



NACHRICHTENBLATT FÜR DEN DEUTSCHEN PFLANZENSCHUTZDIENST

Herausgegeben von der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin durch
die Institute der Biologischen Zentralanstalt in Aschersleben, Berlin - Kleinmachnow, Naumburg / Saale

Zur Epidemiologie des Getreidemehltaus (*Erysiphe graminis* DC.) in Deutschland

Von S. STEPHAN

Aus der Biologischen Zentralanstalt Berlin

Die seit mehr als fünfzig Jahren vom deutschen Pflanzenschutzdienst durchgeführten Beobachtungen über das Auftreten von Pflanzenkrankheiten enthalten wertvolles Material für die epidemiologische Forschung. Eine Auswertung der über den Getreidemehltau (*Erysiphe graminis* DC.) vorliegenden Unterlagen, vor allem im Hinblick auf die Zusammenhänge zwischen Witterung und Krankheitsauftreten, wurde hier vorgenommen. Da über die Art des ausgewerteten Materials nur das Notwendigste gesagt werden kann, sei im übrigen auf die Darstellung der Geschichte des pflanzenschutzlichen Beobachtungs- und Meldedienstes von HÄRLE hingewiesen.

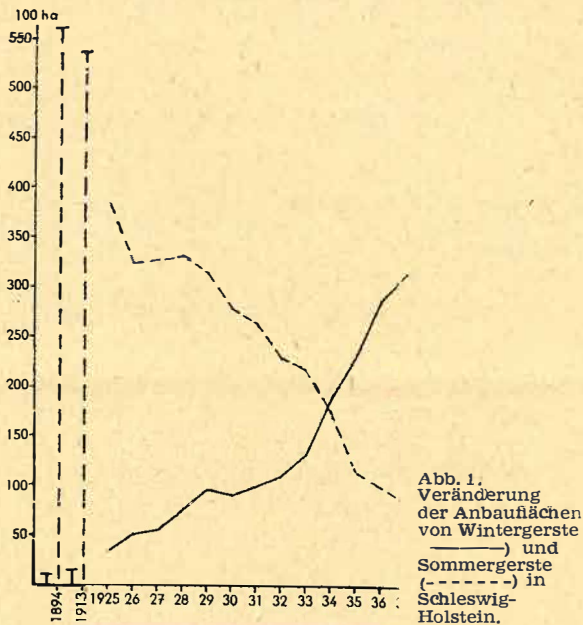
Der Einfluß der Zunahme des Wintergerstenanbaues nach dem ersten Weltkrieg auf das Auftreten des Getreidemehltaus

Aus den Berichten, die seit 1893 über das Auftreten des Getreidemehltaus in Deutschland vorliegen, geht hervor, daß in der Zeit bis zum ersten Weltkrieg der Weizen die von der Krankheit weitaus am stärksten geschädigte Getreideart war. Von den insgesamt 188 Angaben über Mehлтаubefall des Getreides, welche in den Berichten der Jahre 1893—1904 enthalten sind, entfallen allein 69% auf den Weizen, 15% auf den Roggen und nur 12% auf die Gerste. In den ersten Jahren nach dem ersten Weltkrieg traten die Mehлтаuschäden an Gerste stark in den Vordergrund. So verteilten sich z. B. die 475 Meldungen über Getreidemehltau, die aus Sachsen-Anhalt in den Jahren 1932—1936 eingingen, wie folgt auf die einzelnen Getreidearten: Gerste 56%, Weizen 31%, Roggen 6% und Hafer 7%. Von den 63 Meldungen über das Auftreten der Krankheit an Gerste, die noch nähere Angaben darüber enthielten, ob es sich bei der Wirtspflanze um Winter- oder Sommergerste handelte, betrafen 75% Mehлтаubefall der Sommerform. Die hieraus hervorgehende, auch in einer Reihe anderer deutscher Anbauggebiete zu beobachtende, starke Zunahme des Auftretens von *Erysiphe graminis* an der Sommergerste war eine Folge der erheblichen Steigerung des Wintergerstenanbaus nach dem ersten Weltkrieg.

Den Wintergerstenbeständen kommt, wie PAPE und RADEMACHER nachgewiesen haben, als Überwinterungsherden des Erregers und Ausgangspunkt für die Nachbarinfektion der Sommergerste epide-

miologisch eine große Bedeutung zu. Es ist dies nach den genannten Autoren darauf zurückzuführen, daß *Erysiphe graminis* in der Hauptsache im Myzelstadium auf den Wintersaaten überwintert. Den an Stoppelresten befindlichen Perithezien wird für die Überdauerung der kalten Jahreszeit hingegen keine größere Bedeutung zugemessen. Auch von CHEREWICK in Kanada durchgeführte Untersuchungen ergaben, daß, da die Ascosporen in der Regel schon im Herbst ausgeschleudert werden, die Fruchtkörper für die Überwinterung des Pilzes im allgemeinen bedeutungslos sind. Zu dem gleichen Ergebnis kam auch GORLENKO bei seinen vor allem an Weizen in Mittelrußland angestellten Beobachtungen. Die biologische Aufgabe der Perithezien besteht nach Ansicht der beiden Autoren in der Fortsetzung der Infektkette über die wirtsarme Hochsommerperiode nach dem Schnitt des Getreides („Übersommerung“).

Welche Bedeutung die Ausdehnung des Wintergerstenanbaues für den Mehлтаubefall der Sommergerste hat, läßt sich besonders deutlich am Beispiel des epidemischen Auftretens des Getreidemehltaus in Schleswig-Holstein in den Jahren 1930—1934 zeigen. In keinem anderen deutschen Anbauggebiet stellte sich der Gerstenbau so rasch vom Anbau der Sommerfrucht auf den Winterfrucht um. Während vor dem ersten Weltkrieg in Schleswig-Holstein der Wintergerstenanbau, wie überall in Deutschland, bedeutungslos war, beanspruchte er 1935 die doppelte Anbaufläche der Sommergerste (Abb. 1). Im Zuge dieser Umstellung wurde zu Beginn der Dreißiger Jahre vorübergehend ein bestimmtes Verhältnis der Sommer- zur Wintergerstenfläche erreicht, das für ein verbreitetes Auftreten von Nachbarinfektionen besonders günstig war. Es kam daher zu einem ungewöhnlich starken Befall der Sommergerste, der durch begünstigende Witterungsbedingungen noch gefördert wurde. In den folgenden Jahren wurde jedoch mit der weiteren Steigerung des Wintergerstenanbaus die Sommergerstenfläche so stark eingeeengt, daß der Mehлтаubefall der Sommergerste keine wesentliche wirtschaftliche Rolle mehr spielte. Da diese die am stärksten befallene Getreideart ist, ging die Zahl der Meldungen über das Auftreten von Getreidemehltau in Schleswig-Holstein nach 1935 wieder stark zurück (Abb. 2).



Schadgebiete des Getreidemehltaus 1929—1941

Auf Grund von etwa 12 600 Meldungen des Pflanzenschutzmeldedienstes über das Auftreten von Getreidemehltau aus den Jahren 1929—1941 wurde versucht, die Schadgebiete der Krankheit zu ermitteln (Karte 1). Als solche werden hier die Anbauggebiete angesehen, in denen, beurteilt nach der Gesamtzahl der eingegangenen Meldungen und dem Anteil der Meldungen über starken Befall, in dem genannten Zeitraum durch den Getreidemehltau die höchsten volkswirtschaftlichen Schäden verursacht wurden. Bei der Auswertung mußte die, sich vor allem aus dem teilweise unterschiedlichen Aufbau des Meldernetzes in den einzelnen Pflanzenschutzbezirken ergebende, beschränkte regionale Vergleichbarkeit des Materials berücksichtigt werden. Durch Vergleich mit dem über andere Krankheiten und Schädlinge vorliegenden Material war es jedoch möglich, wesentliche hierauf beruhende Fehler zu vermeiden. Einer gesonderten Betrachtung bedürfen jedoch die für Süddeutschland vorliegenden Unterlagen, da sie gegenüber denen der übrigen Gebiete grundsätzliche Unterschiede aufweisen. Diese sind auf starke Abweichungen der Organisation des dortigen Meldernetzes zurückzuführen. Auf der einen Seite liegen aus Württemberg und Baden so gut wie keine Meldungen vor, während andererseits in Bayern deren Zahl bezogen auf den Kreis sehr hoch ist, wobei es sich allerdings fast nur um „Schwachmeldungen“ (Befallsstärken 1 und 2) handelt.

Karte 1 läßt als Schadgebiete des Getreidemehltaus drei Anbaubezirke erkennen: 1. den östlichen Teil Schleswig-Holsteins, 2. Mecklenburg und 3. einen großen Teil des früheren Sachsen-Anhalts („mitteldeutsches Schadgebiet“). Weiterhin geht aus dieser Karte hervor, daß diese Schadgebiete zum größten Teil in den Hauptanbaugebieten für Gerste und Weizen (Anbaufläche insgesamt mehr als 5% der Kreisfläche) liegen. Hierin kommt zwar zunächst nur die Abhängigkeit der Befallsfläche von der Anbaufläche der Hauptwirtspflanzen zum Ausdruck, jedoch geht aus dem Umstand, daß eine Reihe wichtiger Gersten- und Weizenanbaugebiete nicht zu den Schadgebieten gehören, hervor, daß noch andere be-

stimmende Einflüsse wirksam sein müssen. Diese sind in dem verschiedenen Flächenanteil der Sommer- und Winterfrüchte des Weizens und der Gerste in den einzelnen Anbaugebieten zu suchen, dessen maßgebender Einfluß auf die Stärke der Getreidemehltauschäden schon erörtert wurde. Nach Karte 1 blieben in dem Zeitraum von 1929—1941 die stärksten Schäden im wesentlichen auf diejenigen der wichtigsten Gerste- und Weizenanbaugebiete beschränkt, in denen weder der Sommer- noch der Wintergerstenanbau mehr als 80% der gesamten Gerstenfläche einnahm.

Auch aus Tabelle 1 wird dieser charakteristische Unterschied zwischen den Anbauverhältnissen der Schadgebiete und denen der übrigen in Frage kommenden Gebiete deutlich. Der Sachverhalt im Schadgebiet Schleswig-Holsteins wurde schon eingangs besprochen. Im mecklenburgischen und mitteldeutschen Schadgebiet sind die anbaumäßigen Voraussetzungen für den Getreidemehltau im ähnlichen Maße gegeben. Für beide ist der hohe Anteil der Sommergerste also des am stärksten mehltauggefährdeten Getreides an der Gesamtgerstenfläche bezeichnend. Auch der Sommerweizen, der nach GORLENKO aus dem gleichen Grunde wie die Sommergerste besonders stark vom Mehltau befallen wird, ist in beiden Gebieten stark vertreten. Als ausschlaggebend für das häufige epidemische Auftreten der Krankheit in den beiden genannten Schadgebieten ist jedoch die erhebliche Anbaufläche der Wintergerste anzusehen, welche nicht wie in anderen Sommergersteinanbaugebieten bis zur Bedeutungslosigkeit

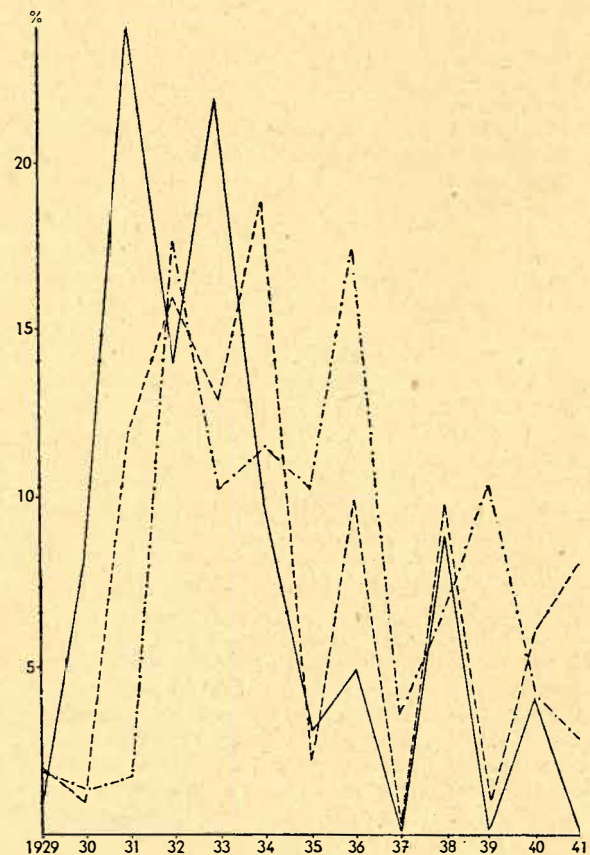


Abb. 2: Zahl der Meldungen über das Auftreten von Getreidemehltau (in Prozent der Gesamtzahl der Meldungen 1929—1941)
Schleswig-Holstein — Mecklenburg - - -
Sachsen-Anhalt — · - · -

Tabelle 1
Anbauflächen von Weizen und Gerste 1935
in % der Gesamtfläche

	Insges.	Weizen davon		Insges.	Gerste davon	
		Sommerweizen	Winterweizen		Sommergerste	Wintergerste
Mitteldeutsches Schladgebiet	15,4	6,6	8,8	9,0	6,0	3,0
Schleswig-Holstein	7,8	0,7	7,1	4,1	1,1	3,0
Mecklenburg	4,6	0,8	3,8	3,1	1,9	1,2
Kreishauptmannsch. Leipzig	12,3	0,3	12,0	4,8	0,7	4,1
Hannover	15,5	2,1	13,4	17,2	15,0	2,2
Thüringer Becken	1,2	0,2	1,0	1,4	0,3	1,1
Regierungsbezirk Köln	8,6	0,3	8,3	2,3	0,4	1,9
Soester Börde	8,2	0,1	8,1	4,8	0,1	4,7
Bayern (ohne Pfalz)	5,7	0,3	5,4	4,7	4,5	0,2
Württemberg	5,9	0,3	5,6	5,0	4,8	0,2
Baden	4,3	0,1	4,2	3,3	3,0	0,3

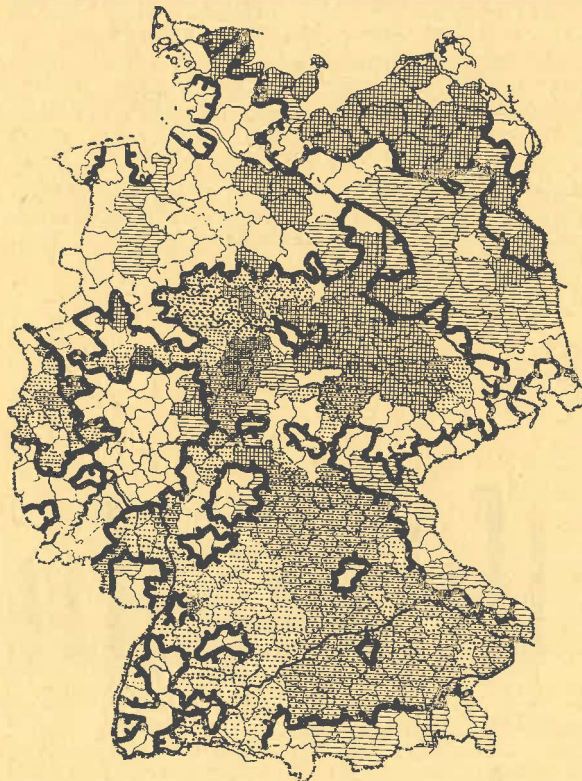
zusammengeschrunpft ist. Die Möglichkeit der Nachbarinfektion ist hier also infolge der häufigen Nachbarstellung von Winter- und Sommergerste in großem Umfange vorhanden.

Die Ausdehnung des mitteldeutschen Schladgebietes zeigt eine gute Übereinstimmung mit denjenigen Teilen des Lößgebietes Sachsen-Anhalts, in denen die Anbaustruktur im Gersten- und Weizenbau die vorstehend als typisch für die Schladgebiete des Getreidemehltaus geschilderten Züge besitzt. Es wird dies dadurch sehr deutlich, daß die sich nach Hannover und Sachsen hinein erstreckende Lößlandschaften trotz gleichbleibender Anbaudichte von Gerste und Weizen nicht mehr so hohe Schäden aufweisen. Im gleichen Maße tritt hier aber auch der Anteil der Sommerfrüchte der beiden Getreidearten zurück, so daß der Anbau der weniger befallenen Winterformen nunmehr stark überwiegt (Tab. 1). Ähnliches ergibt sich auch bei einem Vergleich zwischen den mitteldeutschen und westdeutschen Weizen- und Gerstenanbaugeländen auf ähnlicher Bodengrundlage. In letzteren, der Soester Börde und der Kölner Bucht, liegen verhältnismäßig wenig Meldungen über die Krankheit vor. Diese Tatsache läßt sich gleichfalls auf das starke Vorherrschen der Wintergerste zurückführen.

Während also in den Randgeländen des mitteldeutschen Schwarzerdegebietes und in der Kölner Tieflandsbucht das verhältnismäßig schwache Inerscheintreten des Getreidemehltaus auf den geringen Anbau der anfälligsten Wirtspflanze, der Sommergerste zurückzuführen ist, liegen bei einem großen Teil der deutschen Braugerstebezirke die Verhältnisse gerade umgekehrt. Hier ist es das weitgehende Zurücktreten der Wintergerste und damit der Mangel an Überwinterungsmöglichkeiten für den Erreger, wodurch sich der Mehлтаubefall in Grenzen hält. Besonders augenfällig wird dieser Zusammenhang bei einer Betrachtung des Braugerstengeländes im Thüringer Becken, das sich gegenüber dem angrenzenden mitteldeutschen Schladgebiet deutlich durch geringere Mehлтаuschäden abzeichnet. Zwar ist die Fläche der Wintergerste für sich allein betrachtet hier noch relativ hoch, dagegen tritt sie im Verhältnis zu dem sehr starken Sommergerstenanbau weitaus zurück (Tab. 1). Auch für die süddeutschen Braugerstegebiete kann wohl, wenn einwandfrei vergleichbares Beobachtungsmaterial auch nicht vorliegt, angenommen werden, daß die wirtschaftliche Bedeutung des Getreidemehltaus gegenüber dem mitteldeutschen Schladgebiet vergleichsweise gering war. Noch im Jahre 1935 spielte hier der Anbau der Sommergerste nur eine sehr bescheidene Rolle.

Auftreten des Getreidemehltaus und Witterung

Über den Einfluß der Witterung auf den Getreidemehltau gehen die Meinungen sehr auseinander. Vielfach wird, vor allem auch in Deutschland, angenommen, daß ein epidemisches Auftreten der Krankheit durch hohe Feuchtigkeit, sei es infolge anhaltender Niederschläge, Nebel oder Tau, während des Frühsommers maßgebend gefördert wird. Im Gegensatz hierzu stehen Beobachtungen aus verschiedenen Ländern, unter anderem auch von HONECKER in Deutschland, über besonders starken



Karte 1
 Auftreten des Getreidemehltaus 1929—1941 und Anbauverhältnisse



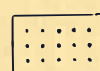
Hauptschladgebiete



Anbaufläche von Weizen und Gerste zus. über 5% der Kreisfläche (1935)



Kreise mit stärkerem Auftreten in Norddeutschland



davon Anbaugelände, deren Gerstenfläche zu mehr als 80% von Sommer- oder Wintergerste eingenommen



Kreise mit stärkerem Auftreten in Bayern

Mehltaubefall des Getreides gerade in sehr trockenen Jahren.

Das Vorliegen des eingangs genannten langjährigen Beobachtungsmaterials ermöglichte es, den Einfluß der meteorologischen Faktoren auf die Entwicklung des Getreidemehltaus näher zu untersuchen. Hierzu wurde der Witterungsverlauf der Jahre, in denen die Krankheit verbreitet stark auftrat (Schadjahre), dem der Jahre allgemein schwachen Befalles (Nichtschadjahre) gegenübergestellt. Da die regelmäßigsten Angaben über Getreidemehltau, vor allem aus der Zeit vor dem ersten Weltkrieg, für die damalige Provinz Sachsen vorliegen, wurden bei der Festlegung von Schad- und Nichtschad Jahren in erster Linie die Verhältnisse im mitteldeutschen Schadegebiet berücksichtigt. In der Mehrzahl der Jahre ergab sich jedoch eine gute Übereinstimmung mit den meisten anderen Anbaugebieten selbst in Süddeutschland. Die Ähnlichkeit der Seuchenkurve des Getreidemehltaus verschiedener Teile Deutschlands (Abb. 2) weist auf eine gleichmäßige Beeinflussung durch großräumige Witterungsvorgänge hin. Aus diesem Grunde erschien es zweckmäßig, mit räumlichen Mittelwerten einzelner Klimaelemente zu arbeiten, um dadurch den Witterungsverlauf größerer Gebiete zu erfassen. Daher wurden die von BAUR und VOIGTS veröffentlichten Abweichungen der Monatssummen des Niederschlags vom langjährigen Mittel, welche einen Durchschnittswert von 14 ausgewählten deutschen Stationen darstellen, benutzt. Der Niederschlag wurde gewählt, weil sich aus einer Voruntersuchung ein Zusammenhang zwischen diesem Witterungselement und dem Auftreten von *Erysiphe graminis* ergeben hatte und da er sich in besonderem Maße als „Witterungsanzeiger“ eignet (s. u.).

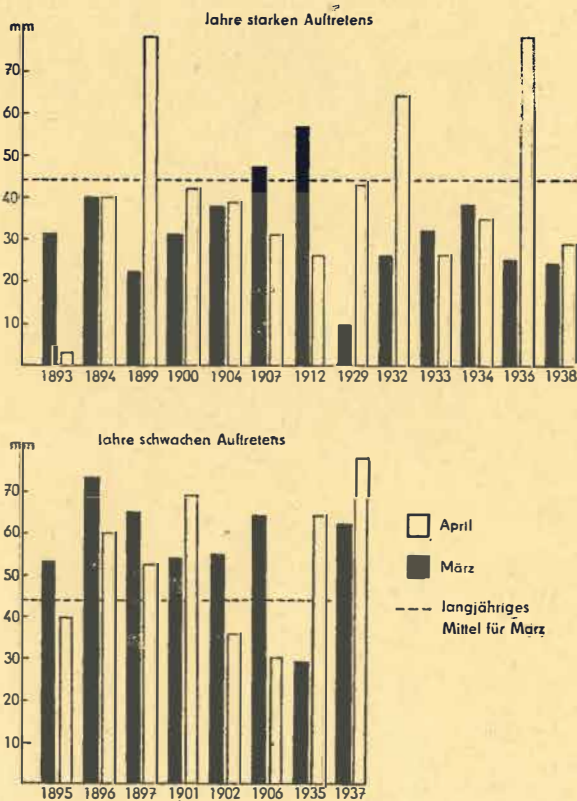


Abb. 3: Niederschlagshöhe im März und April und Stärke des Getreidemehltau-Auftretens

Eine Berechnung der Mittelwerte aus diesen Abweichungen jeweils für die Schad- und Nichtschadjahre läßt eine deutliche Differenz in den Monaten März und April erkennen. Im Durchschnitt der Schadjahre weisen die Märzniederschläge im Vergleich zum Normalwert einen Fehlbetrag von 11,7 mm, die Aprilniederschläge von 4,9 mm auf. In den Nichtschad Jahren dagegen sind die durchschnittlichen Niederschlagswerte im März um 12,2 mm und im April um 7,8 mm zu hoch. Es ergibt sich also ein deutlicher Zusammenhang zwischen trockener Frühjahrswitterung und starkem Auftreten des Getreidemehltaus in Deutschland, der auch bei der Betrachtung der Einzeljahre klar hervortritt (Abb. 3). In den dreizehn erfaßten Schadjahren wurde die normale Niederschlagsmenge in keinem Falle gleichzeitig sowohl am März als auch im April überschritten, während in den acht Nichtschad Jahren das langjährige Mittel in beiden Monaten viermal überschritten wurde. So geringe, weit unter der Norm liegende Niederschlagswerte, wie sie im März und April der Schadjahre häufig waren, traten in den Jahren schwachen Auftretens des Getreidemehltaus nur ganz selten ein.

Die Korrelation zwischen dem Schadauftreten der Krankheit und der Regenmenge ist für den März besser gesichert als für den April. Sie berechtigt allerdings nicht ohne weiteres zu der Schlußfolgerung, daß diesem aus dem gesamten Witterungsgeschehen herausgegriffenen Einzelfaktor unbedingt ein entscheidender Einfluß eingeräumt werden muß. Die Niederschlagssumme soll hier vielmehr hauptsächlich als „Witterungsanzeiger“ (FLOHN) für den gesamten Faktorenkomplex angesehen werden, wie er mit einer Vielzahl von untrennbar mit einander verflochtenen Witterungselementen auf den Krankheitsverlauf einwirkt. Demzufolge läßt sich aus der Niederschlagsarmut der Monate März und April in den Schadjahren des Getreidemehltaus der Schluß ziehen, daß Entwicklung und Ausbreitung der Krankheit durch Hochdruckwetter, also trockenheitere Witterung, im Frühjahr maßgeblich gefördert werden.

Ein Vergleich dieses auf empirisch-statistischem Wege gewonnenen Ergebnisses mit den über die Biologie und Ökologie des Pilzes bekannten Tatsachen ergibt weitgehende Übereinstimmung. Die Rolle des Frühjahrs (März und April) als kritische Periode für die Beeinflussung des Getreidemehltaus durch die Witterung läßt sich, zumindest teilweise, durch die stark ausgeprägte Jugendanfälligkeit von Weizen und Gerste gegenüber der Krankheit erklären. Die Anfälligkeit der Wirtspflanzen nimmt nach dem Ährenschieben rasch ab (DOMSCH, METZGER, NOVER). Daher entscheiden Gunst oder Ungunst der Witterungsbedingungen während des anfälligen Jugendstadiums darüber, ob es dem Erreger noch vor dem Eintreten der Altersresistenz gelingt, ein starkes Seuchenpotential zu entwickeln.

Die Ursache für die große epidemiologische Bedeutung der Frühjahrswitterung für den Getreidemehltau ist jedoch auch noch in anderer Richtung zu suchen. Das Frühjahr stellt für die Krankheit die „Anlaufzeit“ dar, d. h. von den relativ spärlichen Überwinterungsherden aus muß sich der Erreger erst einmal die Ausgangsposition für eine epidemische Ausbreitung schaffen. Gelingt dies wegen ungünstiger Witterungsbedingungen nicht in ausreichendem Umfange, so ist die spätere Entwicklung von vornherein in Frage gestellt, selbst wenn diese späterhin

im Frühsommer durch günstige Umweltbedingungen stark gefördert werden sollte. Die einmal eingetretene Unterbrechung der Generationenfolge läßt sich dann, da ja auch von seiten des Wirtes die Voraussetzungen für die Krankheit immer ungünstiger werden, nicht mehr wettmachen. Auf ähnliche Zusammenhänge hat auch CHESTER auf Grund seiner Untersuchungen über den Braunrost des Weizens (*Puccinia triticina* ERIKSS) in den Präriestaaten der USA hingewiesen. Nach ihm ist bei dieser Krankheit für die Entstehung einer Epidemie eine Zunahme der Befallsdichte von einem Uredolager pro 3 000 Blättern nach der Überwinterung, auf 1 000 Lager pro Blatt notwendig, also ein dreißigmillionenfaches Ansteigen. Diese enorme Vermehrung kann trotz der hohen Zahl der Uredosporen nur dann erreicht werden, wenn durch längere günstige Witterungsperioden die Möglichkeit der ungestörten Entwicklung mehrere Generationen gegeben ist. Auf Grund des besonderen Gewichtes der Anfangsentwicklung des Weizen-Braunrostes, seiner „kritischen Periode“, welche in Oklahoma in den März fällt, hat CHESTER ein Verfahren für eine Prognose der Stärke des Krankheitsauftretens im Sommer ausgearbeitet.

Beim Getreidemehltau wird der Befallsgrad der Wintersaaten zur Zeit des Aufganges der Sommerung den Umfang der an dieser infolge Nachbarinfektion auftretenden Schäden wesentlich mitbestimmen. Hierdurch erklärt sich die große Bedeutung der Märzwitterung für das spätere Auftreten der Krankheit auch an der Sommergerste, die in diesem Monat vielfach noch nicht aufgelaufen ist. Die Intensität der Nachbarinfektion hängt außer von der Verseuchungsstärke der Wintersaaten, von der Witterung nach dem Aufgang der Sommergerste ab, welcher zumeist in die Zeit Ende März/Anfang April fällt.

Der entwicklungsfördernde Einfluß trockener Witterung auf *Erysiphe graminis* konnte auch mehrfach in experimentellen Untersuchungen nachgewiesen werden. Nach den Befunden von CHEREWICK ist die Entwicklung der Krankheit von der Infektion bis zur Fruchtfikation bei hoher Luftfeuchtigkeit wesentlich schwächer als in trockener Luft. Auch bei häufiger Befeuchtung infizierter Pflanzen trat eine sehr auffällige Entwicklungshemmung des Pilzes ein. So behandelte Gersten- und Weizensämlinge zeigte noch fünf Wochen nach der Inokulation nur wenige Mehltaupusteln, während die Kontrollen, bei denen eine Benetzung vermieden wurde, im gleichen Zeitraum vollständig abgetötet wurden. Die Keimhäufigkeit der Konidien ist in trockener Luft bei optimalen Temperaturen nicht wesentlich geringer als in feuchter Atmosphäre. Wasser in tropfbar, flüssiger Form hemmt die Keimung der Konidien sehr stark, und diese sterben rasch ab. Nach Untersuchungen von LAST (1954) und YARWOOD wird der Sporenflug des Erregers durch feuchte Witterung, insbesondere starke Regenfälle, wesentlich beeinträchtigt. Die experimentellen Untersuchungen über die Einwirkung des Feuchtigkeitsfaktors in seinen verschiedenen Formen auf die einzelnen Entwicklungsstadien der Krankheit lassen also erkennen, daß Tiefdruckwetterlagen die Ausbreitung des Getreidemehltaus ungünstig beeinflussen müssen.

Das gleiche gilt auch für den Lichtfaktor. Eine höhere Keimkraft von Konidien, die bei größerer Lichtintensität, also auch bei heiterem Wetter oder

am Tage gebildet worden waren, konnten HAMMARLUND und CHEREWICK feststellen. Ebenso führte auch stärkere Belichtung während der Keimung zu einer Erhöhung der Keimhäufigkeit.

Auch die Temperaturbedingungen der Entwicklung von *Erysiphe graminis* sind im Frühjahr bei Hochdruckwetter vielfach günstiger als bei schlechter Witterung. Bei der Beurteilung dieses Faktors ist zu berücksichtigen, daß für den Krankheitsverlauf die Temperatur des erkrankten Organs und der unmittelbar angrenzenden Luftschicht maßgebend ist, welche in starkem Maße von der Strahlungsintensität beeinflusst wird.

Der optimale Temperaturbereich für die Konidienkeimung liegt bei *Erysiphe graminis* zwischen 6 und 20 Grad (CHEREWICK). Für die Gesamtentwicklung des Erregers, gemessen an der Fruchtfikationsstärke, bewegt er sich zwischen 15 und 20 Grad (HONECKER, YARWOOD u. a.). In Mitteleuropa halten sich im Frühjahr (März und April) die Hüttentemperaturen, welche der Pflanzentemperatur nur bei trübem Wetter und nachts nahe kommen, normalerweise noch wesentlich unterhalb des genannten optimalen Temperaturbereichs. Daher kann wohl mit Recht angenommen werden, daß die Frühjahrstemperaturen einen wichtigen begrenzenden Faktor für die Massenentwicklung des Getreidemehltaus darstellen. Nun kann aber unter dem Einfluß starker Sonneneinstrahlung die Pflanze am Tage weit über den makroklimatischen Werten liegende Temperaturen erreichen. Bei Hochdruckwetter beträgt dieser Unterschied nicht selten 10 Grad und mehr, so daß die Temperaturen, unter denen sich die Krankheit entwickelt, bei dieser Wetterlage oft weitaus günstiger sein müssen als es die in 2 m Höhe gemessene Lufttemperatur erwarten läßt. In diesem Zusammenhang ist auch zu berücksichtigen, daß in den noch nicht geschoßten Getreidebeständen die Schattenwirkung, welche den Einfluß der Sonneneinstrahlung im Sommer erheblich dämpfen kann, im Frühjahr noch fehlt.

Der Einfluß der Witterung auf das Auftreten des Getreidemehltaus in dessen Schadgebieten läßt sich auch an Hand der in Abbildung 2 dargestellten Seuchenkurven nachweisen. Dieser kann allerdings nur in der zweiten Hälfte des erfaßten Zeitraumes klar zum Ausdruck kommen, da der Kurvenverlauf vorher in der Hauptsache durch die Veränderungen im Getreidebau maßgebend bestimmt wird.

Besonders auffällig ist das starke Absinken der Zahl der Meldungen im Jahre 1937 in allen drei Schadgebieten. Es findet dies seine Erklärung in den besonderen Witterungsbedingungen dieses Jahres, wie aus einem Vergleich mit dem Witterungsverlauf der Jahre 1936 und 1938 hervorgeht, in denen die Krankheit stärker auftrat. Die Witterung der genannten drei Jahre wird für die Frühjahrsmonate in Abbildung 4 wiedergegeben. Hierbei wurde vor allem, nach dem Vorbild von BAUR, die Verteilung der antizyklonalen Witterungsperioden durch die Tage ohne meßbaren Niederschlag erfaßt. Die Darstellung erstreckt sich einmal auf das „Norddeutsche Schadgebiet“, welches die räumlich und daher auch witterungsmäßig eng mit einander verbundenen Schadgebiete Schleswig-Holsteins und Mecklenburgs umfassen soll und auf das mitteldeutsche Schadgebiet (Sachsen-Anhalt). Von jedem der beiden Gebiete wurden zwei Stationen zur Darstellung der antizyklonalen Perioden und eine für die Temperaturdarstellung ausgewählt.

Aus diesem Diagramm ist ersichtlich, daß im Nichtschadjahr 1937 bis zum Ende der ersten Märzdekade eine stärkere Entwicklung des Getreidemehltaus wegen zu tiefer Lufttemperaturen bei fehlender Sonnenstrahlung kaum möglich war. In der Folgezeit trat zwar eine rasche Erwärmung ein, jedoch war der Witterungscharakter bis Ende April regnerisch und trüb, während anhaltende Hochdruckperioden bis dahin völlig fehlten. Demgegenüber hatte das Schadjahr 1936 eine fast vierzehntägige Schönwetterperiode im März aufzuweisen, welche sich förderlich für das Auftreten des Getreidemehltaus auswirkte. Besonders günstig hierfür war auch der Witterungsverlauf des Jahres 1938, in dem die Seuchenkurve nach vorübergehendem Absinken im Vorjahre, wieder erheblich anstieg. Im März herrschte trocken-heitere Witterung weitaus vor und die mittleren Tagestemperaturen erreichten durchweg übernormale Werte. Die Aprilwitterung war im ganzen wechselhaft, brachte aber doch einige kurze Hochdruckwetterperioden.

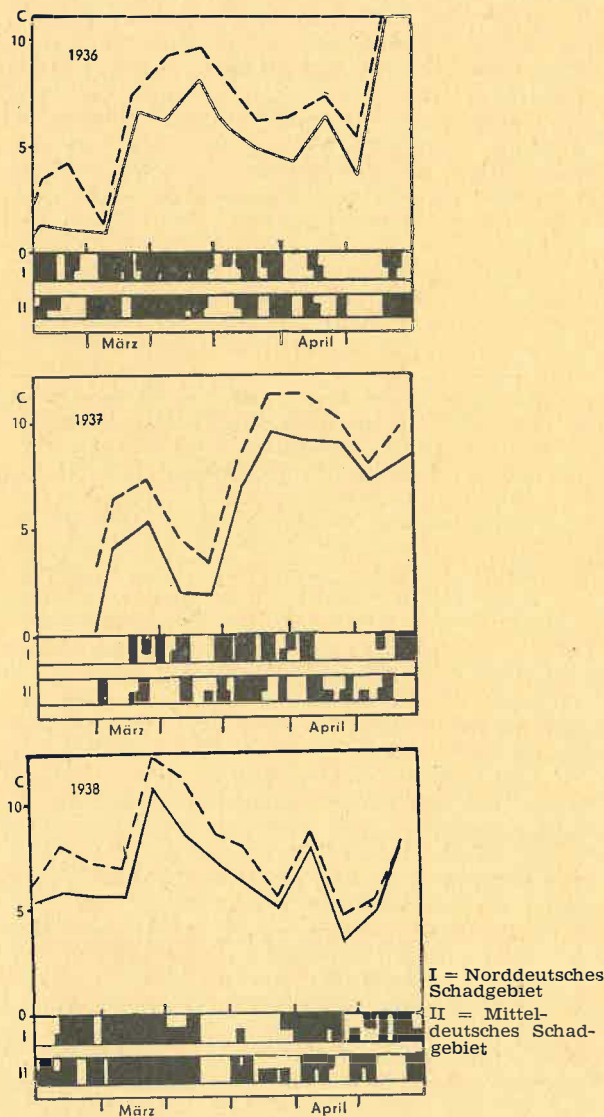


Abb. 4: Witterungsverlauf März/April im norddeutschen und mitteldeutschen Schadgebiet des Getreidemehltaus. Antizyklonale Perioden (Tage mit mehr als 0,1 mm Niederschlag) ■ Pentadenmittel der Lufttemperatur: Schwerin ————— Magdeburg - - - - -

Tabelle 2
Mehltaubefall und Niederschlagssumme März/April, Kloster Hadmersleben

	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954
Mehltaubefall der Sommergerste „Haisa“	4,7	2,9	2,3	3,6	2,1	3,7	4,0	4,7	0,0
Niederschlagssumme März	30	42	13	24	25	37	51	1	15
„ April	20	23	25	30	47	9	14	24	26

Hervorzuheben ist der gleichsinnige Verlauf der Seuchenkurven in allen Schadgebieten während dieser drei Jahre. Dieser Sachverhalt läßt sich gut mit dem in den Grundzügen sehr ähnlichen Witterungsverlauf dieser Gebiete in Übereinstimmung bringen. Wenn ein derartiges synchrones Auftreten des Getreidemehltaus in dieser Ausdehnung auch nicht in jedem Jahr zu erwarten ist, so ist diese Erscheinung doch offenbar verhältnismäßig häufig. Hierfür ergeben sich auch aus dem Beobachtungsmaterial der Zeit vor dem ersten Weltkrieg Anhaltspunkte.

Beziehungen zwischen der Frühjahrswitterung und dem Auftreten von *Erysiphe graminis* ergaben sich auch bei der Auswertung von Bonitierungsunterlagen der Forschungsstelle für Getreidezüchtung Kloster Hadmersleben aus den Jahren 1946–1954). In Tabelle 2 ist die nach einer fünfstufigen Scala (5 = stärkster Befall) geschätzte Befallstärke der anfälligen Sommergerstensorte Haisa den Niederschlagsmengen im März und April gegenübergestellt. In der angeführten Jahresreihe wurde das

Tabelle 3
Niederschläge Mai/Juni für Schadjahre und Nichtschadjahre des Getreidemehltaus in Deutschland

	Schadjahre												
	1893	1894	1899	1900	1904	1907	1912	1929	1932	1933	1934	1936	1938
Mai	-24	-12	+26	-4	+5	-8	+5	-22	+29	+26	-33	-15	+10
Juni	-34	+7	-27	+23	-14	+4	+23	-5	-19	+42	-12	-7	-32
	Nichtschadjahre												
	1895	1896	1897	1901	1902	1906	1935	1937					
Mai	+6	-29	+12	-24	+23	+19	-8	+4					
Juni	-9	+13	-24	-15	-10	-7	+13	+7					

langjährige Niederschlagsmittel in beiden Monaten nur im Jahre 1950 überschritten. Entsprechend erreichte der Mehltaubefall in diesem Jahre, abgesehen von 1954 (s. u.) den niedrigsten Wert. Andererseits spiegelt sich das extrem-trockene Frühjahr 1953 in einem sehr starken Auftreten der Krankheit wider.

Während sich ein Einfluß der Frühjahrswitterung auf das Auftreten des Getreidemehltaus deutlich nachweisen läßt, ergeben sich für eine ähnliche Bedeutung der Witterung des Frühlommers keine Anhaltspunkte. Eine Förderung des Krankheitsauftretens durch hohe Niederschläge ist an Hand des hier bearbeiteten Materials nicht erkennbar. Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, war die Mehrzahl der Schadjahre im Mai und Juni entweder trocken (1893, 1929, 1934, 1936) oder zumindest nicht ausgesprochen niederschlagsreich (1894, 1904, 1907, 1938). Einen feuchten Frühlommer mit hohen Niederschlägen in beiden Monaten wiesen von den Schadjahren nur die Jahre 1912 und 1933 auf. Auch die Nichtschadjahre ergeben mit zum Teil zu hohen

1) Herrn Prof. Dr. h. c. VETTEL danke ich auch an dieser Stelle dafür, daß er mir das Material freundlicherweise überließ.

und teilweise zu niedrigen Niederschlagssummen im Verhältnis zum Normalwert kein einheitliches Bild.

Die Winterwitterung vermag das Auftreten des Getreidemehltaus vor allem insofern zu beeinflussen, als durch starke Auswinterung der Wintergerste die Möglichkeiten einer Nachbarinfektion eingeschränkt werden. Es zeigte sich dies deutlich in dem schon erwähnten Beispiel des Jahres 1954 in Kloster Hadmersleben, wo dieser Faktor offenbar wegen des ohnehin schon geringen Wintergerstenanbaus eine besonders große Rolle spielt. Allerdings dürfte der Auswinterung als epidemiologischer Faktor nur selten eine entscheidende Bedeutung in größerem Rahmen zukommen. Es wird dies wahrscheinlich in erster Linie dort der Fall sein, wo die Befallsmöglichkeiten der Sommergerste durch sehr geringen Wintergerstenanbau stark begrenzt sind. Selbst auf sehr strenge Winter mit hohen Auswinterungsschäden kann, wie im Jahre 1929, ein epidemisches Auftreten des Getreidemehltaus folgen. Eine totale Vernichtung der Wintergerste in großen Gebieten ist sehr selten, so daß im allgemeinen immer noch eine größere Zahl von Überwinterungsherden erhalten bleiben. Auch erfolgt der Umbruch stark ausgewinterter Flächen vielfach erst nach Auflaufen der Sommergerste, also wenn eine Nachbarinfektion bereits eingetreten ist.

Da über den Mehлтаubefall der Wintersaaten im Herbst, wahrscheinlich weil der Krankheit zu dieser Jahreszeit von den Berichterstatern nur geringe Aufmerksamkeit geschenkt bzw. sie nicht richtig erkannt wird, nur verhältnismäßig wenig Meldungen vorliegen, konnte der Zusammenhang zwischen Herbstauftreten und Witterung nicht näher untersucht werden. Ein sehr verbreiteter, starker Mehлтаubefall wurde im Herbst und Winter 1953/54 aus dem Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik gemeldet. Da Oktober und November dieses Jahres sehr trocken waren, die Niederschlagssumme lag in beiden Monaten vorwiegend unter 50% der Norm, scheint die Annahme berechtigt, daß auch das Herbstauftreten des Getreidemehltaus durch Hochdruckwetter günstig beeinflusst wird. Da ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den Witterungs- und Vegetationsverhältnissen des Frühjahrs und Herbstes nicht besteht, wäre dies auch zu erwarten.

Auftreten des Getreidemehltaus und Klima

Da große klimatische Gegensätze, gerade auch hinsichtlich der Niederschläge des Frühjahrs, innerhalb der deutschen Hauptgetreideanbauggebiete nicht vorhanden sind, können die in Karte 1 gezeigten regionalen Unterschiede im Auftreten des Getreidemehltaus nicht auf Klimafaktoren zurückgeführt werden. Gerade im Frühjahr sind die Niederschläge gleichmäßiger auf die in Frage kommenden Flachlandgebiete verteilt, als etwa im Herbst und Winter. Selbst die beiden Landschaften mit dem größten Unterschied in der Jahressumme, Schleswig-Holstein (etwa 700 mm) und Mitteldeutschland (etwa 500 mm), kommen sich in der Regenmenge des März und April verhältnismäßig nahe (Abb. 5). In fast allen Ackerbaulandschaften Deutschlands mit bedeutenderem Gersten- und Weizenanbau liegt diese zwischen 30 und 50 mm. Immerhin muß aber auch innerhalb dieses relativ geringen Schwankungsbereiches für die trockeneren Gebiete eine gewisse Begünstigung des Getreidemehltaus angenommen werden. Diese wäre allerdings nur auf Grund mehr-



Abb. 5: Jahresgang des Niederschlags
Kiel — Schwerin
Magdeburg — — — München

jähriger, exakter Befallserhebungen einwandfrei nachzuweisen, welche den überdeckenden Einfluß der Anbauverhältnisse auszuschalten gestatten. Die niederschlagsärmeren, für die Krankheitsentwicklung günstigsten Bezirke, die sich also durch das Auftreten anhaltender und ausgeprägter Hochdruckwetterlagen im Frühjahr auszeichnen, sind in Karte 2 dargestellt (Zone 1). Dazu gehört von den Schädgebieten das mitteldeutsche Trockengebiet im Föhnbereich des Harzes, sowie, sich daran nach Osten anschließend, Brandenburg und Ost-Mecklenburg. Den für das Auftreten von *Erysiphe graminis* klimatisch günstigeren Anbaugebieten gehören nach Karte 2 weiterhin an: das Thüringer Becken, der innere Teil der Kölner Bucht, das mittlere Rheintal, die Beckenlagen des Nordhessischen Berglandes, die Wetterau, die rheinpfälzischen und rheinhessischen Teile der Oberrheinischen Tiefebene, das östliche Mainfranken, das mittelfränkische Becken und das östliche Donaugebiet. Hierbei handelt es sich also um die Mehrzahl der wichtigen deutschen Weizen- und vor allem Braugersteinbaugebiete.

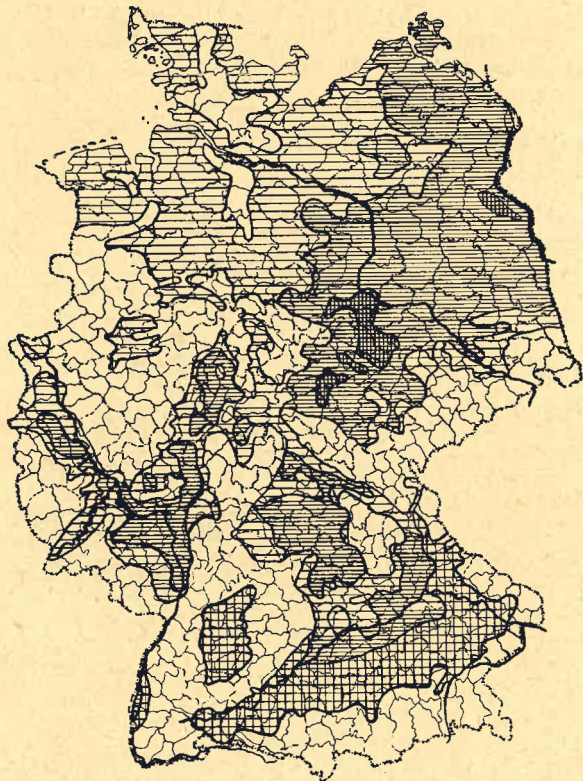
Bedeutung und Möglichkeiten einer Prognose des Getreidemehltaus

Der Getreidemehltau gehört nach HONECKER in Deutschland zu den wirtschaftlich wichtigsten Krankheiten an Gerste und Weizen. Das trifft für die Gerste vor allem deshalb zu, weil Flugbrand und Streifenkrankheit durch Beizung, wenn auch bei ersterem für die Praxis nur im beschränkten Umfang, bekämpfbar sind. Auch im Weizenanbau ruft der Mehлтаubefall hohe Ertragsverluste hervor, die nach ROEMER den an der Gerste verursachten wahrscheinlich kaum nachstehen.

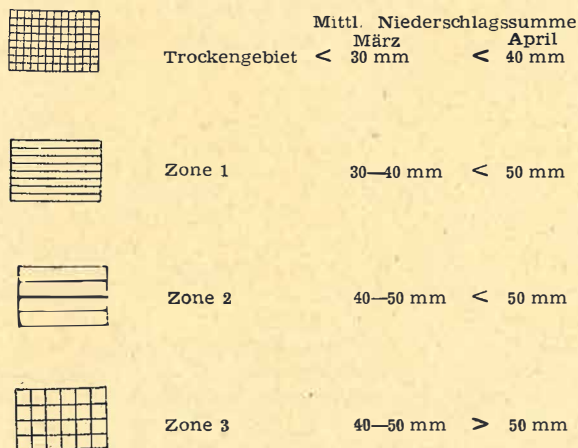
In den letzten Jahren ist es gelungen, einige mehltresistente Sommergerstensorten der deutschen Landwirtschaft zur Verfügung zu stellen. Wenn dies auch ein wesentlicher Fortschritt in der Bekämpfung der Krankheit ist, so können diese wider-

standsfähigen Gerstensorten doch nicht unter allen Standortbedingungen angebaut werden und bei den anderen Getreidearten, besonders dem Weizen, fehlen solche noch fast vollständig. Daher müssen auch in Zukunft alle anderen Bekämpfungsmöglichkeiten ausgenutzt werden, die vor allem in vorbeugenden Kulturmaßnahmen bestehen. So können bei Sommergerste und wahrscheinlich auch Sommerweizen die schwersten Schäden durch Vermeidung der Nachbarstellung zu den Winterschlägen derselben Getreideart verhindert werden.

Weiterhin ist der in vielen Versuchen nachgewiesene fördernde Einfluß einseitiger Stickstoffgaben zu berücksichtigen (HOPFENGART) und durch eine harmonische Düngung für die Herabsetzung der Mehltauanfälligkeit zu sorgen. Für den Winterweizen hat LAST nachgewiesen, daß Stickstoffdüngung



Karte 2
Die für das Auftreten des Getreidemehltaues klimatisch günstigsten Gebiete Deutschlands



um so mehr den Mehltaubefall steigert, je später im Frühjahr sie vorgenommen wird.

Damit die genannten hygienischen Maßnahmen in der Praxis zielbewußt in größerem Umfange angewandt werden können, wäre es von großem Wert, wenn die Landwirtschaft rechtzeitig auf ein zu erwartendes starkes Auftreten der Krankheit aufmerksam gemacht werden könnte. Eine derartige Warnung müßte möglichst schon vor Beginn der Frühjahrsbestellung, mindestens aber solange noch die Möglichkeit zu regulierenden Düngungsmaßnahmen, wie einer Kalikopfdüngung, besteht, erfolgen. Die Voraussetzungen hierfür können bei dem engen Zusammenhang zwischen Frühjahrswitterung und Starkauftreten des Getreidemehltaus als gegeben angesehen werden. Da die Witterung im März für dieses von besonders großer Bedeutung ist, könnte schon nach dessen Ablauf unter Verwendung einer mittelfristigen Witterungsvorhersage eine Prognose gestellt werden. Bei einschneidenden Änderungen des Witterungscharakters im April wären allerdings Korrekturen notwendig.

Diese Warnungen wären besonders für die Landwirtschaft derjenigen Gebiete wertvoll, in denen der Getreidemehltau eine große wirtschaftliche Bedeutung besitzt. Da sich seit 1941 zum Teil erhebliche Verschiebungen im Anbauverhältnis der Getreidearten ergeben haben, müßte für die Zwecke des Warndienstes eine laufende Überprüfung der Abgrenzung der Schadgebiete durchgeführt werden.

Soweit die vorliegenden Unterlagen erkennen lassen, wird es in den meisten Jahren möglich sein, eine einheitliche Prognosestellung für verhältnismäßig große Gebiete (z. B. das gesamte mitteldeutsche Schadgebiet) zu geben. Örtliche Besonderheiten, die bis zu einem gewissen Grade zu Befallsunterschieden innerhalb kleinerer Räume führen können, lassen sich hierbei allerdings nicht berücksichtigen.

Zusammenfassung

Es erfolgte eine Auswertung der über das Auftreten des Getreidemehltaus (*Erysiphe graminis* DC.) in Deutschland vorhandenen etwa dreißigjährigen Unterlagen. Die große epidemiologische Bedeutung des Wintergerstenanbaus für den Mehltaubefall der Sommergerste (Nachbarinfektion) wird erkennbar: 1. durch das epidemische Auftreten der Krankheit nach dem ersten Weltkrieg besonders in Schleswig-Holstein im Zusammenhang mit der starken Zunahme des Wintergerstenanbaus und 2. durch das Zusammenfallen der Schadgebiete des Getreidemehltaus mit denjenigen Gebieten starken Gerstenanbaues, in denen weder Sommer- noch Wintergerste mehr als 80% der gesamten Gerstenfläche einnehmen.

Die günstigsten meteorologischen Voraussetzungen für die Entstehung einer Getreidemehltau-Epidemie sind bei trocken-warmer Witterung (Hochdruckwetter) im März und April gegeben. Bei den einzelnen Witterungselementen besteht die beste Korrelation zur Niederschlagsmenge der beiden Monate, jedoch kann diese in erster Linie nur als „Witterungsanzeiger“ für den gesamten auf die Krankheit einwirkenden Faktorenkomplex aufgefaßt werden. Entsprechend sind auch die frühjahrstrockenen Landschaften Deutschlands, welche in einer Karte dargestellt werden, stärker durch Getreidemehltau gefährdet als Gebiete mit häufigeren Tiefdruckwetterlagen von dieser Jahreszeit. Auf Grund des Zusam-

menhanges zwischen Frühjahrswitterung und starkem Auftreten des Getreidemehltaus wird die Möglichkeit einer Prognose der Krankheit erwogen.

Summary

The turning up of powdery mildew of cereals (*Erysiphe graminis* DC.) was evaluated on the basis of all the respective documents at hand in Germany. The great epidemic significance of the cultivation of winter barley for the infestation of summer barley with powdery mildew (neighbour infection) becomes obvious: 1 by the epidemic appearance of the disease after the First World War especially in Schleswig-Holstein where winter barley was then brought into cultivation to a larger extent and 2. by the coincidence of the districts infested with powdery mildew of cereals with those districts of intensive barley cultivation where neither summer barley nor winter barley cover more than 80% of the whole area barley.

The most favourable meteorological assumptions for the beginning of an epidemic of powdery mildew of cereals are given in March and April when dry and warm (weather of high atmospheric pressure). Among the various elements of the weather the quantity of rain of these two months shows the best correlation; this can be chiefly valued, however, as an „indicator of weather“ only, concerning the whole complex of factors influencing the disease. That is also why the landscapes of Germany with dry weather in spring, represented on a map, are more exposed to the danger of powdery mildew of cereals than regions with a weather of low atmospheric pressure at the same season. On the basis of the coincidence of spring weather and intensive infestation with powdery mildew of cereals the possibility of a prognosis of the disease is considered.

Краткое содержание

Для работы был использован материал по распространению мучнистой росы в Германии в течение почти 30 лет. Установлено большое значение культуры озимаго ячменя при заражении ярового на ближайших полях. 1. Сильное распространение болезни после первой мировой войны в Шлезвиг-Гольштейн стоит в связи с большим увеличением площади под озимым ячменем. 2. Районы сильного распространения мучнистой росы пшеницы совпадают с районами интенсивной культуры ячменя, в которых площади под яровым и озимым ячменем в отдельности занимают до 80% всей площади под ячменем. Благоприятными метеорологическими условиями для сильного распространения мучнистой росы злаков является сухая и теплая погода / область высокого давления / в марте и в апреле. Из отдельных метеорологических факторов наибольшая корреляция по отношению к количеству осадков установлена для этих двух месяцев, но которое можно считать только „показателем погоды“ для всего комплекса факторов, влияющих на появление и течение болезни. Поэтому области Германии, характеризующиеся сухой весенней погодой, / представлены на прилагаемой карте / в большей степени подвержены поражению мучнистой росой, чем области, в которых в это время года наблюдается часто низкое барометрическое давление. На основании зависимости между погодой весной и сильным распространением мучнистой росы злаков имеется возможность прогноза болезни.

Literaturverzeichnis

- BAUR, F.: Zyklonale und antizyklonale Witterungsperioden in Mitteleuropa. In: LINKES METEOROLOGISCHES TASCHENBUCH. 1953, Neue Ausgabe, 2. Bd., 585–609, Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft
- BAUR, F. und A. VOIGT: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlags vom hundertjährigen Mittelwert in Deutschland 1851–1950. In: LINKES METEOROLOGISCHES TASCHENBUCH. 1953, Neue Ausgabe, 2. Bd., 615–617, Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft
- CHEREWICK, W. J.: Studies on the biology of *Erysiphe graminis* DC. Canad. Journ. Res. sect. C 1944, 22, 52–86
- CHESTER, K. S.: The Cereal Rusts. 1946, Waltham, Mass.
- DOMSCH, K. H.: Über den Einfluß photoperiodischer Behandlung auf die Befallsintensität beim Gerstenmehltau. Arch. Mikrobiol. 1953, 19, 287
- FLOHN, H.: Witterung und Klima in Mitteleuropa. Forschungen zur deutschen Landeskunde 1954, 78, Stuttgart
- GORLENKO, M. W.: Die biologischen Besonderheiten des Weizenmehltauerregers (*Er. gram. DC. f. tr. March.*) in der UdSSR. In: PFLANZENKRANKHEITEN UND UMWELT. 1955, Moskau, Gesellschaft der Naturforscher
- HÄRLE, H.: Geschichte und Aufgaben des Beobachtungs- und Meldedienstes. Nachr.bl. dtsh. Pfl.-schutzd., Braunschweig 1955, 7, 92–93
- HAMMARLUND, C.: Zur Genetik, Biologie und Physiologie einiger Erysiphaceen. 1924, Diss. Lund
- HONECKER, L.: Beiträge zum Mehltauproblem der Gerste. Pflanzenbau 1931, 8, 78–84 und 89–106
- HOPFENGART, M.: Die Veränderung der Mehltaanfälligkeit von Sommergerste bei verschiedener Mineralsalznährung. Ztschr. Acker- und Pflanzenbau 1953, 96, 75–110
- Jahresberichte über die Tätigkeit des Sonderausschusses für Pflanzenschutz (1893–1904). Arb. DLG, H. 5, 8, 19, 26, 29, 38, 50, 60, 71, 82, 94 und 107
- Krankheiten und Beschädigungen der Kulturpflanzen im Jahre ... (1905–1911). Kaiserl. Biolog. Anstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin
- LAST, F.: In: Report of the Rothamsted Experimental Station for 1953. 1954, 93–94, Harpenden
- LAST, F.: The effect of time on application of nitrogenous fertilizer on powdery mildew of winter wheat. Ann. appl. Biol. 1954, 41, 381–392
- METZGER, J.: Untersuchungen über den Weizenmehltau. 1941, Diss. Univ. Halle
- NOVER, J.: Untersuchungen über den Weizenmehltau, *Erysiphe graminis tritici*, im Rahmen der Resistenzzüchtung. Ztschr. Pfl.züchtung 1942, 24, 71–102
- PAPE, H. und B. RADEMACHER: Erfahrungen über Befall und Schaden durch den Getreidemehltau (*Er. gr. DC.*) bei gleichzeitigem Anbau von Winter- und Sommergerste. Angew. Bot. 1934, 16, 225–250
- YARWOOD, C. E.: The tolerance of *Erysiphe polygoni* and certain other powdery mildews to low humidity. Phytopathol. 1936, 26, 845–859
- YARWOOD, C. E., S. SIDKY, M. COHEN und V. SANTILLI: Temperature relations of powdery mildews. Hilgardia 1954, 22, 603–622