

Marga Jahn<sup>1</sup>, Christina Wagner<sup>1</sup>, Jörg Sellmann<sup>2</sup>

## Ertragsverluste durch wichtige Pilzkrankheiten in Winterweizen im Zeitraum 2003 bis 2008 – Versuchsergebnisse aus 12 deutschen Bundesländern\*

Yield losses in winter wheat caused by important fungal diseases  
in 2003 to 2008 – results of trials of 12 German Federal Lands

### Zusammenfassung

Zur Ermittlung von Ertragsverlusten im Winterweizen durch pilzliche Schaderreger wurde eine Sekundärauswertung von Parzellenversuchen der Jahre 2003 bis 2008 zur Bekämpfung der Krankheiten vorgenommen. Die Berechnung erfolgte auf der Datenbasis von insgesamt 744 Versuchen, bereitgestellt durch die Pflanzenschutzdienste 12 deutscher Bundesländer. Grunddaten zu den Versuchen, die Werte für die Befallsstärke der vorhandenen Krankheiten und die Erträge wurden in eine Oracle-Datenbank übertragen. Da sowohl für die Befallsdaten als auch für die Ertragsverlust-Werte keine symmetrische Verteilung vorlag, erfolgte eine Transformation mittels dekadischem Logarithmus. Auf der Grundlage dieser Werte wurde mit SAS<sup>®</sup> 9.2 das am besten geeignete quasilineare Modell bestimmt. Mit den realen Befallsdaten wurden die minimalen, mittleren und maximalen Ertragsverluste für die durch das Modell ausgewählten acht Krankheiten berechnet.

Keine der vorhandenen Krankheiten erreichte im Mittel aller Versuche und Jahre hohe mittlere Befallsstärken (> 40%) und in der Folge hohe mittlere Verluste. Erwartungsgemäß wurden die höchsten Ertragsverluste durch Septoria-Blattdürre (*Mycosphaerella graminicola*) verursacht; der mittlere Ertragsverlust durch diese Krankheit lag bei 7 dt ha<sup>-1</sup>. Außer Septoria-Blattdürre trat der Braunrost (*Puccinia triticina*) in allen Bundesländern auf und war die im Auftreten sowie im Ertragsverlust zweitwichtigste Krankheit. Der mittlere Ertragsverlust von

lediglich 2,5 dt ha<sup>-1</sup> war geringer als erwartet. Echter Mehltau (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) und Pyrenophora-Blattdürre (*Pyrenophora tritici-repentis*) als weitere wichtige Blattkrankheiten hatten nur geringe mittlere Ertragsverluste von weniger als 2 dt ha<sup>-1</sup> zur Folge. Für die in lediglich 10 Versuchen vorhandene Stagonospora-Blattbräune (*Phaeosphaeria nodorum*) wurde nahezu keine Ertragswirksamkeit ermittelt.

Von den Fuß- und Ährenkrankheiten verblieb jeweils eine Krankheit, Halmbruch (*Oculimacula* spp.) und Ährenfusarium, im Modell. Die Ertragsverluste durch beide Krankheiten waren gering. Die im letzten Jahrzehnt eher geringe Bedeutung der Fußkrankheiten wurde bestätigt. Gleiches gilt für Ährenkrankheiten, jedoch nicht für *Fusarium* spp. in Bezug auf die Beeinflussung der Qualität des Erntegutes, die hier nicht betrachtet wurde.

**Stichwörter:** Winterweizen, Parzellenfeldversuche, Sekundärauswertung, Pilzkrankheiten, Ertragsverluste der Jahre 2003 bis 2008

### Abstract

A secondary evaluation of field plot trials for disease control in the years from 2003 to 2008 has been made to determine yield losses in winter wheat caused by fungal

\* Für die Bereitstellung der Daten und die Zustimmung zu deren Verwendung gilt den Pflanzenschutzdiensten der Bundesländer besonderer Dank.

### Institut

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow<sup>1</sup>

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Zentrale Datenverarbeitung, Kleinmachnow<sup>2</sup>

### Kontaktanschrift

Jörg Sellmann, Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Zentrale Datenverarbeitung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, E-Mail: joerg.sellmann@jki.bund.de

### Zur Veröffentlichung angenommen

12. Juni 2012

diseases. The calculation based on data gained in a total of 744 trials and had been submitted from plant protection services of 12 German Federal Lands. Fundamental data on the trials, the severity of the diseases occurring as well as the yields were transferred into an Oracle database. For the fact that neither infestation data nor those about yield losses were evenly distributed, the transformation was executed by a decimal logarithm. Based on the data gained, the best-suited quasilinear model was determined by SAS 9.2. The real infestation data helped calculate the lowest, average, and highest yield losses for the eight diseases selected according to the model.

On average, none of the diseases reached high average severities (> 40%) over all trials and years and consequently, high average yield losses. As expected, the highest yield losses were caused by Septoria Leaf Blotch (*Mycosphaerella graminicola*); the average yield loss amounted to 7 dt ha<sup>-1</sup>. Besides Septoria Leaf Blotch, Brown Rust (*Puccinia triticina*) also occurred in all German Federal Lands and turned out to be second important in both occurrence and yield loss. An average yield loss of only 2.5 dt ha<sup>-1</sup> came as a surprise. Powdery Mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) and Tan Spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) being other major leaf diseases caused low average yield losses of less than 2 dt ha<sup>-1</sup>. Stagonospora Leaf Blotch (*Phaeosphaeria nodorum*), which could be found in as few as 10 of the trials, had nearly no effect on the yield loss.

One of the foot and ear diseases each, Eyespot (*Oculmacula* spp.) and Fusarium Ear Blight, remained in the model. Yield losses caused by both diseases were low. The significance of foot diseases, which have been considered to be comparatively low over the past 10 years, was confirmed. The same applies to ear diseases, however, not to *Fusarium* spp. as far as the quality of harvested grains is concerned, which is not considered here.

**Key words:** Winter wheat, field plot trials, secondary evaluation, fungal diseases, yield losses between 2003 and 2008

## 1 Einleitung

Der globale Weizenbedarf wird für das Jahr 2020 auf eine Milliarde Tonnen geschätzt, gegenwärtig werden ca. 600 Millionen Tonnen produziert. Vor diesem Hintergrund ist nicht nur eine Steigerung der Erträge, sondern insbesondere auch die Minimierung der Verluste essentiell. In einer Abschätzung der Ertragsverluste durch die wichtigsten Schadorganismengruppen – Unkräuter, Krankheiten und Schädlinge – und der Reduzierung der Verluste durch den Pflanzenschutz stellten OERKE und DEHNE (2004) fest, dass im Weizenanbau Westeuropas im Zeitraum 1996–1998 die Verluste durch Krankheiten 16% (ohne Pflanzenschutz) betragen und auf 6% (aktueller Pflanzenschutz) reduziert werden konnten. Für Deutschland gaben VON WITZKE und NOLEPPA (2011) einen Winter-

weizenanbau ohne Fungizidanwendung von 80,4 dt ha<sup>-1</sup>, nach Fungizidanwendung von 90,1 dt ha<sup>-1</sup> (12% Mehrertrag) an. In den Jahren 2002 bis 2004 wurde deutschlandweit ein Krankheitsmonitoring einschließlich der Ertragsrelevanz und einer unterschiedlichen Intensität der Fungizidanwendung in Winterweizen durchgeführt (MÜLLER, 2005). Die Ertragsverlustmindernde Wirkung einer Fungizidanwendung lag in Abhängigkeit von der Reduzierung pathogen bedingter Blattnekrosen im Bereich von 0 bis 27 dt ha<sup>-1</sup>.

Aktuelle deutschlandweite Daten über jährliche Ertragsverluste durch die wichtigen Weizenkrankheiten stehen nicht zur Verfügung. Der Anteil der einzelnen Krankheiten an der Ertragsreduzierung hängt von vielen Faktoren ab. Zu den wichtigsten zählen die regionale Gefährdung durch die Krankheit, der jahresbezogene Infektionsdruck, die Anbaubedingungen (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung u.a.) und die Resistenzeigenschaften der Sorten. Zum Beispiel wurden die Ertragsverluste durch den weltweit verbreiteten Braunrost des Weizens (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*) in Europa auf 10% geschätzt (MANNINGER, 1992), wobei eine Spannweite von Null bis > 40% angegeben werden kann (HARTLEB et al., 1995). Durch Septoria-Blattdürre (*Mycosphaerella graminicola*, Syn. *Septoria tritici*) wurden bei starkem Befall Ertragsverluste bis 30% festgestellt; bei 10% Befallsstärke auf dem Fahnenblatt (F) und dem F-1 im Milchreifestadium ist mit etwa 7% zu rechnen (OBST und GEHRING, 2002).

Die Bestimmung der Ertragsverluste durch einzelne Krankheiten bedarf in der Regel einer exakten Versuchsanstellung. In dieser Arbeit wurde anhand von veröffentlichten Ergebnissen aus Parzellenfeldversuchen der Bundesländer eine Berechnung der – ausschließlich quantitativen – Ertragsverluste bei Winterweizen, verursacht durch die wichtigen Pilzkrankheiten, vorgenommen. Ein Modell wurde entwickelt, mit dem der Einfluss der einzelnen Krankheiten auf die Ertragsverluste beschrieben werden kann.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Daten und Datenerfassung

Auf der Grundlage der in den jährlichen Versuchsberichten dokumentierten Versuche zum Pflanzenschutz im Ackerbau der Bundesländer Baden-Württemberg (BW), Bayern (BY), Hessen (HE), Rheinland-Pfalz (RP), Sachsen (SN), Sachsen-Anhalt (ST), Schleswig-Holstein (SH), Thüringen (TH), jeweils in den Erntejahren 2003–2008, Brandenburg (BB), Mecklenburg-Vorpommern (MV) und Nordrhein-Westfalen (NW) in den Erntejahren 2004–2008 sowie Niedersachsen (NI, 2003–2007) wurde eine Datenbank erstellt. Versuche zur Wirksamkeit von Fungiziden gegen Fuß- und Blattkrankheiten, Strategieveruche zur Fungizidanwendung sowie einige spezielle Versuche, zB. zur Optimierung der Fusarium-Bekämpfung, konnten in die Auswertung einbezogen werden. In den insgesamt 744 erfassten Versuchen wurden ausschließlich die

Krankheiten als Variable untersucht, alle weiteren Faktoren waren konstant.

Die Anzahl der von den Bundesländern bereitgestellten Versuche sowie die Häufigkeit des Auftretens der Krankheiten in den Versuchen sind in Tab. 1 dokumentiert. Für die Bezeichnung der Krankheiten wurde in den Tabellen und Abbildungen aus Gründen der Übersichtlichkeit der EPPO-Code verwendet; die Krankheiten an der Ähre sind mit „\_RA“ gekennzeichnet.

Die geografische Lage der Versuche ist in Abb. 1 dargestellt. 96 Standorte werden durch jeweils einen Versuch, 39 Standorte durch jeweils zwei Versuche repräsentiert. Für eine bessere Übersicht wurden die im Bereich von drei bis 24 liegenden Versuche an den jeweiligen Standorten in Gruppen zusammengefasst. Von neun Standorten (Abb. 1 ab Zahl 13) wurden insgesamt 204 Versuche einbezogen, Bernburg/Strenzfeld (Sachsen-Anhalt, 41) und Birkenmoor (Schleswig-Holstein, 29) werden durch die größte Anzahl Versuche repräsentiert. Für die regionale Zuordnung, die für die Interpretation der Befalls- und Ertragsdaten wichtig ist, wurden die von ROSSBERG et al., 2007 gebildeten Boden-Klima-Räume (BKR) zugrunde gelegt (Tab. 2). Aus Tab. 2 geht auch hervor, dass für 13

BKR zwischen 10 und 20, für 10 BKR mehr als 20 Versuche zur Verfügung standen, so dass davon auszugehen war, dass regionale Verzerrungen nicht bestehen.

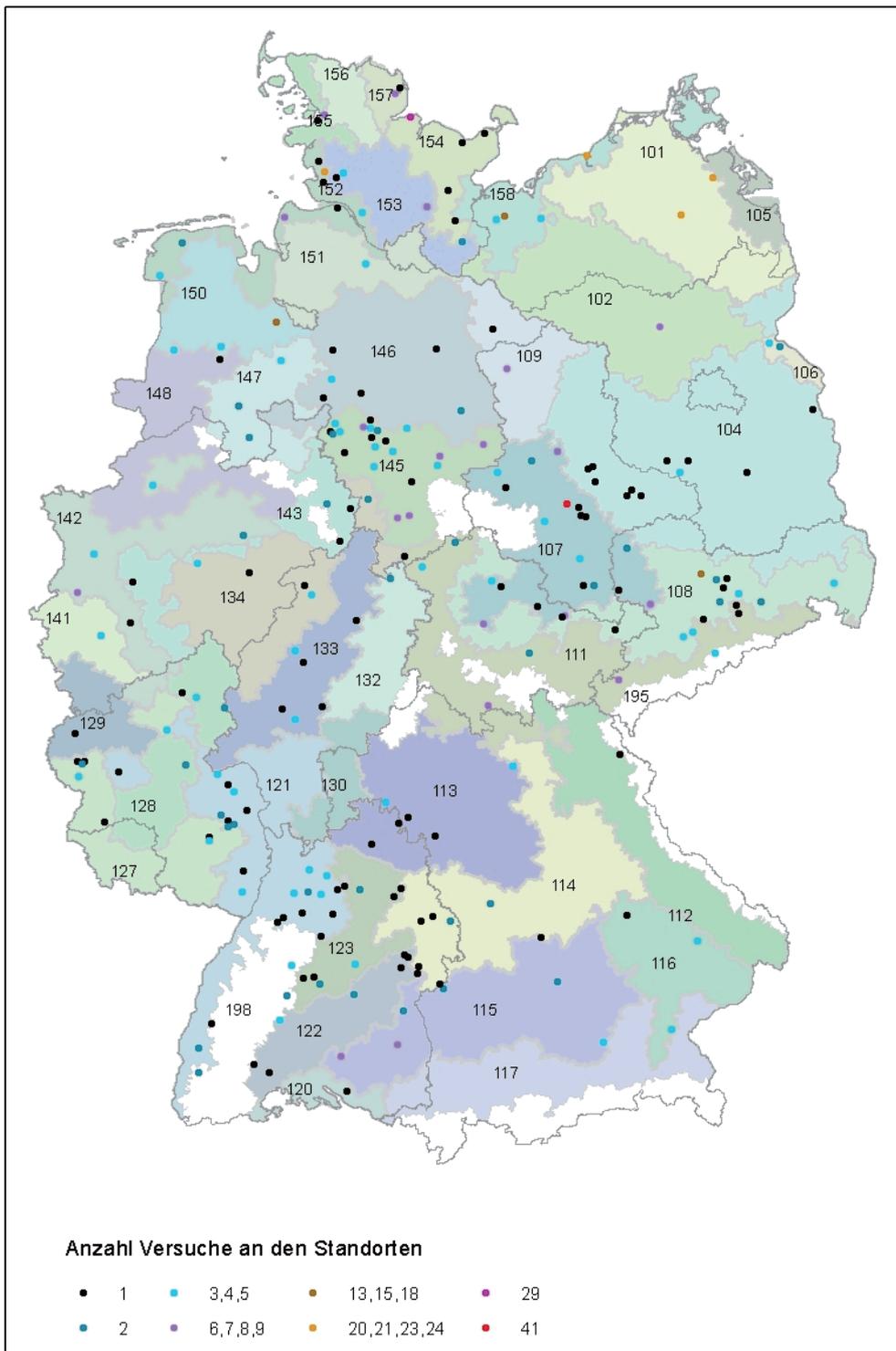
Aus den Versuchsberichten wurden Grunddaten zum Versuch (Jahr, Ort, Sorte), der Befall mit den vorhandenen Krankheiten, der Ertrag in dt ha<sup>-1</sup> sowie, wenn angegeben, der Anteil grüner Blattfläche (bei der Endbonitur) und das Tausendkorngewicht übernommen. Diese Werte und die allgemeinen Daten wurden in MS Excel zusammengestellt (Beispiel in Abb. 2) und in eine Oracle-Datenbank übertragen. Alle in mindestens einem Versuch vorhandenen Fuß-, Blatt- und Ährenkrankheiten sind – in dieser Reihenfolge – in der Datenbank enthalten.

Bei den Blattkrankheiten wurde von mehreren vorhandenen der letztmögliche, für die Befallseinschätzung als repräsentativ anzusehende Boniturtermin erfasst. In der Mehrzahl der Versuche lag dieser in der letzten Juni-/ersten Julidekade. In den Bundesländern mit einer kürzeren Vegetationszeit, überwiegend im Osten Deutschlands, erfolgte die „Endbonitur“ auch bereits in der zweiten Junidekade. Die Pflanzenentwicklung erreichte in diesem Zeitraum BBCH 69 bis 85. In nur wenigen Aus-

**Tab. 1. Häufigkeit des Auftretens der Krankheiten in Winterweizen in den einbezogenen Versuchen der Bundesländer (2003 bis 2008)**

Bundesländer			BW	BY	BB	HE	MV	NI	NW	RP	SN	ST	SH	TH	
Anzahl Versuche			82	35	22	20	88	136	30	48	65	81	98	39	Σ 744
Krankheit	Wissenschaftliche Bezeichnung (in Klammern Synonyme)	EPPO-Code	Häufigkeit des Auftretens												
Halmbruchkrankheit	<i>Oculimacula acuformis</i> , <i>O. yallundae</i>	PSDCHE	1	34	7	0	18	10	0	2	33	4	27	7	<b>143</b>
Scharfer Augenfleck	<i>Ceratobasidium cereale</i> ( <i>Rhizoctonia cerealis</i> )	RHIZCE	0	0	0	2	7	0	0	0	7	0	1	3	<b>20</b>
Schwarzbeinigkeit	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>	GAEUGT	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	1	<b>12</b>
Fusarium-Fußkrankheit	<i>Fusarium</i> spp.	FUSASP	0	0	0	0	9	0	0	0	29	0	0	0	<b>38</b>
Septoria-Blattdürre	<i>Mycosphaerella graminicola</i> ( <i>Septoria tritici</i> )	SEPTTR	43	28	9	18	42	118	26	39	11	61	77	29	<b>501</b>
Stagonospora-Blattbräune	<i>Phaeosphaeria nodorum</i> ( <i>Septoria nodorum</i> )	LEPTNO	1	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	<b>10</b>
Septoria spp.*		SEPTSP	37	0	9	0	15	0	0	1	43	5	2	8	<b>120</b>
Pyrenophora-Blattdürre	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> ( <i>Drechslera tritici-repentis</i> )	PYRNTR	32	9	1	2	0	28	7	9	3	15	3	23	<b>132</b>
Braunrost	<i>Puccinia triticina</i>	PUCCRT	30	11	4	13	13	50	19	33	21	49	20	12	<b>275</b>
Gelbrost	<i>Puccinia striiformis</i>	PUCCSI	0	0	0	2	0	2	1	0	0	2	4	3	<b>14</b>
Schwarzrost	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	PUCCGT	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
Echter Mehltau	<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	ERYSGT	13	2	0	3	59	47	5	11	20	14	30	6	<b>214</b>
Ährenfusarium	<i>Fusarium</i> spp.	FUSASP_RA	25	15	2	0	0	12	0	2	9	19	4	13	<b>101</b>
Stagonospora-Spelzenbräune	<i>Phaeosphaeria nodorum</i> ( <i>Septoria nodorum</i> )	LEPTNO_RA	15	0	0	3	0	0	0	0	4	0	0	1	<b>23</b>
Ährenmehltau	<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	ERYSGT_RA	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	6	1	<b>13</b>

\* Septoria-Blattdürre und/oder Stagonospora-Blattbräune



**Abb. 1.** Standorte der Versuche der Bundesländer (Hintergrund: Boden-Klima-Räume nach ROSSBERG et al., 2007).

nahmefällen musste auf die Befalls einschätzung bereits vor der Blüte, in BBCH 59, zurückgegangen werden.

Die Befalls- und Ertragsdaten sind Mittelwerte aus in der Regel vier Wiederholungen je Variante.

Die auf den oberen Blättern – Fahnenblatt (F) bis F-2 – ermittelte Befallsstärke wurde übernommen; Versuche, bei denen nur Werte für das F-3 oder darunter liegende Blätter vorhanden waren, wurden nicht berücksichtigt. Die Kenntnis der Befallsstärke, die den prozentualen Anteil der

erkrankten Blattfläche bzw. des befallenen Pflanzengewebes dokumentiert, ist für die Einschätzung der Wirkung von Bekämpfungsmaßnahmen, insbesondere gegen Blattkrankheiten, essentiell. Versuche, in denen nur die Befallsfrequenz, d.h. der Anteil erkrankter Pflanzen in der Stichprobe, ermittelt wurde, konnten nicht einbezogen werden.

Grundsätzliche Vorgehensweise war es, die Blättertage F-1 zu erfassen. Die Befallsstärke auf dieser Blättertage erwies sich in langjährigen Untersuchungen in der Mehr-

**Tab. 2. Boden-Klima-Räume der Versuchsstandorte**

BKR-Nummer	BKR-Bezeichnung	Anzahl Versuche
101	mittlere diluviale Böden MV und Uckermark	41
102	sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentieflandes	6
104	trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes	15
106	Oderbruch	7
107	Lößböden in der Ackerebene (Ost)	100
108	Lößböden in den Übergangslagen (Ost)	43
109	diluviale Böden der Altmark und Überlappung nördliches Niedersachsen	7
111	Verwitterungsböden in den Übergangslagen (Ost)	26
112	Verwitterungsböden in den Höhenlagen (östliches Bayern)	1
113	Nordwestbayern-Franken	13
114	Albflächen und Ostbayerisches Hügelland	9
115	Tertiär-Hügelland Donau-Süd	25
116	Gäu, Donau- und Inntal	11
120	Hochrhein-Bodensee	1
121	Rheinebene und Nebentäler	47
122	Schwäbische Alb, Baar	11
123	Oberes Gäu und körnermaisfähige Übergangslagen	13
127	Mittellagen Rheinland-Pfalz und Saarland	18
128	Hunsrück, Westerwald	7
129	sandiger Lehm/Eifel/Höhenlagen	1
132	Osthessische Mittelgebirgslagen	2
133	Zentralhessische Ackerbaugebiete	14
134	Höhenlagen West	12
141	Lößböden/Köln-Aachener Bucht/Niederungslagen	4
142	Lehmböden/oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland/Niederungslagen	17
143	Lehmböden/Ost-Westfalen, Haarstrang, Bergisches Land, Voreifel/Übergangslagen	5
145	Lehmböden/Südhannover	69
146	sandige Böden/Lüneburger Heide, nördliches NRW	14
147	leichtere Lehmböden/mittleres Niedersachsen, nordöstliches NRW	7
148	Sandböden/südwestliches Weser-Ems-Gebiet, nördliches Münsterland/Niederungslagen	1
150	nordwestliches Weser-Ems-Gebiet/sandige Böden	20
151	Elbe-Weser-Dreieck/sandige Böden	4
152	Niedersächsische Küsten- und Elbmarsch	43
153	Geest – Süd	13
154	südliches schleswig-holsteinisches Hügelland	33
155	Marsch – Nord	10
156	Geest – Nord	6
157	nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland	8
158	Nordwest-Mecklenburg/Rügen/Südost-Holstein	47
195	Erzgebirge	5
198	Schwarzwald	8

zahl der Versuche bei der „Endbonitur“ als am repräsentativsten für Aussagen zur Bewertung des Auftretens der Blattkrankheiten (JAHN et al., 2010). In mehr als 50% der Versuche konnte die Befallsstärke auf dem F-1 erfasst, in ca. 12% musste das Fahnenblatt einbezogen werden. In weiteren insgesamt nahezu 30% der Versuche waren Mittelwerte für die oberen zwei oder drei Blätter oder die

„ganze Pflanze“, die bei der fortgeschrittenen Pflanzenentwicklung mit hoher Wahrscheinlichkeit den oberen zwei oder drei Blättern entsprach, angegeben. Etwa 5% der Versuchsprotokolle enthielten keine Angaben zu berücksichtigten Blattetagen.

Eine Krankheit wurde nicht berücksichtigt, wenn die Befallsstärke bereits in der Kontrolle geringer war als 0,3%.

Auswertung Daten Laenderversuche Ende_unter Sekundaps sortiert.xlsx																							
Auswertung der Landesversuche 2003-2008: Bayern																							
Pilzkrankheiten (Befall in %)																							
Ertragswerte abs. TKG																							
Jahr	Ver-such	Kon-trolle	PSDCHE	RHIZCE	GAEUGT	FUSASP	SEPTTR	LEPTNO	SEPTSP	PYRNTR	PUCOCRT	PUCSCG	ERYSGT	FUSASP_RA	LEPTNO_RA	ERYSGT_RA	BXGRUE	[dt/ha]	[g]	Sorte	Kenn-Nr	Datum/BBCH	Gem_Index
2003	1		24,3				15,0	4,4										73,75	51,26	Magnus	810	27.06.2003/	9171117
	1		15,0				0,5	5,0										87,37	60,19				76
	1						4,3	3,8										84,06	56,73				
	1		34,8				3,2	1,5										83,94	53,60				
	1		25,7				8,9	5,4										81,71	55,13				
	1						8,2	1,7										83,46	53,79				
	1						2,9	1,5										83,2	56,11				
	1						1,4	2,8										83,62	56,21				
	1		21,5				1,8	1,3										84,16	58,35				
	1						3,8	1,0										83,53	56,50				
	1		21,9				2,2	1,8										82,09	58,45				
	1						0,2	0,2										86,69	58,18				
	1						5,5	0,8										83,66	62,08				
	1		29,8				1,2	1,4										86,82	63,14				
	1		28,0				0,1	0,1										88,96	56,53				
	1						8,8	4,1										82,65	60,03				
	1		24,0				1,3	0,1										86,71	57,11				
2003	2		10,8				81,6	1,1		0,9	3,6			7,5				66,62	35,93	Magnus	810	03.07.2003/	9679144
	2		3,8				0,3	0		0	0			12,5				79,84	40,93				77
	2						16,8	0		0,3	0			7,5				72,79	40,60				
	2		5,5				40,9	0		0,4	0			2,5				72,12	40,08				
	2						25,3	0		0,2	0,2			1,5				73,58	38,60				
	2						25,5	0		1,6	0			2,5				74,52	39,83				
	2						11,6	0		0	0			2,5				74,29	39,53				
	2						12,4	0		0,1	0,4			0				77,36	40,38				
	2						10,9	0		0	0,3			5				78,10	40,93				
	2						12,3	0		0	0,5			2,5				77,81	39,70				
	2						6,5	0		0	0			5				76,29	39,78				
	2						2,4	0		0,1	0			2,5				76,39	41,88				
	2						3,1	0		0	0			0				74,22	39,80				
	2						7,4	0		0	0			5				77,29	41,40				
	2						12,6	0		0,3	0,2			5				76,38	41,18				
	2						1,4	0		0	0			2,5				77,53	40,73				
2003	3		11,8				14,9											69,08	39,58	Batts	810	24.06.2003/	9175124
	3		3,2				0											81,48	44,73				75

Abb. 2. Beispiel für die Datenerfassung.

Dieser Grenzwert wurde in Anlehnung an MOLL et al. (2010) angewendet.

In die Bewertung der Fußkrankheiten wurden die Versuche einbezogen, bei denen der Befallswert („Bockmann-Wert“) angegeben war oder auf der Grundlage der vorhandenen Befallsklassen-Werte berechnet werden konnte. Der Befallswert nach BOCKMANN (ANONYM, 1986) ist ein Maß, das sowohl den Anteil befallener Halme als auch die Befallsstärke ausdrückt.

Für die Ährenkrankheiten Echter Mehltau und Stagonospora-Spelzenbräune wurde ebenfalls die Befallsstärke in Prozent, d.h. befallene Ährenfläche bezogen auf die Gesamtfläche der bonitierten Ähren, erfasst. Bei Ährenfusariosen dagegen wurde die Befallshäufigkeit, d.h. der Prozentsatz befallener Ähren, als der geeignetere Wert für die Befallseinschätzung verwendet. In der Regel wurde bei dieser Krankheit der Prozentsatz der befallenen Ährenfläche nur der befallenen Ähren ermittelt, so dass die Verwendung dieser Befallsstärke in einigen Versuchen einen unverhältnismäßig hohen Wert für das Auftreten der Krankheit bedeutet hätte (Beispiel: 4,9% Befallshäufigkeit, aber 41% befallene Ährenfläche).

In der folgenden Beschreibung des Krankheitsauftretens wird vereinfachend der Begriff „Befall“ verwendet.

## 2.2 Befall

Die realen Werte für den Befall sind zunächst in Form von Boxplots dargestellt (Abb. 3). Von den Blattkrankheiten traten Septoria-Blattdürre, *Septoria* spp. (Septoria-Blattdürre oder Stagonospora-Blattbräune) und Braunrost am stärksten auf; in eine zweite Gruppe sind Echter Mehltau und Pyrenophora-Blattdürre einzuordnen. Auch für die Halbruchkrankheit, *Fusarium* spp. (sowohl Fuß- als auch Ährenkrankheit) sowie Stagonospora-Spelzenbräune

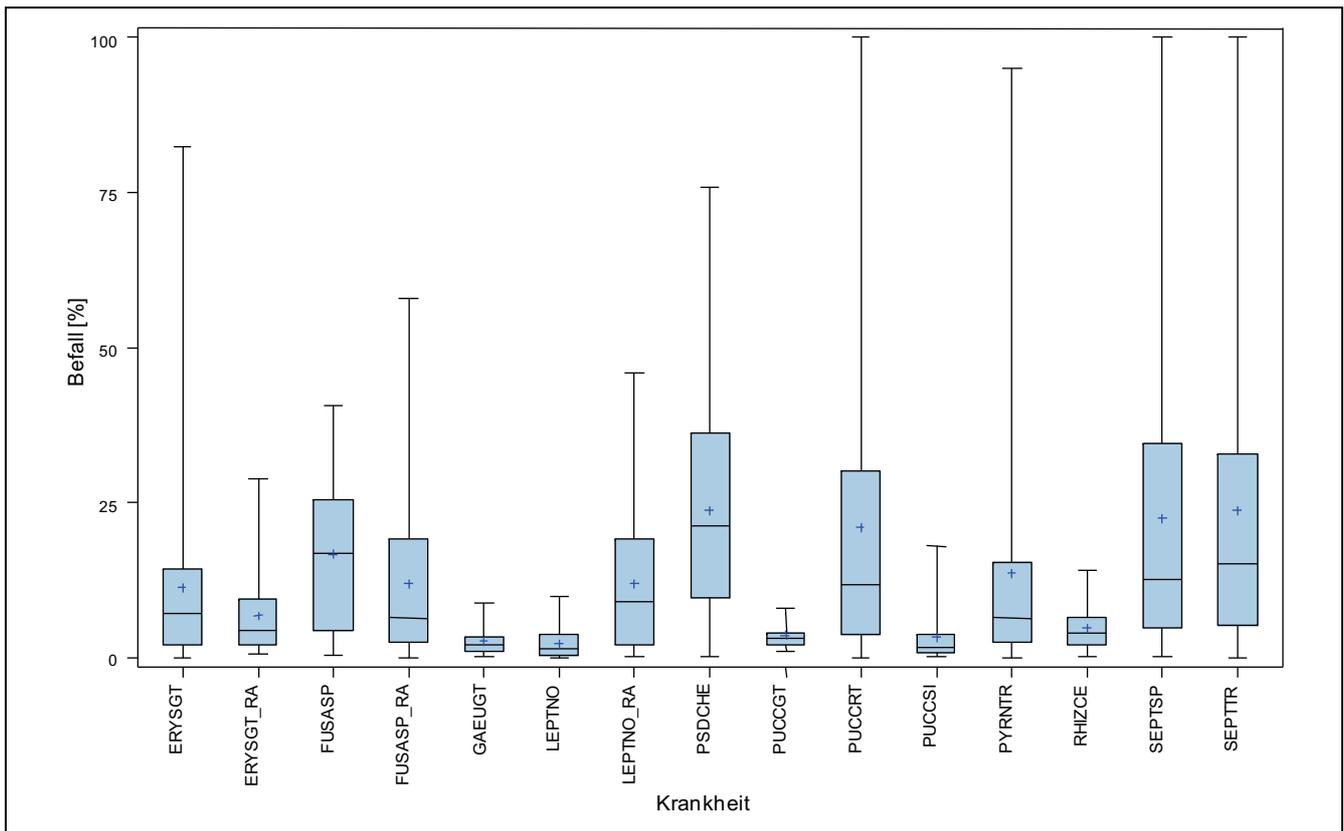
wurde erheblicher Befall dokumentiert. Auffallend ist, dass bei den genannten Blattkrankheiten Extremwerte von mehr als 80% Befall vorhanden sind und dadurch Mittelwert und Median stark voneinander abweichen. Um die erhebliche Schiefe in der Verteilung der Werte zu reduzieren, wurde der Befall mittels dekadischem Logarithmus transformiert.

## 2.3 Ertragsdifferenzen

Für das Ziel der Arbeit, die Ertragsverluste durch die Krankheiten zu bestimmen, erfolgte im ersten Schritt die Berechnung der Ertragsdifferenzen in den Versuchen. Da der im jeweiligen Versuch zu erzielende (Maximal-)Ertrag nicht bekannt war, wurde der für jeden Versuch höchste ausgewiesene Ertrag, unabhängig vom Befall, als tatsächlich zu erzielender Ertrag angenommen und für alle anderen Varianten die Differenz zu diesem Ertrag gebildet. Durch den Ansatz des maximalen Ertrags je Versuch als Ausgangspunkt der Differenzbildung waren genau 744 von 8070 Datenzeilen mit dem Ertragsverlust = 0 vorhanden. Um diese Null nicht zu modellieren, wurden für die Ermittlung der abschließenden Modellgleichung diese Daten nicht mit berücksichtigt.

Im abgebildeten Beispiel (Abb. 4) lag der höchste Ertrag bei 56,7 dt ha<sup>-1</sup> in Variante 6. Für alle Varianten bzw. Prüfglieder (Zeilen 1–5 und 7–15) wurde die Differenz zu 56,7 berechnet und als Ertragsdifferenz gespeichert.

Eine Darstellung der auf die einzelnen Krankheiten bezogenen Ertragsdifferenzen in Form von Boxplots konnte nicht erfolgen, da die Verluste in der Mehrheit der Versuche nicht durch nur eine Krankheit allein verursacht wurden (siehe Abb. 2); folglich kann eine solche Darstellung die realen Verhältnisse nicht widerspiegeln.



**Abb. 3.** Befall mit Krankheiten im Mittel der Jahre 2003 bis 2008 (Box: Bereich der mittleren 50% der Daten, begrenzt durch oberes und unteres Quartil; durchgehender Strich in der Box: Median; +: Mittelwert).

	JAHR	VERSUCH	KONTROLLE	LEPTNO	SEPTSP	ERTRAG	ERTRAG_DIFF
1	2003	1 *			5.0	50.3	-6.4
2		1			1.0	50.5	-6.2
3		1			1.0	53.6	-3.1
4		1			1.0	50.3	-6.4
5		1			1.0	55.6	-1.1
6		1			0.0	56.7	0.0
7		1			0.0	51.4	-5.3
8		1			0.0	52.2	-4.5
9		1			0.0	51.3	-5.4
10		1			0.0	55.9	-0.8
11		1			0.0	52.6	-4.1
12		1			0.0	53.6	-3.1
13		1			1.0	48.5	-8.2
14		1			0.0	52.6	-4.1
15		1			0.0	52.0	-4.7

**Abb. 4.** Ertragsdifferenz-Bildung (Versuch mit 15 Varianten).

Die so gebildeten Ertragsdifferenzen sind im Histogramm (Abb. 5a) dargestellt. Die Häufigkeitsdichte macht deutlich, dass ebenfalls keine symmetrische Verteilung der Werte vorliegt. Mehr als 25% der ermittelten Differenzen liegen im Bereich von 2 dt ha<sup>-1</sup>, etwa 5% bei 10 dt ha<sup>-1</sup>. Die Ertragsdifferenzen in den Klassen  $\geq 20$  dt ha<sup>-1</sup> liegen unter 1%. Um diese schiefe in eine symmetrische Verteilung zu wandeln, wurde auch für die Ertragsdifferenz der dekadische Logarithmus für das zu erstellende Modell verwendet (Abb. 5b).

#### 2.4 Regressionsmodell

Unter der Annahme, dass ein quasilinearer Zusammenhang zwischen Befall und Ertrag besteht, wurde die SAS-Prozedur REG angewendet. Zuerst war die Frage zu klären, welche Krankheiten zu berücksichtigen sind. Alle Krankheiten wurden einbezogen, für die  $\geq 10$  Versuche vorhanden waren, folglich wurde der Schwarzrost (siehe Tab. 1) nicht berücksichtigt.

Bei dem Modellwahlverfahren der SAS-Prozedur REG werden alle möglichen Kombinationen der Krankheiten

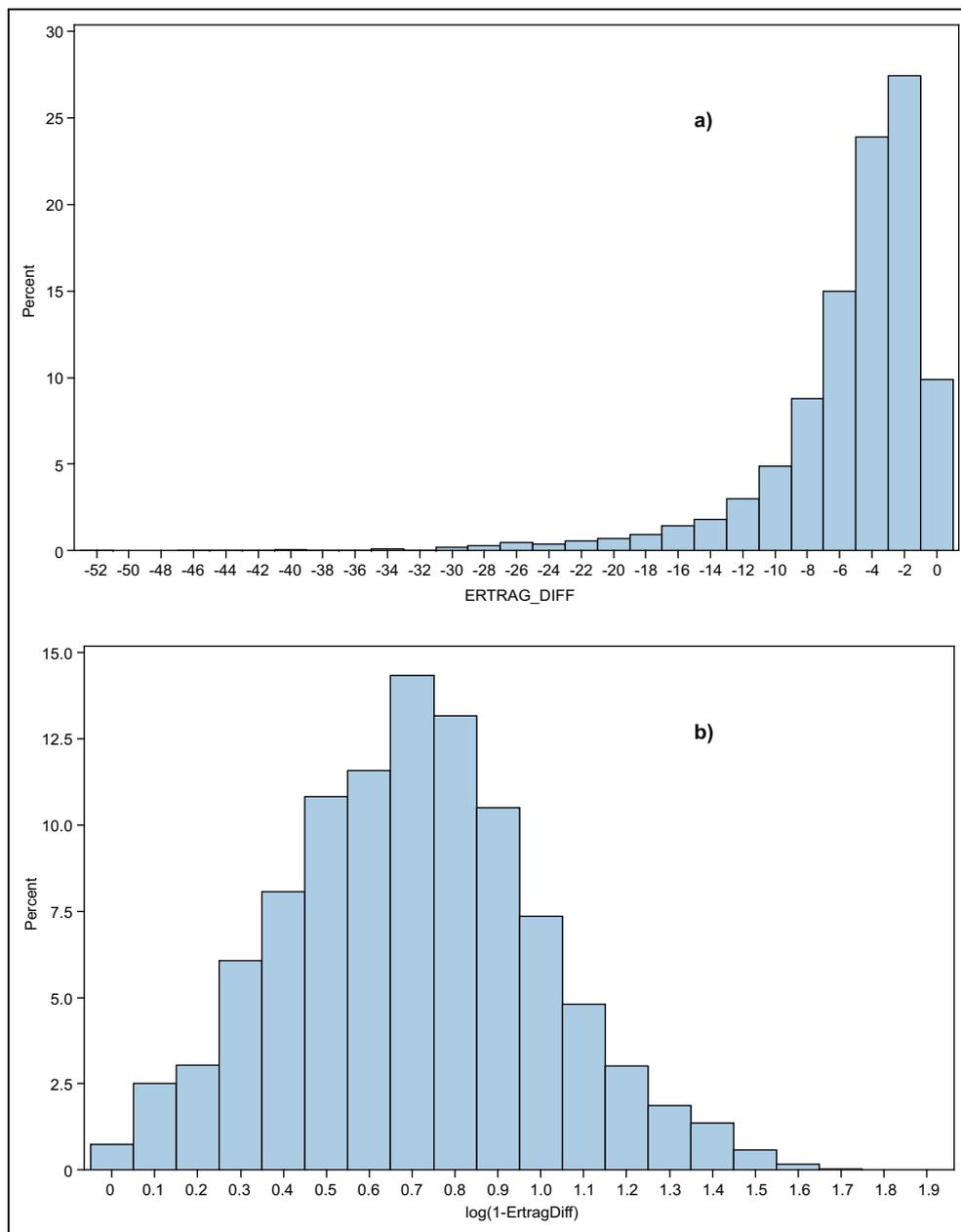


Abb. 5. Ertragsdifferenz im Mittel der Jahre 2003 bis 2008: a) real, b) logarithmiert.

miteinander verglichen. Das bedeutet, es werden alle Modelle mit nur einer Krankheit, alle Kombinationen mit zwei Krankheiten usw. bis zum gesättigten Modell – mit allen Krankheiten – berechnet. Mit dem Bestimmtheitsmaß  $r^2$  als Maßstab würde immer das gesättigte Modell (alle Krankheiten enthaltend) als das Beste bewertet werden. Das AIC-Kriterium (AIC = Akaike information criterion; AKAIKE, 1973) dagegen berücksichtigt die Anzahl der geschätzten Parameter, d.h. die Anzahl der im Modell enthaltenen Krankheiten, und ist daher für die Auswahl des Modells heranzuziehen. Die Krankheiten, die keinen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Güte des Regressionsmodells liefern, werden aus dem Modell entfernt.

Die mittels SAS® 9.2 durchgeführte multiple quasilineare Regression (Abb. 6) führte nach dem Modellwahlver-

fahren auf der Basis des AIC-Kriteriums zum Ausschluss weiterer Krankheiten (RHIZCE, GAEUGT, FUSASP, PUCCSI, LEPTNO\_RA, ERYSGT\_RA) aus dem Modell und unter der Kenntnis, dass Ertragsverlust = - Ertragsdifferenz ist, zu folgender Gleichung:

$$\begin{aligned} \text{Log}(1 + \text{Ertragsverlust}) \text{ [dt ha}^{-1}\text{]} = & \\ & 0,32 * \text{log}(1 + \text{PSDCHE}) + \\ & 0,52 * \text{log}(1 + \text{SEPTTR}) + \\ & 0,48 * \text{log}(1 + \text{SEPTSP}) + \\ & 0,20 * \text{log}(1 + \text{LEPTNO}) + \\ & 0,27 * \text{log}(1 + \text{PYRNTR}) + \\ & 0,42 * \text{log}(1 + \text{PUCCRT}) + \\ & 0,39 * \text{log}(1 + \text{ERYSGT}) + \\ & 0,26 * \text{log}(1 + \text{FUSASP\_RA}) \end{aligned}$$

### 3 Ergebnisse

Zu einer ersten Einschätzung der Güte des Modells wurden die realen Ertragsverluste in den unbehandelten Kontrollen mit den im Modell berechneten verglichen (Tab. 3). Im Mittel der Verluste und Jahre zeigt sich eine leichte Unterschätzung der realen Verluste, die mit hoher Wahrscheinlichkeit insbesondere darauf zurückzuführen ist, dass im Modell nicht alle Krankheiten enthalten sind (vgl. Tab. 1 und Abb. 6).

Mit der unter 2.4 dargestellten Gleichung wurden im nächsten Schritt mit den realen Befallswerten der acht im Modell verbliebenen Krankheiten die minimalen, mittleren und maximalen Ertragsverluste berechnet (Tab. 4).

Zunächst ist festzustellen, dass keine der vorhandenen Krankheiten im Mittel der Versuche und Jahre einen hohen mittleren Befall (> 40%) verursachte. Der Befall war mittel bis schwach (Wertung des Befalls entsprechend MOLL et al., 2009), so dass hohe mittlere Verluste nicht zu erwarten waren.

Die höchsten Ertragsverluste wurden erwartungsgemäß durch Septoria-Blattdürre verursacht. Mit Ausnahme von Sachsen war dies die in allen Bundesländern am häufigsten auftretende Krankheit (siehe Tab. 1). Hinzu kommt, dass der überwiegende Teil des als *Septoria* spp. bewerteten Befalls dieser Krankheit zuzuordnen ist. So wurde z.B. in den Versuchsprotokollen Sachsens in einer Reihe von Versuchen ein Anteil von 80% explizit genannt. Unter der berechtigten Annahme, dass etwa zwei Drittel des Befalls und folglich des Verlustes durch *Septoria* spp. als Septoria-Blattdürre betrachtet werden können bzw. auf diese zurückzuführen sind, ergibt sich für Septoria-Blattdürre ein mittlerer Ertragsverlust von 7 dt ha<sup>-1</sup>.

Braunrost, der neben Septoria-Blattdürre in allen Bundesländern vorhanden war, war die sowohl in der Häufigkeit des Auftretens als auch im Ertragsverlust zweitwichtigste Krankheit. Der jedoch geringe mittlere Ertragsverlust von 2,5 dt ha<sup>-1</sup> ist Ausdruck dafür, dass Braunrost in den meisten der sechs Jahre nicht epidemisch auftrat. Echter Mehltau und Pyrenophora-Blattdürre als weitere wichtige Blattkrankheiten hatten im Erhebungszeitraum nur geringe mittlere Ertragsverluste von weniger als 2 dt ha<sup>-1</sup> zur Folge. Stagonospora-Blattbräune war nahezu nicht ertragswirksam. In den lediglich 10 vorhandenen Versuchen, in denen diese Krankheit bestimmt wurde, lag der mittlere Befall unter 4%.

Von den Fuß- und Ährenkrankheiten verblieb jeweils eine Krankheit im Modell (SAS-Output Abb. 6). Die Halmbruchkrankheit war in den meisten Bundesländern vor-

**Tab. 3. Vergleich der realen mit den im Modell errechneten Ertragsverlusten [dt ha<sup>-1</sup>]**

Jahr	Verlust (real in den Versuchen)	Verlust (berechnet nach Modell)
2003	10,4	12,8
2004	16,4	13,1
2005	13,9	10,2
2006	10,9	10,6
2007	15,7	16,4
2008	10,7	8,3
Ø	<b>13,0</b>	<b>11,9</b>

The REG Procedure						
Number of Observations Read		7298				
Number of Observations Used		7298				
Analysis of Variance						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	8	3079.86362	384.98295	2432.88	<.0001	
Error	7290	1153.58203	0.15824			
Uncorrected Total	7298	4233.44565				
Root MSE	0.39780	R-Square	0.7275			
Dependent Mean	0.70186	Adj R-Sq	0.7272			
Coeff Var	56.67724					
Parameter Estimates						
Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
PSDCHE	PSDCHE	1	0.32337	0.01227	26.36	<.0001
SEPTTR	SEPTTR	1	0.52269	0.00697	74.97	<.0001
LEPTNO	LEPTNO	1	0.19954	0.09449	2.11	0.0347
SEPTSP	SEPTSP	1	0.48083	0.01438	33.44	<.0001
PYRNTR	PYRNTR	1	0.27436	0.01723	15.93	<.0001
PUCCRT	PUCCRT	1	0.42104	0.01233	34.14	<.0001
ERYSGT	ERYSGT	1	0.39475	0.01620	24.37	<.0001
FUSASP_RA	FUSASP_RA	1	0.26243	0.01936	13.56	<.0001

**Abb. 6. SAS-Output der multiplenen quasilinearen Regression.**

**Tab. 4. Anteil der pilzlichen Schaderreger an den Ertragsverlusten in Winterweizen in Deutschland im Mittel der Jahre 2003 bis 2008**

Krankheit		Befall [%]			Ertragsverlust [dt ha <sup>-1</sup> ]		
		Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
PSDCHE	Halmbruchkrankheit	0,5	25,8	67	0,1	1,9	2,9
SEPTTR	Septoria-Blattdürre	0,4	27,9	100	0,2	4,8	10,2
LEPTNO	Stagonospora-Blattbräune	0,6	3,9	10	0,1	0,4	0,6
SEPTSP	Septoria-Blattdürre oder Stagonospora-Blattbräune	0,5	20,1	100	0,2	3,3	8,2
PYRNTR	Pyrenophora-Blattdürre	0,4	11,4	95	0,1	1,0	2,5
PUCCRT	Braunrost	0,3	19,2	100	0,1	2,5	6,0
ERYSGT	Echter Mehltau	0,3	9,3	83	0,1	1,5	4,7
FUSASP_RA	Ährenfusarium	0,3	8,4	58	0,1	0,8	1,9

handen und wurde durch das Modell nicht eliminiert. Obwohl sie zu den Krankheiten mit höherem Befall gehörte (Tab. 4), waren die Ertragsverluste gering. Die durch Ährenfusarium verursachten, ebenfalls als gering einzustufenden Ertragsverluste sind hinsichtlich der Bewertung dieser Erregergruppe nicht mit den Blattkrankheiten vergleichbar; die Hauptschadwirkung der wichtigsten Fusarium-Arten liegt in der hier nicht betrachteten Reduzierung der Qualität des Erntegutes.

Die Ertragsrelevanz der Krankheiten bezogen auf die einzelnen Jahre des Erhebungszeitraums ist in Tab. 5 dargestellt. Eine Differenzierung zwischen den Jahren war vorhanden, jedoch in geringerem Maße als erwartet. Ein in einem Versuchsjahr im Vergleich zu allen weiteren Jahren deutlich höherer Befall und Ertragsverlust wurde 2004 für Septoria-Blattdürre und 2007 für Braunrost dokumentiert. Im Jahr 2008 waren Befall und Ertragsverlust am geringsten. Das Jahr mit dem insgesamt höchsten Befall und Ertragsverlust war 2007.

Für insgesamt 41 (Tab. 2) und somit die meisten Boden-Klima-Räume lagen Versuchsergebnisse vor, so dass Er-

tragsverluste berechnet werden konnten (Tab. 6). Nur durch Septoria-Blattdürre wurde in insgesamt 15 BKR ein berechneter mittlerer Ertragsverlust von  $\geq 5$  dt ha<sup>-1</sup> (bei Berücksichtigung von *Septoria* spp. wie oben beschrieben) verursacht. Die entsprechenden BKR sind überwiegend Regionen mit maritimem Klima (101, 147, 150, 152, 155, 156, 157, 158) und Vorgebirgslagen (108, 115, 122, 123). Für den Braunrost betrug die berechneten mittleren Ertragsverluste in den BKR 156 und 157  $> 4$  dt ha<sup>-1</sup>, in den BKR 101, 102 und 152  $> 3$  dt ha<sup>-1</sup>. Alle weiteren Werte lagen unter 3 dt ha<sup>-1</sup>. Die Verluste durch Echten Mehltau waren überwiegend gering. Im küstennahen Bereich wurde die Krankheit in drei BKR (150, 152, 157) mit mittleren Verlusten von  $> 2$  dt ha<sup>-1</sup> nachgewiesen. Pyrenophora-Blattdürre führte im Mittel zu keinen Verlusten von  $> 2$  dt ha<sup>-1</sup>.

Die Ergebnisse der einzelnen Jahre (nicht dargestellt) zeigen erwartungsgemäß eine stärkere Differenzierung. Ertragsverluste wurden in den Jahren 2003 und 2008 in jeweils 26, 2006 in 28, 2004 und 2005 in jeweils 30 und 2007 in 34 BKR dokumentiert. Nur durch Septoria-Blatt-

**Tab. 5. Berechnete mittlere Ertragsverluste durch die Krankheiten in den Jahren 2003 bis 2008**

Jahr	2003		2004		2005		2006		2007		2008	
	Befall Mittel [%]	Ertragsverlust [dt ha <sup>-1</sup> ]	Befall Mittel [%]	Ertragsverlust [dt ha <sup>-1</sup> ]	Befall Mittel [%]	Ertragsverlust [dt ha <sup>-1</sup> ]	Befall Mittel [%]	Ertragsverlust [dt ha <sup>-1</sup> ]	Befall Mittel [%]	Ertragsverlust [dt ha <sup>-1</sup> ]	Befall Mittel [%]	Ertragsverlust [dt ha <sup>-1</sup> ]
PSDCHE	17,2	1,3	29,7	1,9	31,9	2,0	24,3	1,7	28	1,9	23,6	1,7
SEPTTR	18,8	3,4	38,3	5,3	28,9	4,5	22,2	3,8	27,6	4,2	18,9	3,2
LEPTNO	5,2	0,4	3,3	0,3	3,7	0,3	–	–	–	–	–	–
SEPTSP	15,5	2,4	23,1	3,3	24,9	3,2	20,4	2,5	23,3	3,1	10,2	1,9
PYRNTR	15,8	1,0	12,8	0,8	14,6	0,9	7,9	0,7	8,3	0,7	6,1	0,6
PUCCRT	12,5	1,6	2,3	0,6	7,4	1,3	14,6	1,7	28,4	2,7	13,7	1,6
ERYSGT	10,4	1,3	7,0	1,1	12,9	1,4	9,3	1,3	8,6	1,3	6,8	1,1
FUSASP_RA	8,1	0,6	7,1	0,6	10,0	0,7	10,5	0,8	6,4	0,6	13,9	0,8

dürre (einschließlich des unterstellten Anteils von *Septoria* spp.) wurden in allen Jahren in mehreren Regionen mittlere Verluste von  $> 5 \text{ dt ha}^{-1}$  verursacht; die höchsten Werte waren  $10,2 \text{ dt ha}^{-1}$  im BKR 142,  $9,8 \text{ dt ha}^{-1}$  im BKR 151 und  $9,3 \text{ dt ha}^{-1}$  im BKR 157, jeweils im Jahr 2004.

Durch den Braunrost wurden nur im Jahr 2007 in den BKR 122 und 156 mittlere Verluste von  $> 5 \text{ dt ha}^{-1}$  erreicht. Die weiteren vorhandenen Krankheiten verursachten keine mittleren Verluste von  $\geq 5 \text{ dt ha}^{-1}$ .

In Abb. 7 ist für 2007, das Jahr mit dem höchsten Krankheitsauftreten, ein Vergleich der mittleren Ertragsverluste durch die wichtigsten Blattkrankheiten für ausgewählte BKR im Norden, in der Mitte und im Süden Deutschlands dargestellt. Während Echter Mehltau nur im Norden Verluste verursachte, waren Septoria-Blattdürre und Braunrost in allen Regionen ertragswirksam.

#### 4 Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, die durch die pilzlichen Schaderreger verursachten Ertragsverluste an Winterweizen in Deutschland zu quantifizieren. Vorweg muss bemerkt werden, dass in diesem Jahrhundert in bisher nur wenigen Jahren das Krankheitsauftreten insgesamt und folglich die Ertragsverluste hoch waren. Auf Grund der vorhandenen Daten konnten die Jahre 2003 bis 2008 bewertet werden; die ermittelten Verluste gelten ausschließlich für diesen Zeitraum. Da in der überwiegenden Anzahl der Versuche mehrere Krankheiten vorhanden waren, konnten nur auf der Basis eines Modells Aussagen für die einzelnen vorhandenen Krankheiten getroffen werden.

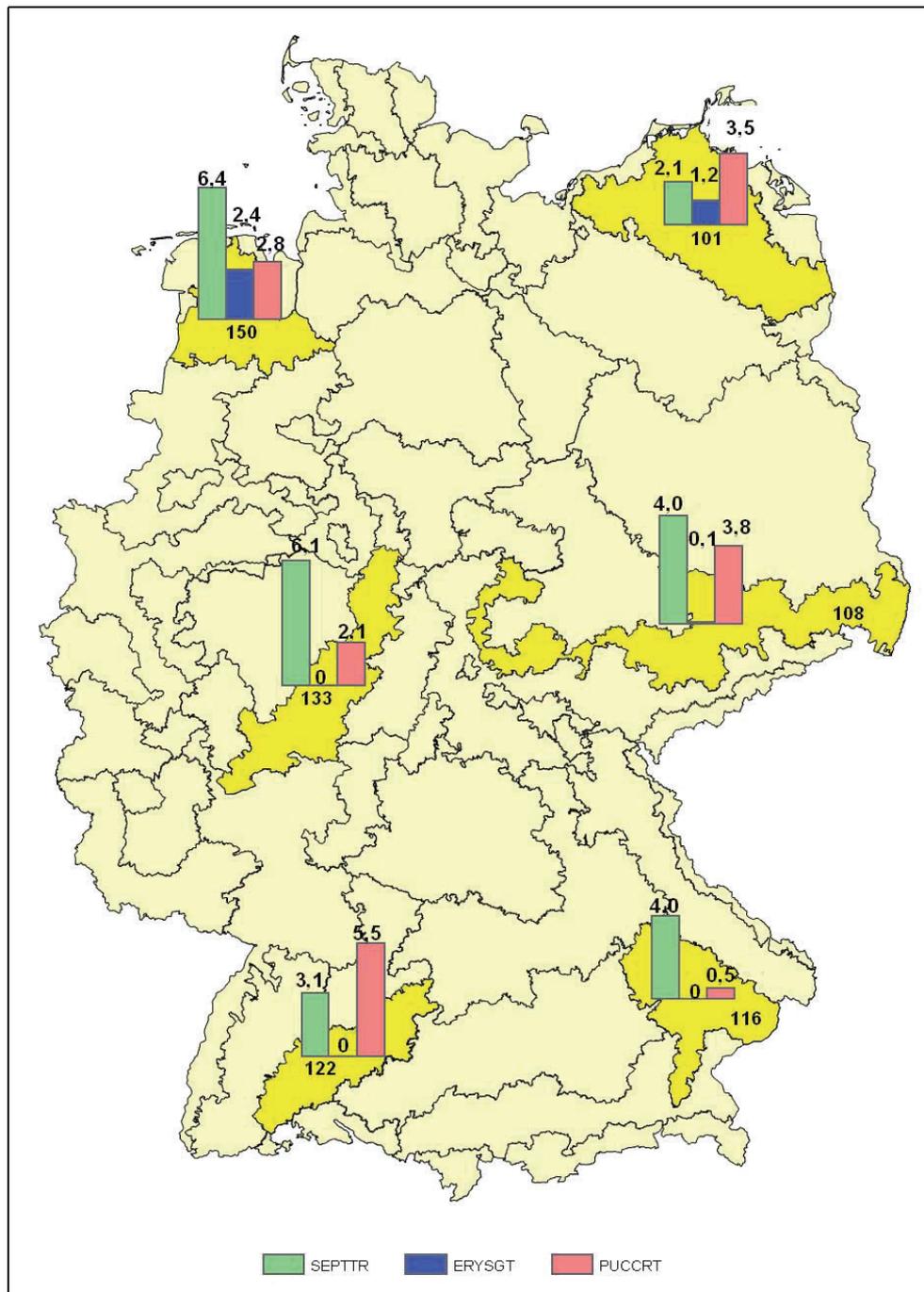
Die Analyse der Ertragsverluste durch Pflanzenkrankheiten erfolgt seit den 1970er Jahren mit der Zielsetzung, die Vorhersagemöglichkeit für die zu erwartenden Verluste durch eine Krankheit zu verbessern, aber auch das Verhältnis Krankheit – Ertragsverlust besser zu verstehen (MADDEN und NUTTER Jr., 1995). Der Mehrzahl der am häufigsten entwickelten multiple-point-Modelle liegen Regressionsgleichungen mit dem Ertragsverlust als abhängige und der Befallsstärke als unabhängige Variable zugrunde (TENG und GAUNT, 1980–81). Diesem Muster ist auch das hier angewendete Modell zuzuordnen. Im Unterschied zu den genannten Arbeiten dienten aber nicht die einzelne Krankheit und ihr Einfluss in den Entwicklungsphasen der Pflanze, sondern die Befallsstärke der zum Ende der Vegetation hin vorhandenen Krankheiten als unabhängige Variable.

Im Modell blieben Wechselwirkungen zwischen den Krankheiten vollständig unberücksichtigt. Eine Bewertung der aus biologischer Sicht relevanten Zusammenhänge wie Konkurrenz oder Synergie wäre unerlässlich, bevor mit statistischen Methoden das Modell erweitert werden könnte. Es wurde angenommen, dass sich die Krankheiten nicht gegenseitig beeinflussen, d.h. alle in einem Versuch vorhandenen Krankheiten wurden als gleichermaßen relevant für den Ertragsverlust eingeordnet.

**Tab. 6. Berechnete mittlere Ertragsverluste [dt ha<sup>-1</sup>] durch die wichtigen Blattkrankheiten im Mittel aller Versuche der Jahre 2003 bis 2008 in den Boden-Klima-Räumen (BKR)**

BKR	SEPTR	SEPTSP	PYRNTR	PUCRT	ERYSGT
101	5,8	2,6		3,5	1,3
102		2,0		3,3	
104	2,4	1,8	1,2	1,0	0,5
106	1,3	1,7		0,7	
107	3,4	1,6	0,6	1,3	0,7
108	4,4	2,4	1,3	1,8	0,9
109	3,3		0,6	1,3	0,9
111	3,5	1,6	0,5	0,5	0,4
112	2,4		0,1		
113	2,8	3,6	0,8	0,5	
114	3,3	3,7	0,7	1,8	2,0
115	4,9	6,8	1,4		0,3
116	4,4		0,4	0,4	0,6
120		3,4		2,9	
121	2,1	2,6	0,8	2,3	1,2
122	5,2	3,5	1,0	2,4	0,7
123	4,8	3,4	0,9	2,6	1,5
127	4,1	4,4	1,0	2,0	0,6
128	3,4			1,6	1,9
129	1,8		0,4	1,0	
132	2,5		0,7		
133	4,7		1,9	1,9	0,7
134	4,2		1,2	2,2	1,4
141	2,5			1,4	0,3
142	4,2		0,6	2,7	0,8
143	2,4		1,6		1,2
145	5,0		0,8	2,1	1,4
146	3,8		1,2	2,2	1,0
147	8,8		0,3	1,1	1,0
148	3,6				
150	5,9			2,8	2,3
151	4,6			1,4	1,3
152	6,1			3,6	3,3
153	3,2	2,6			1,6
154	3,4		0,5	2,4	1,1
155	6,8				
156	5,3			4,8	
157	7,0			4,6	2,6
158	3,8	4,5		4,0	1,4
195		0,7			0,4
198	2,4	2,9	0,7	1,8	

*Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) wurde als wichtigster Krankheitserreger im Winterweizen bestätigt; in allen Versuchsjahren war Septoria-Blattdürre die dominierende Krankheit. Die Tatsache, dass der größere Anteil von *Septoria* spp. ebenfalls dieser Krankheit zugeordnet werden kann, erhöht die Bedeutung entsprechend.



**Abb. 7.** Berechnete mittlere Ertragsverluste [dt ha<sup>-1</sup>] durch Septoria-Blattdürre, Echten Mehltau und Braunrost im Jahr 2007 in ausgewählten Boden-Klima-Räumen.

Überraschend war das Ergebnis für den Braunrost, *Puccinia triticina*. Alle BKR, in denen mittlere Ertragsverluste über alle Jahre von > 3 dt ha<sup>-1</sup> berechnet wurden, liegen im Norden Deutschlands in meist küstennahen Bereichen. Die Erwartung, dass Braunrost besonders in den östlichen, trockeneren Regionen hohe Ertragsverluste verursacht, wurde im Mittel der Jahre nicht erfüllt, obwohl die Krankheit z.B. in Sachsen-Anhalt in mehr als der Hälfte der Versuche vorhanden war. Es ist anzunehmen, dass das Ergebnis für Braunrost mit der bei dieser Krankheit besonders ausgeprägten Jahresabhängigkeit des Auftretens im Zusammenhang steht. Im Versuchszeitraum kann lediglich das Jahr 2007 den „Rostjahren“ zugeordnet werden. Dies zeigte sich in der Befallsstärke

in den Versuchen nicht nur in Sachsen-Anhalt, sondern auch einer Reihe weiterer Bundesländer, so in Baden-Württemberg, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein; in Mecklenburg-Vorpommern war der Braunrost nur 2007 in den Versuchen vorhanden, in allen weiteren Jahren wurde die Krankheit nicht dokumentiert.

Die relativ geringe Bedeutung des Echten Mehltaus (*Blumeria graminis*) kann mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die guten Resistenzeigenschaften der Sorten zurückgeführt werden. Zu bedenken ist aber auch, dass eine Ertragsbeeinflussung in frühen Entwicklungsstadien der Pflanzen, wie sie durch den Echten Mehltau verursacht werden kann, hier nicht erfasst wurde.

Im Fazit ist festzustellen, dass sich eine Sekundärauswertung von in größerer Menge vorhandenen Primärdaten als sinnvoll erweist. Bei ausreichender Datenmenge sind über die hier beschriebenen Ergebnisse hinaus differenziertere Aussagen zu gewinnen. Zum Beispiel sind Aussagen zur Sortenabhängigkeit der Effektivität der Fungizidanwendung oder die Ableitung angepasster Schwellenwerte auf der Grundlage des Zusammenhangs zwischen Befall und Ertragsverlust (in Abhängigkeit von weiteren Einflussfaktoren) denkbar. Die Kenntnis der jährlichen krankheitsbezogenen Ertragsverluste könnte Rückschlüsse auf Einflussfaktoren wie Region, Sorte und notwendige Behandlung erlauben.

Für eine ökonomische Bewertung der Krankheitsbekämpfung, die auf einer Datenbasis wie der hier verwendeten möglich ist, stellt die bisherige Art der Auswertung nur eine Säule dar. Es müssen weitere Daten, z.B. zu den angewendeten Fungiziden sowie zu den Kosten und Erlösen einfließen. Auch im Zusammenhang mit dem „Nationalen Aktionsplan zum nachhaltigen Pflanzenschutz“ sind diese Ergebnisse relevant. Sie können zur Beschreibung des Nutzens der Fungizidanwendung herangezogen werden und somit zu einer ausgewogenen Darstellung des chemischen Pflanzenschutzes, bei der nicht nur der Risikoaspekt betont wird, beitragen.

## Dank

Den Herren Dr. sc. Volkmar GUTSCHE und Dr. Dietmar ROSSBERG danken wir herzlich für die hilfreichen Diskussionen, Frau Marion BATSCHON für die Erstellung der Übersichtskarte zu den Versuchsstandorten.

## Literatur

- AKAIKE, H., 1973: Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: CSÁKI, F., B. N. PETROV (Eds.): Information Theory: Proceedings of the Second International Symposium, Budapest: Akademiai Kiado, 267-281.
- ANONYM, 1986: Richtlinie für die Prüfung von Fungiziden gegen *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton (Halmbrochkrankheit) an Getreide. 4-5.1.6. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 8 S.
- HARTLEB, H., G. HARTMANN, C. WOLFF, P. RÜCKER, 1995: Die Ertragswirksamkeit des Braunrostes (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm.) an Weizen und Roggen sowie des Zwergrostes (*Puccinia hordeii* Otth) an Gerste bei unterschiedlich resistenten Sorten in Sachsen-Anhalt. Gesunde Pflanzen 47, 59-64.
- JAHN, M., C. WAGNER, E. MOLL, B. PALLUTT, 2010: Auftreten und Bekämpfung von Krankheiten in Wintergetreide in einem Dauerfeldversuch auf dem Versuchsfeld Dahnsdorf. Journal für Kulturpflanzen 62, 248-258.
- MADDEN, L.V., F.W. NUTTER JR., 1995: Modeling crop losses at the field scale. Canadian Journal for Plant Pathology 17, 124-137.
- MANNINGER, K., 1992: Occurrence and virulence of wheat leaf rust in Hungary. Vorträge für Pflanzenzüchtung 24, 84-86.
- MOLL, E., K. FLATH, J. SELLMANN, 2009: Schätzen der Befallsstärke – (k)ein Problem. Journal für Kulturpflanzen 61, 440-442.
- MOLL, E., K. FLATH, I. TESSENOW, 2010: Bewertung der Resistenz von Getreidesortimenten Planung und Auswertung der Versuche mit Hilfe der SAS-Anwendung RESI 2. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 154, 110 S.
- MÜLLER, M., 2005: Fungizideinsatz im Weizenanbau in Abhängigkeit von Befallsauftreten und Ertragserwartung. Gesunde Pflanzen 57, 90-100.
- OBST, A., K. GEHRING, 2002: Getreide – Krankheiten Schädlinge Unkräuter. Gelsenkirchen-Buer, Verlag Th. Mann, S. 58.
- OERKE, E.-C., H.-W. DEHNE, 2004: Safeguarding production – losses in major crops and the role of crop protection. Crop Protection 23, 275-285.
- ROSSBERG, D., V. MICHEL, R. GRAF, R. NEUKAMPF, 2007: Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 59, 155-161.
- TENG, P.S., R.E. GAUNT, 1980-81: Modelling systems of disease and yield loss in cereals. Agricultural Systems 6, 131-154.
- WITZKE, H. VON, S. NOLEPPA, 2011: Der gesamtgesellschaftliche Nutzen von Pflanzenschutz in Deutschland. Darstellung des Projektansatzes und von Ergebnissen zu Modul 1: Ermittlung von Markteffekten und gesamtwirtschaftlicher Bedeutung. Berlin: agripol und Humboldt-Universität zu Berlin, 40 S.