

Firuz[®] - Eine kluge Kombination aus Kaliumphosphonat und Prothioconazol

Phosphit, Phosphat oder doch Phosphonat? - Eine Begriffserklärung

Im landwirtschaftlichen Sprachgebrauch werden die Begriffe Phosphonat und Phosphit häufig synonym verwendet, obwohl es sich chemisch um unterschiedliche Stoffklassen handelt. Phosphonate sind organische Verbindungen mit einer direkten Phosphor-Kohlenstoff-Bindung (P–C), während Phosphite anorganische Salze der phosphorigen Säure sind, bei denen Phosphor an Sauerstoff- und Wasserstoffatome gebunden ist (P–O- und P–H-Bindungen). Die im Pflanzenschutz eingesetzten Kaliumphosphonate entsprechen chemisch Phosphiten, werden jedoch historisch und regulatorisch häufig als Phosphonate bezeichnet. Diese strukturellen Unterschiede bestimmen maßgeblich die Eigenschaften der Verbindungen: Phosphite sind gut wasserlöslich und in der Pflanze mobil, weisen jedoch eine höhere chemische Reaktivität auf und können nicht in den regulären Phosphorstoffwechsel integriert werden. Organische Phosphonate hingegen sind aufgrund der stabilen

P–C-Bindung deutlich resistenter gegenüber chemischem und biologischem Abbau und zeigen häufig eine höhere Persistenz in der Umwelt.

Davon klar zu unterscheiden sind Phosphate: Sie stellen die pflanzenverfügbare Form von Phosphor dar und sind als Nährstoff zentral für den pflanzlichen Stoffwechsel. Chemisch und funktionell unterscheiden sie sich grundlegend von Phosphiten und Phosphonaten.

Kurz und knapp: Kaliumphosphonat gehört zu den Phosphiten, regulatorisch bezeichnet man es jedoch als Phosphonat, obwohl diese chemischen Verbindungen nicht vergleichbar sind. Im folgenden Text ist also die Rede von Phosphiten, wenn es um das Kaliumphosphonat geht.

Dünger, Biostimulanz oder Pflanzenschutzmittel?

Auch hier kann eine klare Zuordnung der Phosphite schwierig erscheinen. Historisch wurden Verbindungen dieser Stoffgruppe zunächst auch im Zusammenhang mit der Pflanzenernährung betrachtet. Bereits frühere Arbeiten prüften, ob reduzierte Phosphorverbindungen als Alternative zu Phosphatdüngern genutzt werden könnten. Diese Annahme hat sich jedoch, wie wir wissen, nicht bestätigt. Die Pflanze nimmt Phosphit zwar ähnlich wie Phosphat auf und transportiert es auch mobil im Gewebe, sie kann es aber nicht als Phosphorquelle in den Primärstoffwechsel einbauen.

Spätestens mit der Entwicklung von Fosetyl-Al, ein Fungizid, verlagerte sich die Bedeutung der Stoffgruppe klar in Richtung Pflanzenschutz, insbesondere wegen ihrer Wirkung gegen Krankheiten, die durch Oomyceten (falsche MehltauPilze) verursacht werden. Kaliumphosphonate wurden in der EU schließlich als Wirkstoffe nach Pflanzenschutzrecht genehmigt.

Parallel dazu wurde die Verwendung von Phosphite im Düngemittel- und Biostimulanzienumfeld regulatorisch enger gezogen. Die EU-Düngemittel-Verordnung 2019/1009 legt fest, dass Phosphonate (gemeint sind insbesondere Phosphit-haltige Verbindungen) EU-Düngemitteln nicht absichtlich zugesetzt werden dürfen; eine unbeabsichtigte Anwesenheit ist nur bis 0,5 Massen-% zulässig.

Der Hintergrund ist, dass sich eine ernährungsphysiologische Funktion als Phosphorquelle wissenschaftlich nicht überzeugend belegen ließ, während zugleich eine pflanzenschützende Wirkung bekannt ist. Genau diese Trennlinie ist für die heutige Diskussion zentral: Kaliumphosphonat ist regulatorisch in erster Linie ein Pflanzenschutzwirkstoff, nicht ein Nährstoff.

Gleichzeitig ist das Thema auf EU-Ebene nicht abgeschlossen. Im Umfeld der EU-Fertilising Products Regulation läuft seit einigen Jahren eine Diskussion, ob bestimmte anorganische Phosphonat-Salze (Phosphite) unter engen Bedingungen wieder in den Bereich der EU-Biostimulanzien aufgenommen werden könnten. Diese Debatte wird in der Kommissions-Expertengruppe für Düngemittel geführt; 2025 wurde dort erneut ein aktualisierter Vorschlag vorgestellt. Es ist derzeit also nicht gesichert, dass Kaliumphosphonat wieder als EU-Biostimulanz zugelassen wird, wohl aber, dass es hierzu eine aktive regulatorische Diskussion gibt.

Kurz und knapp: Kaliumphosphonat ist Stand heute regulatorisch einzig ein Pflanzenschutzmittel. Es wird aber auf EU-Ebene diskutiert, ob Phosphite wieder als Biostimulanzien registriert werden können.

Wie wirkt Kaliumphosphonat?

Kaliumphosphonat wirkt einerseits mit direktem Effekt auf den Erreger, andererseits als Induktor bzw. Primer pflanzlicher Abwehrreaktionen.

Die direkte Wirkung beruht darauf, dass das Phosphit ein strukturelles Analog zu Phosphat ist. Das bedeutet, es wird wie Phosphat aufgenommen, hat im Anschluss aber nicht die gleiche Wirkung, sondern blockiert sogar die phosphat-abhängigen Prozesse. Davon sind vor allem der Energiehaushalt und grundlegende metabolische Prozesse betroffen, denn Phosphat ist zentral für die Bildung von ATP, dem Energielieferant sowie für die Bildung von Nukleotiden und

Membranlipiden. Hinzu kommt, dass der Erreger „denkt“ er hat genug Phosphat und dadurch leitet er keine Abwehrreaktionen ein. Die Folge sind reduziertes Myzelwachstum, gehemmte Sporulation, gestörte Zellwand- und Membransynthese und eine generell verlangsamte Entwicklung bis hin zum Wachstumsstopp. Die stärkste Wirksamkeit besteht gegen *Oomyceten*, etwa *Phytophthora*, *Perenospora*, *Plasmodium* oder *Bremia*. Entsprechend liegt der klassische Einsatzschwerpunkt in Sonderkulturen und im Obst- und Weinbau, wo phosphonathaltige Produkte seit Langem eine wichtige Rolle spielen.

Direkte Wirkung von Kaliumphosphonat (Phosphit) auf Pathogene – vereinfacht auf molekularer Ebene

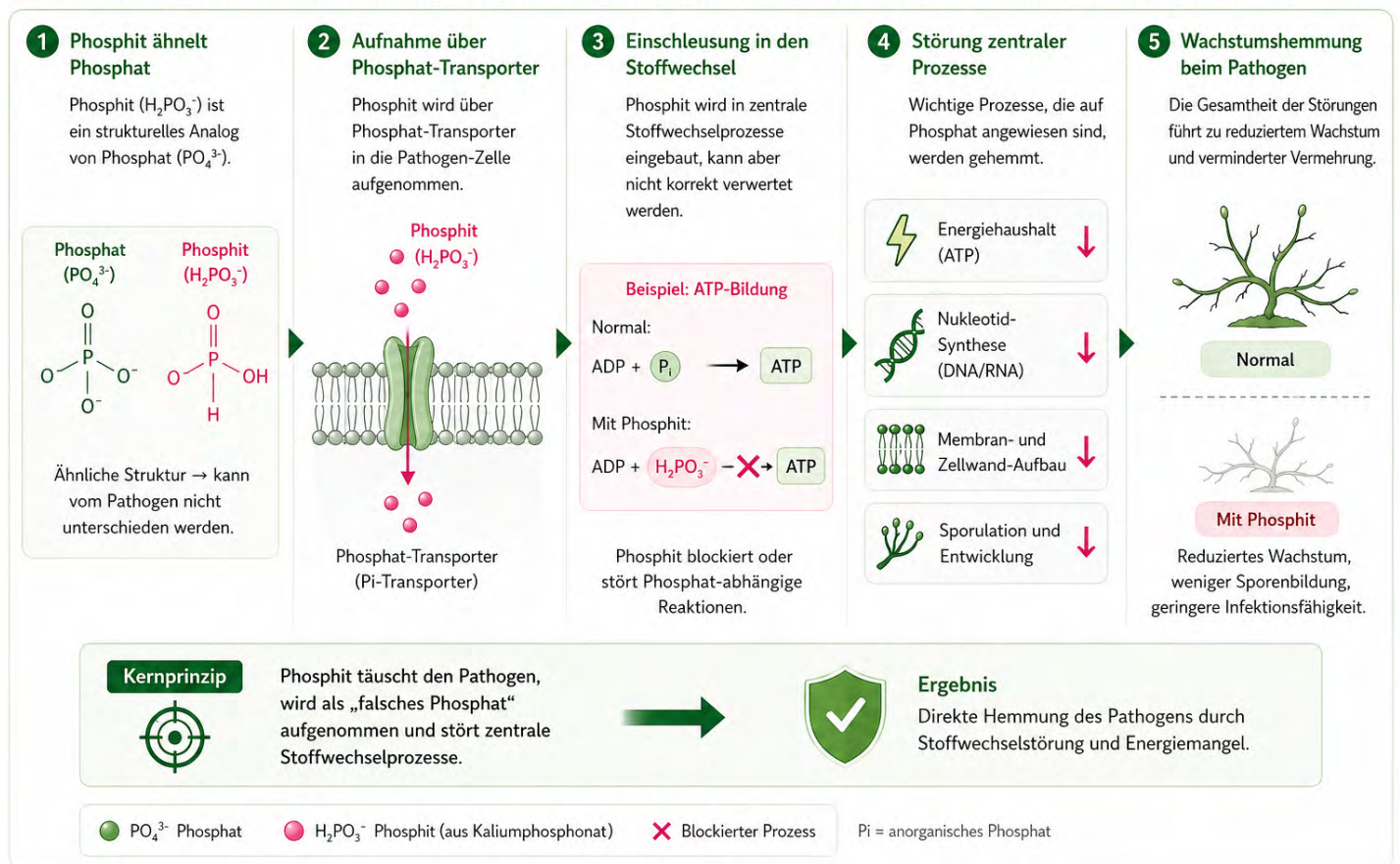


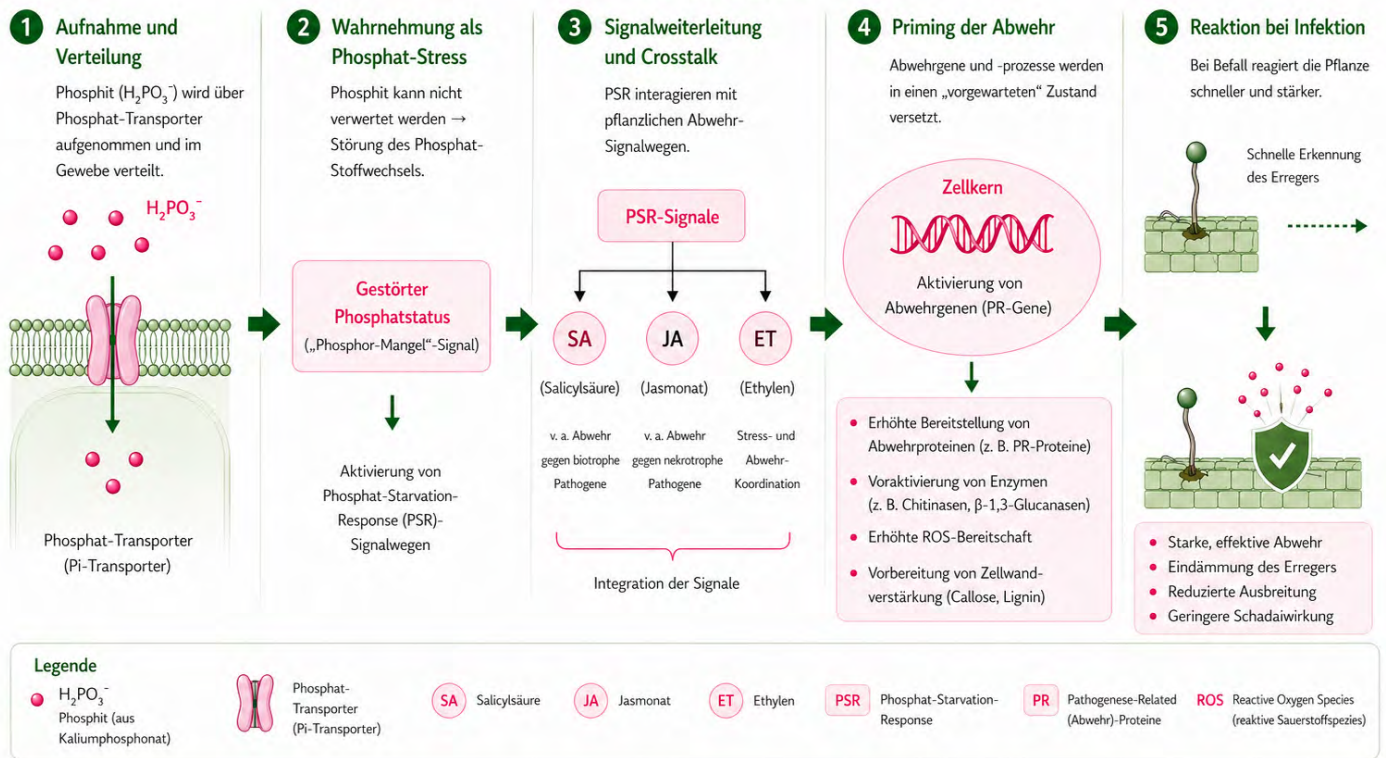
Abbildung 2: Die direkte Wirkung von Kaliumphosphonat.

Die indirekte Wirkung hat in der Regel den stärkeren Effekt bei der Bekämpfung der Pathogene. Im FRAC-System ist Kaliumphosphonat der Gruppe P07 zugeordnet, also den Host Plant Defence Inducers mit einem geringen Resistenzrisiko. Ebenso wie das Pathogen nimmt die Pflanze das Phosphit auf, wodurch ebenfalls der Phosphatstoffwechsel gestört wird. Die Pflanze erkennt das Problem und ein Phosphor-Mangel-Signal versetzt die pflanzlichen Abwehrmechanismen in eine Art Alarmbereitschaft. Kommt es nun zum Befall, können die Pflanzen schneller und stärker reagieren, in dem

sie beispielsweise Enzyme bilden, die die Zellwand des Pilzes angreifen, oder in dem sie dem Pilz die Nahrungsgrundlage entziehen und befallene Bereiche selbst abtöten.

Kurz und knapp: Kaliumphosphonat wirkt, indem es Pathogene direkt im Stoffwechsel stört und gleichzeitig die pflanzliche Abwehr aktiviert, sodass Infektionen erschwert und verlangsamt werden.

Indirekte Wirkung von Kaliumphosphonat – Priming der pflanzlichen Abwehr molekulare Ebene



Ergebnis: Die Pflanze ist „vorgewarnt“. Bei Infektion erfolgt eine schnellere und stärkere Abwehrreaktion, was die Etablierung und Ausbreitung des Pathogens erschwert.

Abbildung 3: Die indirekte Wirkung von Kaliumphosphonat.

Firuz[®] - Eine kluge Kombination aus Kaliumphosphonat und Prothioconazol

Firuz[®] enthält eine Formulierung mit 50 g/l Prothioconazol und 735 g/l Kaliumphosphonat und wird im Winterweizen gegen *Septoria tritici* und *Fusarium* spp. sowie in Triticale gegen *Septoria* spp. eingesetzt. Damit wird das Kaliumphosphonat, das eher für den Einsatz im Obstbau gegen Oomyceten bekannt ist, in einer Kombination für zwei wichtige Getreidekrankheiten eingesetzt, bei denen Kaliumphosphonat als Solo-Wirkstoff nicht als klassische Hochleistungs-Lösung gilt.

Für das Verständnis dieser Kombination muss man die beiden Partner getrennt betrachten. Prothioconazol ist ein Azol-Fungizid aus der Gruppe der Demethylierungs-Inhibitoren (DMI). Im FRAC-System gehört es zu den G1-Fungiziden. Sein Ziel ist die C14-Demethylase (CYP51) der Ergosterol-Biosynthese. Wird dieser Schritt blockiert, kommt es

zur Anreicherung 14 α -methylierter Vorstufen und zum Mangel an Ergosterol; die Pilzmembran verliert dadurch ihre Funktionalität und Stabilität und der Pilz stirbt ab.

Kaliumphosphonat führt zu einem ergänzenden direkten Stress für den Erreger und erhöht zugleich die Abwehrbereitschaft der Pflanze; Prothioconazol greift dagegen hochspezifisch in den Sterolstoffwechsel des Pilzes ein. Der Pilz steht damit gleichzeitig unter Membran- und Biosynthesestress durch das Azol sowie unter zusätzlichem metabolischem und pflanzeninduziertem Abwehrdruck durch das Phosphonat. Zwei Wirkstoffe die sich gut ergänzen und so zu einem überadditiven Effekt gegen die Erreger führen. Eine kluge Kombination also.

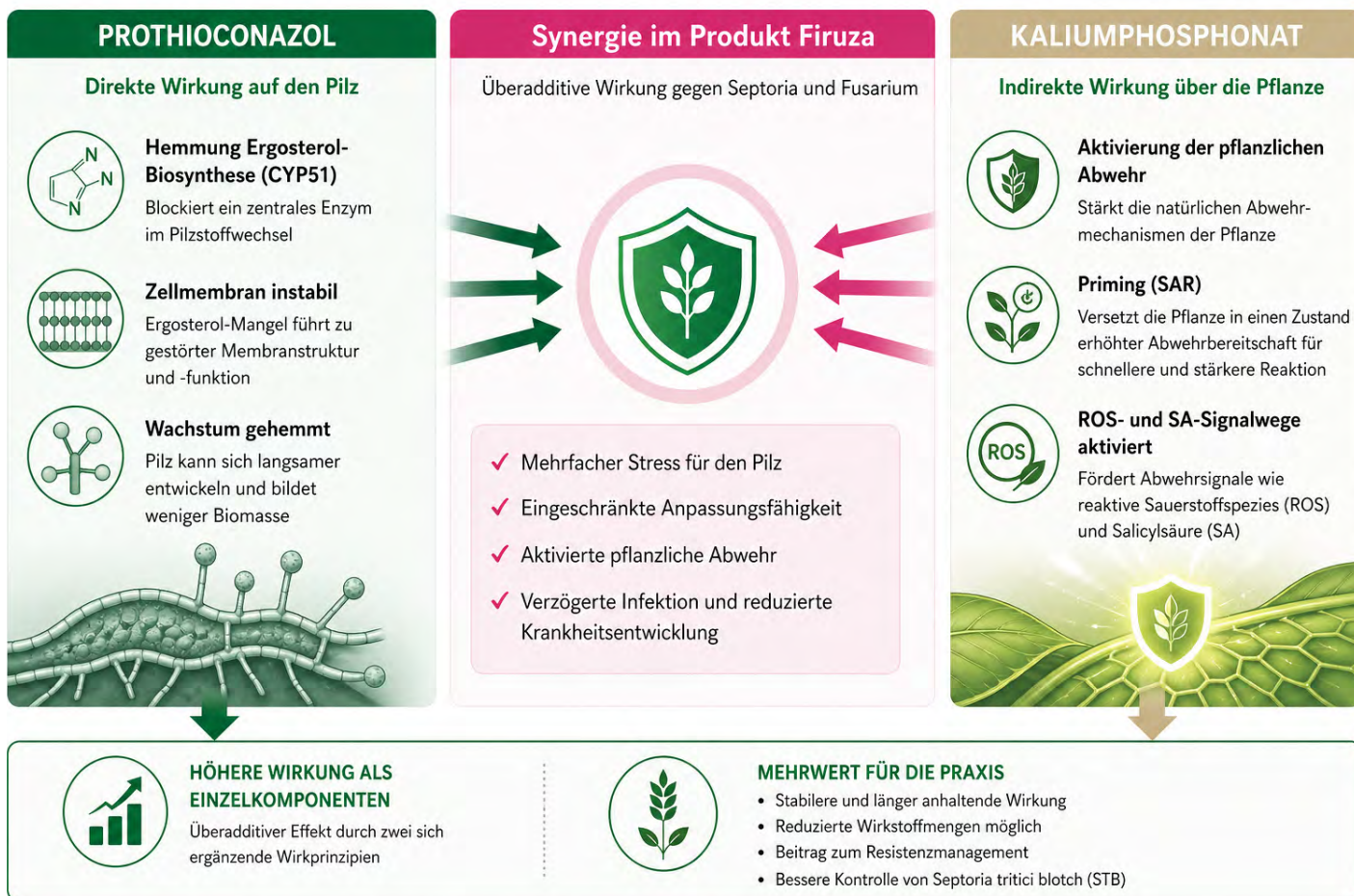


Abbildung 4: Synergistischer Effekt durch die Kombination von Prothioconazol und Kaliumphosphonat.

Firuz[®] gegen Fusarien

Durch die Kombination von Prothioconazol mit Kaliumhydrogenphosphat und dem daraus entstehenden Wirkungspplus, kann die Prothioconazolmenge um die Hälfte reduziert werden. Im Vergleich zu einem höher aufgeladenen reinem Prothioconazolprodukt wird die gleiche Wirkung gegen Fusarien und den DON-Werten erreicht (Abb. 5). Besonders relevant ist dabei, dass dieser Effekt konsistent auftritt. Der optimale

Einsatz erfolgt zur Ährenbehandlung (BBCH 61–65), da hier die Infektion stattfindet und die Kombination gezielt die Befallsentwicklung sowie die Mykotoxinbildung im Korn begrenzt. Da Kaliumphosphonat als P07-Wirkstoff über Priming/SAR wirkt, ist anzunehmen, dass ein früher Einsatz im Fusariumfenster (eher BBCH 61) die protektive Wirkung unterstützen kann.

HÖHERE WIRKSAMKEIT UND GERINGERE MYKOTOXINBELASTUNG (DON)

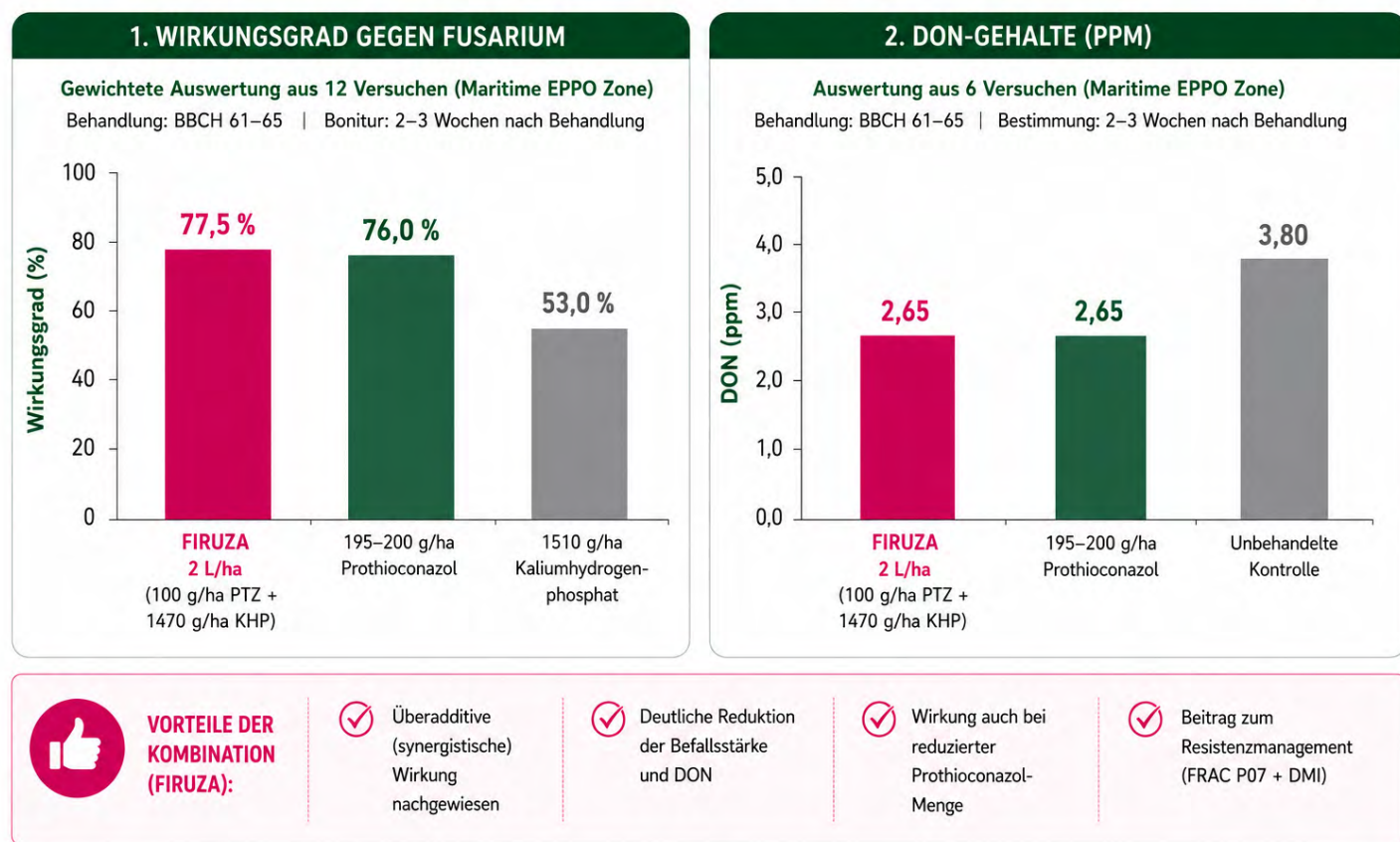


Abbildung 5: Die Wirkung von Firuz[®] gegen Fusarium.

Firuzza® gegen Septoria

Gegen *Septoria tritici* zeigt die Kombination in Firuzza® eine deutlich verbesserte Leistung gegenüber den Einzelkomponenten. In den vorliegenden Versuchsdaten (Abb. 6) wird eine stabil höhere Blattflächenwirkung erreicht, sowohl bei frühem Einsatz (T1; BBCH um 31/32) als auch bei späteren Anwendungen (T2). Bereits 2–3 Wochen nach T1 zeigt sich eine verbesserte Kontrolle auf F-1, während nach T2

eine hohe und anhaltende Wirkung auf dem Fahnenblatt erreicht wird, die auch 4–6 Wochen nach der Behandlung bestehen bleibt. Dieser überadditive Effekt führt zu einer zuverlässigeren Kontrolle der Krankheit und trägt dazu bei, die Ausbreitung im Bestand sowie die Sporulation nachhaltig zu reduzieren.



FIRUZA – WIRKSAMKEIT GEGEN SEPTORIA IN WEIZEN

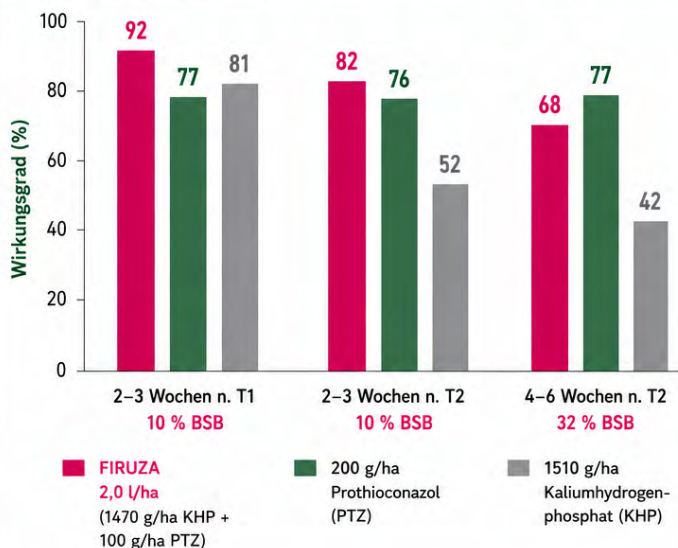


Zulassungsversuche: 2020–2022, 12 Versuche

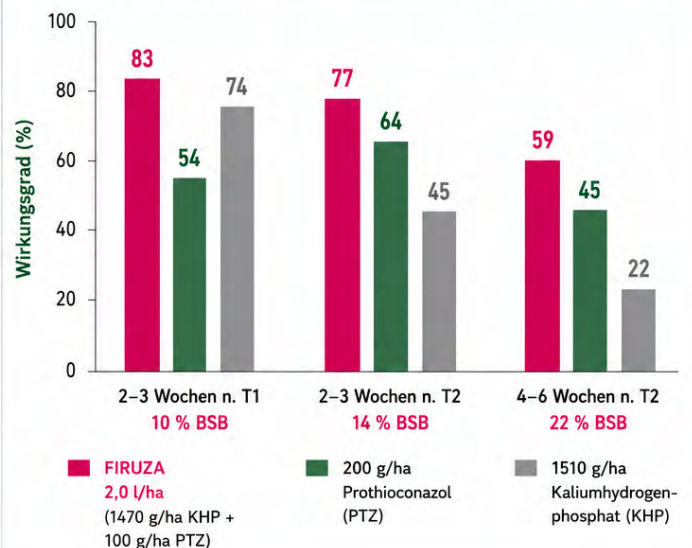


T1: BBCH 31–34, T2: BBCH 39–65

WIRKUNGSGRAD GEGEN SEPTORIA AUF F-1 IN WINTERWEIZEN



WIRKUNGSGRAD GEGEN SEPTORIA AUF DEM FAHNENBLATT IN WINTERWEIZEN



VORTEILE DER KOMBINATION (FIRUZA):



Überadditive (synergistische) Wirkung nachgewiesen



Deutliche Reduktion der Septoria-Befallsstärke auf F-1 und Fahnenblatt



Wirkung auch bei reduzierter Prothioconazol-Menge



Beitrag zum Resistenzmanagement (FRAC P07 + DMI)

Abbildung 6: Die Wirkung von Firuzza® gegen *Septoria*.

Hinsichtlich des Einsatzzeitpunkts bietet sich Firuza® insbesondere für die T1-Anwendung an. Zu diesem Zeitpunkt finden die ersten Infektionen statt und durch den frühen Einsatz kann die Krankheitsentwicklung bereits im Ansatz wirksam begrenzt werden. Gerade in dieser Phase ist es von Vorteil, dass neben der direkten Wirkung auch die pflanzeigenen Abwehrmechanismen gestärkt werden, sodass Infektionen schneller erkannt und abgewehrt werden können. Dadurch lässt sich die Ausbreitung im Bestand frühzeitig reduzieren und die Basis für einen gesunden Blattapparat schaffen. Gleichzeitig bleibt die Behandlung im Fahnblattstadium (T2) entscheidend für die Endkontrolle, da sie maßgeblich über den Schutz der ertragsrelevanten Blattetagen und damit über den finalen Ertrag bestimmt.

Ein besonderer Vorteil der Kombination liegt im Resistenzmanagement. Bei *Zymoseptoria tritici*, dem Erreger der Septoria tritici blotch (STB), steht die Empfindlichkeit gegenüber DMIs in Europa seit Jahren unter Druck, unter anderem durch Mutationen im CYP51-System, Promotorveränderungen und weitere Resistenzmechanismen. In einigen Regionen wurden für Prothioconazol bereits reduzierte Feldwirkungen beobachtet. Vor diesem Hintergrund ist die Kombination mit Kaliumphosphonat besonders sinnvoll, da sie den Selektionsdruck auf den DMI-Wirkstoff reduziert und gleichzeitig einen zusätzlichen Wirkbeitrag liefert, der nicht von bestehenden Kreuzresistenzen betroffen ist (Abb. 7). Dadurch wird die Leistungsfähigkeit von Prothioconazol stabilisiert und die Anwendung insgesamt robuster gegenüber Resistenzentwicklungen.

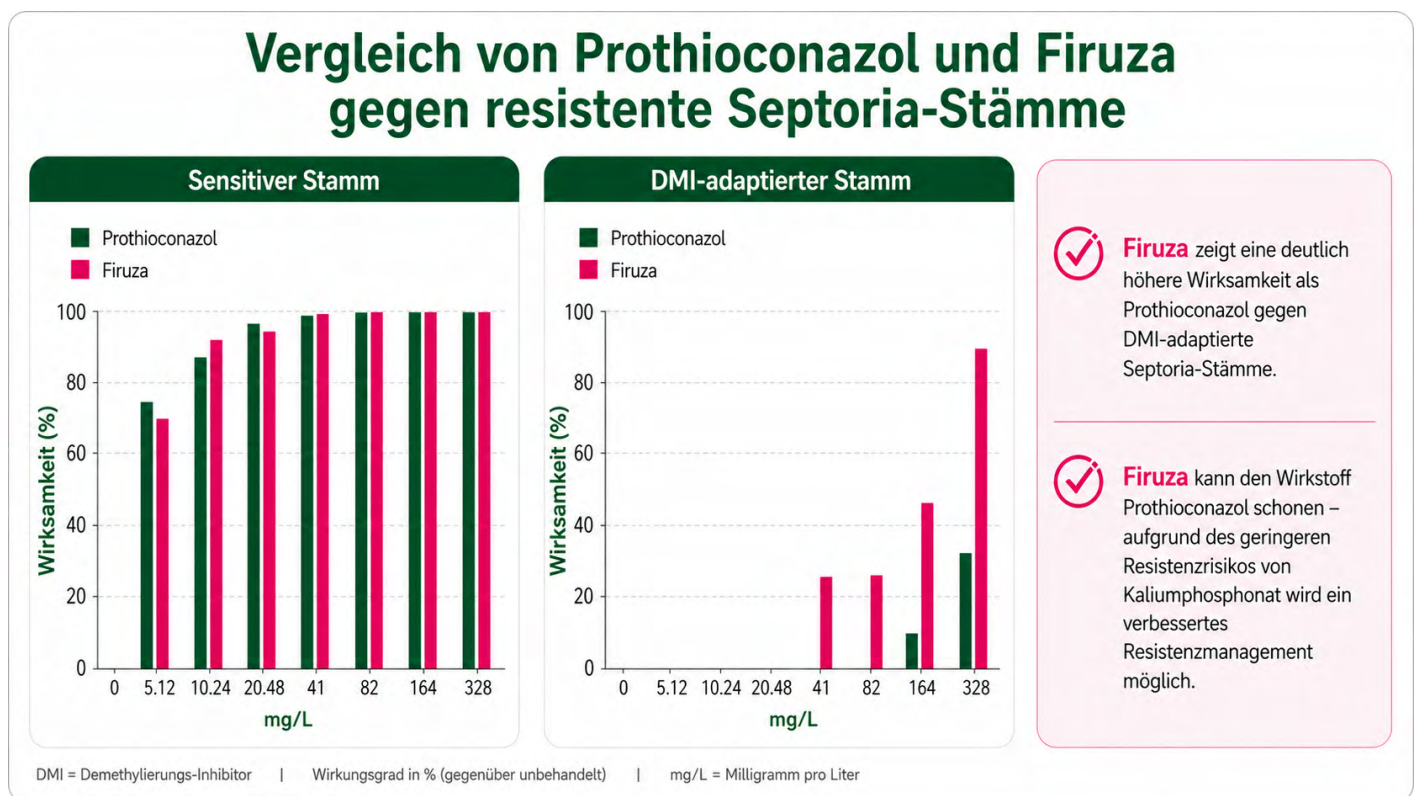


Abbildung 7: Vergleich der Wirkung von Prothioconazol und Firuza® gegen DMI-adaptierte Septoria-Stämme.

Kurz und knapp: Firuza® verbessert die Kontrolle von *Septoria tritici* deutlich und wirkt stabil über verschiedene Termine und Blattetagen hinweg. Der Einsatz zu T1 begrenzt früh Infektionen und stärkt rechtzeitig das Abwehrsystem der Pflanze, während T2 die Endkontrolle sichert. Gleichzeitig unterstützt die Kombination ein nachhaltigeres Resistenzmanagement.