

Ergänzende Untersuchung zur Abhängigkeit der Symptome der Sprenkelkrankheit (*Ramularia leaf blight*) von der Entwicklung bei Wintergerste (*Hordeum vulgare* L.)

H. HÄNSEL[†] und H. HUSS

ANMERKUNG zu dieser, zusätzlich zu den gehaltenen Vorträgen, aufgenommenen Veröffentlichung von Hermann HÄNSEL und Herbert HUSS.

Der Doyen der österreichischen Pflanzenzüchter und langjährige Leiter dieser Tagung in Gumpenstein/Raumberg, Herr tit.ao.Univ.Prof. Dr. Hermann HÄNSEL (* 10. Jänner 1918, † 28. Dezember 2005) war unmittelbar bis zu seinem Tod noch leidenschaftlich wissenschaftlich tätig. Um das zu verdeutlichen, möchte ich von Folgendem berichten:

Hermann HÄNSEL besuchte mich noch in der ersten Dezemberwoche 2005 in meinem Dienstzimmer am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung an der Wiener Universität für Bodenkultur, um mir noch eine rechnerische Ergänzung zu seinem, mir Ende Oktober 2005 gegebenen Manuskriptentwurf zu überreichen. Er verband damit den Wunsch ihn zu unterstützen, seine neuesten Ergebnisse über mehrjährig verrechnete Daten von Bonituren des Ramulariabefalles bei Wintergerste in Österreich zu einer Publikation in einem in- oder ausländischen Fachjournal aufzubereiten und einzureichen. Einige Tage vor seinem raschen Ableben rief er mich vom Krankenbett aus an, um sich über die Qualität seiner Dateninterpretation und um eine mögliche Übersetzung in die englische Sprache zu erkundigen, weil er nicht wisse, ob er überhaupt noch aus dem Krankenhaus zurückkäme. Sein Tod hat mich in die ehrende Pflicht genommen, zusammen mit seinem Ko-Autor Dr. Herbert HUSS und unter der tatkräftigen Mitarbeit von Dr. Heinrich GRAUSGRUBER, dieses und ein noch nicht publiziertes, aber methodisch wichtiges Manuskript aus dem Jahre 2002 über die exakte Bestimmung der Ramulariatoleranz, in dieser kumulierten Veröffentlichung zusammenzufassen.

Diese Veröffentlichung gilt uns als sein letztes wissenschaftliches Vermächtnis und sollte daher in diesem Tagungsband den österreichischen und mitteleuropäischen Gerstenzüchtern erhalten bleiben und weitergehende Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet bewirken.

Prof. Dr. Peter RUCKENBAUER

Die Sprenkelkrankheit (syn. *Ramularia*-Blattfleckenkrankheit, *Ramularia leaf spot*, *Ramularia leaf blight*) ist eine durch den Pilz *Ramularia collo-cygni* (SUTTON & WALLER) verursachte Blattkrankheit der Gerste, die während des letzten Jahrzehnts innerhalb Europas eine bemerkenswert rasche Ausbreitung und Zunahme ihrer Bedeutung erfahren hat. In Österreich hat sie sich seit ihrer Entdeckung im Jahr 1986 im westlichen Alpenvorland sowie im südburgenländisch-oststeirischen Hügelland zur dominierenden Gerstenkrankheit entwickelt (HUSS et al. 2003).

Die sprenkelartigen Krankheitssymptome treten meist erst nach dem Ährenschieben in Erscheinung. OXLEY et al. (2002) vermuten deshalb, dass neben der Resistenz auch der physiologische Entwicklungszustand der Sorten für die Ausprägung der Symptome mitverantwortlich ist.

In einer vorhergehenden Studie wurde in mehreren Serien von Wintergersten-Wertprüfungen konstante und signifikant negative, intervarietale Korrelationen zwischen den Boniturwerten für die Sprenkelkrankheit (RAM) und dem Datum des Ährenschiebens (DTAE) festgestellt.

Die Korrelation zwischen der *Ramularia*-Bonitur und dem Ertrag war hingegen in den meisten Fällen nicht signifikant. Da die Symptome der Sprenkelkrankheit meistens erst zum Zeitpunkt des Ährenschiebens deutlich sichtbar werden, wurde angenommen, dass Boniturunterschiede zwischen Sorten mit unterschiedlicher Zeitigkeit im Ährenschieben nicht den genetischen Resistenzunterschieden entsprechen. So können etwa gleich anfällige Sorten auch bei wiederholten Bonituren verschiedene Sprenkelsymptome aufweisen. Dasselbe würde auch bei einem früheren oder spä-

teren Ährenschieben desselben Genotyps nach Zeitstufenanbau zutreffen.

HÄNSEL (2001) beschrieb eine Regressions-Residuen-Methode (RRM) zur Schätzung des Ertragspotentials bereinigt vom Einfluss des Krankheitsbefalles. In der vorliegenden Arbeit wird versucht, mit Hilfe derselben Methode die *Ramularia*-Boniturwerte vom Einfluss der Zeitigkeit des Ährenschiebens zu bereinigen, um die genotypischen Resistenzunterschiede der Sorten besser einzuschätzen. Voraussetzungen für die Anwendung der RRM sind (1) eine signifikante intervarietale Regression zwischen zwei quantitative Merkmalen (in diesem Falle DTAE und RAM), (2) ein kausaler Einfluss der *x*-Variable DTAE auf die *y*-Variable RAM und (3), dass der nachgewiesene intervarietale Trend RAM vs DTAE auch intravarietal nachgewiesen ist. Ist dies der Fall, so darf man annehmen, dass die intervarietale Asso-

Autoren: Prof. Dr. Hermann HÄNSEL[†], Lange Gasse 61/7, A-1080 WIEN und Dr. Herbert HUSS, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft, Versuchsstation Lambach-Stadl-Paura, Gmündnerstraße 9, A-4651 STADL-PAURA



ziation eine physiologische Komponente hat. Der intravarietale negative Trend lässt sich nach einem Zeitstufenanbau einzelner Sorte im Herbst im darauf folgenden Jahr nachweisen oder widerlegen. Diese Analyse soll die mittlere Befallsbonitur der verschiedenen Genotypen vom Einfluss ihrer unterschiedlichen Zeitigkeit befreien, da der Entwicklungszustand der Pflanze nachweislich mit dem Auftreten des Schadbildes zusammenhängt.

Um die intravarietale Abhängigkeit der Ausprägung der Symptome vom Entwicklungszustand der Gerste auch nachweisen zu können, wurde an der Versuchstation Lambach-Stadl-Paura, einem Standort mit seit Jahren starkem *Ramularia*-Befall, im Herbst 2004 ein Zeitstufenversuch mit 4 Sorten, 5 Zeitstufen und 3 Wiederholungen je Sorte und Zeitstufe angelegt und das Krankheitsgeschehen mehrmals bonitiert. Die Parzellengröße betrug 1 m². Um den

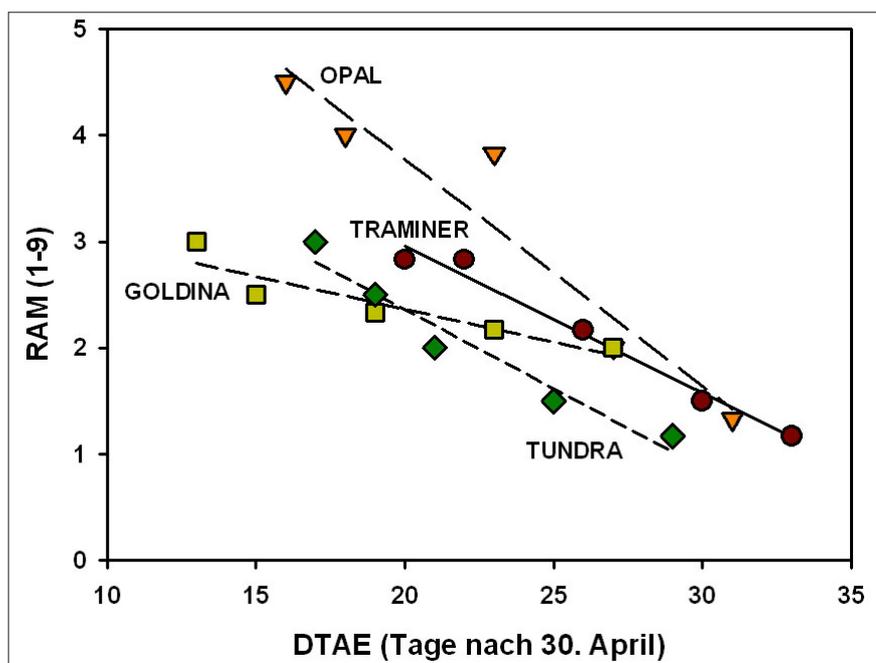


Abbildung 1: Intravarietale Regression der Symptome der Sprenkelkrankheit (RAM) vs Datum des Ährenschiebens (DTAE) der Wintergerstensorten Goldina, Opal, Traminer und Tundra des Zeitstufenanbaues

Tabelle 1: Boniturwerte für Symptome der Sprenkelkrankheit (RAM) in Abhängigkeit von Anbauzeitpunkt, Datum des Ährenschiebens (DTAE) und Sorte

Anbau 2004	OPAL		TRAMINER		GOLDINA		TUNDRA	
	DTAE 2005	RAM 31/05						
30/08	16/05	4,50	20/05	2,83	13/05	3,00	17/05	3,00
20/09	18/05	4,00	22/05	2,83	15/05	2,50	19/05	2,50
08/10	23/05	3,83	26/05	2,17	19/05	2,33	21/05	2,00
29/10	27/05	2,00	30/05	1,50	23/05	2,17	25/05	1,50
12/11	31/05	1,33	02/06	1,17	27/05	2,00	29/05	1,17

Zeitstufen und Sorten im Frühjahr einheitliche Infektionsbedingungen zu ermöglichen, wurden zwischen den Parzellen 4 Drillreihen einer Mischung der 4 Versuchssorten angebaut. Neben dem Zeitstufenanbau wurde 2004/2005 in Lambach ein konventionell bewirtschafteter Kleinparzellenversuch mit 30 Sorten, sowie ein mit 27 Sorten biologisch bewirtschafteter Kleinparzellenversuch durchgeführt. Die Kleinparzellenversuche bestanden in beiden Fällen aus 3 Wiederholungen. Das Datum des Ährenschiebens (DTAE) und die Symptome der Sprenkelkrankheit (RAM) wurden zu drei verschiedenen Terminen erfasst. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit den Statistikprogrammen PLABSTAT und STATGRAPHICS-PLUS.

Zeitstufenanbau 2004/2005

In Tabelle 1 sind Mittelwerte für RAM (1, Blätter grün, keine Symptome; 8,

Blätter durch *Ramularia* abgestorben) je Sorte und Zeitstufe angeführt. RAM wurde einheitlich am 31. Mai 2005 erfasst, somit zeitstufenbedingt in verschiedenen Entwicklungsstadien innerhalb jeder Sorte. Aus den Werten in Tabelle 1 sowie aus Abbildung 1 wird deutlich, dass innerhalb der einzelnen Sorten RAM mit dem zeitstufenbedingten späteren DTAE abnimmt. Bei der Sorte GOLDINA ist die geringere Abnahme durch die Frühzeitigkeit der Sorte und den dadurch bedingten Mangel an Boniturwerten etwa zur Zeit des Ährenschiebens bedingt. In Tabelle 2 sind die Trendwerte *b* (Steigung der Regressionsgerade) der inter- und intravarietalen Untersuchungen, sowie das jeweilige lineare Bestimmtheitsmaß *r*² angeführt.

Die Bedingungen für die Anwendung der Regressions-Residuen-Methode zur Schätzung der sortenbedingten Anfälligkeit gegenüber der Sprenkelkrankheit,

Tabelle 2: Intra- und intervarietales Regression der Symptome der Sprenkelkrankheit (RAM) vs. Datum des Ährenschiebens (DTAE) bei Wintergerste

Intravarietal	RAM vs DTAE	
	<i>b</i> ¹	<i>r</i> ²
OPAL	-0,213	0,918
TRAMINER	-0,139	0,980
TUNDRA	-0,149	0,946
GOLDINA	-0,059	0,831
Mittel	-0,167	0,948
Intervarietal	<i>b</i>	<i>r</i> ²
30 Sorten, KON	-0,157	0,345
27 Sorten, BIO	-0,235	0,740

¹ *b* = Steigung der Regressionsgerade
*r*² = lineares Bestimmtheitsmaß

unter Berücksichtigung sortenbedingter Unterschiede im Ährenschieben, sind somit nachgewiesen.

Kleinparzellenversuche 2004/2005

Im konventionellen Versuch (KON) war der Trend der Regression RAM vs

DTAE bei der spätesten Bonitur (14. Juni) - als die RAM Werte bereits zwischen 7 und 8 lagen - am geringsten (Tabelle 3). Bei den Bonituren am 4. Juni (RAM 3-8) und am 30. Mai (RAM 1-4) war die Steigung der Regressionsgerade etwas höher, $b = -0,181$ bzw. $b = -0,195$. Verwendete man für die Regressions- und Residuenberechnung die RAM Mittelwerte aus den drei Boniturterminen, so wurde in diesem Falle b nicht verbessert. Soll aus Mangel an Kapazität nur eine einmalige Bonitur durchgeführt werden ist ein mittlerer bis früherer Termin zu empfehlen.

In Tabelle 4 ist der Vorgang der Korrektur für den BIO-Kleinparzellenversuch beschrieben. Die einfachste Methode der Korrektur ist die Änderung des RAM Wertes je zunehmenden Tag Ährenschieben. Diese ist gleich dem Trend b der Regression RAM vs DTAE. Aus Tabelle 4 ist ersichtlich, dass die Korrekturfaktoren bei Sorten mit gleichem DTAE gleich groß und unabhängig von den beobachteten RAM Werten sind. Mit jedem Tag früheren Ährenschiebens nimmt der Korrekturfaktor um den Wert b der genannten intervarietalen Regression linear ab ($b = -0,235$; siehe Tabelle 3). Die Variationsbreite der Korrekturfaktoren ergibt sich aus der Variationsbreite des Ährenschiebens in Tagen multipliziert mit b . Von zwei Versuchen mit den gleichen Sorten könnte man jenen Versuch effizienter nennen, welcher eine stärkere Differenzierung der beobachteten RAM Werte, der korrigierten RAM Werte oder der Korrekturfaktoren aufweist. In Tabelle 5 sind die korrigierten RAM Werte und die Korrekturfaktoren der beiden Kleinparzellenversuche 2005, sowie die von OBERFORSTER (2004) publizierten Ergebnisse angeführt. Letztere Ergebnisse stammen aus einer Zusammenfassung der nach SCHWARZBACH (1984) adjustierten Mittelwerte von Wertprüfungen der AGES zwischen 1992-2003, berechnet nach der RRM.

Die Korrekturen liegen in diesen 3 Versuchen zwischen -0,67 und 0,74 (Lambach 2005 KON), -1,18 und 0,71 (Lambach 2005 BIO), sowie -0,67 und 0,51 (AGES 1992-2003) RAM Werte. In der 3. Versuchskombination fehlen 4 Sorten mit spätem Ährenschieben und daher fehlen auch die zu erwartenden höheren

Tabelle 3: Boniturwerte der Sprenkelkrankheit (RAM) und intervarietale Regression in den Kleinparzellenversuchen zu drei verschiedenen Boniturterminen

Bonitur	Lambach 2005 KON (n=30)			Lambach 2005 BIO (n=27)			
	RAM	b	r^2	Bonitur	RAM	b	r^2
30/05	1,3-4,2	-0,195	0,22	06/06	2,7-4,7	-0,206	0,62
04/06	3,7-6,8	-0,181	0,30	14/06	3,8-6,0	-0,262	0,68
14/06	7,0-8,0	-0,102	0,44	18/06	5,3-8,0	-0,237	0,67
Mittel	4,3-6,0	-0,157	0,35	Mittel	3,9-6,2	-0,235	0,64

Tabelle 4: Korrektur der Sprenkelkrankheitsbonitur (RAM) in Abhängigkeit vom Datum des Ährenschiebens (DTAE) am Beispiel des Kleinparzellenversuches Lambach 2005 BIO

Sorte	DTAE ¹	RAM	DTAE _{diff}	KF	RAM _k
GOLDINA	18	6,17	-5	-1,175	5,00
IBIZA	18	5,72	-5	-1,175	4,55
MAJESTIC	20	6,06	-3	-0,705	5,36
PETRA	20	6,00	-3	-0,705	5,30
GUDRUN	21	5,67	-2	-0,470	5,20
PALINKA	21	5,56	-2	-0,470	5,09
SERAFINA	21	6,17	-2	-0,470	5,70
TUNDRA	21	5,50	-2	-0,470	5,03
HELGA	22	5,39	-1	-0,235	5,16
LORENA	22	4,94	-1	-0,235	4,71
LUPIDA	22	4,89	-1	-0,235	4,66
TOSKANA	22	5,44	-1	-0,235	5,21
CORNELIA	23	5,33	0	0,000	5,33
LEONORE	23	4,83	0	0,000	4,83
HOLLI	24	4,22	1	0,235	4,46
LUDMILLA	24	5,00	1	0,235	5,24
OPAL	24	5,28	1	0,235	5,52
MONTANA	25	4,89	2	0,470	5,36
TAFENO	25	4,83	2	0,470	5,30
RENI	25	4,94	2	0,470	5,41
GEORGIA	25	4,44	2	0,470	4,91
ZAFIRA	25	4,11	2	0,470	4,58
CAROLA	26	4,00	3	0,705	4,71
JASMIN	26	4,33	3	0,705	5,04
CAMERA	26	3,89	3	0,705	4,60
TRAMINER	26	4,11	3	0,705	4,82
VERTICALE	26	4,72	3	0,705	5,43
Mittelwert	23	5,05	0	0,000	5,05

¹ DTAE = Datum Ährenschieben (Tage nach 30. April 2005); RAM = Sortenmittel der *Ramularia*-Bonitur; DTAE_{diff} = Differenz der Sorten zum Sortimentsmittelwert im Datum Ährenschieben; KF = Korrekturfaktor (DTAE_{diff} × |b|); RAM_k = korrigierte *Ramularia*-Bonitur (RAM+KF)

positiven Korrekturen. Die paarweisen Korrelationskoeffizienten zwischen den korrigierten Boniturwerten für die Sprenkelkrankheit ($r = 0,63-0,87$) bzw. den Korrekturfaktoren ($r = 0,88-0,95$) waren hoch signifikant, was vor allem der hohen Heritabilität des Ährenschiebens zu verdanken ist. Infolge der verschiedenen Saatzeiten des konventionellen und des biologischen Kleinparzellenversuches lässt sich nicht nachweisen, ob ihre zum Teil verschiedenen Ergebnisse mit den verschiedenen Anzuchtmethoden zusammenhängen.

Neben den korrigierten RAM Boniturwerten ist für den Gerstenzüchter auch die Reihung der Sorten nach den Residuen als Maß für den Zuchtwert (*breeding value*) von Interesse. In

Abbildung 2 sind die Sorten des konventionellen Kleinparzellenversuches nach ihren Residuen gereiht und im Vergleich mit der Differenz der individuellen DTAE Werte zum Sortimentsmittelwert als Maß für die relative Zeitigkeit im Ährenschieben dargestellt. Für den Gerstenzüchter von Interesse sind v.a. Sorten mit negativer Ausprägung in den Residuen.

Diese Sorten zeigen eine gegenüber dem allgemeinen Trend relative niedrigere Anfälligkeit gegenüber *Ramularia collo-cygni*. Sorten mit negativer Ausprägung in sowohl den Residuen als auch in ihrer Differenz zum Sortimentsmittel hinsichtlich Ährenschiebens kennzeichnen sich durch Frühzeitigkeit im Ähren-

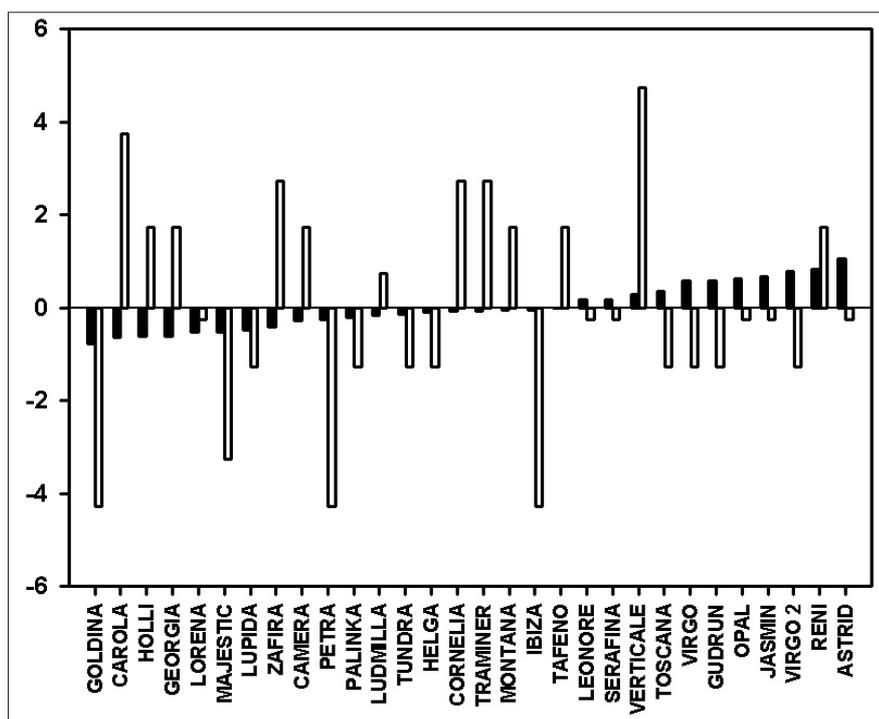


Abbildung 2: Einschätzung des Zuchtwertes von Wintergersten auf Grund des Kleinparzellenversuches Lambach 2005 KON (RAM Residuen = schwarze Säulen; DTAE_{df} = weiße Säulen; die Sorten sind nach aufsteigenden Residuen gereiht).

Tabelle 5: Korrigierte Bonituren für Sprenkelkrankheitssymptome und Korrekturfaktoren für Wintergerstensorten in den Kleinparzellenversuchen 2005 und den Wertprüfungen 1992-2003

Sorte	Lambach 2005 KON		Lambach 2005 BIO		AGES 92-03 ²	
	RAM _k ¹	KF	RAM _k	KF	RAM _k	KF
GOLDINA	4,41	-0,67	5,00	-1,18	4,32	-0,67
CAROLA	4,56	0,59	4,71	0,71		
HOLLI	4,57	0,27	4,46	0,24	5,19	0,44
GEORGIA	4,57	0,27	4,91	0,47		
LORENA	4,68	-0,04	4,71	-0,24	4,92	0,02
MAJESTIC	4,68	-0,51	5,36	-0,71		
LUPIDA	4,71	-0,20	4,66	-0,24	5,37	-0,09
ZAFIRA	4,79	0,43	4,58	0,47		
CAMERA	4,91	0,27	4,60	0,71	5,16	0,51
PETRA	4,95	-0,67	5,30	-0,71	5,43	-0,48
PALINKA	4,99	-0,20	5,09	-0,47	5,41	-0,04
LUDMILLA	5,03	0,12	5,24	0,24	5,30	0,15
TUNDRA	5,05	-0,20	5,03	-0,47	5,65	-0,13
HELGA	5,10	-0,20	5,16	-0,24	5,53	-0,27
CORNELIA	5,12	0,43	5,33	0,00		
TRAMINER	5,12	0,43	4,82	0,71	4,74	0,34
MONTANA	5,13	0,27	5,36	0,47	5,71	0,32
IBIZA	5,13	-0,67	4,55	-1,18	5,34	-0,56
TAFENO	5,18	0,27	5,30	0,47		
LEONORE	5,37	-0,04	4,83	0,00	5,06	0,02
SERAFINA	5,37	-0,04	5,70	-0,47	6,07	0,21
VERTICALE	5,49	0,74	5,43	0,71		
TOSKANA	5,55	-0,20	5,21	-0,24	5,30	-0,11
VIRGO	5,77	-0,20			6,08	-0,09
GUDRUN	5,77	-0,20	5,20	-0,47	5,91	-0,21
OPAL	5,82	-0,04	5,52	0,24	6,27	-0,09
JASMIN	5,87	-0,04	5,04	0,71		
VIRGO 2	5,99	-0,20				
RENI	6,02	0,27	5,41	0,47	5,68	0,28
ASTRID	6,26	-0,04			6,03	0,13

¹ RAM_k = korrigierte *Ramularia*-Bonitur; KF= Korrekturfaktor ² siehe OBERFORSTER (2004)

schieben und verhältnismäßig niedrigerer *Ramularia*-Anfälligkeit. Ausgeprägte Beispiele dafür wären Goldina, Majestic und Petra.

Im Gegensatz dazu sind Sorten wie Carola oder Zafira durch unterdurchschnittliche Anfälligkeit bei gleichzeitig spätem Ährenschieben charakterisiert. Toskana, Virgo und Gudrun sind Beispiele für überdurchschnittlich anfällige und frühzeitige Sorten, Verticale und Reni für überdurchschnittlich anfällige und spät Ährenschiebende Sorten.

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Anfälligkeit gegenüber *Ramularia* sowohl von der Sorte als auch vom Entwicklungszustand der Sorte abhängig ist. Die bisherigen Versuche belegen einen Zusammenhang zwischen der Sprenkelkrankheit und dem Datum des Ährenschiebens. Durch die Regressions-Residuen-Methode kann sowohl eine Korrektur der *Ramularia*-Bonitur in Abhängigkeit von der Zeitigkeit im Ährenschieben erfolgen und somit eine genauere Einschätzung der genotypischen Anfälligkeit/Resistenz. Darüberhinaus liefert diese Methode auch Information hinsichtlich des Zuchtwertes einer Sorte und ihre Verwendbarkeit in einem Resistenzzuchtprogramm.

Literatur

- HÄNSEL, H., 2001: Yield potential of barley corrected for disease infection by regression residuals. *Plant Breeding* 120, 223-226.
- HUSS, H., H. FORMAYER und E. STABENTHEINER, 2003: Die Sprenkelkrankheit - weiter auf dem Vormarsch! *Der Pflanzenarzt* 5, 8-11.
- OBERFORSTER, M., 2004: Nichtparasitäre Blattverbräunung (NBV) und *Ramularia*-Nekrosen bei Gerste: Verbreitung, Schadwirkung, Sorteneinfluss und Gegenmaßnahmen. Bericht ALVA-Jahrestagung, *Klimawandel-Auswirkungen auf Umwelt und Agrarproduktion*, 17.-19. Mai, Wien, pp. 181-185. AGES, Wien.
- OXLEY, S.J.P., N.D. HAVIS, K.G. SUTHERLAND and M. NUTALL, 2002: Development of a rationale to identify the causal agent of necrotic lesions in spring barley and to identify control mechanisms. HGCA Project Report No 282, HGCA Publications, London, UK.
- SCHWARZBACH, E., 1984: A new approach in the evaluation of field trials. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 6, 249-259.