

Virulenzsituation in österreichischen und deutschen Populationen des Weizengelbrostes

K. FLATH und G. BARTELS

1. Bedeutung und Vorkommen des Weizengelbrostes

Der durch den Pilz *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* verursachte Weizengelbrost ist weltweit eine der wichtigsten Pilzkrankheiten des Getreides. Nach mehreren Jahren mit nur geringem Gelbrostaufreten kann die Krankheit unter günstigen Witterungsbedingungen zu einem unerwartet starken Befall führen, der besonders bei anfälligen Sorten erhebliche Mindererträge verursacht. Erhöhte Befallsgefährdung besteht besonders nach milden Wintern mit kühlem Frühjahr. Mittlere Temperaturwerte in den Monaten Februar von über 0,3 °C und Mai von unter 11 °C werden als besonders günstig für die Gelbrostentwicklung eingestuft (KLUGE et al., 1999).

Weizengelbrost tritt vor allem in den feuchtkühlen Anbauregionen Nordwesteuropas, in Frankreich, den Niederlanden, Dänemark, Deutschland und Großbritannien regelmäßig auf (ZADOKS and RIJSDIJK, 1984). In Deutschland sind vor allem Niedersachsen und

Schleswig-Holstein betroffen sowie Gebiete im Westen und Südwesten (KLUGE et al., 1999). Aber auch außerhalb dieser traditionellen Befallsgebiete wird starker Gelbrostbefall beobachtet, wenn die Witterungsbedingungen für die Entwicklung des Gelbrostes günstig sind (FLATH und BARTELS, 1999). Auch in Österreich verursachte der außergewöhnlich starke Gelbrostbefall von Weizen- und Triticalesorten im Jahr 1999 drastische Ertragseinbußen (OBERFORS-TER, 1999).

2. Methodik der Virulenzanalysen

Die von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) bereits seit vielen Jahren durchgeführten Analysen der Gelbrostpopulationen (KRÖCHER und BARTELS, 1991; FLATH und BARTELS, 1999) sollen klären, welche der derzeit zur Verfügung stehenden Gelbrostresistenzgene noch wirksam sind und ob es Unterschiede zwischen den Anbauregionen gibt. Daraus lassen sich Schlussfolgerungen ab-

leiten, die sowohl für die Getreidezüchtung als auch für die Beratung der landwirtschaftlichen Praxis von besonderem Wert sind.

Die Untersuchungen erfolgen auf der Grundlage von Probeneinsendungen des amtlichen Pflanzenschutzdienstes und privater Pflanzzüchter. Nach der Vermehrung der befallenen Blattproben auf Keimpflanzen einer gelbrostanfälligen Weizensorte, folgen Keimpflanzentests mit einem Differentialsortiment (Tabelle 1). Die Differentialsorten werden dazu mit einem Sporen-Talkum-Gemisch (10 mg Sporen und 100 mg Talkum) der jeweiligen Isolate inokuliert. Die anschließende Inkubation erfolgt für 24 Stunden bei 10 °C und einer relativen Luftfeuchte von 100 %. Danach werden die Pflanzen im Gewächshaus bei ca. 20 °C, 80 % relativer Luftfeuchte und 5000 Lux Zusatzbeleuchtung aufgestellt. Die Bonitur der Infektionstypen erfolgt 14 Tage nach der Inokulation anhand einer 9-stufigen Skala, bei der die Infektionstypen 0 bis 5 als avirulent und die Typen 6 bis 9 als virulent eingestuft werden.

Tabelle 1: Virulenzhäufigkeiten (%) in der deutschen Weizengelbrostpopulation, 1990-2000

Differentialsorten	Resistenzgene	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Chinesische 166	Yr 1	66	69	47	32	67	53	82	81	93	87	87
Heines VII	Yr 2	62	66	50	53	70	52	92	83	83	71	86
Nord Desprez	Yr 3	100	100	100	100	100	99	97	100	94	86	88
Hybrid 46	Yr 4	62	60	67	75	50	68	76	64	48	70	77
Suwon x Omar	Su	59	66	86	82	72	75	79	70	56	79	81
Strubes Dickkopf	SD	85	100	78	100	100	88	100	98	96	80	85
Clement	Yr 9	27	11	16	35	28	34	21	33	44	76	77
Rendezvous	Yr 17								27	35	71	74
Lee	Yr 7	1	0	4	11	1	3	3	4	4	5	45
Reichersberg	Yr 7+	1	0	0	7	1	1	0	6	4	3	20
Compair	Yr 8	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	15
Carstens V	CV	75	91	61	57	66	67	45	66	67	22	49
Heines Peko	Yr 6+Yr 2	21	6	8	10	9	8	50	27	19	6	22
Spaldings Prolific	SPA	3	37	14	4	3	1	3	2	7	2	0
Tritic. spelta album	Yr 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Moro	Yr 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Autoren: Dr. Kerstin FLATH und Gerhard BARTELS, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Braunschweig und Kleinmachnow, Stahnsdorfer Damm 81, D-14532 Kleinmachnow



Zur Erfassung der Virulenzentwicklung des Erregers werden sogenannte Virulenzhäufigkeiten errechnet. Dieser Wert entspricht der Häufigkeit virulenter Reaktionen aller getesteten Isolate auf einer Differentialsorte. Die ermittelten Virulenzhäufigkeiten werden hinsichtlich der Wirkung rassenspezifischer Gelbrost-Resistenzgene wie folgt eingestuft:

Virulenzhäufigkeit in der Gelbrostpopulation (%)	Resistenzwirkung von Gelbrost-Resistenzgenen
0 - 10	sehr gut
10 - 20	gut
> 20 - 50	mäßig
> 50	gering bis keine

3. Virulenzentwicklung in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2000

Wie aus *Tabelle 1* ersichtlich ist, traten Isolate mit Virulenz für die Resistenzgene **Yr 1**, **Yr 2**, **Yr 3**, **Yr 4**, **Su** und **SD** in allen Untersuchungsjahren besonders häufig auf. Diese Gene besitzen derzeit nur noch eine geringe oder keine Wirkung gegenüber dem Weizengelbrost.

Die Entwicklung der Virulenzhäufigkeiten für die Gene **Yr 9**, **Yr 17**, **Yr 7** und **Yr 8** ist in *Abbildung 1* dargestellt. Das aus dem Roggen stammende Resistenzgen **Yr 9** (ZELLER, 1973) verfügte 1990 noch über eine gute Wirksamkeit, die trotz der Tatsache, dass diese Resistenz in deutschen Weizensorten sehr verbreitet war (LINE et al., 1988), über einen längeren Zeitraum anhielt. Im Jahr 1999, das deutschlandweit durch ein überdurchschnittlich starkes Gelbrostaufreten gekennzeichnet war, stieg die Virulenz für **Yr 9** jedoch sprunghaft an. Im gleichen Jahr wurde auch das Resistenzgen **Yr 17** überwunden. Dieses ursprünglich aus *Aegilops ventricosa* in Brotweizensorten übertragene Gen (DOUSSIN-AULT et al., 1988) war vor allem in Dänemark und Großbritannien stark verbreitet. Der zwischen 1994 und 1997 ständig gestiegene Anbauumfang von **Yr 17**-Sorten erreichte 1996 mit 55 % in Dänemark und 1997 mit 35 % in Großbritannien seinen Höhepunkt (BAYLES et al., 2000). Virulenz für **Yr 17** wurde in beiden Ländern erstmalig 1994 entdeckt; nur drei Jahre später betrug die

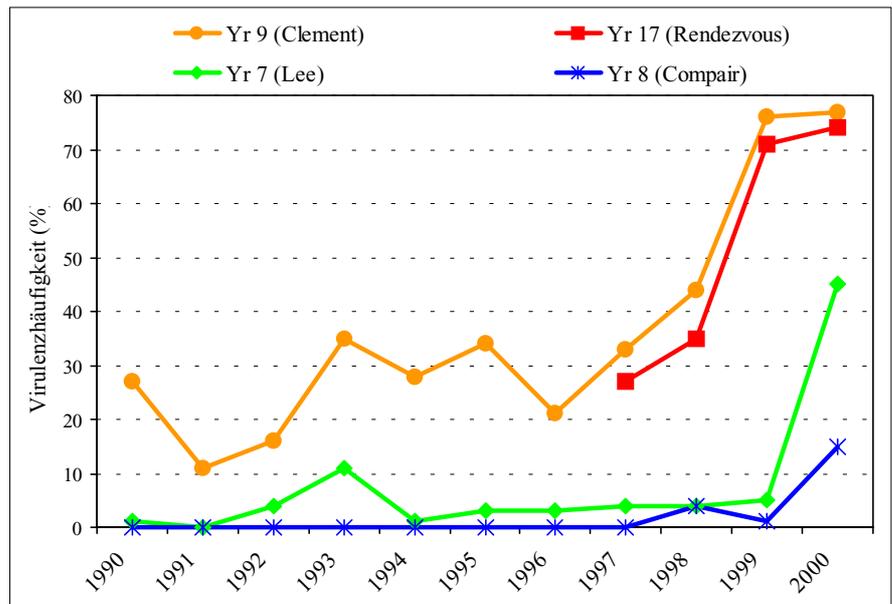


Abbildung 1: Entwicklung der Virulenzhäufigkeiten für die Gelbrost-Resistenzgene **Yr 9**, **Yr 17**, **Yr 7**, **Yr 7+** und **Yr 8** in den Jahren 1990 bis 2000

Virulenzhäufigkeit nahezu 100 %. Trotz des verhältnismäßig geringen Anteils von **Yr 17**-Sorten in Deutschland ist die im Jahr 2000 festgestellte Virulenzhäufigkeit mit 74 % sehr hoch. Als eine Ursache dafür kommt die Windverbreitung **Yr 17**-virulenter Pathotypen aus Großbritannien und Dänemark in Frage.

Eine ähnliche Virulenzentwicklung wie für **Yr 9** und **Yr 17**, jedoch auf niedrigerem Niveau, wurde für die Resistenzgene **Yr 7** und **Yr 8** beobachtet. Für die aus *Triticum durum* stammende **Yr 7**-Resistenz sind weltweit entsprechende Virulenzen vorhanden (McINTOSH et al., 1995). Dies ist vor allem auf die intensive Nutzung der Sorte 'Thatcher' mit **Yr 7**-Resistenz (McINTOSH et al., 1981) zurückzuführen. In Deutschland wurden bis 1999 nur vereinzelt Isolate mit **Yr 7**-Virulenz in der Gelbrostpopulation gefunden. Im Jahr 2000 war jedoch ein sprunghaftes Ansteigen der Virulenz zu beobachten. Gleiches gilt für das Gen **Yr 8**, welches ursprünglich aus *Aegilops comosa* stammt und mit dem Schwarzrostresistenzgen **Sr 34** gekoppelt ist (McINTOSH, 1993).

Wechselnde Virulenzhäufigkeiten zeigten sich im Verlauf der Untersuchungsjahre für das Gen **CV** und die Genkombination **Yr 6 + Yr 2** (*Abbildung 2*), die beide bereits in kommerziellen Sorten genutzt wurden. Die tendenziell abnehmenden Virulenzhäufigkeiten für diese Resistenzen würden für eine erneute

Nutzung sprechen. Erfahrungsgemäß hat jedoch die Wiederverwendung derartiger Gene, auch nach mehrjähriger Anbaupause, einen erneuten Anstieg der Virulenzen in der Pathogenpopulation zufolge.

Als wirksamste Gelbrost-Resistenzgene erwiesen sich in Deutschland **SPA**, **Yr 5** und **Yr 10**. Virulenz für **SPA** trat zwar zu Beginn der 90er Jahre vereinzelt auf, wurde jedoch 2000 nicht mehr festgestellt. Das Resistenzgen **Yr 5** stammt aus einem Spelzweizen (KEMA, 1992). Virulenzen für **Yr 5** wurden erstmals in Indien entdeckt, wo der Anbau von Spelzweizen verbreitet ist (NAGARAJAN, 1983). CHEN et al. (1992) fanden keine virulenten Pathotypen in Europa, was mit der geringen Anbaufläche dieser Weizenart in Zusammenhang gebracht wurde. Auch in Deutschland erwies sich **Yr 5** bis 1999 als vollständig wirksam. Im Jahr 2000 wurde jedoch erstmals ein virulentes Isolat in Sachsen-Anhalt gefunden. Keines der in Deutschland gefundenen Isolate wies Virulenz für das Gen **Yr 10** auf. **Yr 10** war ursprünglich in einem türkischen Weizenstamm enthalten (HARLAN, 1976), weshalb erste virulente Rassen zuerst im östlichen Mittelmeerraum gefunden wurden (STUBBS, 1985). In der deutschen Weizenzüchtung wurden die Gene **Yr 5** und **Yr 10** wahrscheinlich bisher nicht verwendet. Die bloße Existenz virulenter Pathotypen außerhalb von

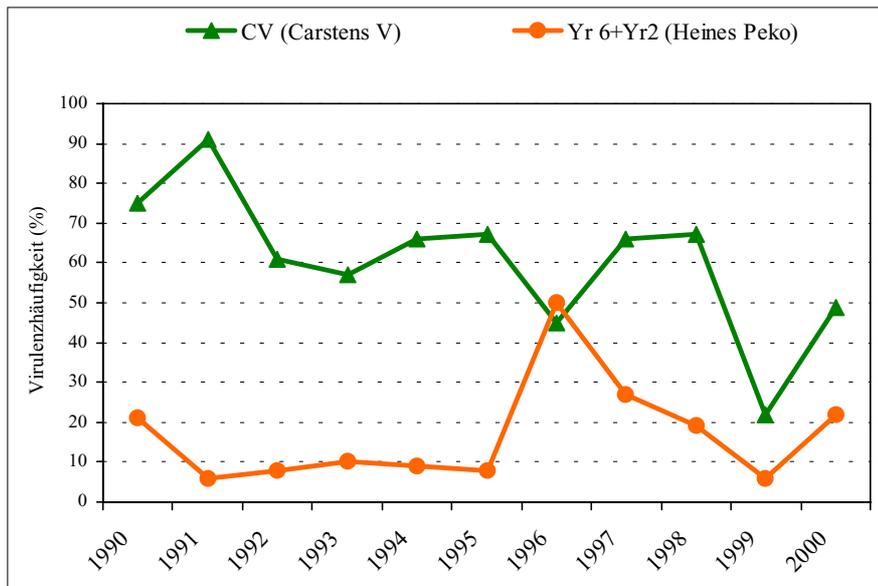


Abbildung 2: Entwicklung der Virulenzhäufigkeiten für die Gelbrost-Resistenzgene CV und Yr 6 + Yr 2 in den Jahren 1990 bis 2000

Tabelle 2: Virulenzhäufigkeiten (%) des Weizengelbrostes in den Bundesländern SH, MV, NI, ST, NW, TH, BW und BY sowie im Mittel Deutschlands im Jahr 2000

Resistenzen	SH	MV	NI	ST	NW	TH	BW	BY	Mittel
1. mit geringer bis keiner Wirkung									
Yr 2	90	100	92	100	96	92	100	100	95
Yr 3	100	67	92	91	96	84	86	63	88
Yr 1	90	50	92	91	96	84	100	75	87
SD	90	67	83	91	88	88	86	75	85
Su	80	50	92	91	83	76	71	88	81
Yr 4	60	50	88	82	83	72	71	88	77
Yr 9	90	67	67	91	92	64	86	75	77
Yr 17	90	50	71	91	83	64	57	75	74
2. mit regionaler Wirkung									
Yr 8	10	33	4	9	13	16	43	25	15
Yr 7+	20	50	4	27	17	24	29	25	20
Yr 6 + Yr 2	20	50	4	18	17	32	29	38	22
Yr 7	70	50	33	45	25	56	71	50	45
CV	70	17	58	45	54	28	71	63	49
3. mit sehr guter Wirkung									
Yr 5	0	0	0	9	0	0	0	0	1
Yr 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SPA	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Deutschland lässt jedoch vermuten, dass mit der züchterischen Nutzung dieser bisher noch wirksamen Resistenzen auf Dauer kein Schutz vor Gelbrostepidemien gegeben wäre.

Nachdem die Wirksamkeit einzelner Gelbrost-Resistenzgene in der Bundesrepublik erläutert wurde, sollte geklärt werden, ob es regionale Unterschiede zwischen den deutschen Anbauregionen gibt. Dazu wurden die Ergebnisse des Jahres 2000 für die Bundesländer Schles-

wig-Holstein (SH), Mecklenburg-Vorpommern (MV), Niedersachsen (NI), Sachsen-Anhalt (ST), Nordrhein-Westfalen (NW), Thüringen (TH), Baden-Württemberg (BW) und Bayern (BY) sowie als Mittelwert für Deutschland (Mittel) zusammengefasst (Tabelle 2).

Bei allen Virulenzen, die bis zum Jahr 2000 eine Häufigkeit von 50 bis 100 % erreicht hatten, traten keine regionalen Unterschiede auf. Die zu dieser Gruppe gehörenden Resistenzen, wie Yr 1, Yr

2, Yr 3, Yr 4, Yr 9, Yr 17, Su und SD zeigten in allen deutschen Anbauregionen nur eine geringe oder keine Resistenzwirkung gegen Gelbrost. Deutliche regionale Unterschiede sind jedoch bei den Resistenzgenen der zweiten Gruppe festzustellen. Diese können regional begrenzt durchaus noch einen Schutz vor Gelbrost bieten, werden jedoch in anderen Bundesländern bereits von virulenten Pathotypen befallen. Als Beispiel hierfür kann die Compair-Resistenz Yr 8, genannt werden, die in Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt noch eine sehr gute Wirksamkeit aufweist, während die Resistenzwirkung in Mecklenburg-Vorpommern, Baden-Württemberg und Bayern nur noch mäßig ist. Ein überdurchschnittlich hohes Niveau an Gelbrostresistenz wiesen die bereits im Jahresvergleich erwähnten Gene Yr 5, Yr 10 und SPA in allen Anbauregionen auf.

4. Aktuelle Virulenzsituation in Österreich und Deutschland

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Virulenzuntersuchungen der Jahre 2000 und 2001 in Österreich und Deutschland dargestellt. Die obere Grafik zeigt die Virulenzhäufigkeiten für das Jahr 2000, in dem 117 deutsche und 21 österreichische Befallsproben untersucht wurden. Die Gelbrostpopulationen beider Länder unterscheiden sich. So zeigen zum Beispiel die Resistenzgene Yr 6+Yr 2 ('Heines Peko'), Yr 7 ('Reichersberg') und Yr 8 ('Compair') in Deutschland noch eine gute, in Österreich jedoch nur noch eine mäßige Resistenzwirkung. Im Gegensatz dazu werden die in Österreich noch wirksamen Gene Yr 9+Yr 2 ('Clement') und Yr 17 ('Rendezvous') in Deutschland von mehr als 70 % der geprüften Isolate befallen. Ein überdurchschnittlich hohes Niveau an Gelbrostresistenz weisen die Gene Yr 5, Yr 10 und SPA sowohl in Deutschland als auch in Österreich auf. Auch das im Jahr 2000 erstmals in die Untersuchungen einbezogene Resistenzgen Yr 15, das ursprünglich aus einem Wildemmer, *Triticum dicoccoides*, stammte, erwies sich als sehr wirksam.

Die untere Grafik der Abbildung 3 stellt die im Jahr 2001 ermittelten Virulenzhäufigkeiten dar, für die 77 Proben aus

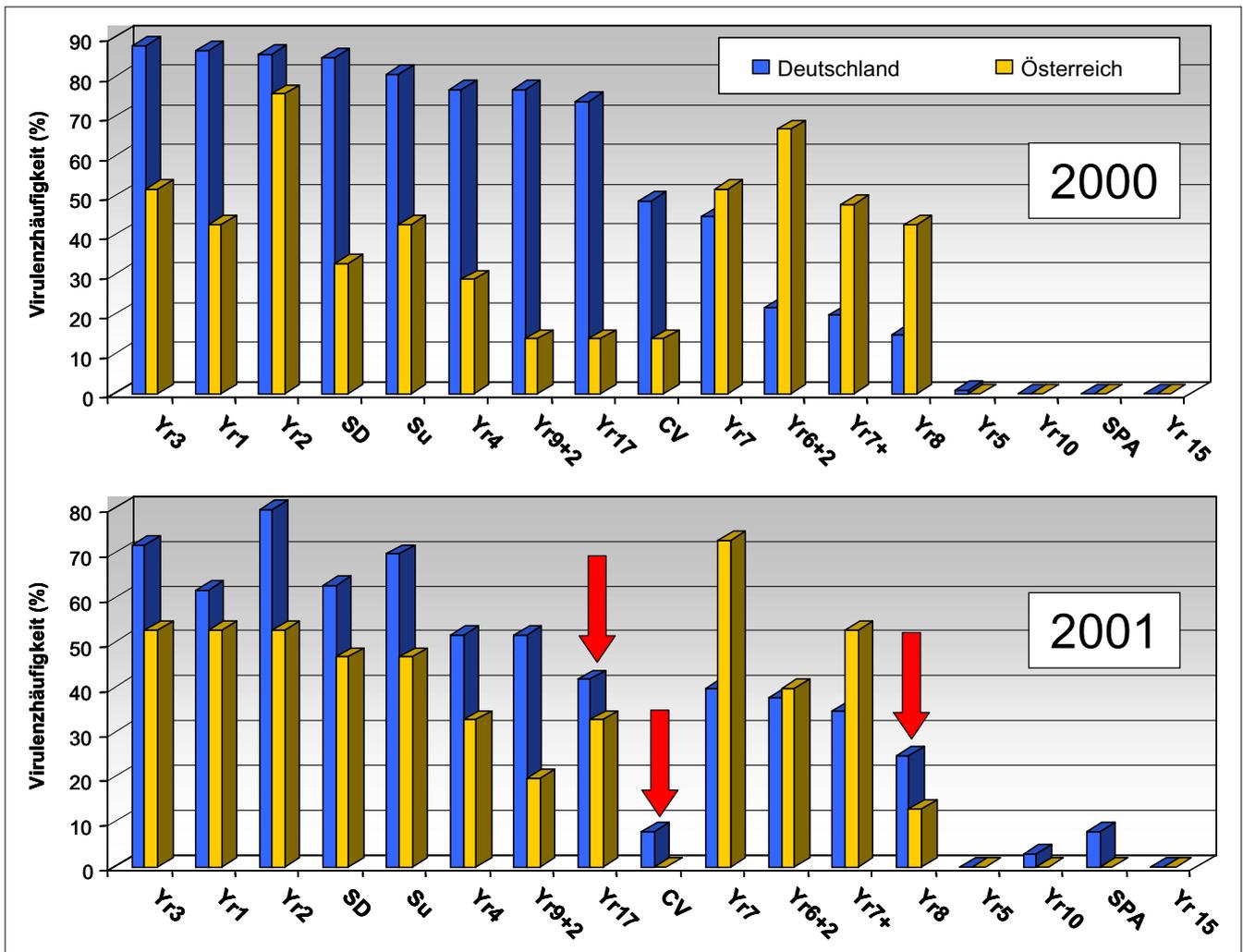


Abbildung 3: Virulenzhäufigkeiten (%) für Österreich und Deutschland in den Jahren 2000 und 2001

Deutschland und 15 Proben aus Österreich untersucht wurden. Die österreichischen Proben stammten häufig von den gelbrostanfälligen Sorten 'Furore', 'Paulus' und 'Xenos' und wurden überwiegend von der Saatzucht Donau, dem Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft in Wien und der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein an die BBA eingesandt. Deutliche Virulenzveränderungen im Vergleich zum Vorjahr konnten vor allem für das Resistenzgen Yr 17 beobachtet werden. Während die Virulenzhäufigkeit in Deutschland von über 70 % auf 40 % zurückging, stieg sie in Österreich von 14 % auf über 30 % an. Somit vollzog sich in Österreich eine ähnliche Entwicklung wie in Deutschland und Frankreich vor drei Jahren, als die Virulenzhäufigkeiten vor allem durch die Windverbreitung entsprechender Pathotypen aus Großbritannien und Dänemark plötzlich sprunghaft anstiegen. Für 'Car-

stens V' sind die Häufigkeiten in Deutschland und Österreich zurückgegangen, was vermutlich mit dem abnehmenden Anbauumfang von Sorten mit CV-Resistenz zusammenhängt. Die ebenfalls zurückgegangenen Virulenzhäufigkeiten für Yr 8 könnten durch die im Vergleich zum Vorjahr niedrigeren Temperaturen bedingt sein. Pathotypen mit Yr 8-Virulenz sind vor allem in Frankreich zu finden, wo die für eine optimale Entwicklung erforderlichen Temperaturbedingungen anscheinend günstiger sind.

5. Pathotypenspektrum in Deutschland und Österreich

In Tabelle 3 sind die vier am häufigsten in Deutschland und Österreich festgestellten Pathotypen und deren Virulenzen zusammengestellt. Die zweite Spalte der Tabelle gibt an, zu welchem An-

teil Isolate mit der entsprechenden Virulenzgenkombination in den jeweiligen Populationen vorhanden sind. Die dritte Spalte enthält Angaben zur Komplexität, d.h. wieviele Virulenzen die aufgeführten Pathotypen bezüglich der dargestellten 12 Resistenzgene in sich vereinen.

Im Untersuchungsjahr 1990 wiesen die mit 14 % bzw. 13 % am häufigsten vorkommenden deutschen Pathotypen eine Komplexität von 5 auf, gefolgt von zwei Pathotypen mit einer Komplexität von 6 und unterschiedlicher Virulenzstruktur, die jeweils zu einem Anteil von 6 % in der Population vorhanden waren (Tabelle 3). Elf Jahre später besaß der mit einem Anteil von 34 % am häufigsten festgestellte Pathotyp bereits eine Komplexität von 8 und der vierthäufigste Pathotyp mit einem Anteil von 4 % sogar eine Komplexität von 10. Der im Jahr 2001 in Deutschland am häufigsten festgestellte Pathotyp mit kombinierter Viru-

Tabelle 3: Pathotypenspektrum in Deutschland (1990 und 2001) und Österreich (2000/2001)

Häufigste Pathotypen	% Isolate	Komplexität	Yr1	Yr2	Yr3	Yr4	Yr6	Yr7	Yr8	Yr9	Yr 17	CV	Su	SD
Deutschland, 1990														
1.	14	5	V	V	V							V		V
2.	13	5			V	V						V	V	V
3.	6	6		V	V	V				V			V	V
4.	6	6	V	V	V					V		V		V
Deutschland, 2001														
1.	34	8	V	V	V	V				V	V		V	V
2.	13	7	V	V	V	V				V			V	V
3.	6	9	V	V	V	V				V	V	V	V	V
4.	4	10	V	V	V	V		V		V	V	V	V	V
Österreich, Mittelwert aus 2000 und 2001														
1.	8	8	V	V	V	V				V	V		V	V
2.	8	3					V	V		V				
3.	6	9	V	V	V	V		V		V	V		V	V
4.	6	6		V			V	V	V	V			V	

V Pathotyp ist virulent für die betreffenden Yr-Gene
 Pathotyp ist avirulent für die betreffenden Yr-Gene

lenz für die Gelbrostgene Yr 1, Yr 2, Yr 3, Yr 4, Yr 9, Yr 17, Su und SD trat auch in Frankreich, Dänemark und Großbritannien am häufigsten auf (BAYLES et al., 2000), was wiederum für die Windverbreitung von Gelbrostsporen über Ländergrenzen hinweg spricht. Um eine ausreichend große Stichprobe für die in Österreich vorkommenden Pathotypen zu erhalten, wurden die Ergebnisse der Jahre 2000 und 2001 zusammengefasst. Vergleicht man die in *Tabelle 3* angegebenen Werte für Österreich mit den deutschen Untersuchungsergebnissen aus dem Jahr 2001, so wird die wesentlich geringere Aggressivität der österreichischen Gelbrostpopulation deutlich, in der jeweils nur 8 % der Isolate eine Komplexität von 8 bzw. 3 und je 6 % der Isolate eine Komplexität von 9 bzw. 6 besitzen. Auch in Österreich ist der in Nordeuropa am häufigsten festgestellte Pathotyp zu einem Anteil von 8 % in der Population vorhanden.

6. Gelbrostresistenz im deutschen Winterweizensortiment

Die in den Jahren 1990 bis 2001 durchgeführten Virulenzanalysen verdeutlichen erneut, dass die Wirkungsdauer rassenspezifischer Gelbrostresistenzgene

mitunter auf wenige Jahre beschränkt ist. Im deutschen Winterweizensortiment gibt es jedoch Sorten, die sich trotz eines längeren Anbauzeitraums und eines zum Teil beachtlichen Anbauumfanges noch immer durch Gelbrostresistenz auszeichnen. Zur Erfassung dieser dauerhaften Gelbrostresistenz wurden dreijährige Feldversuche mit künstlichen Inokulationen sowie Keimpflanzenprüfungen mit jeweils 9 definierten Gelbrostisolaten durchgeführt. Die in *Tabelle 4* zusammengefassten Weizensorten erhielten in allen Untersuchungsjahren Boniturnoten von 1 oder 2 einer 9-stufigen Skala und besitzen demzufolge ein hohes Niveau an sogenannter Alters- oder Adult-Plant-Resistenz.

Unterschiede zwischen den aufgeführten Gruppen zeigten sich jedoch hinsichtlich der Keimpflanzenresistenz. Während die erste Sortengruppe von einigen der zur Infektion verwendeten Gelbrostisolate befallen wurde, erwies sich die zweite Gruppe als vollständig resistent. Die Sorten der dritten Gruppe verfügen ausschließlich über Altersresistenz und wurden im Keimpflanzenstadium von allen zur Inokulation verwendeten Isolatn befallen. Der Vorteil dieser Resistenzform besteht zum einen in ihrer Dauerhaftigkeit und zum anderen

darin, dass von derartigen Sorten kein Selektionsdruck auf die Gelbrostpopulation ausgeübt wird. Sorten mit Altersresistenz sind sowohl für die Weizenzüchtung als auch für den Anbau in befallsgefährdeten Lagen besonders wertvoll.

7. Zusammenfassung

Weizenigelbrost kann nach mehreren befallsschwachen Jahren bei für den Erreger günstigen Witterungsbedingungen zu einem unerwartet starken Befall führen, der besonders bei gelbrostanfälligen Sorten erhebliche Mindererträge verursacht. In den Jahren 1990 bis 2001 durchgeführte Analysen zur Virulenzsituation in der deutschen Weizenigelbrostpopulation sollten klären, welche der derzeit zur Verfügung stehenden Gelbrost-Resistenzgene noch wirksam sind und ob es Unterschiede zwischen den Anbauregionen gibt. Isolate mit Virulenz für die Resistenzgene Yr 1, Yr 2, Yr 3, Yr 4, Su und SD traten in allen Untersuchungsjahren besonders häufig auf, so dass diese Gene derzeit nur noch eine geringe oder keine Wirkung gegenüber dem Weizenigelbrost besitzen. Die Gene Yr 9 und Yr 17 wiesen bis 1998 noch eine mäßige Wirksamkeit auf. Das deutschlandweit überdurchschnittlich starke

Tabelle 4: Winterweizensorten mit wirksamer Adult-Plant-Resistenz gegen Gelbrost, Ergebnisse dreijähriger Feld- und Keimpflanzenprüfungen mit definierten Isolaten

Gruppe	Adult-Plant-Resistenz (Feldtest)	Rassenspezifische Resistenz (Keimpflanzenzest)	Winterweizensorten
1	wirksam, Note 1-2	teilweise wirksam	Korund, Aron, Greif, Exsept, Convent, Florida, Bold, Toni, Wasmo
2	wirksam, Note 1-2	vollständig wirksam	Dream, Habicht, Travix, Semper, Cortez, Ranger, Vergas, Estika
3	wirksam, Note 1-2	keine	Kontrast, Compliment, Zentos, Idol, Tambor, Ibis

Gelbrostaufreten im Jahr 1999 führte jedoch zu einem sprunghaften Anstieg der Virulenzen für diese Gene und somit zum sogenannten Resistenzzusammenbruch. Eine ähnliche Entwicklung vollzog sich für die Gene Yr 7 und Yr 8 deren zuvor sehr gute Resistenzwirkung im Jahr 2000 durch virulente Pathotypen überwunden wurde. Regionale Virulenzunterschiede wurden für die Resistenzgene Yr 7, Yr 8, Yr 6+Yr 2 und CV beobachtet. Als wirksamste Gelbrostresistenzgene erwiesen sich sowohl in Deutschland als auch in Österreich Yr 5, Yr 10, Yr 15 und SPA. Diese Gene sind in Deutschland wahrscheinlich bisher nicht für die Erzeugung gelbrostresistenter Sorten genutzt worden. Die bloße Existenz virulenter Pathotypen außerhalb von Deutschland lässt jedoch vermuten, dass mit der züchterischen Nutzung dieser Resistenzen auf Dauer kein Schutz vor Gelbrostepidemien gegeben wäre.

Der am häufigsten festgestellte Pathotyp mit kombinierter Virulenz für die Gelbrostgene Yr 1, Yr 2, Yr 3, Yr 4, Yr 9, Yr 17, Su und SD ist zu einem Anteil von 34 % in der deutschen und zu 8 % in der österreichischen Gelbrostpopulation vorhanden. Dieser Pathotyp trat auch in Großbritannien, Dänemark und Frankreich am häufigsten auf, was eine Windverbreitung entsprechender Gelbrostsporen von Nord- nach Südeuropa vermuten lässt.

Die Wirkungsdauer rassenspezifischer Resistenzgene ist mitunter auf nur we-

nige Jahre beschränkt. Alternativ dazu bieten Sorten mit sogenannter Alters- oder Adult-Plant-Resistenz, einen dauerhaften Schutz vor Gelbrostepidemien und eignen sich demzufolge sowohl als Ausgangsmaterial für die Resistenzzüchtung als auch für den Anbau in befallsgefährdeten Lagen.

8. Literatur

- BAYLES, R. A., 1998: Working group 1 virulence surveys. In: COOKE, B. M. (ed), 1997: COST 817- Aims and Progress - Airborne pathogens on cereals - Population studies of airborne pathogens on cereals as a means of improving strategies for disease control. EUR 18427 EN, 45 p.
- BAYLES, R. A., K. FLATH, M. S. HOVMOLLER and DE VALLAVIEILLE-POPE, C., 2000: Breakdown of the Yr 17 resistance to yellow rust of wheat in northern Europe. *Agronomie* 20, 805-811.
- CHEN, X. M., S. S. JONES and R. F. LINE, 1992: Chromosomal Location of Genes for Stripe Rust Resistance in Spring Wheat Cultivars Compar, Fiedler, Lee and Lemhu and Interactions of Aneploid Wheats with Races of *Puccinia striiformis*. *Phytopathology* 85, 375-381.
- DOUSSINAULT, G., F. DOSBA and J. JAHIER, 1988: Use of a hybrid between *Triticum aestivum* L. and *Aegilops ventricosa* Tausch in wheat breeding. In: MILLER, T. E. and R.M. D. KOBENER (eds). Proceedings of the Seventh International Wheat Genetics Symposium. Institute of Plant Science Research, Cambridge. UK, 253-258.
- FLATH, K. und G. BARTELS, 1999: 1999 - Ein Gelbrostbefallsjahr - Situationsbericht und Schlussfolgerungen. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 46, 145-156.
- KRÖCHER, v. C. und G. BARTELS, 1991: Aktuelle Virulenzsituation bei Weizengelbrost (*Puccinia striiformis* West. F. sp. *tritici* Eriks. et Henn.) in der Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 43, 245-249.
- HARLAN, J. R., 1976: Disease as a factor in plant evolution. *Ann. Rev. Phytopathol.* 14, 31-51.
- KEMA, G. H. J., 1992: Resistance in spelt wheat to yellow rust. I. Formal analysis and variation for gliadin patterns. *Euphytica* 63, 207-217.
- KLUGE, E., S. ENZIAN und V. GUTSCHE, 1999: Befallsatlas. Atlas der potentiellen Befallsgefährdung durch wichtige Schadorganismen im Ackerbau Deutschlands. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 160 S.
- LINE, R. F., A. QUAYOTUM und X. M. CHEN, 1988: Virulence, Evolution and Distribution of *Puccinia striiformis* in North America and Inheritance of Stripe Rust Resistance in Differential Cultivars. Seventh Eur. and Med. Cereal Rust Conf. 1988, 107-109.
- McINTOSH, R. A., 1993: Catalogue of gene symbols for wheat. *Proc. 7th International Wheat Genetics Symposium*, Cambridge, 1278-1281.
- McINTOSH, R. A., N. H. LUIG, R. JOHNSON and R. A. HARE, 1981: Cytogenetical studies in wheat XI. Sr9g for reaction to *Puccinia graminis tritici*. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 87, 274-289.
- McINTOSH, R.A., C. R. WELLINGS and R. F. PARK, 1995: Wheat rusts: an atlas of resistance genes, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-7923-3430-2, 200 p.
- NAGARAJAN, S., 1983: Annual Report 1983. *Indian Agric. Res. Inst., Regional Station, Flowerdale, Simla.*
- OBERFORSTER, M., 1999: Drastische Ertragseinbußen durch Gelbrost bei Weizen und Triticale. *Der Pflanzenarzt* 9-10, 3-7.
- STUBBS, R. W., 1985: Stripe Rust. In: *The Cereal Rusts*, Volume II; 61-91.
- ZADOKS, J.C. and F.H. RIJSDIJK, 1984: Agroecological Atlas of Cereal Growing in Europe. Volume III: Atlas of Cereal Diseases and Pests in Europe. Map 51. Pudoc, Wageningen.
- ZELLER, F. J., 1973: 1B/1R wheat rye chromosome substitutions and translocations. 4th Int. Wheat Gen. Symp., Columbia. 209-221.