

# Bedroht der Gelbrost den Weizenanbau in der Schweiz?

Fabio Mascher, Michel Habersaat und Stefan Kellenberger, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon

Auskünfte: Fabio Mascher, E-Mail: fabio.mascher@acw.admin.ch, Tel. +41 22 363 47 33



Foto: ACW

Abb. 1 | Weizenblätter mit einer starken Gelbrostinfektion. Eine grosse Menge an Uredosporen wird produziert.

## Einleitung

In der Schweiz tritt der Gelbrost, im Gegensatz zu den anderen Krankheiten des Weizens nur sehr selten auf. Bei einer Epidemie kann die Krankheit jedoch zu grossen Ertragsausfällen führen (Kobel 1961). Die letzte Gelbrostepidemie in der Schweiz geht auf die Jahre 2000 - 2002 zurück und betraf nur eine geringe Anzahl Weizensorten, insbesondere den Biskuitweizen Arbola sowie den Triticale Prader (Michel 2001).

Die Epidemie griff schnell auf das ganze Land über. Das Auftreten und die Ausbreitung der Epidemie wurden wahrscheinlich durch günstige Wetterbedingungen (Chen 2005) sowie das Auftreten eines neuen Pathogenstamms und Träger der bis anhin in der Schweiz noch unbekanntem Virulenz Yr17 ausgelöst (nicht veröffentlichte Daten).

Erreger des Gelbrosts ist der Pilz *Puccinia striiformis* fsp. *tritici*. Bei der Besiedlung der Blätter bildet er entlang der Blattadern gelbe, in Streifen angeordnete Pus-

teln. Sind die Pusteln reif, platzen sie auf und setzen eine Vielzahl goldgelber Sporen frei (Abb. 1). Eine solche Infektion reduziert die nützliche Blattfläche erheblich und führt daher zu einer deutlichen Ertragseinbusse (Sharma *et al.* 1985).

Das Vorkommen physiologischer Rassen ist für den Erfolg des Pilzes als Parasit sehr wichtig, denn dadurch kann er die von den Züchtern in mühsamer Arbeit eingekreuzten Resistenzgene umgehen (Fossati und Brabant 2003; Johnson 1992). Jede physiologische Rasse ist im Allgemeinen durch die Resistenzgene definiert, die sie zu umgehen im Stande ist. Um diese Resistenzgene zu testen, verwendet man Differentiallinien von Weizen und verwandten Arten, die als Versuchsreferenz dienen (McIntosh *et al.* 1995). Gemäss der «Gen für Gen» Theorie gründet die Resistenz des Wirts sowie die Fähigkeit des Parasits, den Wirt zu infizieren, auf der Wechselwirkung komplementärer Genpaare (Manners 1988). Im Falle der Wirtspflanze spricht man von «Resistenzgen» (R), beim Parasiten von «Avirulenzgen» (Avr). In der Praxis bedeutet dies, dass ein pflanzlicher Wirt, der ein gewisses Resistenzgen R exprimiert, gegenüber einem Krankheitserreger, der das Avirulenzgen Avr exprimiert, resistent ist. Durch die Anwesenheit des Avr kann die Pflanze den Erreger erkennen. Durch eine Mutation oder die Abwesenheit eines Avr-Gens kann das Pathogen daher die Resistenz der Pflanze umgehen. Differentiallinien verfügen also über ein oder mehrere bekannte R-Gene. In Europa werden die Gelbrostrassen auf der Grundlage von verschiedenen Sortimenten europäischer und weltweiter Weizendifferentialsorten anhand eines Binärcodes benannt (Johnson *et al.* 1972).

**Tab. 1 | Name und Herkunft der in dieser Arbeit verwendeten Gelbroststämme**

Name	Jahr	Herkunft	auf der Sorte
Ps 1688	2008	Birr AG	unbekannt
Ps 1689	2008	Ellighausen TG	Cambrena
Ps 1690	2008	Ellighausen TG	Papageno
Ps 1691	2008	Changins VD	Fiorina
Ps 771	2001	Lindau ZH	Prader (Triticale)
Ps 773	2001	Changins VD	Prader (Triticale)
Ps 823	2001	Goumoëns VD	unbekannt
Ps 824	2001	Grenchen SO	unbekannt
Ps 866	2001	Lindau ZH	Prader (Triticale)
Ps 868	2001	Changins VD	Prader (Triticale)
Ps 869	2001	Goumoëns VD	unbekannt
Ps 870	2001	Grenchen SO	unbekannt
Ps 110	vor 1999	unbekannt	unbekannt
Ps 111	vor 1999	unbekannt	unbekannt

## Zusammenfassung

Im Jahre 2008 wurden bei Sortenversuchen in den Kantonen Aargau und Thurgau zwei Gelbroststämme im Winterweizen entdeckt. Nach Isolation und Reinigung wurde das Virulenzspektrum der Stämme mit Hilfe von Differentialsorten bestimmt. Zwei bisher in der Schweiz noch nie beschriebene Virulenzen wurden dabei nachgewiesen, nämlich die Virulenzen Yr4 und Yr32. In den 90er-Jahren wurden diese bereits in Nordeuropa beschrieben. Im Jahre 2007 erfolgte ihre Ausbreitung Richtung Süden nach Frankreich und 2008 wurde die Virulenz aufgrund dieser Arbeit in der Schweiz festgestellt. Resistenztests im Gewächshaus mit den neuen Stämmen ergaben, dass die Sorten, die in der Schweiz angebaut werden eine gute Resistenz gegen diese neuen Virulenzen haben. Mittlerweile wurde das Vorkommen von Gelbroststämmen mit anderen Virulenzgenen in Europa gemeldet. Die Überwachung der Pathogene durch Agroscope in Zusammenarbeit mit den kantonalen Pflanzenschutzdiensten, der ETH, der Getreidezüchtung Peter Kunz und der ganzen Getreidebranche muss weitergeführt werden.

Im Jahre 2008 wurden in der Schweiz 3 Gelbrostherde gefunden, in Zulassungsprüfungen von Agroscope in Ellighausen (TG), in Sortenversuchen der Fenaco in Birr (AG) sowie in Changins (VD). In Ellighausen waren die Weizensorten Papageno und Cambrena betroffen. Das Auftreten dieser unbekannt Stämme kann Auswirkungen auf die Weizenproduktion haben. Mit der vorliegenden Arbeit sollen in einem ersten Schritt die Virulenzspektren der neuen Stämme mit jenen der bereits angesiedelten Stämme verglichen werden. In einem zweiten Schritt soll die Resistenz der angebauten Sorten beziehungsweise jener Sorten, die in den nationalen Sortenkatalog aufgenommen werden sollen, geprüft werden.

## Material und Methoden

### Pilzisolat, Lagerung und Produktion von Infektionsmaterial

Eigenschaften und Herkunft der verwendeten Gelbrostisolate sind in Tabelle 1 beschrieben. Die Isolate werden als lyophilisierte Uredosporen bei -80 °C in Eppendorf-Reaktionsgefässen aufbewahrt (Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland).

Gelbrost ist ein obligat-biotroph Parasit, er entwickelt sich also nur auf lebenden Pflanzen. Zur Vermehrung wird eine Mischung der Weizensorten Coker und Eridano (SPS Bologna), die gegen Gelbrost stark anfällig sind, oder der Sorten Papageno und Cambrena für die neuen Stämme, in Pflanztöpfen aus Plastik mit einem Durchmesser von 8 cm gezogen. Die Becher werden mit Erde gefüllt (Typisches Substrat 4, Brill, Zug, Schweiz), die vorgängig durch ein 4 mm-Sieb körnig gemacht wurde. Für die Infektion der Pflanzen werden 12 mg Sporen mit 0,2 ml Flüssigpetroleum (Spezialpetroleum 185/240 °C, Districhimie AG, Ecublens, Schweiz) ver-

mischt und mit Hilfe eines 20µl Glaskapillars (IntraMARK, Blaubrand, 97861 Wertheim, Deutschland) mit Druckluft gleichmässig auf den Blättern zerstäubt.

Nach der Infektion werden die Pflanzen bei 18 °C und 100% Luftfeuchtigkeit im Gewächshaus gehalten. Zur Förderung des Infektionsprozesses herrscht während 24 Stunden ein natürliches Lichtregime. Anschliessend werden die Pflanzen bei 18 °C, 60 % Feuchtigkeit und einem Lichtregime von 14/24 Stunden gehalten. Um die Sporen zu ernten, werden die Blätter mit einem Plastikstab leicht geschüttelt, wodurch die Sporen auf ein unter den Pflanzen liegendes Aluminiumpapier fallen. Die Sporen werden unverzüglich durch einen Teefilter aus Nylon gesiebt um Verunreinigungen zu entfernen. Anschliessend werden sie zur Infektion von Pflanzen verwendet oder gefriergetrocknet und bei – 80° C aufbewahrt.

Tab. 2 | Die Differentiallinien und ihre Resistenzgene

Differentiallinie	Resistenzgene
Chineser 166	Yr 1
Kalyansona	Yr 2
Bon fermier	Yr 3
Vilmorin 23	Yr3
Triticum spelta album	Yr 5
Reichersberg 42	Yr 7
Compair	Yr 8
Riebesel 47–51	Yr 9
Kavkaz/4*Federation	Yr 9
G 25	Yr15
VPM 1	Yr17
Audace	Yr17
Prader	Yr17
Carstens V	Yr32, CV1, CV2, CV3
Heines Kolben	Yr2, Yr6
Heines Peko	Yr2, Yr6
Sonalika	Yr2, YrA
Lely	Yr2, Yr7
Clement	Yr2, Yr9
Heines VII	Yr2, Yr11, Yr25, HV
Spaldings Prolific	Yr2, Yr11, SP
Hobbit	Yr 3a+4a+14
Maris Huntsman	Yr 3a+4a+13
Nord Desprez	Yr3a, Yr4a, ND
Hybrid 46	Yr3b, Yr4b
Donata	Yr7, Yr9
Lee	Yr7, Yr22, Yr23
Moro A	Yr10, Moro
Anza A	Yr A
Suwon 92/Omar	Yr S/O
Stubes Dickkopf	SD
Fiorina	resistente Kontrollsorte
Eridano	anfällige Kontrollsorte

### Virulenzanalysen

Die in den Gelbroststämmen vorhandenen Virulenzen wurden mit den Differentiallinien aus Tabelle 2 bestimmt. Die Versuche werden auf Anzuchtplatten (HerkuPlast-Kubern GmbH, Ering am Inn, Deutschland) mit 42 Bodenlöchern (2 x 2 cm breit, 3 cm tief) durchgeführt. Die Bodenlöcher werden mit der oben beschriebenen Erde aufgefüllt, und diese wird an der Oberfläche leicht eingedrückt. In jede Vertiefung werden fünf Samen gegeben und anschliessend mit einer Schicht Erde bedeckt. Nach 14 Tagen werden die Keimlinge gemäss vorgängig beschriebenem Protokoll mit Gelbrost infiziert.

Tab. 3 | Boniturskala nach PBI (Plant Breeding Institute, Grossbritannien) der Differentialtests und der Resistenztests. Diese Skala wird für die Beurteilung des Resistenz der Pflanze verwendet

Bezeichnung	Resistenzniveau	Symptome
0	Immun	Keine sichtbaren Pusteln
;	Sehr resistent	Nekrotische Flecken
,N	Resistent	Nekrotische Flecken ohne Sporenbildung
1	Resistent	Nekrotische Flecken mit wenig Sporenbildung
2	Mässig resistent	Mässige Sporenbildung mit Chlorosen und Nekrosen
3	Mässig anfällig	Sporenbildung mit Chlorose
4	Anfällig	Sporenbildung ohne Chlorose

Der Krankheitsverlauf wurde einmal mit dem Methode der PBI in Tabelle 3 bonitiert (McIntosh *et al.* 1985). Diese Methode beschreibt die Wechselwirkungen zwischen Pflanze und Pilz.

### Resistenztests im Gewächshaus und auf dem Feld

Um die Auswirkungen der neuen Gelbroststämme auf den Weizenanbau in der Schweiz zu prüfen, wurden die im nationalen Sortenkatalog eingetragenen Sorten sowie die zur Aufnahme gemeldeten Sorten und Zuchtlinien im Gewächshaus getestet. Zudem fanden Feldversuche mit den bereits in der Schweiz vorkommenden Stämmen statt. Die verwendeten Weizensorten werden in Tabelle 4 beschrieben.

Für die Gewächshausversuche wurde die gleiche Versuchsanlage verwendet wie für die Virulenzanalysen. Die zweiwöchigen Keimlinge wurden geimpft und der Infektionsverlauf wurde mit der PBI Methode bonitiert. Die Feldversuche fanden von 2007 bis 2009 auf dem Versuchsbetrieb von ACW Changins statt. Die Kandidatensorten wurden im Herbst in 1 Meter langen Linien mit einer Präzisionssämaschine von Typ SeedMatic (Hege Maschinen, Eging am See, Deutschland) ausgesät.

Im Frühling, nach der Vegetationsruhe, wurden die Pflanzen mit Gelbrostsporen infiziert. Es handelt sich um eine Mischung aus acht Gelbroststämmen, die in der Schweiz während der letzten 15 Jahre isoliert wurden und sämtliche Virulenzen aufweisen. Die Infektion wurde mit Hilfe einer Skala von 1 (keine Infektion) bis 9 (blattdeckende Pusteldichte) (Tab. 5) bonitiert.

### Versuchsaufbau und statistische Auswertungen

Die Gewächshausversuche wurden in drei unabhängigen Wiederholungen und vollständig randomisiert durchgeführt. Die Tests wurden im Abstand von einer Woche zwei Mal wiederholt. Eine Note bis 2 bedeutet die Resistenz der Pflanze, während die Noten 3 und 4 bestätigen, dass sich die Infektion mit Erfolg entwickelt hat. Um festzustellen, ob eine Sorte resistent oder anfällig ist, wurden die Daten mit einem Chi-Quadrat-Test verglichen.

Die Feldversuche wurden in drei unabhängigen Wiederholungen und vollständig randomisiert während drei aufeinanderfolgenden Jahren durchgeführt. Die erhaltenen Daten wurden für jedes Jahr getrennt ausgewertet. Da die Residuen nicht normalverteilt sind wurde der nichtparametrische Test von Wilcoxon verwendet. Die Reaktionsunterschiede zwischen den Sorten wurden mit dem multiplen Vergleichstest auf LSD nach Fisher erfasst. Alle Unterschiede bei  $P < 0,02$  wurden als signifikant betrachtet. Die statistischen Analysen wurden mit der Software NCSS 97 (NCSS, Kaysville, Utah, USA) durchgeführt.

**Tab. 4 | Im nationalen Sortenkatalog eingetragene Sorten sowie zur Aufnahme gemeldete Sorten. Die Sorten Eridano, Coker und die Zuchtlinie 111.13726 werden zur Kontrolle des Infektionsverlaufs verwendet**

Sorte	Züchter	Herkunftsland	Eintragungsjahr
ARINA	Agroscope/DSP	Schweiz	1981
AROLLA	Agroscope/DSP	Schweiz	2003
CAMBRENA	Agroscope/DSP	Schweiz	2008
CAMEDO	Agroscope/DSP	Schweiz	2007
CH CLARO	Agroscope/DSP	Schweiz	2007
COMBIN	Agroscope/DSP	Schweiz	2007
FIORINA	Agroscope/DSP	Schweiz	2001
FOREL	Agroscope/DSP	Schweiz	2007
LEVIS	Agroscope/DSP	Schweiz	2004
MAYEN	Agroscope/DSP	Schweiz	2007
MOLINERA	Agroscope/DSP	Schweiz	Aufnahme beantragt
MURETTO	Agroscope/DSP	Schweiz	2007
MUVERAN	Agroscope/DSP	Schweiz	2004
NARA	Agroscope/DSP	Schweiz	2007
ORZIVAL	Agroscope/DSP	Schweiz	Aufnahme beantragt
RUNAL	Agroscope/DSP	Schweiz	1995
SCALETTA	Agroscope/DSP	Schweiz	2005
SEGOR	Agroscope/DSP	Schweiz	2003
SERTORI	Agroscope/DSP	Schweiz	2008
SIALA	Agroscope/DSP	Schweiz	2005
SURETTA	Agroscope/DSP	Schweiz	2008
TIRONE	Agroscope/DSP	Schweiz	2002
TITLIS	Agroscope/DSP	Schweiz	1996
ZINAL	Agroscope/DSP	Schweiz	2003
AKRATOS	Dr. Hermann Strube	Deutschland	2004
AZZURO	Limagrain Verneuil Holding	Grossbritannien	2006
BOCKRIS	Dr. Hermann Strube	Grossbritannien	2007
CAPHORN	Ets Florimond Desprez	Grossbritannien	2001
EPHOROS	Dr. Hermann Strube	Deutschland	2004
GALAXIE	R 2n	Frankreich	1991
HERMANN	Limagrain GmbH	Deutschland	2004
LUDWIG	Probstdorfer Saatzucht Ges.m.b.H. & Co KG	Österreich	1997
MANHATTAN	Limagrain GmbH	Deutschland	2002
MULAN	Nordsaat Saatzuchtgesellschaft mbH	Deutschland	2005
PAPAGENO	Saatzucht Engelen Büchling OHG	Deutschland	2007
POTENZIAL	Deutsche Saatveredlung Lippstadt-Bremen GmbH	Deutschland	2006
RAINER	Saatzucht Donau Ges.m.b.H. & CoKG	Österreich	2007
RUSTIC	SA Momont Hennette et Fil	Frankreich	2005
TAPIDOR	Serasem	Frankreich	2002
TOMMI	Nordsaat Saatzuchtgesellschaft mb	Deutschland	2002
WINNETOU	Saatzucht Firlbeck GmbH & Co KG	Deutschland	2002
Eridano	Società produttori sementi Bologna spa	Italien	1989
Coker	Coker's Pedigreed Seed Co. (Syngenta Seeds)	USA	< 1980
111.13726	Agroscope	Schweiz	nicht eingeschrieben

**Tab. 5 | Boniturskala für die Feldversuchen. Note 1 = keine Infektion, Note 9 = von Pilzpusteln vollständig bedeckte Blätter.**

Note	% der infizierten Blattfläche	Symptome
1	0,0%	Keine Pusteln auf dem Blatt
2	2,5v%	Spuren von Pusteln auf dem Blatt
3	10,0%	10% des Blattes sind von Pusteln belegt
4	25,0%	25% des Blattes sind von Pusteln belegt
5	50,0%	Die Hälfte des Blattes sind von Pusteln belegt
6	75,0%	Dreiviertel des Blattes sind von Pusteln belegt
7	90,0%	10% des Blattes ohne Pusteln
8	97,5%	Einige grüne Spuren auf dem Blatt
9	100,0%	Das ganze Blatt ist mit Pusteln übersät

## Resultate

### Virulenz der Gelbroststämme

Die Virulenzen der Gelbrostisolate wurden mit Hilfe der Weizendifferentiallinien analysiert, welche ein oder mehrere genau definierte Resistenzgene enthalten. Die Resultate werden auf zwei Arten dargestellt, welche der offiziellen Benennung der Stämme entsprechen. Zum einen erlauben das Welt- und das europäische Differentialliniensortiment (Tab. 6) die Zuordnung einer Virulenzformel zu jedem Gelbroststamm (Johnson *et al.* 1972). Die Ergebnisse zeigen, dass jeder Stamm sich durch ein spezifisches Virulenzspektrum auszeichnet. So tragen beispielsweise nur die im Jahre 2008 isolierten Gelbroststämme die Virulenz Yr32, die in der Lage ist, die Resistenz der Differentiallinie Carstens V zu umgehen.

Zum anderen werden Gelbroststämme auch gemäss der vereinfachten Methode von Hovmöller (2001) beschrieben, die sich auf die in letzter Zeit aufgekommenen Virulenzen beschränkt, insbesondere auf Yr6, Yr9 und Yr17 (Tab. 7). Letztere Virulenz fehlt im Welt- und im europäischen Sortiment. Tabelle 2 zeigt die Virulenzen sowie die Häufigkeit der Gelbroststämme, die in den letzten 13 Jahren in der Schweiz isoliert wurden. Die Virulenz Yr9, die seit den 90er-Jahren in Europa

**Tab. 6 | Darstellung der Gelbrostvirulenzen auf der Grundlage der weltweiten und europäischen Sortimente. Nachweis der bisher in der Schweiz fehlenden Virulenz Yr32.**

Welt Differential-sortiment	Resistenz-gene	Koeff.	2008	2008	2008	2008	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	1969
			1688	1689	1690	1691	771	773	823	824	866	868	869	870	110	111	rasse Probus	
Chinese 166	Yr1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1		
Lee	Yr7, Yr22, Yr23	4	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
Heines Kolben	Yr2, Yr6	8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
Vilmorin	Yr3	16	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1		
Moro	Yr10, Moro	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Strubes Dickkopf	SD	64	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
Suwon x Omar	Yr S/O	128	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1		
Clement	Yr2, Yr9	256	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1		
Triticum spelta	Yr5	512	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Europ. Differentiale																		
Hybrid 46	Yr3b, Yr4b	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Reichersberg 42	Yr7	4	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Heines Peko	Yr2, Yr6	8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0		
Nord Desprez	Yr3a, Yr4a, ND	16	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1		
Compair	Yr8	32	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1		
Carstens V	Yr32, CV1, CV2, CV3	64	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spaldings Prolific	Yr2, Yr11, SP	128	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
Heines VII	Yr2, Yr11, Yr25, HV	256	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	
	Virulenz-formel		402E82	466E82	208E86	268E12	140E44	474E28	268E44	396E44	396E44	222E36	460E44	268E44	466E48	466E48	64E0	

nachgewiesen wird, ist praktisch in allen Stämmen vorhanden, ebenso die Virulenz Yr17 (seit 2001 in den Stämmen). Die im Jahre 2008 isolierten Stämme weisen ausserdem die Virulenzen Yr4 und Yr32 auf.

### Resistenztests im Gewächshaus und auf dem Feld

Die in der Tabelle 8A dargestellten Ergebnisse der Gewächshaus-tests zeigen, dass die neuen Gelbroststämme imstande sind, die Resistenz bestimmter Weizensorten zu überwinden. Diese Sorten sind jedoch gegenüber den in der Schweiz vorkommenden Stämmen bereits anfällig.

Die Anfälligkeit dieser Weizensorten wurde zwischen 2007 und 2009 in Feldversuchen getestet (Tabelle 8B). Die Pflanzen wurden hier mit den Stämmen von vor 2008 künstlich infiziert. Während die meisten Sorten eine gute Resistenz zeigen, sind Arina, Runal und Papageno in jedem Versuchsjahr die anfälligsten. Wir stellen fest, dass der Infektionsgrad der Sorten Forel, Orzival und Bockris zwischen 2007 und 2009 zugenommen hat. Die Tabelle zeigt ausserdem eine – statistisch nicht signifikante – Zunahme der Empfindlichkeit der Sorten Combin, Molinera, Mulan, Muveran, Rustic und Zinal.

## Diskussion

Die in den Kantonen Thurgau und Aargau im Jahre 2008 isolierten Gelbroststämme zeigen effektiv die bisher auf Schweizer Gebiet nicht erfassten Virulenzen Yr4 und Yr32. Der in Changins isolierte Stamm weist nur bereits bekannte Virulenzen auf. Dieser Befund stützt sich auf die Untersuchung sämtlicher Isolate aus grossen Infektionsherden aus den letzten 20 Jahren. Auch der Ende der 60er-Jahre beschriebene Stamm «Probus» wies diese Virulenz nicht auf. Die Virulenz Yr32, die in Dänemark und Deutschland seit den 90er-Jahren präsent ist, wurde in Frankreich im Jahre 2007 erfasst (Hovmöller 2001; Eurowheat 2010). Die Stämme mit dieser Virulenz wanderten langsam, im starken Gegensatz zu den Trägern der Virulenz Yr17, die sich ab dem Jahre 2000 in ganz Europa schnell ausbreiteten. Die neuen Stämme zeichnen sich ausserdem durch ihre Fähigkeit aus, sich bei leicht erhöhten Temperaturen zu entwickeln und durch ihre gegenüber anderen in dieser Arbeit erforschten Stämmen geringere Aggressivität (unveröffentlichte Ergebnisse). Das Vordringen der Stämme könnte somit durch ihre geringere physiologische Konkurrenzfähigkeit und fehlende Wirtspflanzen verzögert worden sein.

Kürzlich wurden in Dänemark, in den USA und in Australien (Milus *et al.* 2009) mehrere Gelbroststämme entdeckt. All diese Stämme zeichnen sich aus durch neue

**Tab. 7 |** Darstellung der Virulenzen und der Verteilung der Gelbrostpathotypen gemäss vereinfachter Methode von Hovmöller (2001). Das Auftreten der Virulenz Yr17 zu Beginn des Jahrhunderts und das Aufkommen der Virulenzen Yr4 und Yr32 werden somit dokumentiert

	Häufigkeit	Yr1	Yr2	Yr4	Yr6	Yr9	Yr17	Yr32
<1999	3/5	1				9		
<1999	2/5	1			6	9		
2001	1/19	1				9		
2001	6/19		2		6	9	17	
2001	9/19		2		6	9	17	
2001	2/19				6	9	17	
2001	1/19				6	9	17	
2009	1/4	1	2	4	6	9	17	32
2009	1/4	1	2	4		9	17	32
2009	1/4			4	6		17	32
2009	1/4		2		6	9	17	32

Virulenzen, eine hohe Aggressivität und die Fähigkeit, Pflanzen bei Temperaturen über 18 C zu befallen. Sie stellen also für die Produktion ein gewisses Risiko dar, auch wenn die in der Schweiz angebauten Sorten eine gute Resistenz gegenüber Gelbrost aufweisen und die sehr anfälligen Sorten kaum betroffen sind, was wahrscheinlich auf klimatisch ungünstige Bedingungen für eine Infektion zurückzuführen ist. Um die Schweizer Weizenproduktion vor Gelbrost zu schützen, führt Agroscope zusammen mit Partnern in den Kantonen, der ETH Zürich, Getreidezüchtung Peter Kunz und innerhalb der Getreidebranche seit mehreren Jahren das Überwachungsnetz der Weizen- und *Triticalepathogene* (Agroscope Changins-Wädenswil, 2010) sowie ein Sortenversuchsnetz. Diese in den wichtigsten Getreideproduktionsgebieten der Schweiz angesiedelten Versuchsstandorte erlauben es, die Krankheitserreger zu sammeln und sie durch Agroscope ACW untersuchen zu lassen. ■

**Tab. 8 |** Anfälligkeit der im nationalen Sortenkatalog eingetragenen und der zur Aufnahme gemeldeten Weizensorten. (A) Interaktion mit den isolierten Stämmen; (B) Ergebnisse der Resistenz-Freilandversuche mit einer Mischung der Stämme

Sorte	(A) Gewächshaustests						(B) Feldversuche		
	1688	1689	1690	1691	866	111	2007	2008	2009
ARINA							9,4	6,9	29,6
AROLLA									0,0
CAMBRENA							0,0	0,0	0,0
CAMEDO							0,6	0,0	0,0
CH CLARO							0,0	0,7	0,0
COMBIN							0,0	0,0	5,6
FIORINA							0,0	0,0	1,9
FOREL							1,9	0,7	13,0
LEVIS							0,0	0,0	0,0
MAYEN							0,0		0,0
MOLINERA							0,0	0,0	9,3
MURETTO									1,9
MUVERAN							0,0	0,0	7,4
NARA							0,0		0,0
ORZIVAL							0,0	1,4	20,4
RUNAL							5,7	8,9	16,7
SCALETTA									0,0
SEGOR								8,2	20,4
SERTORI							0,0	0,0	16,7
SIALA							0,0	0,0	0,0
SURETTA							0,0	0,0	0,0
TIRONE									57,4
TITLIS							0,0	0,0	1,9
ZINAL							0,6	0,0	11,1
AKRATOS									
AZZURO							0,0		1,9
BOCKRIS							0,0	6,9	25,9
CAPHORN							0,0	0,0	0,0
EPHOROS									
GALAXIE									51,9
HERMANN									
LUDWIG									25,9
MANHATTAN									0,0
MULAN							0,0		9,3
PAPAGENO							7,6	11,6	29,6
POTENZIAL							0,0		0,0
RAINER							0,0	0,0	0,0
RUSTIC							1,9		9,3
TAPIDOR							0,0		5,6
TOMMI									1,9
WINNETOU									24,1
ERIDANO							27,1	26,0	77,8
COCKER							23,3	24,7	72,2
111.13726							0,0	0,0	0,0

Beschreibung der Wirt-Pathogen Interaktion:

- Resistent
- Anfällig
- Schwach resistent
- Keine Daten erhoben

## Riassunto

### La ruggine gialla è una minaccia per le colture svizzere di frumento?

Nel 2008 due focolai di ruggine gialla sono stati scoperti nelle prove varietali di frumento autunnale, condotte nei cantoni Turgovia e Argovia. Dopo il loro isolamento e purificazione, lo spettro di virulenze è stato determinato su varietà differenziali. Due tipi di virulenza, Yr4 e Yr32, finora assenti sul territorio svizzero, sono stati evidenziati. La migrazione di questi due tipi di virulenza, già catalogati negli anni novanta nel nord dell'Europa, è stata registrata nel 2007 in Francia e nel 2008 in Svizzera, grazie a questo lavoro. Le prove di resistenza in serra con questi nuovi ceppi hanno rivelato che le attuali varietà di frumento coltivate in Svizzera hanno una buona resistenza contro queste nuove virulenze. In Europa l'annuncio della presenza di ceppi con altri geni di virulenza esige di proseguire il monitoraggio dei patogeni mediante il protocollo messo a punto da Agroscope, dai servizi di protezione vegetale cantonali, dall'ETH di Zurigo, dalla Getreidezüchtung Peter Kunz e dall'interprofessione.

## Literatur

- Agroscope Changins-Wädenswil, 2010. Virulenznetzwerk. Untersuchung der natürlich vorkommenden Braunrost, Gelbrost und Mehltaupopulationen des Weizens 2009. Zugang: <http://www.agroscope.admin.ch/amelioration-des-plantes/00717/01219/index.html?lang=fr> [22.03.10].
- Chen X. M., 2005. Epidemiology and control of stripe rust (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) on wheat. *Canadian Journal Plant Pathology* 27, 314–337.
- Corbaz R., 1966. Notes sur la rouille jaune du froment en Suisse romande (*Puccinia glumarum* (Schmidt) Eriksson et Henning). *Phytopathologische Zeitschrift* 56, 40–53.
- Eurowheat, 2010. Yellow rust, pathotypes and frequencies. Zugang: <http://www.eurowheat.org> [22.03.2010].
- Fossati D. & Brabant C., 2003. La sélection du blé en Suisse. Le programme des stations fédérales. *Revue suisse Agric.* 35 (4), 169–180.
- Hovmöller M. S., 2001. Disease severity and pathotype dynamics of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in Denmark. *Plant Pathology* 50, 181–189.
- Johnson R., 1992. Past, present and future opportunities in breeding for disease resistance, with examples from wheat. *Euphytica* 63, 3–22.

## Summary

### Is yellow rust a danger for Swiss wheat production?

In 2008, yellow rust of wheat was observed in two experimental sites in the cantons of Thurgau and Aargau. After isolation and purification, the virulence spectrum was determined based on wheat differentials. By this, both virulences Yr4 and Yr32 were identified for the first time in Switzerland. These virulences have already been described in the 90s in the North of Europe and their migration towards South was detected in 2007 in France and in 2008 in Switzerland, as related in the present work. Infection tests in greenhouses with these new strains showed that today's wheat varieties present a satisfactory resistance against the new virulences. The reporting of other virulences occurring in Europe emphasizes the importance to carry on with the pathogens monitoring organized by Agroscope, cantonal phytosanitary offices and the cereal branch.

**Key words:** yellow rust, *Puccinia striiformis*, virulences, emerging disease, wheat, triticale.

- Johnson R., Stubbs R. W., Fuchs E. & Chamberlain N. H., 1972. Nomenclature for physiologic races of *Puccinia striiformis* infecting wheat. *Transactions of the British Mycological Society* 58, 475–480.
- Kobel F., 1961. Die Gelbrostepidemie 1961. *Mitteilungen für die schweizerische Landwirtschaft* 9 (7), 109–112
- Manners J. G., 1988. *Puccinia striiformis*, yellow rust (stripe rust) of cereals and grasses. *Advances in Plant Pathology* 6, 373–387.
- McIntosh R. A., Wellings C. R. & Park R. F., 1995. Wheat rusts: an Atlas of Resistance Genes. Dordrecht. The Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
- Michel V., 2001. La rouille jaune ... et alors?. *Revue suisse Agric.* 33(4), 107–107.
- Milus E. A., Kristensen K. & Hovmöller M. S., 2009. Evidence for increased aggressiveness in a recent widespread strain of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* causing stripe rust of wheat. *Phytopathology* 99, 89–94.
- Sharma Y. R., Kang M. S. & Aujla S. S., 1985. Influence of yellow rust on yield and its components in wheat. *Journal of Research (Punjab Agricultural University)* 22, 425–430.