

## Infektionswege von Fusarien

## Fusarium-Befall aus dem Boden?

Prof. Dr. Klaus Schlüter, Dr. Ute Kropf, Fachhochschule Kiel, Fachbereich Landbau/Rendsburg

**P**ilzkrankheiten kommen nicht über Nacht und auch nicht immer aus der Luft, denn in vielen Fällen erfolgt die Infektion aus dem Boden. Zu solchen standorttreuen Schaderregern gehören zum Beispiel die Kohlhernie, das Gelbmosaikvirus der Wintergerste und viele andere Krankheiten der Kulturpflanzen. Bei der Taubährigkeit des Getreides, die von Fusarium-Arten verursacht wird, geht man derzeit überwiegend von einer Infektion während der Blüte aus. Die Autoren dieses Beitrages beobachten aber seit über einem Jahrzehnt, dass viele Fusarium-Ähreninfektionen in Nordwestdeutschland durch diesen Infektionsmechanismus nicht immer erklärt werden können und sind seit einiger Zeit dabei, die genauen Hintergründe zu durchleuchten.

**Besonderheiten der Fusarium-Pilze**

Die Pilzgattung Fusarium ist ausgesprochen umfangreich und umfasst weit über 150 verschiedene Arten. In fast allen Regionen der Welt kennt man Pflanzenschäden, die von Fusarien ver-

*Ährenfusariosen werden von verschiedenen Erregern verursacht, die nur schwer zu unterscheiden sind.*

ursacht werden. Ein großes Problem dieser Pilze liegt in ihrer Eigenschaft, dass sie beim Wachstum in der Getreideähre Stoffwechselprodukte hinterlassen, die auf Warmblüter eine giftige Wirkung haben und deshalb auch als Mykotoxine bezeichnet werden.

Seit etwa 1960 nimmt die Zahl wissenschaftlicher Arbeiten über Fusarium-Arten weltweit laufend zu. Das liegt vor allem an der erfolgreichen Hybridzüchtung beim Mais, was zu einer erheblichen Ausdehnung der Anbauflächen in den USA führte. Da Fusarium-Arten am Mais häufig eine Stängelbasisbesiedlung durchlaufen und auf den Stoppeln lange überdauern können, nahm die Verbreitung dieser Pilze schon bald immer größere Ausmaße an, so dass auch das Getreide nicht davon verschont blieb.

Als dann etwa 15 Jahre später die modernen, kältetoleranten Maissorten auch Nordwestdeutschland erreicht hatten und ein unverzichtbarer Bestandteil der Wiederkäuerernahrung wurden, geschah hier das Gleiche: Plötzlich trat immer häufiger die

**Befall mit Fusarium culmorum kann sehr unterschiedlich aussehen:**

Von links nach rechts:

Im Feldbestand der Sorte „Haven“ wurden die Ähren massiv von *Fusarium culmorum* infiziert. Die hoch anfällige, früh reifende Sorte „Macro“ wird oft in großem Umfang durch Ährenbefall zerstört. Auch die Sorte „Drifter“ zeigte über viele Jahre eine Anfälligkeit für diesen Schadpilz.

Taubähigkeit beim Weizen in Erscheinung. Da man anfangs über die giftigen Stoffwechselprodukte dieser Pilze nicht so viel wusste, hatten Praktiker noch keinen Grund zur Sorge. Da aber nicht nur Mais, sondern auch Wintergetreide und insbesondere Weizen für *Fusarium*-Arten sehr gute Wirtspflanzen sind, nahm das Schicksal unaufhaltsam seinen Lauf: Die ständige Ausdehnung der Anbauflächen dieser Kulturpflanzen in Europa bot dieser Schadpilzgruppe sehr gute Vermehrungsmöglichkeiten. Mit der Einführung hochertragreicher Kurzstroh-Weizensorten wurde das Problem immer größer, denn die Anfälligkeit dieser Sorten war teilweise extrem hoch. Bedingt durch die Neuausrichtung der Agrarpolitik 1993/94 war der Siegeszug dieser Massenweizensorten zu Lasten der qualitätsbetonten Sorten mit ihrer geringeren Krankheitsanfälligkeit nicht mehr aufzuhalten.

Und so kam es, wie es kommen musste: Unter – für den Pilz – optimalen Witterungsbedingungen häuften sich Perioden mit sehr starkem *Fusarium*-Befall, wie wir sie bereits Mitte der 1980-er Jahre in Norddeutschland erlebten. Spätestens aber das Jahr 1998 hatte deutlich gemacht, dass es so nicht weitergehen konnte, denn in der Weizenabreife herrschte lang anhaltend kaltes und nasses Wetter, was dem *Fusarium*-befall und der Toxinbildung massiv Vorschub leistete.

### Effekte der Vorfrüchte

Unter norddeutschen Bedingungen – insbesondere auf schleswig-holsteinischen Standorten – war in den vergangenen Jahren Taubähigkeit im Weizen sehr oft sogar nach gesunden Vorfrüchten zu beobachten, insbesondere auch nach einer Pflugfurche! Egal ob Zuckerrüben, Raps oder Sommerkulturen vor dem Weizen standen, ein Befall konnte nicht verhindert werden (Abb. 1). Erst ein Blick auf die Fruchtfolge brachte Licht in das Dunkel, denn das Befallspotential ging immer vom Winterweizen aus. Mit dem Weizenstroh war infektiöses Pflanzenmaterial – oft angereicht mit *Fusarium*-Dauersporen – im Boden verblieben. Durch den Pflug wurde dieses Inokulum in tiefere Bodenschichten verlagert. Aufgrund der dortigen, geringen biologischen Aktivität erfolgte aber keine hinreichende Verrottung. So wurde dieses Material nach dem Pflügen der Folgefrucht wieder in die obere Ackerkrume eingemischt und in seiner Entwicklung massiv gefördert. Folgte jetzt die Aussaat von Weizen, dann infizierte *Fusarium culmorum* bei günstigen Witterungsbedingungen die jungen Pflanzen, auch wenn diese nach einer „gesunden“ Vorfrucht wie Raps oder Rüben standen.

### Viele *Fusarium*-Arten befallen den Weizen

Taubähigkeit kann von zahlreichen *Fusarium*-Arten hervorgerufen werden, wobei in Nordwesteuropa bis zu 20 verschiedene bekannt sind. Am häufigsten treten dabei in den maritimen Regionen Norddeutschlands *Fusarium culmorum*



Je nach Infektionstermin und Besiedlungszeitraum kommt es zu partiellem bis vollständigem Ährenbefall.

Anteil von Ackerflächen [%] mit systemischem *Fusarium culmorum*-Befall in Abhängigkeit von der Vorfrucht

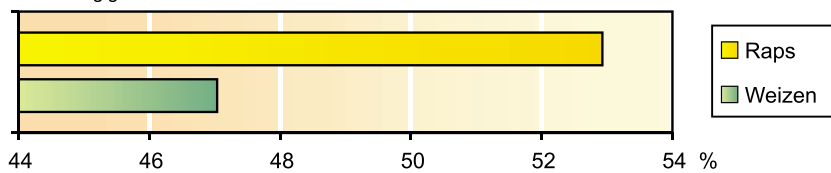


Abb. 1: Nach gesunden Vorfrüchten war der *Fusarium*-Befall häufiger als direkt nach Weizen.

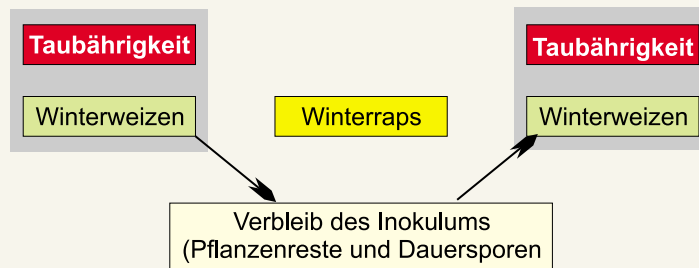
und *Fusarium graminearum* auf, wobei die Häufigkeit von *Fusarium graminearum* aufgrund seiner Verbreitung über windbürtige Askosporen in den vergangenen zwanzig Jahren immer weiter zugenommen hat. Beide Arten befallen unser Getreide, vor allem Hartweizen, Triticale und Weichweizen, beide produzieren Mykotoxine und verursachen somit nicht nur Ertrags- und Qualitätsverluste, sondern auch eine Nahrungsmittelbelastung. So ähnlich die Effekte dieser beiden häufig auftretenden *Fusarium*-Arten auch sind, so sehr unterscheiden sie sich in ihrer Biologie:

- ➔ *Fusarium culmorum* kann sich nur ungeschlechtlich vermehren

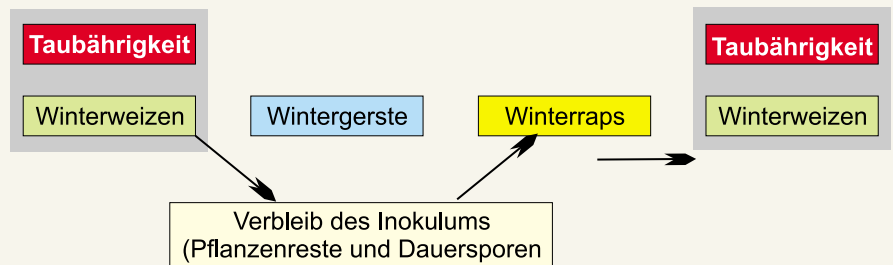
und Sporen bilden, die über kurze Strecken mit dem Wind und über Regentropfen verbreitet werden. Darüber hinaus reichert sich dieser Schadpilz auf Pflanzenresten und in Form von Dauersporen im Boden an. Diese können wenigstens drei Jahre im Boden überdauern. Auf diese Weise baut sich dort ein Befallspotential auf und sorgt für einen erheblichen Befallsdruck im Bereich der Pflanzenbasis. Untersuchungen der Autoren deuten darauf hin, dass der Erreger möglicherweise nach einer Infektion innerhalb der Pflanze weiter wachsen kann und diese dann von innen besiedelt, ohne dass der Befall über die Blattetagen aufsteigen muss.

### Saprophytische Dynamik von *Fusarium culmorum*

**Fruchtfolge:** Raps - Weizen - Weizen  
**Bearbeitung:** Pflügen



**Fruchtfolge:** Raps - Weizen - Wintergerste  
**Bearbeitung:** Pflügen nach Getreide, Mulchsaat zu Raps



Die Pfeile zeigen, welchen Weg befallene Pflanzenreste und Dauersporen (Inokulum) im Boden nehmen, bis sie wieder nach der Aussaat von Weizen in der Ackerkrume landen. Damit erklärt sich, warum auch nach gesunden Vorfrüchten wie Raps oder auch Zuckerrüben trotzdem ein Befall aus dem Boden kommen kann. Je länger der Pilz im Boden keine Nahrungsgrundlage findet, umso höher ist seine Aggressivität bei der Besiedlung der Weizenpflanzen.

- ➡ **F. graminearum** – das zeigen die Untersuchungen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in München seit vielen Jahren – bildet auf Stroh- und Stoppelresten Fruchtkörper, in denen flugfähige Askosporen ausgebildet werden. Diese können über weite Strecken mit dem Wind in der Agrarlandschaft verteilt werden und infizieren auch Kulturen, die auf einem befallsfreien oder befallsarmen Standort stehen! Neuere Untersuchungen aus Norddeutschland haben gezeigt, dass dieser pilzliche Sporenflug sowohl im Herbst als auch vom Frühjahr bis weit in den Sommer anhalten kann. Darüber hinaus kann auch diese Pilzart Konidiosporen bilden, die zu einer Infektion der Pflanzen führen.
- ➡ Im Rahmen unserer Untersuchungen fanden wir in zahlreichen Fällen eine Mischinfektion an Weizenähren, die einerseits einen starken *Fusarium culmorum*-Befall an Halmgrund und Ähre aufwies, andererseits aber auch in der Ähre von *Fusarium graminearum* befallen waren. Damit wurde die Pflanze geradezu „in die Zange genommen“.

### Stroh – die Quelle allen Übels?

Der moderne Ackerbau sollte Fusarium-Arten auf keinen Fall die Chance der Überdauerung auf Pflanzenresten bieten. Das ist allerdings in der Theorie leichter gefordert, als in der Praxis realisiert! Große Strohmenge, die zwangsläufig nach guten Getreideernten bleiben, können auch heute kaum optimal aufbereitet werden. Enorme Schnittbreiten der Mährescher und viel zu lange Strohhäcksels, die vom Wind dann auch noch ungleichmäßig auf dem Acker verteilt werden, verhindern eine gute und vor allem flache Einarbeitung als Basis für eine gute Rotte. Der Trend zu immer längeren Stoppeln, um die

Druschleistung zu steigern, fordert darüber hinaus seinen Preis. So mancher Praktiker hat deshalb schon – recht erfolgreich – mit dem Mulcher die Stroh- und Stoppelbearbeitung durchgeführt. Zugegeben – es ist ein aufwändiges Verfahren, aber dennoch sehr effektiv! Die Ergebnisse aus unserer Erhebung des Jahres 2003 (Abb. 2) zeigen deutlich, dass nach Mulchsaat die Taubährigkeit sehr viel seltener auftrat als nach Pflugfurche. Schon von James Cook, dem amerikanischen Pionier auf dem Gebiet der Fusarium-Forschung, wurde um 1970 nachgewiesen, dass die Überlebensfähigkeit von Fusarium-Arten ganz wesentlich davon abhängt, wie schnell eine Besiedlung der Pflanzenreste nach der Ernte durch Zersetzer erfolgt. Je länger sich dieser Vorgang verzögert, umso größer sind die Überlebenschancen für den Schadpilz!

Ein wichtiger Nebeneffekt ist spätestens seit Einführung der Strobilurine bekannt: Bis zu Ernte gesund gehaltene Pflanzen zersetzen sich wesentlich langsamer und fördern damit indirekt die Besiedlung durch Fusarium-Arten.

### Was kann man tun?

- ➡ Bereits heute und gewiss auch in der Zukunft erlangen diejenigen **Getreidesorten** eine wachsende Bedeutung, die eine genetische Resistenz gegen Fusariumbefall aufweisen. Auch wenn hier in der Forschung die molekularen Mechanismen noch längst nicht hinreichend bekannt sind, so ist der Befall an einer Weizensorte wie „Dekan“ auch unter ungünstigen Bedingungen grundsätzlich weitaus geringer als bei den klassischen Kurzstrohsorten wie „Haven“, „Hanseat“, „Ritmo“ und „Macro“. Damit schafft der Landwirt schon bei der Aussaat die Grundlage für gesunde Bestände. Die neuen Zuchtstämme der Pflanzenzüchter geben Anlass zur Hoffnung, dass sich das Resistenzpotential noch weiter steigern lässt.

Anteil von Ackerflächen [%] mit *Fusarium culmorum*-Befall in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

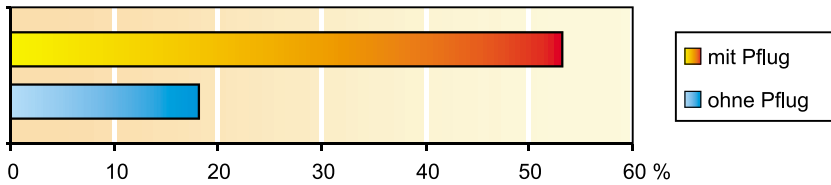


Abb. 2: In allen untersuchten Fällen war der Befall des Weizens mit *Fusarium culmorum* bei pflugloser Bestellung sehr viel geringer als nach Einsatz des Pfluges.

➔ Darüber hinaus müssen bekannte Gefahrenpotentiale verringert werden. In Regionen mit hohen Anteilen von Körnermais sollte dieser möglichst nicht als unmittelbare Vorfrucht stehen, wenn ein Befall mit *Fusarium graminearum* vorliegt, das zeigen die bayerischen Untersuchungen seit vielen Jahren. Und wenn es doch sein muss, kann eine Pflugfurche den Befall deshalb mindern, weil diese *Fusarium*-Art dann an der Bildung der flugfähigen Ascosporen gehindert wird.

➔ Bei Befall mit *Fusarium culmorum*, wie wir ihn aus Norddeutschland

Anteil von Ackerflächen [%] mit systemischem *Fusarium culmorum*-Befall nach Pflugfurche bei unterschiedlicher Vorfrucht

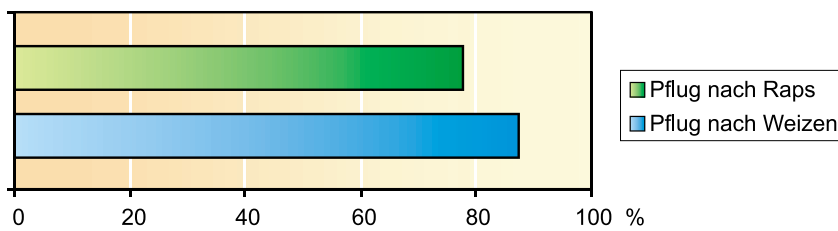
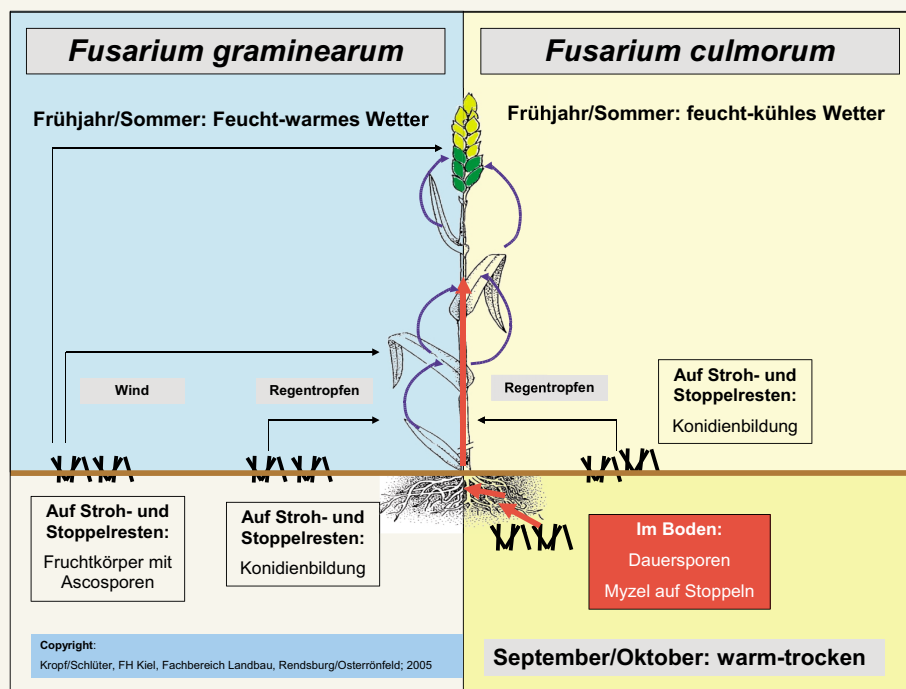


Abb. 3: Nach dem Pflügen machte es keinen Unterschied, welche Vorfrucht dem Weizen vorausging: ca. 80 % der untersuchten Pflanzen waren von *Fusarium culmorum* befallen.

kennen, ist auch bei Einsatz des Pfluges ein Befall nicht zu vermeiden. Da sich dieser Pilz ganz besonders durch seine Dauersporen und Myzelien auf Stoppelresten im Boden behaupten kann, ist das Befallspotential durch das Unterpflügen der Pflanzenreste noch längst nicht vernichtet (Abb. 3)! Bei Befall mit

### Infektionsverläufe von *Fusarium culmorum* und *Fusarium graminearum*



*Fusarium graminearum* kann nach der Ernte auf Stroh- und Stoppelresten überleben und von dort ungeschlechtliche Konidien bilden, die vom Frühjahr bis zum Sommer mit Regenspritzern auf die Blätter der Weizenpflanzen transportiert werden. Diese Verbreitung ist nur über kurze Distanzen möglich. Auf den Pflanzenresten bildet der Pilz in erheblichem Umfang geschlechtliche Fruchtkörper, von denen flugfähige Ascosporen über einen sehr langen Zeitraum freigesetzt werden. Diese werden über weite Strecken mit dem Wind transportiert und können entweder Blätter infizieren, auf denen dann wieder Konidien entstehen, oder sie infizieren bei günstiger Witterung direkt die blühenden Ährchen.

*Fusarium culmorum* überlebt ebenfalls auf befallenen Stroh- und Stoppelresten. Wenn diese bis zum Frühjahr nicht verrottet sind und auf dem Boden liegen bleiben, entstehen dort ungeschlechtliche Konidien, die über Regenspritzer zur Ausgangsinfektion der unteren Blätter führen. Auf diesem Wege kann der Befall über die Blattetagen aufsteigen. Darüber hinaus zeigen die Untersuchungen von Kropf, Schlüter und Karlovsky, dass der Pilz – ausgehend von unvollständig zersetzten Pflanzenresten oder auch von Dauersporen- im Boden zur Infektion der Wurzel führen kann. Das kann ein systemisches Wachstum des Pilzes von der Basis bis zur Ähre auslösen und ist möglicherweise in sehr viel stärkerem Umfang am Befall beteiligt als bislang angenommen. Bei dieser *Fusarium*-Art hat man bis heute die geschlechtliche Vermehrungsform über Ascosporen nicht nachweisen können, somit kann auch keine Windverbreitung erfolgen. Deshalb müssen wir diesen Schadpilz als standorttreuen Auslöser einer Fruchtfolgekrankheit auffassen.

*Fusarium culmorum* überlebt ebenfalls auf befallenen Stroh- und Stoppelresten. Wenn diese bis zum Frühjahr nicht verrottet sind und auf dem Boden liegen bleiben, entstehen dort ungeschlechtliche Konidien, die über Regenspritzer zur Ausgangsinfektion der unteren Blätter führen. Auf diesem Wege kann der Befall über die Blattetagen aufsteigen. Darüber hinaus zeigen die Untersuchungen von Kropf, Schlüter und Karlovsky, dass der Pilz – ausgehend von unvollständig zersetzten Pflanzenresten oder auch von Dauersporen- im Boden zur Infektion der Wurzel führen kann. Das kann ein systemisches Wachstum des Pilzes von der Basis bis zur Ähre auslösen und ist möglicherweise in sehr viel stärkerem Umfang am Befall beteiligt als bislang angenommen. Bei dieser *Fusarium*-Art hat man bis heute die geschlechtliche Vermehrungsform über Ascosporen nicht nachweisen können, somit kann auch keine Windverbreitung erfolgen. Deshalb müssen wir diesen Schadpilz als standorttreuen Auslöser einer Fruchtfolgekrankheit auffassen.



Gegen den Schaderreger *Fusarium culmorum*, der am Stroh der Vorfrucht überdauert, hilft auch der Einsatz des Pfluges nicht!

diesem Schadpilz wäre es außerordentlich nützlich, nach der Maisernte sämtliche Pflanzenreste zu mulchen und flach in den Boden einzuarbeiten, um einerseits die Rotte zu fördern und andererseits das Überleben der Fusarien zu erschweren. Leider wird diese Maßnahme aber kaum von den Landwirten praktiziert, da sie die beiden Erreger im Feld natürlich auch gar nicht unterscheiden können.

### Fungizideffekte

Für den Einsatz in der Weizenblüte haben verschiedene Fungizide eine amtliche Zulassung. Ihre Wirkung kann aber zwangsläufig nicht allumfassend sein. Es ist nur dann mit guten Effekten zu rechnen, wenn die Ähre während der Blüte ausschließlich über den Sporeneinflug aus der Luft infiziert wird. Zudem muss die Behandlung möglichst zeitnah am Infektionstermin erfolgen, sonst tritt keine ausreichende Wirkung mehr ein. Für diesen Zweck werden derzeit in den forschenden Instituten Prognosemodelle entwickelt, um eine genauere Vorhersage des optimalen Behandlungstermins möglich zu machen.

### Fazit

Im Kampf gegen die Fusarien werden neben der Resistenzzüchtung das Strohmanagement und die Bodenbearbeitung an Bedeutung gewinnen. Da fungizide Maßnahmen nicht gezielt gegen alle Fusarien eingesetzt werden können, muss den Pilzen die Überlebensgrundlage entzogen werden. Da eine pfluglose Bestellung den Befall mit *Fusarium graminearum* fördern kann, den mit *Fusarium culmorum* hingegen verringert, kann bislang auch keine generelle Empfehlung für die Entscheidung zwischen Pflug- und Mulchsaat gegeben werden!

Nur wenn die vorhandene Fusarium-Art bekannt ist, kann man auch gezielt handeln. Ein gutes Strohmanagement im Hinblick auf Verteilung und größtmögliche Zerkleinerung – insbesondere der Maisstoppeln – wird jedoch das Überleben beider Fusarium-Arten erschweren. ■