

# Ährenfusariosen in der Braugerste – ein vielschichtiges Problem

**Ährenfusariosen kommen auch in der Braugerste vor und verursachen zahlreiche Probleme entlang der Wertschöpfungskette vom Feld bis in die Flasche. Doch welche Möglichkeiten und Hindernisse gibt es bei der Bekämpfung? Und wer ist verantwortlich?**

*Dr. Katharina Hofer und Dr. Michael Hess, Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan*

Ährenfusariosen sind vor allem aus dem Weizenanbau bekannt, wo es durch die typische Symptomatik, die durch das Absterben ganzer Ährenabschnitte gekennzeichnet ist (Abb. 1a), zu erheblichen Ertragsverlusten kommen kann. Auch Kontaminationen mit dem humantoxischen Deoxynivalenol (DON), das von dem dominanten Erreger *Fusarium graminearum* gebildet wird, stellen ein zentrales Problem in der Weizenproduktion dar.

Doch auch Gerste bleibt von Ährenfusariosen nicht verschont. Verschiedene *Fusarium(F.)*-Arten überwintern auf

Ernterückständen und infizieren als Erregerkomplex die blühende Gerstenähre in der Folgesaison. Während der Kornentwicklung kommt es dann zu unspezifischen Verbräunungen einzelner Kornanlagen (Abb. 1b), weshalb die Ertragsminderung ein vergleichsweise geringeres Problem als bei Weizen darstellt. Jedoch wird die Qualität des Erntegutes durch den Befall erheblich reduziert und verursacht im Fall von Sommergerste Probleme im Mälzungs- und Brauprozess.

Der Lehrstuhl für Phytopathologie der Technischen Universität München

(TUM) hat sich in den letzten Jahren intensiv mit dieser Problematik auseinandergesetzt und in verschiedenen Projekten, unterstützt von der Züchtungs- und Brauindustrie und in Zusammenarbeit mit anderen Lehrstühlen der TUM, wertvolle Kenntnisse über Ährenfusariosen an Braugerste gewinnen können. Dabei stand vor allem die Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette, vom Feld bis zum fertigen Bier, im Fokus. Mithilfe von Monitoring-Untersuchungen in Gerste und Malz wurde der auftretende Erregerkomplex charakterisiert. Versuche im Gewächshaus (Abb. 2) und Feld (Abb. 3, s. S. 16) gaben Aufschluss über



Mälzer und Brauer fordern gesunde Braugerste ohne Ährenfusariosen.

Foto: agrarfoto

Epidemiologie sowie geeignete Kontrollmaßnahmen. Das Schadpotenzial von *Fusarium*-Infektionen in Sommergerste und die zugrunde liegenden Mechanismen wurden in nachgelagerten Mälzungs- und Brauexperimenten ermittelt.

### Heterogener Erregerkomplex und breites Toxinspektrum

Die Ergebnisse aus mehrjährigen mykologischen Untersuchungen von kommerziell erzeugten bayrischen Gersten- und deutschen Malzmustern spiegeln einen sehr heterogenen Erregerkomplex wider. Bis zu 10 verschiedene *Fusarium*-Arten wurden diagnostiziert. Die dominantesten Vertreter waren *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. tricinatum*, *F. langsethiae*, *F. sporotrichoides* und *F. poae*. Diese Arten unterscheiden sich nicht nur in ihrer Epidemiologie, wie beispielsweise ihrer Verbreitung oder ihrer Reaktion auf bestimmte Witterungseinflüsse, sondern weisen auch ein unterschiedliches Toxinbildungsvermögen auf. Aus der Infektion von Gerste mit vielen verschiedenen *Fusarium*-Erregern resultiert so auch eine weitaus vielfältigere Kontamination mit zum Teil toxischen Substanzen.

### Das Schadpotenzial ist vielfältig

Das Schadpotenzial von Mykotoxinen beziehungsweise deren Verbleib in der Wertschöpfungskette, von der Gerstenrohfrucht bis zum fertig gebrauten Bier, konnte in Zusammenarbeit mit den TUM-Lehrstühlen für Brau- und Getränketechnologie sowie für Analytische Lebensmittelchemie nahezu lückenlos aufgeklärt werden. Dazu wurde in Feldversuchen künstlich infiziertes Gerstenmaterial produziert und im Anschluss vermälzt und verbraut. Innerhalb des Mälzungs- bzw. Brauprozesses wurden Probenahmen von Zwischenprodukten, wie zum Beispiel Grünmalz und Darrmalz bzw. Maische, Stammwürze und Jungbier, durchgeführt und der Gehalt an Mykotoxinen ermittelt. Dabei zeigten sich Unterschiede zwischen einzelnen Toxinen. Im Fall von DON kam es zu einer Anreicherung während der Mälzung, jedoch zu einer Abnahme während des Brauprozesses. Die gute Nachricht nach diesen Untersuchungen war sicherlich, dass trotz massiver *Fusarium*-Infektion der Rohfrucht keines der gemessenen Mykotoxine im Bier in gefährlicher Dosis

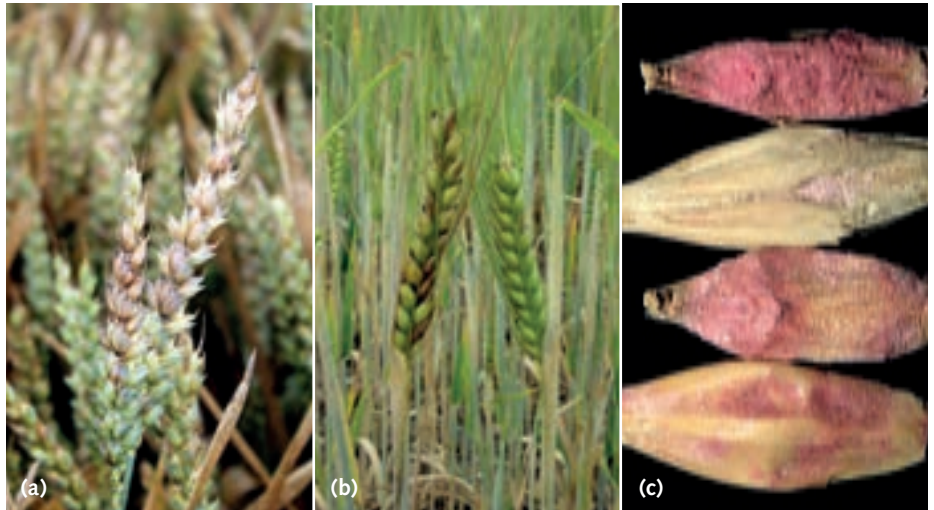


Abb. 1: Während die Infektion von Weizen mit Ährenfusariosen in der typischen partiellen Taubährigkeit resultiert (a), ist die Symptomatik an Gerstenähren (b) und Malzkörnern (c) nicht spezifisch und eindeutig.

nachgewiesen werden konnte. Eine mögliche Kontamination in Nebenprodukten, wie zum Beispiel Treber, die in der Tierfütterung eingesetzt werden, sollte jedoch genauer überprüft werden, da in dieser Studie dort relevante Mengen an *Fusarium*-Toxinen gefunden wurden.

Weitere Inokulations- und Mälzungsexperimente haben gezeigt, dass *Fusarium*-Infektionen auch Störungen der hochkomplexen Lösungsvorgänge während des Mälzens verursachen. Der Befall mit *Fusarium*-Pathogenen vermindert Keimungsraten und setzt diverse unkontrollierte Abbauprozesse von Zellstrukturen, Zuckern und Proteinen in Gang, die eine gezielte Steuerung des Mälzvorganges massiv erschweren und sich nachteilig auf die Qualität des Bieres auswirken können.

### Management ist eine große Herausforderung

Auf dem langen Weg vom Feld in die Flasche stellen *Fusarium*-Infektionen in der Braugerste ein vielseitiges Problem dar. Ein erfolgreiches Management ist darum essenziell, doch ebenso eine große Herausforderung für Landwirte, Mälzer und Brauer.

Zum einen ist die Diagnose von *Fusarium*-Befall schwierig. Im Feld lassen sich die unspezifischen Verbräunungen an Ähren nicht von Infektionen unterscheiden, wie sie durch andere Ährenpathogene verursacht werden (Abb. 1b). Und auch an Malz ist die Diagnose von *Fusarium*-Befall visuell kaum möglich. Die Anzahl von rot gefärbten Malzkörnern in einer Charge wird in der Praxis ger-

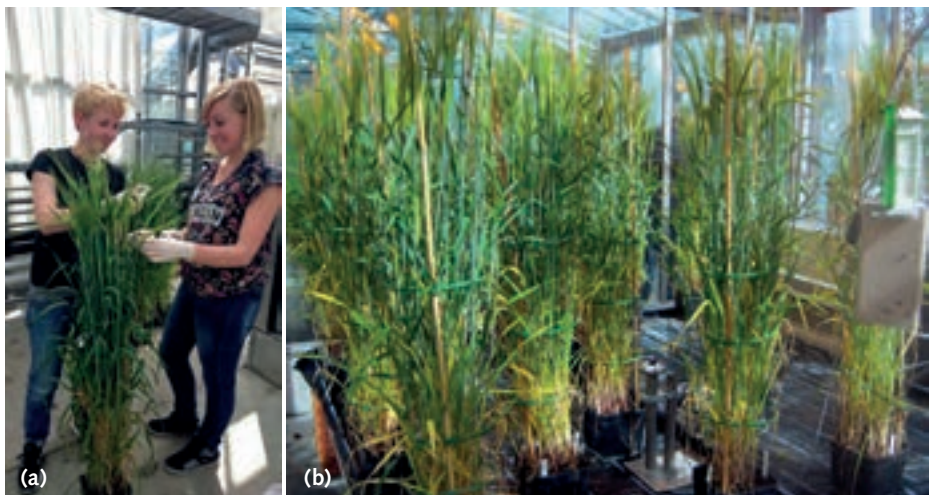


Abb. 2: In aufwendigen Gewächshausexperimenten konnte hoch infiziertes Gerstenmaterial hergestellt werden. Dazu wurden Sporen von bestimmten *Fusarium*-Arten auf blühende Gerstenähren aufgesprüht (a). Die Pathogene konnten sich durch die gezielte Klimasteuerung, die in Gewächshauskabinen (b) möglich ist, perfekt entwickeln.



Abb. 3: In umfangreichen Feldversuchen werden Gerstenlinien hinsichtlich ihrer Qualitätseigenschaften und ihrer Krankheitstoleranz charakterisiert. Auf einer Versuchsfläche der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) ermöglicht ein sog. „Rain-out-Shelter“ (mobiler Regenschutz) gleichzeitig die Untersuchung von Trockenstresstoleranz. Fotos: Hess

ne zur Risikoabschätzung im Hinblick auf eine vorliegende *Fusarium*-Infektion verwendet. Aktuelle Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die rote Symptomatik keinesfalls *Fusarium*-spezifisch und deshalb eindeutig ist (Abb. 1c). Sie kann höchstens als Indikator für ein erhöhtes *Fusarium*-Risiko verwendet werden und sollte gegebenenfalls eine differenzierte Analytik, wie zum Beispiel DNA- oder Mykotoxinmessungen, veranlassen. Aufgrund der Vielfältigkeit des Erregerauftretens sind praxistaugliche Messmethoden für schnelle Diagnose im Feld oder Malzhaus bis dato aber nicht verfügbar.

Zum anderen sind die Bekämpfungsmöglichkeiten begrenzt. Da eine Kontrolle nach der Ernte kaum mehr möglich ist, liegen die effektiveren Maßnahmen beim Landwirt. Dieser kann die aus dem Weizenanbau bekannten kulturtechnischen Vermeidungsstrategien anwenden, die auf die Reduzierung des bodenbürtigen Inokulums ausgerichtet sind. Das bedeutet den Verzicht auf Getreide oder Mais als Vorfrucht sowie den Einsatz des Pfluges zur Sicherstellung eines reinen Tisches. Bei Gerste liegen aber weit weniger Erfahrungen hinsichtlich des Einflusses und der Effektivität dieser Maßnahmen vor als beim gut untersuchten Weizen. Ein geeignetes Fungizid zur Bekämpfung von Ährenfusariosen an Gerste ist bislang nicht zugelassen.

### Die Stickstoffdüngung ist ein Balanceakt

Aber auch weitere Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes sind im Braugerstenanbau komplex; besonders die Stickstoffdüngung. Einerseits ist sie das wichtigste Werkzeug, um eine gute Ertragsleistung zu erzielen. Andererseits dürfen aber die von der Brauindustrie geforderten und meist sogar vertraglich geregelten Proteingehalte im Erntegut nicht überschritten werden. Darüber hinaus haben aktuelle Studien gezeigt, dass die Düngestrategie gerade bei hohem Befallsdruck auch Einfluss auf das Auftreten von Ährenfusariosen in Braugerste nehmen kann. Experten raten im Weizenanbau zu einer verminderten Stickstoffdüngung zur Reduzierung von Ährenfusariosen, da zu hohe Gaben die Abreife verzögern und dadurch das Infektionsfenster länger geöffnet halten. Feldversuche in der Sommergerste, die in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TUM durchgeführt wurden, zeigen jedoch, dass auch zu geringe Düngermengen zu erhöhtem Befallsdruck führen können. Durch einen geringen Biomasseaufwuchs kommt es zu einem unvollständigen Bestandesschluss. Häufige und vor allem starke Niederschläge erreichen so beinahe ungebremst die Bodenoberfläche und transportieren über Regenspritzer bodenbürtiges *Fusarium*-Inokulum in die Blütenzone. Darüber hinaus geben Ge-

wächshausversuche Anhaltspunkte dafür, dass schlecht ernährte Pflanzen über ein vermindertes Pathogenabwehrpotenzial verfügen. Die Applikation der richtigen Menge an Stickstoff ist für den Landwirt in der Braugerste also ein schwieriger Balanceakt.

### Sortenwahl bietet große Chancen

Welche Möglichkeiten bietet die Sortenwahl? Bislang können Landwirte auch dieses Werkzeug im Hinblick auf die Kontrolle von Ährenfusariosen kaum nutzen. Denn in den meisten Fällen sind bereits Sorten, die sich aufgrund bestimmter braurelevanter Qualitätsparameter bewährt haben, von den Vertragspartnern vorgegeben. Darüber hinaus sind vollständig resistente Züchtungen derzeit noch nicht verfügbar. Informationen hinsichtlich der *Fusarium*-Anfälligkeit kommerziell erhältlicher Sorten sind nur begrenzt veröffentlicht oder schwer zugänglich.

Trotzdem liegt in der Sortenwahl zukünftig vermutlich das größte Potenzial, Ährenfusariosen zu vermeiden. In einem aktuellen Projekt werden mithilfe molekularer und epidemiologischer Methoden klimaangepasste Gerstensorten auf ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber pilzlichen Schaderregern, speziell den aufstrebenden Krankheiten Ramularia-Blattflecken und Ährenfusariosen, überprüft. Durch die Arbeiten sollen der Pflanzenzüchtung Genotypen und Werkzeuge zur Optimierung von Züchtung an die Hand gegeben werden. Das Projekt wird vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz im Rahmen des Projektverbundes „KlimaFit – Strategien zur Anpassung von Kulturpflanzen an den Klimawandel“ finanziert. Dabei sollen einerseits, durch die Untersuchung von Archivproben, Zusammenhänge zwischen dem Klimawandel und dem Auftreten dieser „neuen“ Krankheitskomplexe geklärt werden. Zentrales Ziel ist es, im Verbund mit weiteren Teilprojekten und Partnern aus der Züchtung, in zukünftigen Braugerstensorten wichtige agronomische Eigenschaften wie Ertrag, braurelevante Qualitätsaspekte wie Lösungsseigenschaften mit Krankheitstoleranz gegenüber zum Beispiel Ährenfusariosen zu vereinen. Gleichzeitig sollen zukünftige Gerstensorten aber auch gegenüber Herausforderungen, die der Klimawandel mit sich bringt, wie Hitze- oder Trockenstress, gewappnet sein. Dazu werden in

aufwendigen Labor-, Gewächshaus- und Feldversuchen (Abb. 3) bewährte Sorten und neues Zuchtmaterial detailliert charakterisiert.

Die Untersuchung der Archivproben bestätigte, dass es zu einem Anstieg in der Befallsstärke der Erreger im Gerstenanbau der letzten Jahrzehnte kam. Bei den blüteninfizierenden *Fusarium*-Arten wurde von Jahr zu Jahr eine unterschiedliche Gewichtung der Spezies innerhalb des Erregerkomplexes beobachtet. Dabei fielen besonders die Dominanz und der Anstieg einzelner Arten in den letzten 15 Jahren auf. Ein erster Zusammenhang mit dem Anstieg der mittleren Temperatur während des Blütezeitraums wurde beobachtet.

Günstige Witterung führte in der Saison 2016 zu starken Infektionen in den Feldversuchen. Das daraus resultierende hohe Befallsniveau ermöglichte eine gute Differenzierung verschiedener Gerstengenotypen als Grundlage für die Einstufung bei der Pathophänotypisierung.

Auf der Basis der Ergebnisse aus dem ersten Projektjahr konnte eine Vorselektion interessanter Genotypen zur Fortführung der Felduntersuchungen und für spezifische molekularbiologische Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen erfolgen.

## Fazit

*Fusarium*-Infektionen im Braugetreide stellen Mälzer und Brauer vor große Probleme, denn präxistaugliche Diagno-



Abb. 4: *Fusarium*-Symptomatik an Gerste zu BBCH 75 (links) und bei Abreife (rechts).

Fotos: Katharina Hofer

se- sowie Kontrollmöglichkeiten nach der Ernte fehlen. Die Verantwortung für das Management von Ährenfusariosen wird deshalb meist allein dem Landwirt überlassen. Dieser hat jedoch kaum ackerbauliche Möglichkeiten und ist zusätzlich durch vorhandene Kontrakte bei der Düngung und Sortenwahl eingeschränkt.

Eine Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette vom Feld bis hin zum fertigen Bier zeigt, dass eine Vielzahl von Interessensvertretern involviert ist. Die Verantwortung für das Management von Ährenfusariosen in der Braugerste muss deshalb bei allen Beteiligten liegen und

kann nur in einem integrierten Ansatz mit Landwirten, Mälzern, Brauern und Züchtern gelingen. Auch die Wissenschaft leistet ihren Beitrag. <<

## KONTAKT

Dr. Michael Hess

Lehrstuhl für Phytopathologie  
TUM Wissenschaftszentrum  
Weihenstephan

Telefon: 08161 715041  
m.hess@lrz.tu-muenchen.de

# Treffsicher – auf allen Feldern!

Hunter® wirkt schnell und effizient in diversen Kulturen gegen Schädlinge – von A wie Ackerbohne bis Z wie Zuckerrübe!

NEU bei SPIESS@URANIA

SPIESS@URANIA

Hunter®

Beratung unter Telefon: (0800) 8 300 301  
www.spiess-urania.com