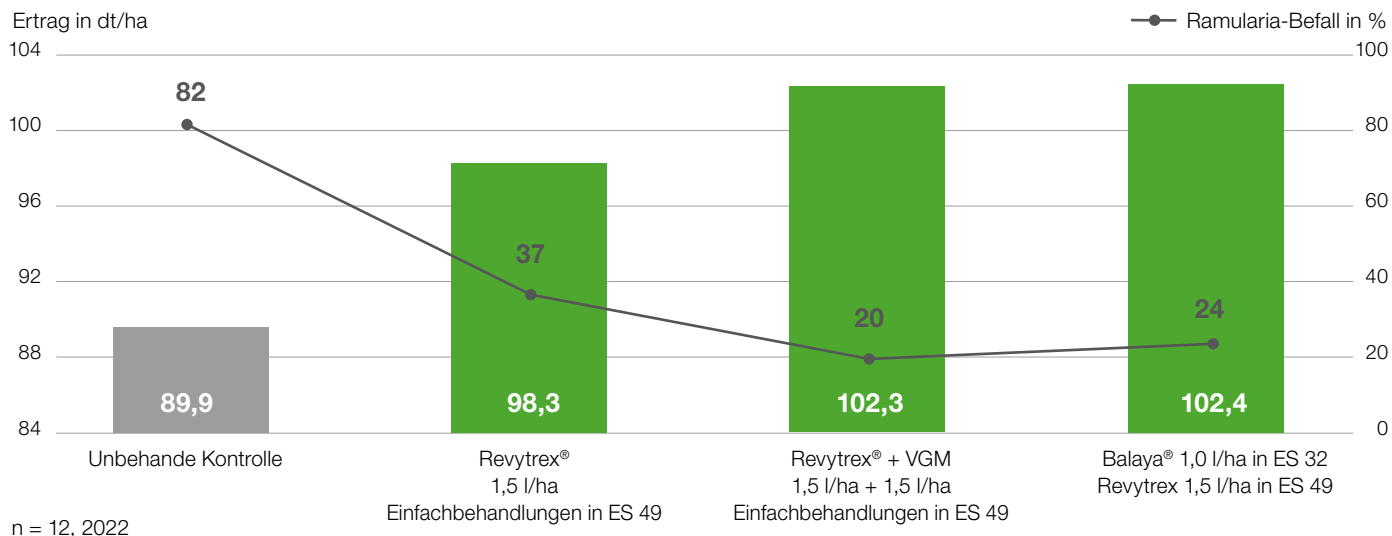
7,4 dt/ha und der Mehrertrag durch das zusätzliche Kontaktmittel bei 1,7 dt/ha. In Jahren mit stärkerer Symptomausprägung (z. B. 2022) liegt die zusätzliche Leistung des Kontaktmittels bei 4 dt/ha (siehe Abb. 6). Die Basisbehandlung mit Revytrex® führte im Jahr 2022 zu einer Ertragssteigerung von 8,4 dt/ha.

Abb. 5:
Ertragssteigerung durch die Basislösung Revytrex®
und zusätzlicher Ertrag durch Kontaktfungizide



Wintergerste, Applikation in BBCH 37/39, n = 9 (Süddeutschland 2020)

Abb. 6:
Krankheitsbekämpfung in Wintergerste; Bonitur und Ertrag



Leistung von Tankmischungen und Spritzfolgen

In **Abbildung 6** wird auch die Leistung von Tankmischungen und Spritzfolgen gegenüber Ramularia dargestellt. Die Mehrerträge durch die Behandlungen waren im Jahr 2022 im Vergleich zum Vorjahr etwas höher, die Symptomausprägung des Ramularia-Befalls war etwas stärker. Im Vergleich beider Strategien – Tankmischung einer Ramularia-wirksamen Kombination

mit einem Kontaktmittel als Einfachbehandlung oder eine Doppelbehandlung mit zwei Ramularia-wirksamen Fungizidlösungen – wird deutlich, dass beide Alternativen hinsichtlich Krankheitsbekämpfung gegen Ramularia und der daraus resultierenden Mehrertragsleistung (+ 13 dt/ha) absolut vergleichbar sind. Dabei ist die Spritzfolge eher in den intensiven Gerstenanbaugebieten mit zusätzlich frühem Krankheitsdruck durch Rhynchosporium und Netzflecken oder auch Mehltau relevant.

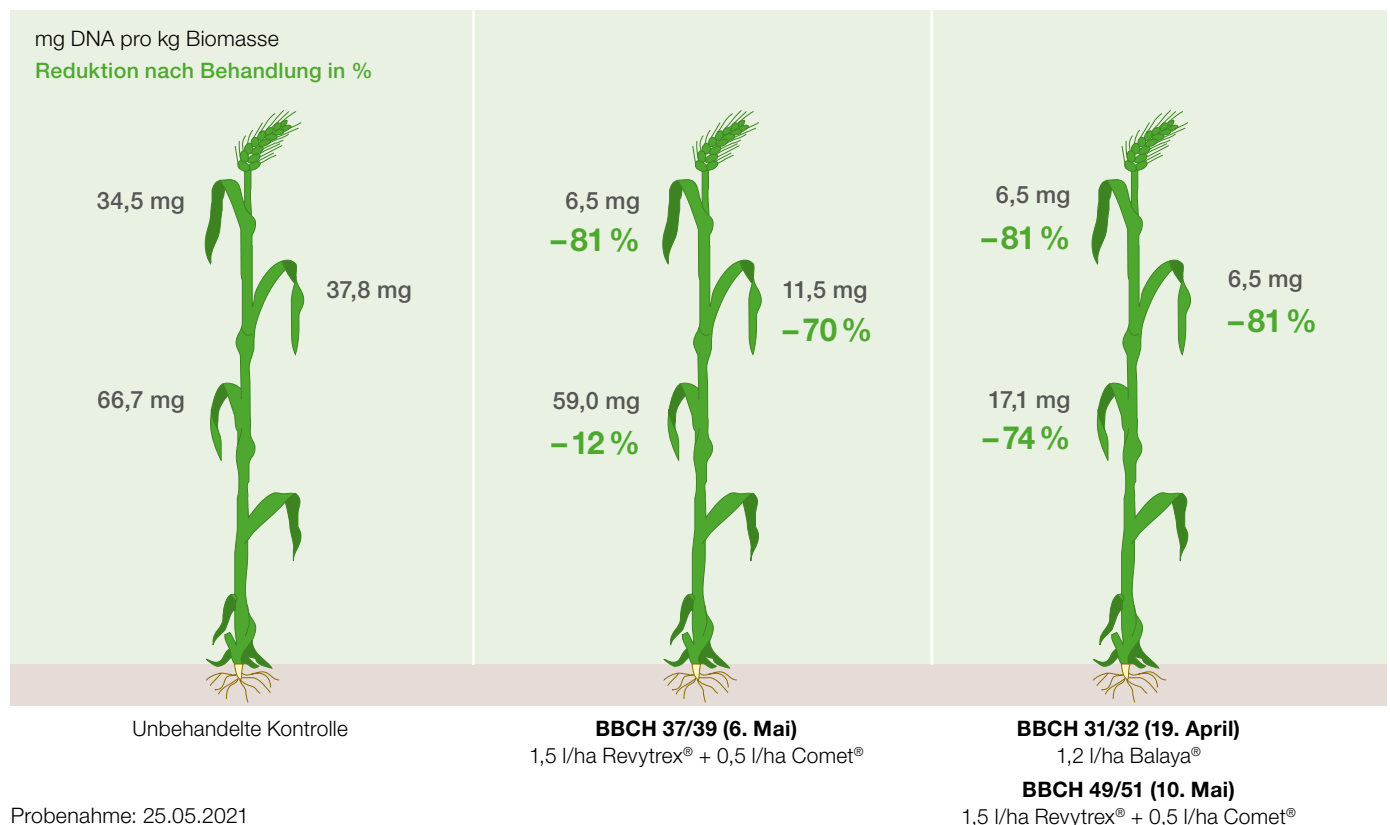


Wie durch systemisch wirkende Fungizide der Ramularia-Pilz in der Pflanze kontrolliert werden kann, zeigt **Abbildung 7**. Dazu wurden das Fahnenblatt, das F-1 und das F-2 von unbehandelten und behandelten Pflanzen aus Freilandversuchen auf den Gehalt an Ramularia-DNA im Blattinneren untersucht. Damit wurde die Bekämpfungsleistung nicht anhand von sichtbaren Symptomen ermittelt, sondern sie wurde anhand der genauen Feststellung der Infektionsstärke durch den Pilz selbst in den befallenen Pflanzenteilen ermittelt.

In dieser Untersuchung konnte nachgewiesen werden, dass durch die Behandlung mit Revytrex® & Comet® die Pilz-DNA gegenüber der unbehandelten Kontrolle um 81 % für das Fahnenblatt, um 70 % für das F-1 und um 12 % für das F-2 reduziert werden konnte. Die Doppelbehandlung mit Balaya®, gefolgt von Revytrex® & Comet®, konnte den Pilz in den tieferen Blattetagen F-1 und F-2 mit 81 % bzw. 74 % deutlich besser reduzieren. Der Ertrag konnte durch die Applikation mit Revytrex® & Comet® um 17 dt/ha im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle gesteigert werden, in der Doppelbehandlung waren es sogar 18 dt/ha.



Abb. 7:
Quantitativer Ramularia-Nachweis durch DNA-Bestimmung (IDENTXX GmbH, Stuttgart)



Zusammenfassung

Die Bekämpfung von Ramularia (*Ramularia collo-cygni*) in Wintergerste wird weiterhin eine große Rolle im wirtschaftlichen Gerstenanbau spielen. Ramularia hat sich mittlerweile in vielen Regionen mit vorwiegend zweizeiligen Sorten (vor allem in Süddeutschland) zur bedeutendsten Gerstenkrankheit entwickelt.

Für die Kontrolle dieser Krankheit stehen mit den beiden Ramularia-wirksamen Azolen Revysol® und Prothioconazol systemisch wirkende Fungizidwirkstoffe zur Verfügung. Durch Resistenzentwicklung ist vor allem die Leistung von Prothioconazol aber bereits stärker eingeschränkt. Obwohl die Resistenzentwicklung gegenüber den SDHI-Wirkstoffen schon fortgeschritten ist, ist aufgrund der Dominanz von milden Mutationen weiterhin von einer wichtigen Zusatzleistung auszugehen.

Die Absicherung der Fungizidmaßnahme in den Befallsgebieten mit Kontaktmitteln – vorzugsweise Folpet oder alternativ Schwefel – ist vor allem für Einfachbehandlungen hinsichtlich der Bekämpfungsleistung genauso wichtig. Kontaktmittel fungieren allerdings auch als Resistenzschutz für die Ramularia-wirksamen systemischen Fungizide.

Zurzeit ist der Einsatz von Revysol® als neuer Fungizidwirkstoff vorrangig im Weizen zur Kontrolle von Septoria tritici und Rost empfohlen. Aber die gute und stabile Wirkung auch auf bereits resistente Populationen gilt nicht nur für Septoria tritici, sondern gleichfalls für Ramularia in der Gerste. Das macht den neuen Wirkstoff besonders attraktiv für die Kontrolle der wichtigsten Gerstenkrankheit in weiten Teilen des Landes.

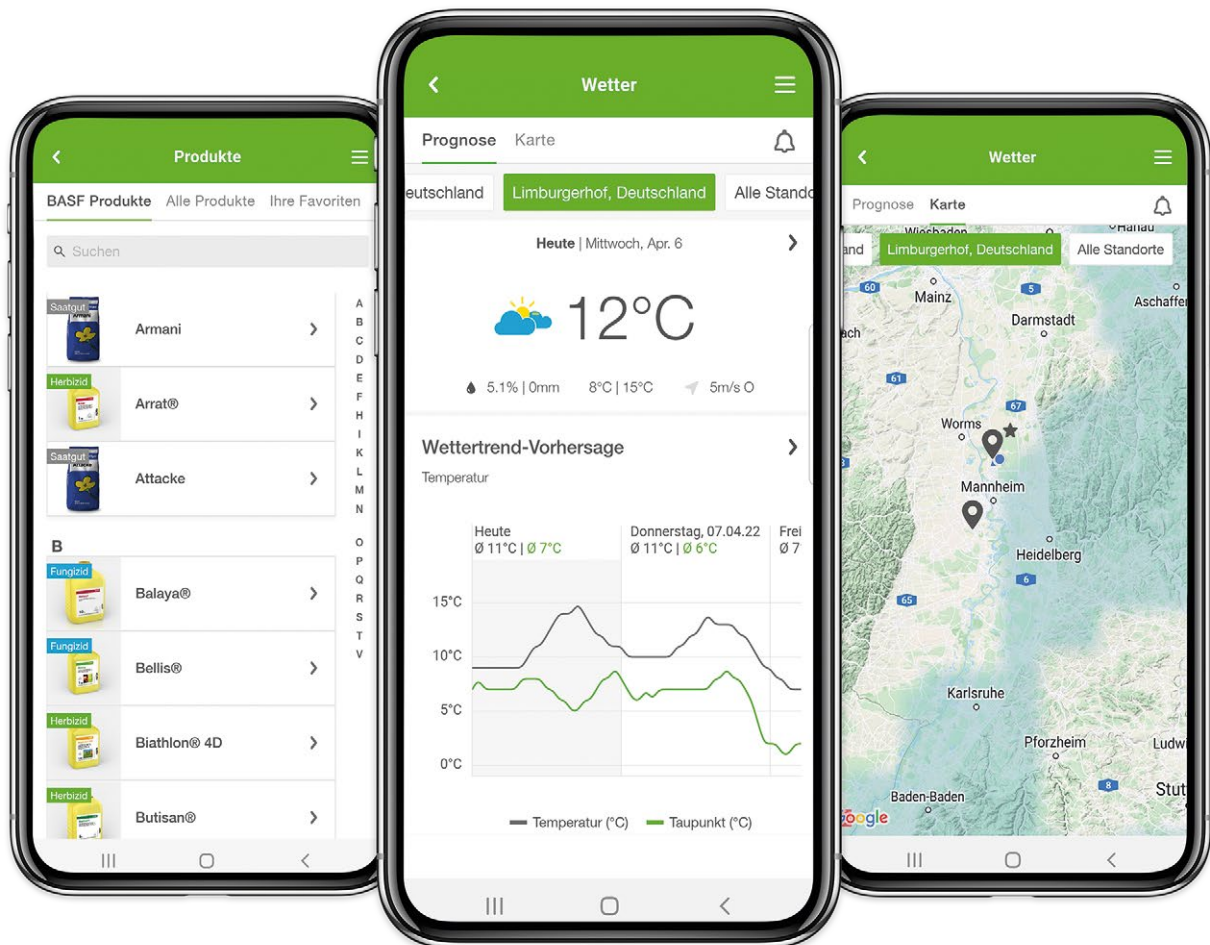
Das Fungizid-Resistenzmanagement gegenüber Ramularia sollte nicht allein auf die Mittelanwendung beschränkt bleiben. Hier ist vor allem die Gerstenzüchtung gefordert, neue Genotypen mit verringerter Anfälligkeit gegenüber Ramularia zu züchten. Erste bereits nachgewiesene Differenzierungen der Anfälligkeiten im Gerstensortiment müssen weiter untersucht und perspektivisch weiterentwickelt werden. Denn resistente Kulturpflanzen können im System die fungiziden Wirkstoffe schützen, genau wie wirksame Fungizide die Resistenzen in den Sorten sichern können. Dann wird auch der Gerstenanbau langfristig wirtschaftlich erfolgreich bleiben.



- Ramularia ist ein wichtiger Erreger in der Gerste, vorrangig in zweizeiligen Sorten.
- Kontrolle wird schwieriger, darum gilt:
 - Revysol® als stärkstes Azol nutzen.
 - Kombination mit SDHI bietet systemische Zusatzwirkung (z. B. Revytrex®).
 - In Befallsgebieten sichern Kontaktfungizide die Bekämpfung ab und bieten zusätzlichen Resistenzschutz.
- Auf Sortenleistung gegen Ramularia achten.

AgAssist-App

Ihr digitaler Pflanzenbau-Assistent



Die AgAssist-App von BASF unterstützt Sie optimal im Verlauf der Pflanzenbausaison und ist kostenfrei verfügbar für Android und iOS.

Jetzt downloaden:



Hier mehr über die AgAssist-App erfahren:



Ihre Vorteile auf einen Blick:

- ✓ Informationen zu Agrarwetter, Infektionsprognosen, Warnmeldungen und vieles mehr in einer App – auch offline nutzbar
- ✓ Übersicht und Informationen zu allen in Deutschland zugelassenen Pflanzenschutzmitteln
- ✓ Digitale Beratung und Pflanzenschutzempfehlungen für Ihre Region

Alle Angaben ohne Gewähr. Irrtümer, Änderungen und Druckfehler vorbehalten.



We create chemistry

www.agrar.basf.de

® = eingetragene Marke von BASF

Serviceland

www.serviceland.basf.de · E-Mail: serviceland@basf.com · BASF SE · Mo. – Fr.: 8.00–16.00 Uhr
Speyerer Str. 2 · D-67117 Limburgerhof · Tel.: 0621 60-76000 · Fax: 0621 60-66 76000



2126 8875-23SRIG