

Johann Bachmeier

**Befallsauftreten und Kontrolle
pilzlicher Pathogene unter Bemessung
des Fungizidpotentials in Bayern**



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

Aus dem Institut für Phytopathologie
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Befallsauftreten und Kontrolle pilzlicher Pathogene
unter Bemessung des Fungizidpotentials in Bayern

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Dipl.-Ing. agr. (FH) Johann Bachmeier
aus Landshut

Kiel, 2008

Dekan: Prof. Dr. U. Latacz-Lohmann
1. Berichterstatter: Prof. Dr. J.-A. Verreet
2. Berichterstatter: Prof. Dr. D. Cai
Tag der mündlichen Prüfung: 20. November 2008

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2008

Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 2008

978-3-86727-829-4

Gedruckt mit Genehmigung der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Titelfoto (links): AnneU – fotolia.com

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2008

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2008

Gedruckt auf säurefreiem Papier

978-3-86727-829-4

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Die Entwicklung des Rapsanbaus	1
1.2	Bedeutung von Raps in Bayern	3
1.3	Wirtschaftlich bedeutende pilzliche Pathogene in Raps	6
1.3.1	<i>Phoma lingam</i>	6
1.3.2	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	8
1.3.3	<i>Verticillium longisporum</i>	10
1.3.4	Weitere Rapspathogene	12
1.4	Charakterisierung der eingesetzten Fungizide in Winterraps	15
1.4.1	Wirkstoffgruppe der Sterolbiosynthesehemmer	15
1.4.1.1	Tebuconazol	18
1.4.1.2	Metconazol	20
1.4.1.3	Prothioconazol	21
1.4.1.4	Flusilazol	22
1.4.1.5	Paclobutrazol	23
1.4.1.6	Difenoconazol	25
1.4.2	Wirkstoffgruppe der Atmungshemmer.	26
1.4.2.1	Boscalid	28
1.4.3	Wirkstoffgruppe der Mitose- und Meiosehemmer	29
1.4.3.1	Carbendazim	30
1.5	Zielsetzung der Arbeit	31
2	Material und Methoden	32
2.1	Versuchsstandorte und Versuchsanlagen	32
2.2	Charakterisierung der verwendeten Sorten	37
2.3	Eingesetzte Präparate und deren Wirkstoffe	38
2.4	Applizierte Fungizidvarianten	39
2.5	Probenahme und Bonituren	41
2.5.1	Erhebung der pathogenspezifischen Populationsdynamik	42
2.5.1.1	Krankheitserreger des Blattapparates	42
2.5.1.2	Krankheitserreger des Wurzelhals- und Stängelbereiches	43
2.5.2	Datenerhebung zur Bestandesdichte und von morphologischen Parametern	45
2.5.3	Untersuchung der Apothecienentwicklung	46
2.6	Beerntung	46
2.7	Angabe meteorologischer Daten	47
2.8	Statistische Verrechnung der erhobenen Daten	47
3	Ergebnisse	48
3.1	Witterungsverlauf 2004 – 2006	48
3.1.1	Witterungsverlauf am Standort Helmstadt	48
3.1.2	Witterungsverlauf am Standort Söllitz	50
3.1.3	Witterungsverlauf am Standort Straß	52

3.1.4	Witterungsverlauf am Standort Offingen	54
3.2	Befallsauftreten von <i>Phoma lingam</i>	57
3.2.1	Befall des Blattapparates	57
3.2.1.1	Befallsauftreten von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat im fungizidunkontaminierten Bestand	57
3.2.1.2	Einfluß von Fungiziden auf die Epidemiologie von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat	64
3.2.1.3	Wirkungsgrade von Fungiziden hinsichtlich dem Blattbefall von <i>Phoma lingam</i>	72
3.2.2	Wurzelhals- und Stängelbefall mit <i>Phoma lingam</i>	73
3.2.2.1	Befallsauftreten von <i>Phoma lingam</i> an Wurzelhals und Stängel im fungizidunkontaminierten Bestand	73
3.2.2.2	Einfluß von Fungiziden auf die Epidemiologie von <i>Phoma lingam</i> an Wurzelhals und Stängel	76
3.2.2.2.1	Einfluß von Fungiziden auf die Epidemiologie von <i>Phoma lingam</i> am Wurzelhals	76
3.2.2.2.2	Einfluß von Fungiziden auf die Epidemiologie von <i>Phoma lingam</i> am Stängel	83
3.2.3	Zusammenhang zwischen dem Blattbefall von <i>Phoma lingam</i> im Herbst und dem Wurzelhalsbefall	90
3.3	Epidemiologie von <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	91
3.3.1	Apothecienbildung im Sklerotienepot	91
3.3.2	Befallsauftreten von <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> im fungizidunkontaminierten Bestand	93
3.3.3	Effekte differenzierter Fungizidapplikationen auf das Befallsauftreten von <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	94
3.4	Befallsauftreten von <i>Verticillium longisporum</i> im fungizidunkontaminierten Bestand	98
3.4.1	Effekte differenzierter Fungizidapplikationen auf das Befallsauftreten von <i>Verticillium longisporum</i>	100
3.5	Befallsauftreten von <i>Peronospora parasitica</i>	102
3.6	Befallsauftreten pilzlicher Rapspathogene mit peripherer Bedeutung	106
3.7	Auswirkungen der Fungizidbehandlungen auf die Pflanzenmorphogenese	106
3.7.1	Sprosslänge	106
3.7.2.	Wurzelhalsdurchmesser	111
3.7.3	Bestandesdichte und Überwinterung	115
3.7.4	Wuchshöhe	119
3.7.5	Lagerbildung	122
3.8	Betrachtung von Ertrags- und Ernteparametern	126
3.8.1	Effekte unterschiedlicher Fungizidbehandlungen auf den Ertrag	126
3.8.2	Einfluss von <i>Phoma lingam</i> -Wurzelhalsbefall und Lagerbildung auf dem Ertrag	131
3.8.3	Effekte der unterschiedlichen Fungizideinsätze auf das Tausendkorngewicht	132

3.8.4	Effekte der unterschiedlichen Fungizideinsätze auf den Trockensubstanzgehalt im Erntegut	133
3.8.5	Effekte der unterschiedlichen Fungizideinsätze auf den Ölgehalt in der Trockensubstanz	135
3.9	Betrachtung der einzelnen Fungizidstrategien hinsichtlich ökonomischer Aspekte	137
4	Diskussion	142
4.1	<i>Phoma lingam</i>	142
4.2	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	147
4.3	<i>Verticillium longisporum</i>	150
4.4	<i>Peronospora parasitica</i>	153
4.5	Effekte der Fungizidbehandlungen auf Pflanzenmorphologie	154
4.6	Effekte der Fungizidbehandlungen auf den Ertrag und monetären Mehrerlös	159
5	Zusammenfassung	164
6	Summary	166
7	Literaturverzeichnis	168

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anbauflächen und Ertragsentwicklung von Winterraps in Bayern	4
Abb. 2: Schwerpunkte des Anbaus von Winterraps zur Ernte 2006 nach Landkreisen in Bayern	5
Abb. 3: Chemische Strukturformeln von Cholesterin und Ergosterin	16
Abb. 4: Ausgewählte Hemmstellen der Azolfungizide (DMI) und der Morpholine im Sterolbiosyntheseweg der Pilze	18
Abb. 5: Chemische Strukturformel Tebuconazol	20
Abb. 6: Chemische Strukturformel Metconazol	21
Abb. 7: Stereochemie des Prothioconazols	22
Abb. 8: Chemische Strukturformel Flusilazol	23
Abb. 9: Chemische Strukturformel Paclobutrazol	25
Abb. 10: Chemische Strukturformel Difenoconazol	26
Abb. 11: Die Eingriffsorte von Strobilurinen und Carboxaniliden in die Atmungskette von Pilzen	28
Abb. 12: Chemische Strukturformel Boscalid	29
Abb. 13: Chemische Strukturformel Carbendazim	31
Abb. 14: Landkreisübersicht Bayern - Lokalisierung der Versuchsstandorte	33
Abb. 15: Sortenverteilung bei Winterraps zur Ernte 2006 in Bayern	37
Abb. 16: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2004/2005 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Helmstadt	49
Abb. 17: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Helmstadt im Versuchsjahr 2004/2005	49
Abb. 18: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2005/2006 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Helmstadt	50

Abb. 19: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Helmstadt im Versuchsjahr 2005/2006	50
Abb. 20: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2004/2005 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Söllitz	51
Abb. 21: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Söllitz im Versuchsjahr 2004/2005	51
Abb. 22: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2005/2006 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Söllitz	52
Abb. 23: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Söllitz im Versuchsjahr 2005/2006	52
Abb. 24: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2004/2005 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Straß	53
Abb. 25: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Straß im Versuchsjahr 2004/2005	53
Abb. 26: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2005/2006 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Straß	54
Abb. 27: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Straß im Versuchsjahr 2005/2006	54
Abb. 28: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2004/2005 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Offingen	55
Abb. 29: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Offingen im Versuchsjahr 2004/2005	55
Abb. 30: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2005/2006 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Offingen	56
Abb. 31: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Offingen im Versuchsjahr 2005/2006	56

Abb. 32: Befallsverlauf von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat in der unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (% befallene Pflanzen), Standorte Helmstadt und Söllitz, Versuchsjahr 2004/2005	59
Abb. 33: Befallsverlauf von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat in der unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (% befallene Pflanzen), Standorte Straß und Offingen, Versuchsjahr 2004/2005	60
Abb. 34: Befallsverlauf von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat in der unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (% befallene Pflanzen), Standorte Helmstadt und Söllitz, Versuchsjahr 2005/2006	62
Abb. 35: Befallsverlauf von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat in der unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (% befallene Pflanzen), Standorte Straß und Offingen, Versuchsjahr 2005/2006	63
Abb. 36: Einfluß einer Herbstapplikation von Fungiziden (BBCH 14-16) auf den Befallsverlauf von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat zu unterschiedlichen Boniturterminen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze), Versuchsjahr 2004/2005	66
Abb. 37: Einfluß einer Herbstapplikation von Fungiziden (BBCH 14-16) auf den Befallsverlauf von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat zu unterschiedlichen Boniturterminen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze), Versuchsjahr 2005/2006	70
Abb. 38: Befall mit <i>Phoma lingam</i> an Wurzelhals und Stängel in der unbehandelten Kontrolle zu unterschiedlichen Boniturterminen, Befallswert (1-9) und BSB (n-Pyknidien) im Versuchsjahr 2004/2005	74
Abb. 39: Befall mit <i>Phoma lingam</i> an Wurzelhals und Stängel in der unbehandelten Kontrolle zu unterschiedlichen Boniturterminen, Befallswert (1-9) und BSB (n-Pyknidien) im Versuchsjahr 2005/2006	75
Abb. 40: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von <i>Phoma lingam</i> am Wurzelhals, Nacherntebonitur, Mittel der Standorte in 2004/2005 (Helmstadt, Straß, Offingen) und 2005/2006 (Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)	82

Abb. 41: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von <i>Phoma lingam</i> am Stängel, Nacherntebonitur, Mittel der Standorte in 2004/2005 (Helmstadt, Straß, Offingen) und 2005/2006 (Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)	89
Abb. 42: Zusammenhang zwischen BSB (n-Pyknidien/Pflanze) von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat im Herbst (17.11.04; 05.11.05) mit dem Wurzelhalsendbefall (BW 1-9) der herbstbehandelten Varianten und der unbehandelten Kontrolle gemittelt für die Versuchsjahre 2004/2005 sowie 2005/2006	90
Abb. 43: Zusammenhang zwischen BHB (%) von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat im Herbst (17.11.04; 05.11.05) mit dem Wurzelhalsendbefall (BW 1-9) der herbstbehandelten Varianten und der unbehandelten Kontrolle gemittelt für die Versuchsjahre 2004/2005 sowie 2005/2006	91
Abb. 44: Summe der gebildeten Apothecien aus 2 x 50 ausgelegten Sklerotien an den Standorten Helmstadt, Söllitz, Straß und Offingen, Frühjahr 2005, BBCH 55-71	92
Abb. 45: Summe der gebildeten Apothecien aus 2 x 50 ausgelegten Sklerotien an den Standorten Helmstadt, Söllitz, Straß und Offingen, Frühjahr 2006, BBCH 55-73	93
Abb. 46: BHB (%) von <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> an den Versuchsstandorten in der unbehandelten Kontrollvariante, BBCH 85, Versuchsjahre 2004/2005 und 2005/2006	94
Abb. 47: BHB (%) von <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> an den Versuchsstandorten in Abhängigkeit von differenzierten Fungizidvarianten, BBCH 85, Versuchsjahr 2004/2005	96
Abb. 48: BHB (%) von <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> an den Versuchsstandorten in Abhängigkeit von differenzierten Fungizidvarianten, BBCH 85, Versuchsjahr 2005/2006	97
Abb. 49: BW (1-9) von <i>Verticillium longisporum</i> an den vier Versuchsstandorten in der unbehandelten Kontrollvariante, Bonitur nach der Ernte, Versuchsjahre 2004/2005 und 2005/2006	99
Abb. 50: Zusammenhang zwischen dem Befallswert (1-9) von <i>Verticillium longisporum</i> in der unbehandelten Kontrollvariante (Bonitur nach der Ernte) und dem Rapsanteil (%) in der Fruchtfolge, Versuchsjahr 2004/2005 und 2005/2006	100

Abb. 51: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf die Sprosslänge (mm) in Abhängigkeit vom Boniturtermin, Mittel über die Standorte in den Versuchsjahren 2004/2005 (Helmstadt, Straß, Offingen) und 2005/2006 (Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)	110
Abb. 52: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf den Wurzelhalsdurchmesser (mm) in Abhängigkeit vom Boniturtermin, Mittel über die Standorte in den Versuchsjahren 2004/2005 (Helmstadt, Straß, Offingen) und 2005/2006 (Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)	114
Abb. 53: Relation (%) der Pflanzenanzahl im Frühjahr (04.04.2005) zur Pflanzenanzahl im Herbst (18.11.2004) in Abhängigkeit von Standort und Herbstapplikation, Versuchsjahr 2004/2005	116
Abb. 54: Relation (%) der Pflanzenanzahl im Frühjahr (15.04.2006) zur Pflanzenanzahl im Herbst (22.11.2005) in Abhängigkeit von Standort und Herbstapplikation, Versuchsjahr 2005/2006	118
Abb. 55: Einfluss differenzierter Fungizidapplikationen auf die Lagerbildung (%), BBCH 85, Versuchsjahr 2004/2005	123
Abb.56: Einfluss differenzierter Fungizidapplikationen auf die Lagerbildung (%), BBCH 85, Versuchsjahr 2005/2006	125
Abb. 57: Ernteerträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Fungizidvariante und Standort, Versuchsjahr 2004/2005	127
Abb. 58: Ernteerträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Fungizidvariante und Standort, Versuchsjahr 2005/2006	129
Abb. 59: Ölgehalt der Rapssamen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Fungizideinsätzen am Standort Straß, Versuchsjahre 2004/2005 und 2005/2006	136
Abb. 60: Differenz (€/ha) des monetären Mehrerlöses im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle in Abhängigkeit von der Fungizidvariante in den Versuchsjahren 2004/2005 (Mittel der Standorte Helmstadt, Straß, Offingen), 2005/2006 (Mittel der Standorte Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen) und im Mittel der Jahre	141

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Beschreibung der Versuchsflächen 2004/2005	33
Tab. 2: Beschreibung der Versuchsflächen 2005/2006	34
Tab. 3: Ackerbauliche Maßnahmen an den Standorten im Versuchsjahr 2004/2005	35
Tab. 4: Ackerbauliche Maßnahmen an den Standorten im Versuchsjahr 2005/2006	36
Tab. 5: Einstufung der Sorten (1 = sehr früh/sehr niedrig/sehr gering; 9 = sehr spät/sehr hoch/sehr stark)	37
Tab. 6: Übersicht der Produkte, Wirkstoffe und Wirkungsorte	38
Tab. 7: Zugelassene Indikationen und Anwendungen der eingesetzten Fungizide	39
Tab. 8: Versuchsplan mit applizierten Fungizidvarianten und Einsatzstadien	40
Tab. 9: Applikationstermine der Fungizide in den Versuchsjahren 2004/2005 und 2005/2006	41
Tab. 10: Schema zur Ermittlung des Befallswertes für <i>Phoma lingam</i> am Wurzelhals	43
Tab. 11: Schema zur Ermittlung des Befallswertes für <i>Phoma lingam</i> am Stängel	44
Tab. 12: Befallswerte für <i>Verticillium longisporum</i>	45
Tab. 13: Erntetermine der einzelnen Versuchsstandorte	46
Tab. 14: Einfluß einer Herbstapplikation von Fungiziden (BBCH 14-16) auf den Befallsverlauf von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat zu unterschiedlichen Boniturterminen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (%), Versuchsjahr 2004/2005	67
Tab. 15: Einfluß einer Herbstapplikation von Fungiziden (BBCH 14-16) auf den Befallsverlauf von <i>Phoma lingam</i> am Blattapparat zu unterschiedlichen Boniturterminen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (%), Versuchsjahr 2005/2006	71

Tab. 16: Fungizide Wirkungsgrade (%) einer Herbstapplikation (BBCH 14-16) hinsichtlich dem Blattbefall (BSB) von <i>Phoma lingam</i> im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, Boniturtermin (17.11.2004, 05.11.2005), Mittel der Standorte in den Versuchsjahren 2004/2005 (Helmstadt, Straß, Offingen) und 2005/2006 (Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen) sowie Mittel der Jahre	72
Tab. 17: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von <i>Phoma lingam</i> am Wurzelhals, Versuchsjahr 2004/2005	78
Tab. 18: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf die Befallsstärke (n-Pyknidien) von <i>Phoma lingam</i> am Wurzelhals, Versuchsjahr 2004/2005	79
Tab. 19: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von <i>Phoma lingam</i> am Wurzelhals, Versuchsjahr 2005/2006	80
Tab. 20: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf die Befallsstärke (n-Pyknidien) von <i>Phoma lingam</i> am Wurzelhals, Versuchsjahr 2005/2006	81
Tab. 21: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von <i>Phoma lingam</i> am Stängel, Versuchsjahr 2004/2005	85
Tab. 22: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf die Befallsstärke (n-Pyknidien) von <i>Phoma lingam</i> am Stängel, Versuchsjahr 2004/2005	86
Tab. 23: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von <i>Phoma lingam</i> am Stängel, Versuchsjahr 2005/2006	87
Tab. 24: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf die Befallsstärke (n-Pyknidien) von <i>Phoma lingam</i> am Stängel, Versuchsjahr 2005/2006	88
Tab. 25: BW (1-9) von <i>Verticillium longisporum</i> an den Versuchsstandorten in Abhängigkeit von differenzierten Fungizidvarianten, Versuchsjahr 2004/2005	101
Tab. 26: BW (1-9) von <i>Verticillium longisporum</i> an den Versuchsstandorten in Abhängigkeit von differenzierten Fungizidvarianten, Versuchsjahr 2005/2006	102
Tab. 27: Befallshäufigkeit (%) und Befallsstärke (%) des Erregers <i>Peronospora parasitica</i> in Abhängigkeit von Standort und Fungizidvariante, Versuchsjahr 2004/2005	104

Tab. 28: Befallshäufigkeit (%) und Befallsstärke (%) des Erregers <i>Peronospora parasitica</i> in Abhängigkeit von Standort und Fungizidvariante, Versuchsjahr 2005/2006	105
Tab. 29: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf die Sprosslänge (mm) in Abhängigkeit von Standort und Boniturtermin, Versuchsjahr 2004/2005	107
Tab. 30: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf die Sprosslänge (mm) in Abhängigkeit von Standort und Boniturtermin, Versuchsjahr 2005/2006	109
Tab. 31: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf den Wurzelhalsdurchmesser (mm) in Abhängigkeit von Standort und Boniturtermin, Versuchsjahr 2004/2005	112
Tab. 32: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf den Wurzelhalsdurchmesser (mm) in Abhängigkeit von Standort und Boniturtermin, Versuchsjahr 2005/2006	113
Tab. 33: Bestandesdichte (Pfl./m ²) in Abhängigkeit von Standort, Herbstapplikation und Untersuchungstermin, Versuchsjahr 2004/2005	115
Tab. 34: Bestandesdichte (Pfl./m ²) in Abhängigkeit von Standort, Herbstapplikation und Untersuchungstermin, Versuchsjahr 2005/2006	117
Tab. 35: Wuchshöhe (cm) in Abhängigkeit von Fungizidbehandlung und Standort zu BBCH 69, Versuchsjahr 2004/2005	120
Tab. 36: Wuchshöhe (cm) in Abhängigkeit von Fungizidbehandlung und Standort zu BBCH 69, Versuchsjahr 2005/2006	121
Tab. 37: Mittelwert der Erträge in dt/ha und relativ (%) in Abhängigkeit von der Fungizidvariante, Versuchsjahr 2004/2005 (Standorte Helmstadt, Straß, Offingen), Versuchsjahr 2005/2006 (Standorte Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen) und im Mittel der Jahre	130
Tab. 38: Korrelation (r^2) zwischen dem <i>Phoma lingam</i> -Wurzelhalsendbefall (BW 1-9) und dem Ertrag (dt/ha) an den einzelnen Versuchsstandorten sowie im Mittel der Standorte (2004/2005: Helmstadt, Straß, Offingen; 2005/2006: Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)	131

Tab. 39: Korrelation (r^2) zwischen der Lagerbildung (%) und dem Ertrag (dt/ha) an den einzelnen Versuchsstandorten sowie im Mittel der Standorte (2004/2005: Helmstadt, Straß, Offingen; 2005/2006: Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)	131
Tab. 40: Tausendkorngewicht (g) in Abhängigkeit von Standort und differenzierten Fungizidapplikationen, Versuchsjahr 2004/2005	132
Tab. 41: Tausendkorngewicht (g) in Abhängigkeit von Standort und differenzierten Fungizidapplikationen, Versuchsjahr 2005/2006	133
Tab. 42: Trockensubstanzgehalt (%) im Erntegut in Abhängigkeit von Standort und differenzierten Fungizidapplikationen, Versuchsjahr 2004/2005	134
Tab. 43: Trockensubstanzgehalt (%) im Erntegut in Abhängigkeit von Standort und differenzierten Fungizidapplikationen, Versuchsjahr 2005/2006	135
Tab. 44: Berechnungsgrundlage für Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Versuchsjahre 2004/2005 und 2005/2006	137
Tab. 45: Einfluss differenzierter Fungizidapplikationen auf den monetären Mehrerlös (€/ha) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle an den einzelnen Versuchsstandorten sowie im Mittel der Standorte Helmstadt, Straß und Offingen, Versuchsjahr 2004/2005	138
Tab. 46: Einfluss differenzierter Fungizidapplikationen auf den monetären Mehrerlös (€/ha) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle an den einzelnen Versuchsstandorten sowie im Mittel der Standorte Helmstadt, Söllitz, Straß und Offingen, Versuchsjahr 2005/2006	139

Abkürzungsverzeichnis

a.i.	active ingredient
ASS	Ammonsulfatsalpeter
ALF	Amt für Landwirtschaft und Forsten
ATP	Adenosintriphosphat
B	Blüte
BBCH	Entwicklungsstadium der Pflanzen (nach MEIER und BLEIHOLDER 2006)
BAS	Borammonsalpeter
BCM	Methylbenzimidazolcarbammat
BHB	Befallshäufigkeit im Bestand
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BSB	Befallsstärke im Bestand
BW	Befallswert
CAS	Chemical Abstracts Service
cm	Centimeter
DAP	Diammonphosphat
DMI	Demethylaseinhibitoren
dt	Dezitonne
E	Einheit
EC	Emulsionskonzentrat
EW	Emulsion in Wasser
F	Frühjahr
g	Gramm
°C	Grad Celsius
H	Herbstbehandlung
ha	Hektar
HF	Herbst-/Frühjahrsbehandlung
HFB	Herbst-/Frühjahrs-/Blütenbehandlung
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
K	Kalium
KAS	Kalkammonsalpeter
kg	Kilogramm
l	Liter
LfL	Landesanstalt für Landwirtschaft
IS	lehmiger Sand
m	Meter
MBC	Methylbenzimidazolcarbammat
m ²	Quadratmeter
Mio.	Million
ml	Milliliter
mm	Millimeter
µm	Mikrometer
N	Stickstoff

Abkürzungsverzeichnis

n.a.	nicht angelegt
n.e.	nicht ermittelt
P	Phosphor
O	Sauerstoff
SBI	Sterole biosynthesis inhibitors
SC	Suspensionskonzentrat
SL	Wasserlösliches Konzentrat
sL	sandiger Lehm
TKG	Tausendkorngewicht
TMTD	Tetramethylthiuramdisulfid
tL	toniger Lehm
TS	Trockensubstanz
ÜR	Überwinterungsrate
uL	schluffiger Lehm
VG	Versuchsglied
VM	Versuchsmittel
vorg. B	vorgezogene Blütenbehandlung
WG	Wasserdispergierbares Granulat
WTR	Wachstumsregler

1 Einleitung

Raps nimmt in Bayern wie in vielen anderen nordeuropäischen Anbaugebieten eine bedeutende Stellung als landwirtschaftliche Kulturpflanze ein. Wohl keine andere Ackerfrucht hat in den letzten 20 Jahren einen derartigen Bedeutungszuwachs erlangt wie der Winterraps.

1.1 Die Entwicklung des Rapsanbaus

Raps (*Brassica napus* L. var. *napus*) vereint das Erbgut von Kohl und Rübsen. Diese Kreuzung fand vermutlich in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung im Mittelmeerraum statt, als die von chinesischen Seidenhändlern mitgeführten Rübsensamen erstmalig neben den mediterranen Kohlpflanzen aufwuchsen. Ein gezielter Anbau von Raps erfolgte jedoch nicht vor dem späten Mittelalter, ausgehend von den Niederlanden gelangte die Kultur damals in das nordwestliche Deutschland. Bevor das Rapsöl im 19. Jahrhundert verstärkt für technische Zwecke und als Lebensmittel genutzt wurde, fand es in erster Linie Verwendung in Öllampen zur Beleuchtung privater Wohnungen (BRAUER 2007).

Unterstützt durch die züchterische Bearbeitung des Fettsäuremusters von Rapsöl ist in den 60er und 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts die Rapsanbaufläche angestiegen (KRUSE 2004). Der Züchtung gelang die Erzeugung von 00-Sorten, mit denen heute in Deutschland nahezu die komplette Rapsanbaufläche bestellt ist. Die Körner von 00-Rapssorten sind weitgehend frei von Erucasäure sowie Glucosinolaten. Durch die fehlende Erucasäure verlor das Rapsöl seinen bitteren Beigeschmack und stand nicht mehr nur ausschließlich für technische Zwecke, sondern auch als ernährungsphysiologisch interessanter Rohstoff für die Lebensmittelindustrie zur Verfügung. Die Absenkung des Gehaltes an Glucosinolat, dessen Abbauprodukte in hohen Konzentrationen giftig sind, ermöglichte zudem einen problemlosen Einsatz des Rapskuchens in der Tierernährung (ANONYMUS 2004c).

Raps wird heute weltweit in seiner Winter- und Sommerform kultiviert; Wintervarietäten hauptsächlich in gemäßigten Klimazonen in Europa und China, Sommervarietäten nahezu ausschließlich in Gebieten mit extremeren Klimaten wie Australien und Kanada (FRANKE 1989, POUZET 1995). Als Quelle für Pflanzenöl steht Raps weltweit nach Soja und Ölpalme an dritter Stelle (ANONYMUS 2006k). Neben der Verwendung als Nahrungsmittel aufgrund des hochwertigen Ölsäurenspektrums, dem Einsatz in der Futtermittelindustrie sowie als Rohstoff der chemischen Industrie hat die Nachfrage nach Rapsöl insbesondere durch die Produktion von Raps-Methyl-Ester („Biodiesel“) einen großen Aufschwung erfahren (ANONYMUS 2007g, BOCKEY 2006a).

Im Jahr 2006 fanden in Deutschland mehr als 1 Million Hektar Raps ihre Verwendung in der Biodieselindustrie, 300.000 Hektar als Speiseöl in der Nahrungsmittelindustrie; einen kleineren Absatzmarkt stellt zudem die Oleochemie dar (BOCKEY 2007). Die Europäische Union (EU-25) ist mit etwa 33 % Anteil an der Weltproduktion der größte Rapsproduzent vor China (28,4 %), Kanada (16,8 %) und Indien (13,5 %). Zur Ernte 2006 wies die Rapsanbaufläche in der Europäischen Union (EU-25) mit 5,089 Mio. ha einen neuen Höchststand auf; die größten Anbauländer nach der Bundesrepublik Deutschland (1,429 Mio. ha) waren Frankreich (1,405 Mio. ha), Polen (623.000 ha) und Großbritannien (500.000 ha) (MIELKE 2006, ANONYMUS 2007h). In Deutschland hat sich die Rapsfläche in den letzten 15 Jahren verdoppelt; im Jahr 2005 waren etwa 11 % der zur Verfügung stehenden Ackerfläche mit Raps bestellt. Durch die Intensivierung der Rapsproduktion werden hier die weltweit höchsten Erträge erzielt. Die Bundesländer mit der größten Rapsfläche (zur Ernte 2006) waren Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Bayern (ALPMANN 2005, BOCKEY 2006b, ANONYMUS 2007i).

Die verstärkte Nachfrage nach Rapsöl und die daraus resultierenden stabilen bzw. steigenden Marktpreise führten zu einer hohen ökonomischen Vorzüglichkeit im Vergleich zu anderen Marktfrüchten (STARK et al. 2001). Aufgrund der tiefen Durchwurzelung und langen Beschattung zeigt Raps eine gute Vorfruchtwirkung durch die Verbesserung der bodenphysikalischen Eigenschaften, was in den heutigen, engen Getreidefruchtfolgen ein bedeutsamer Aspekt ist (CHAN und HEENAN 1996). Zusätzlich

stellt Raps aus phytosanitärer Sicht eine Gesundungsfrucht im intensiven Getreideanbau dar (VOLCKENS und WARNECKE 2007).

1.2 Bedeutung von Raps in Bayern

Winterraps zählt in Bayern nach Getreide und Mais zu den bedeutendsten Ackerbaukulturen. Der Anbau von Winterraps umfasste zur Ernte 2006 eine Fläche von 162.589 ha (ANONYMUS 2006j). Die Entwicklung der Anbauflächen in Bayern ist in Abbildung 1 dargestellt. Eine weitere Flächenausdehnung aufgrund der energiepolitischen Diskussionen und der daraus resultierenden Errichtung großer Verarbeitungskapazitäten, hängt in erster Linie von der Preisentwicklung und der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu konkurrierenden Ackerfrüchten ab. Flächenpotentiale dafür wären in den bayerischen Ackerbaugebieten noch ausreichend vorhanden, der Anbauflächenanteil in der Fruchtfolge betrug 2006 nur ca. 10 % (AIGNER und REHM 2006, BOCKEY 2006c).

Nach dem witterungsbedingt schlechten Ertragsniveau 2003, wurde in Bayern im Erntejahr 2004 mit durchschnittlich 38,7 dt/ha der höchste Kornertrag erreicht (Abb. 1). Auch in den Jahren 2005 (36,5 dt/ha) und 2006 (38,1 dt/ha) konnte im Landesdurchschnitt die Marke von 35 dt/ha deutlich übertroffen werden (ANONYMUS 2006j).

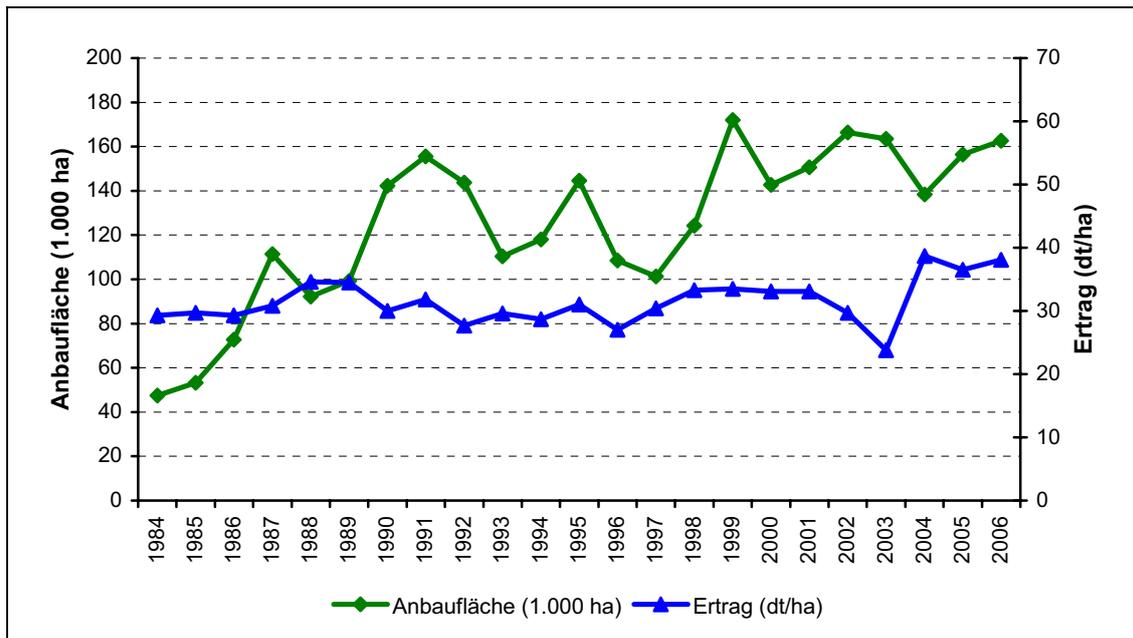


Abb. 1: Anbauflächen und Ertragsentwicklung von Winterraps in Bayern (ANONYMUS 2006j)

Winterraps ist in Bayern, abgesehen von den Grünlandregionen des Voralpenlandes bzw. des Bayerischen Waldes, in allen landwirtschaftlichen Erzeugungsgebieten anzutreffen. Die Anbauschwerpunkte von Winterraps liegen in den nordbayerischen Ackerbaulagen (Unterfranken, Oberfranken, westliches Mittelfranken), in den Juragebieten zwischen Eichstätt, Ingolstadt und Regensburg sowie in den ostbayerischen Vorwaldgebieten (STARK et al. 2001).

Die bedeutendsten Anbauregionen von Winterraps in Bayern sind in Abbildung 2 dargestellt.

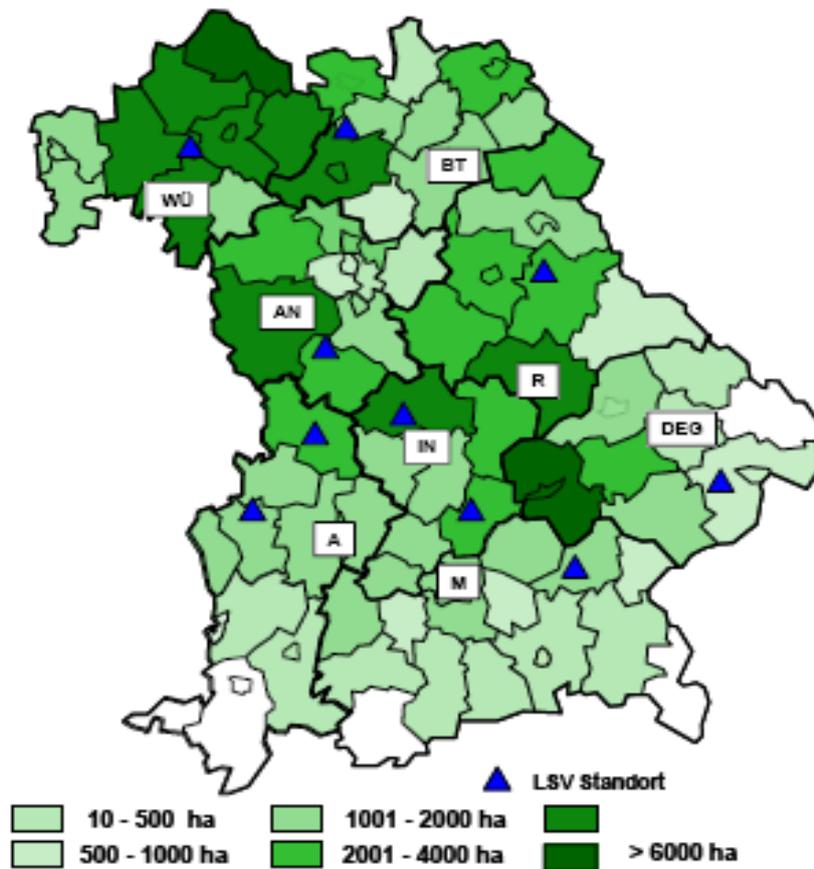


Abb. 2: Schwerpunkte des Anbaus von Winterraps zur Ernte 2006 nach Landkreisen in Bayern (Quelle: AIGNER und REHM 2006)

Im Anbaujahr 2005/2006 wurden 84 % der bayerischen Rapsfläche mit Fungiziden behandelt; im Durchschnitt wurden 1,7 Fungizidanwendungen durchgeführt. Damit werden die Rapsbestände in Bayern weniger intensiv fungizidkontaminiert als im deutschen Mittel (93 % der Fläche mit Fungiziden behandelt; durchschnittlich 2,5 Behandlungen).

In 2005/2006 wurden von den bayerischen Rapszeugern pro Hektar Winterraps im Durchschnitt 36,3 €/ha für Fungizide ausgegeben, verglichen mit 53,2 €/ha im Mittel aller deutschen Rapsanbauer. Dies entspricht einem Rapsfungizidmarkt für Bayern mit einer Umsatzhöhe von 5,2 Mio. € (KLEFFMANN 2007).

1.3 Wirtschaftlich bedeutende pilzliche Pathogene in Raps

Unter den Anbau- und Klimabedingungen Mitteleuropas treten Rapspathogene in Abhängigkeit der jährlich variierenden Witterungsgegebenheiten in unterschiedlich stark ausgeprägten Befallsdynamiken auf, die bei starken Kalamitäten zu deutlichen Ertragsdepressionen führen können. Die infolge eines Pilzbefalls induzierte Schädigung ist von der Erregerart, von dessen Potential, dem betroffenen Pflanzenorgan, der Befallsdauer (Pathogenese) sowie von Prädisposition und Reaktion der Rapspflanze abhängig (STEINBACH 2007). In der Bundesrepublik Deutschland stellen *Phoma lingam*, *Sclerotinia sclerotiorum* und *Verticillium longisporum* die wirtschaftlich bedeutendsten Krankheitserreger im Winterrapsanbau dar (HORNIG 1990, LANDSCHREIBER 2005).

1.3.1 *Phoma lingam*

Die Rapskrankheit Wurzelhals- und Stängelfäule wird durch den Pilz *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. & de Not. mit der asexuellen Nebenfruchtform *Phoma lingam* Tode ex Fries ausgelöst. Der Erreger ist weltweit verbreitet, das Spektrum der Wirtspflanzen in Europa und Nordamerika geht über alle Cruciferen. Neben Raps und Rüben werden alle Kohlarten sowie Senf, Leindotter und einige Unkrautarten befallen, die so zu einer Übertragung des Erregers beitragen können (GARBE 2000a, HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999, PAUL 2003).

Phoma lingam zählt weltweit zu den wichtigsten Pilzkrankheiten im Winter- und Sommerraps (HALLMANN et al. 2007, KRUSE 2004), in Deutschland ist sie neben der Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*) das wirtschaftlich bedeutendste Rapspathogen (MAYLANDT und BOTHE 2006, PAUL 2003). Die durch Wurzelhals- und Stängelfäule bedingten Ertragsausfälle schwanken je nach Sorte, Anbauverfahren, Jahr und Termin der Infektion, sie werden mit bis zu 50 % (GARBE 2000a), 60 % (VON TIEDEMANN und STEINBACH 2007) oder 77 % (HALLMANN et al.2007) beziffert. Die Ertragsminderungen sind zurückzuführen auf den Verlust von Assimilationsfläche,

beeinträchtigt den Assimilatstrom, parasitärem Lager, vorzeitige Seneszenz und einem reduziertem TKG.

Der Erreger besitzt in seinem Entwicklungszyklus eine sexuelle Phase (Teleomorph: *Leptosphaeria maculans*) mit Ascosporen und eine asexuelle Phase (Anamorph: *Phoma lingam*) in der als Fortpflanzungseinheit die Pyknidiosporen fungieren. Hauptsächlich auf Ernterückständen und abgestorbenen Rapsstängeln, weniger auf infiziertem Saatgut, bildet *Leptosphaeria maculans* dunkle Fruchtkörper (Pseudothecien) in denen sich gelblich braune, spindelförmige Ascosporen mit fünf Septen befinden. Die Ascosporen werden hauptsächlich durch Wind und Regen verbreitet und sind bis zu sechs Wochen überlebensfähig. Sie sind über das ganze Jahr nachzuweisen, werden aber vornehmlich im Herbst (September bis November) freigesetzt und dienen der Primärinfektion. Temperaturen um 15 °C, hohe Luftfeuchtigkeit und eine intensive Lichteinwirkung begünstigen die Entwicklung des Pilzes. Ein Zusammenhang besteht zudem zwischen Niederschlag und Ascosporenflug. Eine Regenperiode im August kann eine verstärkte Verbreitung der Sporen verursachen, so dass die latenten Infektionen im September bereits 50 % Befallshäufigkeit betragen können. Allerdings wird das tatsächliche Befallsausmaß häufig erst ab Mitte Oktober sichtbar (HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999).

Die im Herbst an Blatt und Wurzelhals infizierten jungen Rapspflanzen zeigen schon kurz nach dem Auflauf bleiche, unregelmäßige Flecken mit hellbraunen Rand, die mit dunkelbraunen Pyknidien besetzt sind. Die sich in den Pyknidien befindenden Pyknidiosporen werden durch auftreffenden Regen im Bestand verbreitet und verursachen so die Sekundärinfektionen die zu Schadenssymptomen auf allen Pflanzenorganen (Stängel, Blatt, Schoten) im Frühjahr und Sommer führen können (GARBE 2000a, HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999, PAUL 2003, PUNITHALINGAM und HOLLIDAY 1972, VON TIEDEMANN und STEINBACH 2007, WEBSTER 1983).

Die Infektion der Wirtspflanze geschieht über Wunden und Spaltöffnungen; sie breitet sich endogen über Blattspreite und Blattstiel in Richtung Wurzelhals aus.

Hauptsymptome im Herbst sind nekrotische Flecken auf Blatt und Wurzelhals, im Frühjahr und Sommer erscheinen am Wurzelhals Einschnürungen mit braunen und rissigen Gewebepartien. Im Stängelbereich kommt es zum vermehrten Auftreten von Flecken mit Pyknidien. Von wirtschaftlicher Bedeutung sind Wurzelhalsinfektionen und Frühinfektionen der ersten Blätter, welche vergilben und absterben können. Sichtbare Stängelläsionen und der Wurzelhalsbefall im Frühjahr sind in erster Linie auf Infektionen in den Herbstwochen zurückzuführen. Die latente Befallshäufigkeit im Herbst und die Befallsgrade während der Abreifephase stehen in einer engen Beziehung. Früh infizierte Pflanzenstängel vermorschen und können ab dem Zeitpunkt der Rapsblüte abknicken (BÖRNER 1997, HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999, PUNITHALINGAM und HOLLIDAY 1972, KROPF 1996).

1.3.2 *Sclerotinia sclerotiorum*

Das Krankheitsbild der Weißstängeligkeit wird durch den Pilz *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary hervorgerufen. Die Weißstängeligkeit tritt weltweit auf und hat ihre größte Verbreitung in feuchtgemäßigten bis warmen Gebieten der Erde. In Deutschland ist sie insbesondere in küstennahen Regionen sowie geschützten, kühlen und feuchten Lagen (Talsenken, Fluss- und Seemarschen) von Bedeutung. Der Ascomycet befällt einen breiten Wirtspflanzenkreis, unter anderem Kulturpflanzen der Cruciferen, Leguminosen, Chenopodiaceen, Solanaceen und Umbelliferen (GARBE 2000b, HALLMANN et al. 2007, KROPF 1996, VON TIEDEMANN und STEINBACH 2007).

In Abhängigkeit von Frühjahrswitterung und Standort werden bei starkem Befall die Ertragsverluste je nach Quelle mit bis zu 30 % (HALLMANN et al. 2007, MAYLANDT und BOTHE 2006, PAUL 2003) bzw. 50 % (LANDSCHREIBER 2005) angegeben, bedingt durch das Abbrechen und vorzeitige Absterben der Pflanzen, Verringerung von Kornzahl und TKG sowie Aufplatzen der Schoten.

Von diesem Pathogen ist ausschließlich die Hauptfruchtform *Sclerotinia sclerotiorum* bekannt, sodass man davon ausgeht, dass es sich um einen monozyklischen Erreger handelt (BÖRNER 1997, HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999). Die bei der Ernte und anschließenden Bodenbearbeitungen oder mit dem Saatgut in die Erde gelangenden Überdauerungsformen des Pilzes sind 3-15 mm große, schwarze unregelmäßig geformte Sklerotien. Diese Dauerkörper können im Boden sieben bis zehn Jahre (PAUL 2003) überleben. Bei günstigen Bedingungen im Frühjahr wachsen diese entweder als Mycel aus oder keimen mit glatten, zylindrischen Stielchen an die Bodenoberfläche. Hier bilden sie durch Lichteinwirkung einen 6-15 mm großen trichterförmigen, hellbraunen Fruchtkörper (Apothecium) aus (HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999). Die sich im Fruchtkörper befindenden Asci enthalten je acht Ascosporen, die bei trockenem Wetter aktiv ausgeschleudert und durch Wind verbreitet werden. Für eine erfolgreiche Infektion der Wirtspflanze sind freies Wasser bzw. Blattnässe für 16 bis 24 Stunden, eine hohe Luftfeuchte (84–85 %) und Temperaturen von mindestens 10 °C (KROPF 1996) mit einem Optimum bei 15 bis 20 °C (HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999) erforderlich. Bevorzugter Ort der Infektion sind Blattachsen und Zweiggabeln in denen sich das Wasser sammelt und abgefallene Blütenblätter liegen bleiben. Letztere fungieren als Infektionsquelle, schützen die Sporen vor Austrocknung und spielen als Nahrungsquelle eine Rolle (GARBE 2000b, LAMEY und BRADLEY 2003, KREIMEIER 2006). Nach dem Eindringen der Infektionshyphen wächst das Mycel in der Wirtspflanze inter- und intrazellulär, wobei das Gewebe durch pecto- und zellolytische Enzyme zersetzt wird. Direkte Infektion der Pflanzen über Mycelbildung der Sklerotien im Boden ist ebenfalls möglich, tritt aber seltener auf (BÖRNER 1997, HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999, KROPF 1996, MAYLANDT und BOTHE 2006, PAUL 2003).

Hauptsymptome einer mit *Sclerotinia sclerotiorum* befallenen Pflanze sind beige bis weißgraue Verfärbungen mit unscharfem bräunlichen Rand im unteren Stängelbereich an den Haupt- und Seitentrieben nach der Blüte. Die darüber liegenden Partien der betroffenen Pflanzen werden notreif, vergilben und sterben vorzeitig ab. Das Rindengewebe an den Befallsstellen wird zerstört. Im Innern der Stängel bildet sich

weißes, flockiges Pilzmycel mit darin liegenden zunächst hellgrauen, später schwarzen Sklerotien (BÖRNER 1997, PAUL 2003).

Die Sklerotienkeimung findet in der Zeit von Ende April bis Anfang Juni nur bei den Sklerotien statt, die in der obersten Bodenschicht bis max. 5 cm unterhalb der Oberfläche liegen. Voraussetzungen für die Keimung sind eine kontinuierliche Bodenfeuchte von zehn bis 14 Tagen und Bodentemperaturen zwischen sieben und 14 °C. Bei der Sporulation zur Blütezeit des Rapses werden Sporen ausgeschleudert die bei hoher Luftfeuchte zwei bis drei Tage lang überlebensfähig sind. Hohe Bodentemperaturen im März und April, geringe Niederschläge bzw. wechselhaftes Wetter Ende Mai bis Juni sowie ein Inokulum von drei und mehr Apothecien pro Quadratmeter sind begünstigende Faktoren für einen hohen Befall. Ein neutraler pH-Wert des Bodens unterstützt die Sklerotienkeimung, bei sauren Böden (pH 5,5) geht diese deutlich zurück (ARCHER et al. 1992, HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999, PAUL 2003). Laut MÜLLER (2007) tritt *Sclerotinia sclerotiorum* wegen seiner hohen Witterungsansprüche mit stark wechselnden Befallsgraden auf. Mindernd auf das Befallspotential wirken weitgestellte Fruchtfolgen (KÖNIG et al. 1996).

1.3.3 *Verticillium longisporum*

Über viele Jahre wurde *Verticillium dahliae* als Erreger der Rapswelke angenommen. Eine Überprüfung der Taxonomie anhand molekulargenetischer Methoden und die Überprüfung des Wirtskreises ergab, dass sich der an Raps zu diagnostizierende Erreger klar von *Verticillium dahliae* differenzieren lässt und zudem auf kruzifere Pflanzen (JOHANSSON 2005) spezialisiert ist. Nach der Entdeckung und Vorstellung von KARAPAPA et al. wird seit 1997 dieses Pathogen als eigene Art betrachtet und als *Verticillium longisporum* bezeichnet (PAUL 2003, ZEISE und STEINBACH 2004).

Der Erreger *Verticillium longisporum* gewinnt in jüngster Zeit als Schadensverursacher in Rapskulturen zunehmend an Bedeutung (DUNKER und VON TIEDEMANN 2006, ZEISE und

STEINBACH 2004) und gilt als typische monozyklische Fruchtfolgenkrankheit (GARBE 2000c). Die Rapswelke ist in der gesamten Bundesrepublik bekannt und tritt insbesondere in langjährigen Rapsanbaugebieten und intensiv geführten Rapsfruchtfolgen schädigend auf (PAUL 2003). Ertragsverluste durch vorzeitige Abreife und verminderte Kornausbildung werden mit bis zu 50 % (GARBE 2000c, HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999) bzw. 60 % angegeben (VON TIEDEMANN und STEINBACH 2007).

Mit seinen schwarzen Mikrosklerotien (15-70 µm) kann der Pilz bis zu 13 Jahre (KREYE 2003, LUCAS 1998) im Boden überdauern. Die über Ernterückstände in den Boden gelangenden Mikrosklerotien können, induziert durch Wurzelexsudate (WILHELM 1955), zum Mycel auskeimen. Die Infektion erfolgt über die Wurzel und kann während der gesamten Wachstumsperiode im Herbst oder Frühjahr innerhalb eines breiten Temperaturbereiches erfolgen (GARBE 2000c, HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999). Das Mycel breitet sich systemisch über die Leitungsbahnen sprossaufwärts in der Wirtspflanze aus. Mit beginnender Abreife der Rapspflanze wird das Rindengewebe besiedelt und Mikrosklerotien werden ausgebildet. Bis zu neun Monate kann der Erreger ohne sichtbare Symptome latent in der Pflanze leben. Infiziertes Saatgut sowie Pilzmycel und Konidiosporen an Stängeln und Wurzelresten stellen eine weitere, jedoch weniger bedeutende, Infektionsquelle dar (HAWKSWORTH und TALBOYS 1972, MAYLANDT und BOTHE 2006, PAUL 2003).

Erste Symptome treten im späten Frühjahr mit Beginn der natürlichen Reife auf und äußern sich aufgrund der beeinträchtigten Wasser- und Nährstoffversorgung in halbseitigen Vergilbungen an den Blättern. Zu einem späteren Zeitpunkt der Reife sind über den gesamten Stängel streifige, wässrige Verfärbungen sichtbar. Zunächst verbräunte später silberfarbene Gefäßbündel treten hervor. Unter der sich teilweise ablösenden Epidermis kommen Mikrosklerotien zum Vorschein, welche auch im Stängelmark vorzufinden sind (BÖRNER 1997, LANDSCHREIBER 2007b, DUNKER und VON TIEDEMANN 2006). Im fortgeschrittenen Stadium kommt es zur teilweisen oder vollständigen Welke die schließlich eine Notreife und im Endstadium ein vorzeitiges Lagern der Rapspflanze zur Folge haben kann (PAUL 2003).

Hohe Bodenfeuchtigkeit fördert die Infektionen, welche in einem Temperaturspektrum von sechs bis 37 °C Lufttemperatur erfolgen können (URBAN 2007). Hohe Temperaturen im Frühsommer fördern die Welkeerscheinungen (HEITEFUSS et al. 2000). Eine effektive Eindämmung von *Verticillium longisporum* ist nach dem heutigen Erkenntnisstand nur über weitgestellte Fruchtfolgen zu gewährleisten (VON TIEDEMANN und STEINBACH 2007).

1.3.4 Weitere Raps-pathogene

Als weitere, weniger bedeutende, Raps-pathogene in Bayern sind *Peronospora parasitica*, *Alternaria ssp.*, *Botrytis cinerea* sowie *Plasmodiophora brassicae* zu nennen.

Falscher Mehltau, verursacht durch den Erreger *Peronospora parasitica* (Pers. ex Fr.) Fries, ist ein obligat biotropher Pilz der in Deutschland in allen Rapsanbaugebieten vorkommt. Er schädigt den Winterraps hauptsächlich zur Herbstzeit im Keim- und Jungpflanzenstadium, bei feuchtkühler Witterung kann er auch im Frühjahr bis zur Schotenreife auftreten (PAUL 2003). Der Pilz überlebt in seiner Dauerform der dickwandigen Oospore oder als Mycel an Pflanzenresten. Er hat sowohl einen mit Sporangien asexuellen als auch einen mit Oosporen sexuellen Vermehrungszyklus. Die Hyphen dringen in die Stomata der Wirtspflanzenblätter ein und breiten sich im Gewebe aus. Hier entwickeln sich verzweigte Konidiosporenträger die aus den Spaltöffnungen herauswachsen. Am Ende der Konidiosporenträger befinden sich Konidien, die durch Wind und Regen verbreitet werden. Temperaturen von 15-20 °C und Luftfeuchtigkeiten um 90-100 % sind für Keimung, Infektion und Sporulation von *Peronospora parasitica* förderlich. Frühzeitiges Symptom ist ein weißlich-grauer Pilzrasen an der Unterseite der Keimblätter, später kann dieser auch an den Laubblättern und Schoten mit gelb bis rötlich-braunen Chlorosen und feinen Nekrosen auftreten. Bei starkem Befall sind vorzeitiges Absterben der Blätter und Notreife der Schoten möglich (HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999, PAUL 2003, VON TIEDEMANN und STEINBACH 2007, WEBSTER 1983). Ertragsverluste im größeren Umfang verursacht durch *Peronospora parasitica*

sind bisher nicht berichtet worden (GARBE 2000d, HORNIG 1990). PAUL (2003) sieht windstille Höhenlagen und Küstengebiete als die am meisten gefährdeten Gebiete in Deutschland an.

Die Rapsschwärze, hervorgerufen durch den Pilz *Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc. und andere *Alternaria*-Arten (*A. brassiciola*, *A. alternata*, *A. raphani*), tritt in allen Rapsanbaugebieten auf, insbesondere in feuchten Lagen. Wirtspflanzen können alle Cruciferen wie Raps, Kohl, Senf und kreuzblütige Unkräuter sein. Im Verlauf der Krankheit können bereits im Herbst auf den Keimblättern kleine, braune, runde Stellen auftreten, die später auf den Laubblättern zu größeren schwarzbraunen Flecken mit hellem Zentrum anwachsen können. Ein Befall von Stängeln und Schoten ist ebenfalls möglich. Die braunen Verfärbungen können in Fäulnis übergehen oder zu Einschnürungen führen und bei Stängelbefall umfallende oder absterbende Keimpflanzen zur Folge haben (HEITEFUSS et al. 2000, PAUL 2003). Auf dem erkrankten Gewebe bilden sich bei hoher Luftfeuchtigkeit Konidiosporen, die als grün-brauner Pilzrasen sichtbar sind. Das Pathogen kann an Ernterückständen, Ausfallraps, infiziertem Saatgut sowie im Boden durch Konidien oder dickwandige Chlamydosporen überdauern. Die keulenartig geformten, asexuell gebildeten mehrzelligen Konidiosporen werden durch Regen und Wind auf die Wirtspflanze übertragen. Warmes (17-25 °C), feuchtes Wetter (90-100 % Luftfeuchtigkeit) und Perioden von mindestens 3 Tagen Niederschlag fördern die Infektion, die über Stomata und Kutikula stattfindet (MAYLANDT und BOTHE 2006, VON TIEDEMANN und STEINBACH 2007). Als Schaden treten umfallende Pflanzen und Kornverluste durch frühzeitig aufplatzende Schoten auf. Vorbeugende Maßnahmen stellen große Abstände zu anderen Rapsfeldern, die Bekämpfung kreuzblütiger Unkräuter sowie eine vorzeitige Ernte dar. Eine gezielte Bekämpfung mit chemischen Fungiziden ist möglich (HEITEFUSS et al. 2000, LANDSCHREIBER 2007b, PAUL 2003).

Die Grauschimmelfäule (Teleomorph: *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel; Anamorph: *Botrytis cinerea*) besitzt einen großen Wirtspflanzenkreis, der sich über Cruciferen wie Raps und Kohl, Erdbeeren, Sonnenblumen, Weinreben und weitere Pflanzenarten erstreckt. Die auch als *Botrytis*-Fäule bekannte Krankheit kann in allen

Anbaulagen auftreten. In Deutschland wird sie insbesondere in sehr niederschlagsreichen Jahren beobachtet. An den Blättern, Schoten und Seitentrieben erscheinen zunächst weißgraue Flecken mit dem charakteristischen Sporenrasen, die sich später braun-grün verfärben können. Welke- und Absterbesymptome bzw. vorzeitiges Aufplatzen der Schoten sind die Folge. An den unteren Stängelteilen können gräuliche Flecken erscheinen, die sich zu stängelumfassenden Befall ausbreiten und so zu einem Abknicken der Pflanzen führen. Der zu den Schwächeparasiten zählende Pilz, befällt vornehmlich bereits vorgeschädigte Pflanzenteile. Kühle Witterung (10–15 °C), hohe Luftfeuchte, windgeschützte Lagen und ein dichter Bestand fördern dessen Ausbreitung (BÖRNER 1997, PAUL 2003). Der Erreger überdauert saprophytisch auf abgestorbenen Pflanzenresten, seine Sporen werden an verzweigten Konidien gebildet und mit dem Wind verbreitet. Eine Bekämpfung ist durch indirekte Maßnahmen wie dünne Bestände, trockene Anbaulagen, ausreichende Nährstoffversorgung sowie durch die Nebenwirkungen eingesetzter Fungizide möglich (LANDSCHREIBER 2007b, MAYLANDT und BOTHE 2006). Laut PAUL (2003) liegen für Deutschland keine Angaben über wirtschaftliche Verluste, die auf *Botrytis cinerea* zurückzuführen sind, vor.

Der bodenbürtige Pilz *Plasmodiophora brassicae* Woronin ist der Erreger der Fruchtfolgekrankheit Kohlhernie. Das Pathogen ist weltweit verbreitet, wird jedoch verstärkt in gemäßigten Breiten beobachtet und gewinnt in intensiven Rapsanbaugebieten zunehmend an Bedeutung (VON TIEDEMANN und STEINBACH 2007). Kohlhernie kommt an Kohl, Raps und vielen anderen Cruciferen vor und tritt bevorzugt dort auf wo Raps in enger Fruchtfolge mit anderen kreuzblütigen Pflanzen auf sauren, staunassen Böden angebaut wird (HEITFUSS et al. 2000). Erste Krankheitssymptome sind bereits im Herbst in Form von Nestern mit welkenden Pflanzen zu erkennen. Die Jungpflanzen bleiben im Wuchs zurück und zeigen vergilbte oder rötliche Blätter. Die Wurzeln befallener Pflanzen sind angeschwollen und knollenartig verdickt. Diese für die Kohlhernie typischen, rötlich-braunen Wurzelgallen (Hypertrophien) sind sowohl an Haupt- als auch an Seitenwurzeln zu finden (BÖRNER 1997). Der Erreger ist ein obligat biotropher Schleimpilz, dessen dickwandige Dauersporen bis zu 20 Jahre im Boden überlebensfähig sind (VON TIEDEMANN und STEINBACH 2007). Aus den Dauersporen schlüpfen begeißelte

Zoosporen, die sich im Bodenwasser aktiv fortbewegen können und die Wurzelhaarzellen der Wirtspflanze infizieren. Der Befall mit Kohlhernie kann zu erheblichen Schäden und Ertragseinbußen führen, ist im Rapsbestand aber häufig örtlich begrenzt (GARBE 1996, MAYLANDT und BOTHE 2006, LANDSCHREIBER 2007b). Eine Bekämpfung dieser Krankheit ist in erster Linie durch weitgestellte Fruchtfolgen kreuzblütiger Pflanzen möglich; auch ein pH-Wert im neutralen Bereich, ausreichende Bodenbelüftung sowie der Anbau resistenter Sorten wirkt befallsmindernd (HALLMANN 2007, HEITEFUSS et al. 2000).

1.4 Charakterisierung der eingesetzten Fungizide in Winterraps

Neben den allgemeinen Forderungen die an Pflanzenschutzmittel gestellt werden, wie z. B. eine hohe Aktivität gegenüber dem Schaderreger, eine gute Verträglichkeit gegenüber der Kulturpflanze, eine geringe Toxizität gegenüber Warmblütern, insbesondere dem Menschen, sowie möglichst geringfügige ökologische und ökonomische Kosten für Mensch und Umwelt, stellt man Fungiziden zudem die Forderung der Kurativität und Protektivität (HALLMANN et al. 2007, HOCK und ELSTNER 1995, HOFFMANN et. al 1994).

Die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln in einer Kulturpflanze ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Je nach Art des Wirkstoffes und des Schaderregers sind der Kontakt, das Eindringen, der Transport, der Metabolismus und der Wirkort entscheidend für die Effizienz eines Pestizides. Die Fungizide lassen sich aufgrund ihrer Wirkstoffe in verschiedene Gruppen unterscheiden und zeichnen sich durch Wirkorte aus die sowohl in pilzspezifischen als auch allgemeinen Stoffwechselprozessen lokalisiert sein können (HEITEFUSS 2000).

1.4.1 Wirkstoffe der Sterolbiosynthesehemmer

Sterole, oder auch Sterine, sind im Tier- und Pflanzenreich vorkommende stickstofffreie, polycyclische, sekundäre einwertige Alkohole, die sich vom Cholestan ableiten. Man

unterscheidet bei den Sterinen zwischen Zoosterinen mit tierischer Herkunft, Phytosterinen pflanzlichen Ursprungs und Mykosterinen als die Sterine der Pilze. Das bekannteste Zoosterin ist Cholesterin; Ergosterin (oder auch Ergosterol) ist das bedeutendste Sterin pflanzlichen Ursprungs (Abb. 3) (ALBERTS 1997, HEITEFUSS 2000, PSCHYREMBEL 1998).

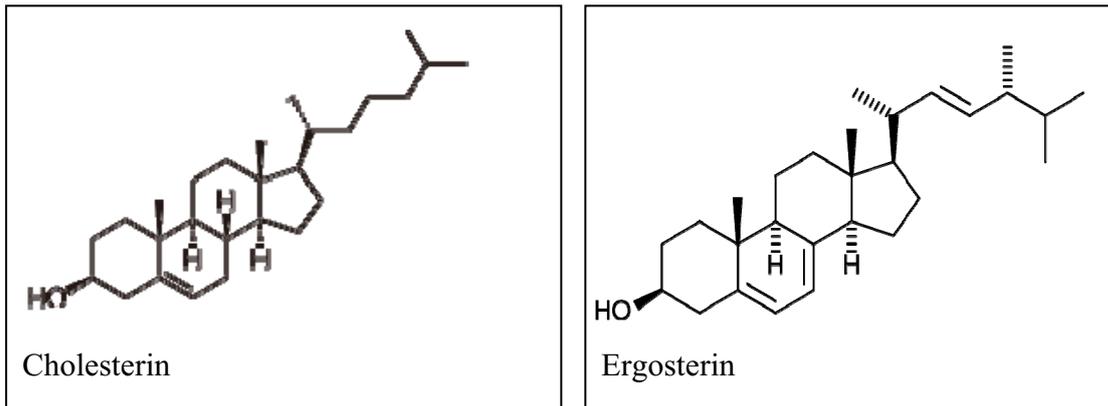


Abb. 3: Chemische Strukturformeln von Cholesterin und Ergosterin (Quelle: ANONYMUS 2007e, ANONYMUS 2007f)

Sterole sind eine wichtige Strukturkomponente von Zellmembranen und für deren Funktion von großer Bedeutung. Ergosterol ist ein essentieller Bestandteil in pilzlichen Zellmembranen, eine Unterbindung seiner Biosynthese führt zur raschen Hemmung jeglicher Wachstumsvorgänge von Mycel und Infektionshyphen. Die Ergosterolbiosynthese stellt den bedeutendsten Angriffspunkt im pilzlichen Organismus für Fungizide dar (HALLMANN et al. 2007, HEITEFUSS 2000, HOFFMANN et al. 1994).

Die Biosynthesehemmer sind in unterschiedliche Wirkstoffgruppen einzuteilen und werden allgemein SBI (Sterole biosynthesis inhibitors) genannt. In dem biochemischen Aufbauprozess des Ergosterols sind bisher drei verschiedene Eingriffsorte bekannt, wonach die Unterteilung der SBI erfolgt (HALLMANN et al. 2007).

Die Gruppe mit der größten Relevanz stellen die Demethylaseinhibitoren (DMI) dar. DMI-Fungizide hemmen hochspezifisch die Sterol-C₁₄-Demethylierung, die von einer Cytochrom P₄₅₀-Monooxygenase katalysiert wird (Abb. 4). Das Ergebnis der Inhibition des Enzyms C₁₄-Demethylase führt u. a. zu einer Anhäufung von 14-Methyl-Sterolen und

zu einem verminderten Gehalt von demethylierten Sterolen, infolgedessen werden die 14-Methyl-Sterole in die Zellmembran eingebaut und führen somit zu veränderten physikalisch-chemischen Eigenschaften in der pilzlichen Membranstruktur, sowie zur Beeinträchtigung deren Funktion. Weiteres Resultat sind Zellteilungs- und Entwicklungsstörungen am Mycel und an den Infektionshyphen des Schaderregers. Die wichtigsten Vertreter der DMI sind Triazole, Imidazole, Pyrimidine und Piperazine; wobei die Triazole die weltweit am häufigsten eingesetzten Pilzbekämpfungsmittel sind und auch in der Human- und Tiermedizin zur Behandlung von Mykosen zahlreich Verwendung finden (HEITEFUSS 2000, HOCK und ELSTNER 1995, HOFFMANN et al. 1994).

Neben der fungiziden Wirkung ist auf den Azol-Effekt aller Triazole, analog den Benzimidazolen, zu verweisen. Dieser Effekt umschreibt die pflanzenphysiologisch positiven Nebenwirkungen der applizierten Fungizide auf die wachsende Kulturpflanze. Diverse Auswirkungen der Triazole, wie z. B. Förderung der Chlorophyllsynthese, Erhöhung der Cytokiningehalte, Repression der Ethylensynthese, Verstärkung der Kutikula, erhöhte Stabilität der Zellwand, Reduktion der Stängelstreckung sowie Erhöhung des Wurzel-/Sprossverhältnisses führen zu einer stabileren, kleinwüchsigeren Kulturpflanze mit verzögerter Seneszenz. Diese Zusatzwirkungen können u. a. auch bei sehr geringem, nicht ertragsrelevantem pilzlichen Befallsdruck in Ertragssteigerungen resultieren. Daher werden Triazole auch als Wachstumsregler, insbesondere für eine bessere Überwinterungsleistung in Raps, eingesetzt (HALLMANN et al. 2007, DEIMEL und SCHRAMM 1990, NULTSCH 1996).

Die zweite Gruppe der SBI sind Morpholine und Spiroketalamine, welche in der Pilzzelle an zwei späteren Stellen der Ergosterolbiosynthese eingreifen (Abb. 4). Sie hemmen im Prozess des Sterolaufbaus die Δ^8 - Δ^7 -Isomerase und Sterol- Δ^{14} -Reduktase, mit ebenfalls letaler Konsequenz für die Pathogene (HOCK und ELSTNER 1995, BALOCH et al. 1984).

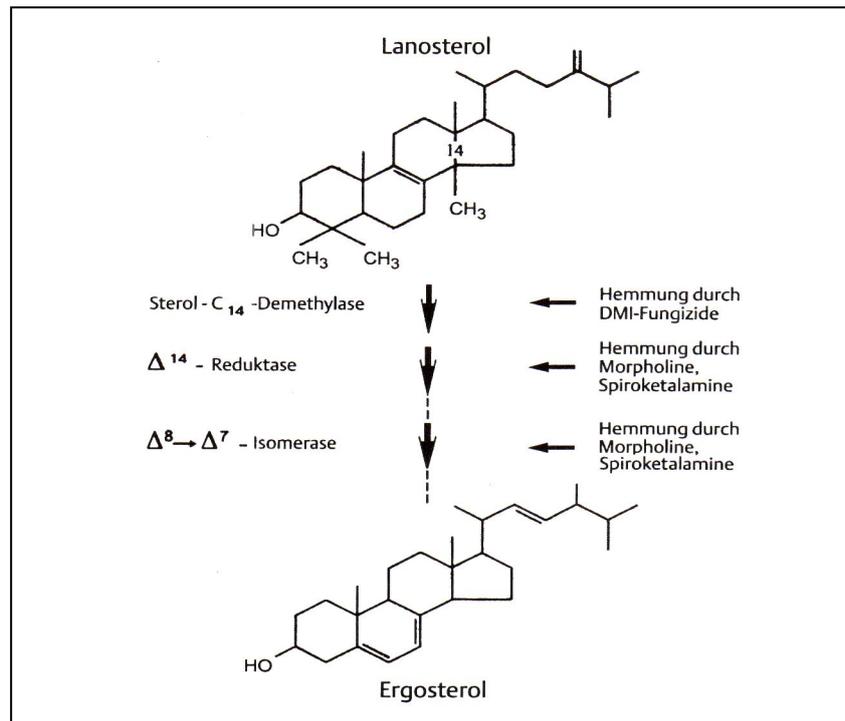


Abb. 4: Ausgewählte Hemmstellen der Azolfungizide (DMI) und der Morpholine im Sterolbiosyntheseweg der Pilze (Quelle: HEITEFUSS 2000)

Die dritte Gruppe der SBI-Fungizide, bisher bestehend aus dem Wirkstoff Fenhexamid, hemmt die C₄-Demethylierung in der Ergosterolbiosynthese und weist eine sehr spezifische Wirkung auf *Botrytis* auf. Ein inhibierender Einfluss auf das Keimschlauch- und Mycelwachstum, übermäßige Verzweigungen und Verdickungen der Hyphen, koagulierendes und z. T. austretendes pilzliches Zellplasma sind die Folge seiner Anwendung (ANONYMUS 2007a, HALLMANN et al. 2007).

1.4.1.1 Tebuconazol

Der Fungizidwirkstoff Tebuconazol (Abb. 5) gehört zur Gruppe der DMI und ist hier den Triazolen zuzuordnen; er ist als aktive Komponente in dem Präparat Folicur mit 251,2 g a.i./l enthalten. Folicur ist ein breit wirksames SBI-Fungizid mit systemischen Eigenschaften und protektiver, kurativer und eradikativer Wirkung sowie wachstumsregulatorischen Teileffekten. Die chemische Bezeichnung von Tebuconazol

nach IUPAC lautet: ((RS)-1-*p*-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol; es hat die CAS number 107534-96-3 und wurde unter dem Code Bay HWG 1608 von der Firma Bayer entwickelt (ANONYMUS 2006b, ANONYMUS 2006c, TOMLIN 2000).

Im Gegensatz zu den bis dato eingeführten Azolfungiziden verfügt Tebuconazol über einen zusätzlichen in der Ergosterolbiosynthese angreifenden Wirkmechanismus. Neben der für alle Azole typischen Akkumulation von Trimethylsterolen aufgrund der Inhibition der C₁₄-Demethylierung, gibt es zudem nach der Tebuconazolbehandlung eine Anhäufung von drei Δ^5 -Sterolen in den Schaderregerzellen. Letzteres lässt auf einen Eingriff in die Reaktionssequenz der Biosynthese oder auf einen direkten Membraneffekt schließen. Eine Ursache des breiteren Wirkungsspektrums könnte darin begründet sein. Ein weiterer Unterschied zu herkömmlichen Azolen ist nur ein chirales Kohlenstoffatom bei Tebuconazol und dadurch die Bildung von lediglich zwei optischen Isomeren. Trotz festgestellter kontroverser Wirkungsqualitäten der (+)- und (-)-Isomere liegt Tebuconazol im Produkt Folicur als Racemat vor, um bei der Anwendung eine größere Wirkungssicherheit zu gewährleisten (BERG et al. 1987).

Das Präparat Folicur erstmals im Jahr 1986 von SCHEINPFLUG und KASPERS vorgestellt, ist seit 1991 in Deutschland zugelassen und wird von Bayer im Raps für die Indikationen Winterfestigkeit, Standfestigkeit, Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*), Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*) sowie Kohl- oder Rapsschwärze (*Alternaria brassicae*) vertrieben. Als Lösemittel sind Wasser und N,N-Dimethyldecanamid (60 %) in der EW-Formulierung enthalten (ANONYMUS 2006b, ANONYMUS 2006c, TOMLIN 2000).

Folicur zeichnet sich im Raps durch eine sehr gute Wirksamkeit gegen *Sclerotinia sclerotiorum* und letztlich durch positive Ertragsbeeinflussung aus (KASPERS und SIEBERT 1989, DEIMEL und SCHRAMM 1990).

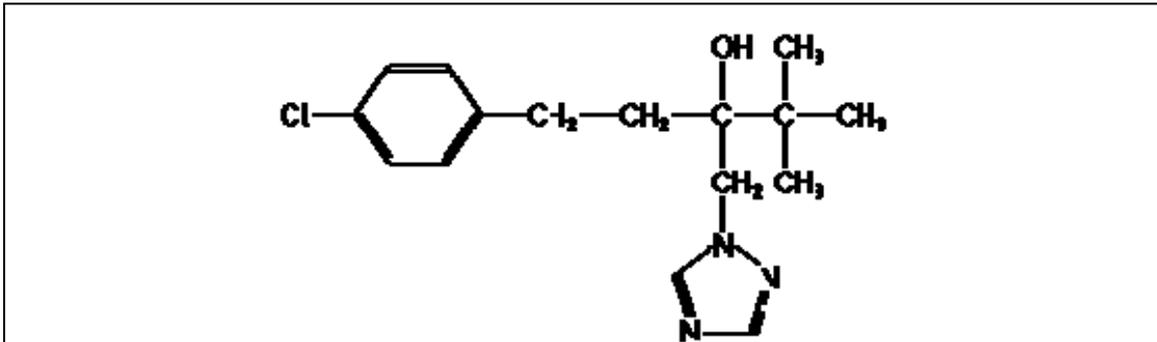


Abb. 5: Chemische Strukturformel Tebuconazol (Quelle: ANONYMUS 2007b)

1.4.1.2 Metconazol

Der Wirkstoff Metconazol (Abb. 6) gehört ebenfalls zu den Triazolen und damit in die Gruppe der Demethylaseinhibitoren (DMI). Metconazol wurde von der Firma Kureha 1986 entdeckt und im November 1992 erstmals von SAMPSON et al. auf der British Crop Protection Conference vorgestellt. Die weitere Entwicklung des Mittels wurde gemeinsam mit der Shell Group betrieben. 1993 kaufte die Firma Cyanamid Agrar die Shell Crop Protection und brachte den Wirkstoff erstmals in Frankreich 1994 auf den Markt (EHR et al. 2004, TOMLIN 2000).

Metconazol liegt als *cis*- und *trans*-Isomer vor; wobei das *cis*-Isomer, welches die Hydroxy- und die Benzylgruppe auf der gleichen Seite des Cyclopentylrings aufweist, die fungizid aktivere Form ist. Sein breites Wirkspektrum gegenüber Getreidepathogenen, führte in der weiteren Entwicklung zu einem effektiven Rapsfungizid (TOMLIN 2000, SAMPSON et al. 1992).

Das seit 1999 in der BRD zugelassene Produkt Caramba enthält 60 g a.i./l des Wirkstoffs Metconazol (nach IUPAC: (1RS,5RS;1RS,5SR)-5-(4-chlorobenzyl)-2,2-dimethyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-cyclopentanol; CAS number: 125116-23-6), welcher aus einer Mischung von *cis*- und *trans*-Isomeren besteht und unter den Codes WL136184; KNF-S-474; AC 189635; WL 147281; AC 900,768 entwickelt worden ist. Infolge der

Akquisition von Cyanamid Agrar ging das Produkt Caramba und dessen Vertrieb an die Firma BASF über. In der SL-Formulierung dienen als Lösemittel Amylalkohol, sowie die weiteren Zusatzstoffe Naphtha und Alkylpolyoxyethenglykolether. Metconazol wirkt lokal- sowie akropetalsystemisch und verfügt über wachstumsregulatorische Teileffekte (ANONYMUS 2002, ANONYMUS 2006a, BLANKENNAGEL 1998, GILGENBERG-HARTUNG 1999, TOMLIN 2000).

Caramba ist im Raps für die Indikationen Wurzelhals- und Stängelfäule (*Leptosphaeria maculans*), Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*) und zur Verbesserung der Standfestigkeit zugelassen (ANONYMUS 2006a, ANONYMUS 2006d).

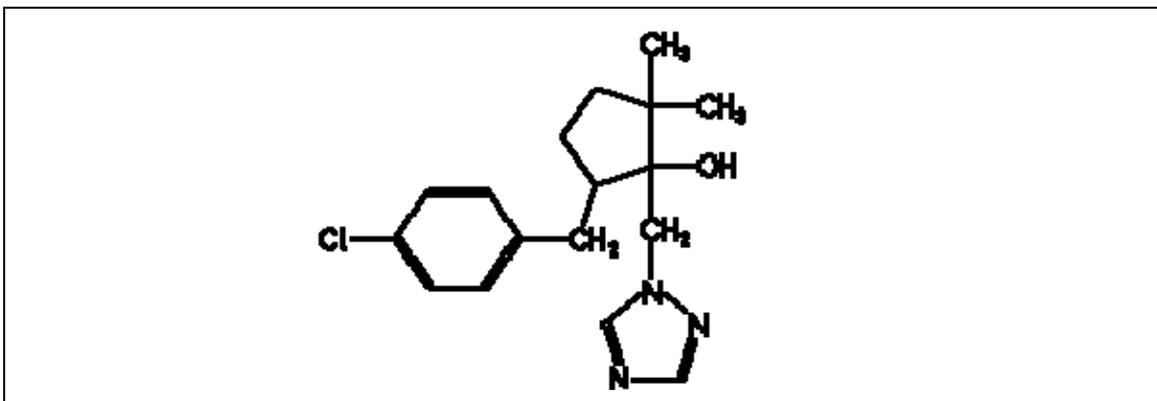


Abb. 6: Chemische Strukturformel Metconazol (Quelle: ANONYMUS 2007b)

1.4.1.3 Prothioconazol

Bei dem Wirkstoff Prothioconazol handelt es sich um den derzeit jüngsten Wirkstoff der DMI-Fungizide für Raps auf dem deutschen Pflanzenschutzmarkt. Er wurde von MAULER-MACHNIK et al. auf der British Crop Protection Conference 2002 vorgestellt und 2004 in der BRD sowohl zugelassen als auch in dem Markt eingeführt. Prothioconazol (nach IUPAC: 2[2-(1-chlorocyclopropyl)-3-(2-chlorophenyl)-2-hydroxypropyl]-2,4-dihydro-3H-1,2,4-triazole-3-thione; CAS number: 178928-70-6) ist unter dem Entwicklungscode JAU 6476 von der Firma Bayer erarbeitet worden und wird in der BRD mit 250 g a.i./l in dem Produkt Proline ebenfalls von der Firma Bayer hergestellt und vertrieben. Da beide Enantiomere fungizide Wirkung haben wird Prothioconazol als

Racemat eingesetzt. Proline ist unter Zusatz von N,N-Dimethylfettsäureamid ein EC-formuliertes Fungizid, welches systemisch verlagert und sowohl mit protektiver als auch kurativer Wirkung deklariert wird (ANONYMUS 2003a, ANONYMUS 2006b, HÄUSER-HAHN et al. 2004, MAULER-MACHNIK 2002). Prothioconazol wird als die neue Generation der Azole, den Triazolinthionen, angesehen. Der Unterschied zu den bisher beschriebenen Triazolen ist die chemische Komponente der Thionstruktur, welche in der atomaren Konstruktion des Wirkstoffes zu finden ist (Abb. 7). Damit soll das Leistungsprofil von Prothioconazol den gestiegenen Anforderungen an moderne DMI-Fungizide entsprechen (ANONYMUS 2003a, JAUTELAT et al. 2004).

Im Anwendungsgebiet Raps ist Proline in der BRD für die Indikation der Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*) zugelassen (ANONYMUS 2006b).

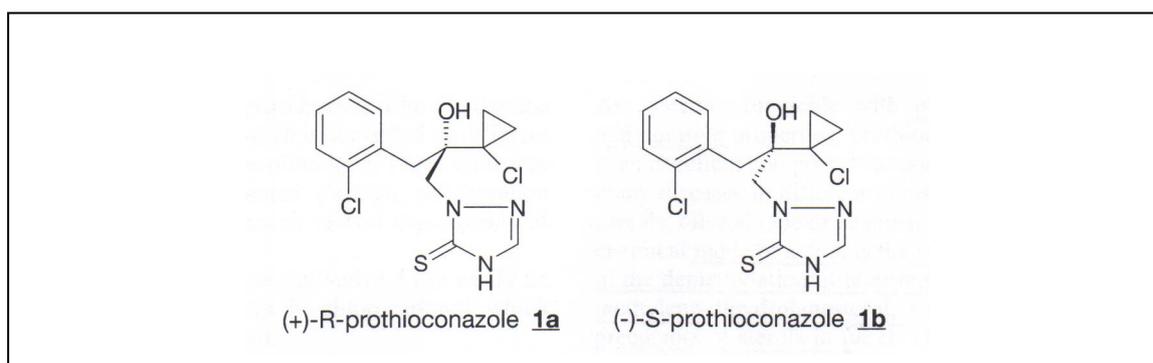


Abb. 7: Stereochemie des Prothioconazols (Quelle: JAUTELAT et al. 2004)

1.4.1.4 Flusilazol

Ein weiterer Wirkstoff aus der Gruppe der Triazole ist Flusilazol enthalten in dem Produkt Harvesan (250 g a.i/l). Flusilazol (nach IUPAC: bis(4-fluorphenyl)(methyl)(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)silane; CAS number: 85509-19-9) wurde unter dem Entwicklungscode DPX-H 6573 von DuPont, der heutigen Hersteller- und Vertreiberfirma entwickelt und von FORT und MOBERG 1984 erstmals vorgestellt. Es war das erste Azolfungizid, welches Silizium in der Molekülstruktur aufweist (Abb. 8) und dem aufgrund dessen eine hohe Effektivität nachgesagt wird (HENRY 1990, HIROYUKI et al. 2001, MOBERG et al. 1987).

Harvesan ist ein Suspensionskonzentrat (SC-Formulierung) in dem als Zusatzstoffe Hexan-1-ol, Polyarylphenyl-Ether-Phosphate, Polyacrylic Polymer, aliphatische Alkanolamine, Ethylenglykol und Calcium-Dodecylbenzensulphonat enthalten sind.

Im Raps hat Harvesan eine Zulassung für die Indikation Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*). Flusilazol wirkt systemisch und wird als protektives und kuratives DMI-Fungizid deklariert (ANONYMUS 2006f, ANONYMUS 2007c, TOMLIN 2000).

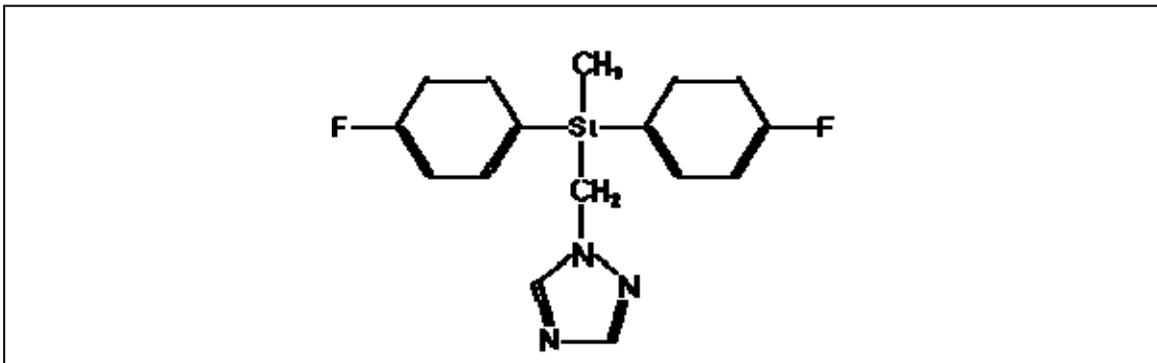


Abb. 8: Chemische Strukturformel Flusilazol (Quelle: ANONYMUS 2007b)

1.4.1.5 Paclobutrazol

Der Wirkstoff Paclobutrazol (Abb. 9) ist mit 125 g a.i./l zusammen mit dem Fungizidwirkstoff Difenoconazol als aktive Komponente in dem in dieser Arbeit eingesetzten Präparat Toprex (Entwicklungscode SYD 21510 F) von der Firma Syngenta enthalten. Paclobutrazol (IUPAC:(2RS,3RS)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)pentan-3-ol; CAS number: 76738-62-0) ist ein wachstumshemmendes Triazolfungizid, welches die Gibberellinbiosynthese inhibiert und sowohl an der Reduzierung des Gehaltes der Phytohormone Abscisinsäure, Ethylen und Indolessigsäure als auch an der Erhöhung des Cytokininpegels in der pflanzlichen Zelle beteiligt ist. Die daraus resultierende Verlangsamung der Zellteilung und der Rückgang des Streckungswachstums bewirken eine Stauchung der Pflanze (ANONYMUS 2007d, HOCK und ELSTNER 1995, TOMLIN 2000).

Gibberellinbiosynthesehemmer unterscheiden sich hinsichtlich ihres chemischen Aufbaus und den Interaktionen mit den Enzymen des Biosyntheseweges. Paclobutrazol ist aus stickstoffhaltigen, heterocyclischen Bestandteilen aufgebaut und blockiert, die in drei Schritten ablaufende Oxygenasereaktion von Kauren zur Kaurensäure, einer Vorstufe der Gibberellinsäure. Die in der Synthese verantwortliche Monooxygenase besitzt Cytochrom P450, dessen Sauerstoff an der Bindungsstelle zum Eisenatom durch ein peripheres N-Atom des Triazolderivates verdrängt wird. Zudem werden auch andere Cytochrom P450-Enzyme, u. a. die oxidative Demethylase der Sterolbiosynthese, inhibiert (HOCK und ELSTNER 1995, RADEMACHER 2000).

Paclobutrazol wurde unter dem Entwicklungscode PP333 entwickelt, im Jahr 1982 von LEVER et al. zum ersten Mal vorgestellt und von der Firma ICI Agrochemicals 1986 für verschiedene Kulturen (u. a. Obstbau, Grünland, Reis, Zierpflanzen) auf dem Markt eingeführt und vertrieben. Die Wirkstoffrechte kamen durch den Konsolidierungsprozess in der chemischen Industrie von ICI über Zeneca zu Syngenta (TOMLIN 2000).

Im Produkt Toprex ist die Bedeutung von Paclobutrazol hinsichtlich fungizider Wirkung gering, das Triazol übt in erster Linie wachstumsregulatorische Wirkungen aus. Die Aufnahme des Wirkstoffes kann neben Blättern bzw. Stängel auch über das Wurzelsystem geschehen; er wird über das Xylem zum subapikalen Meristem transportiert.

Durch die verstärkte Einkürzung der Rapspflanzen, soll die Anwendung dieses Pflanzenschutzmittels im Vergleich zu anderen Triazolen zu weniger Lagerbildung und einer höheren Ertragsleistung führen (ANONYMUS 2004a, SATTLER und GLEIBL 2006, SCARISBRICK et al. 1985, TOMLIN 2000).

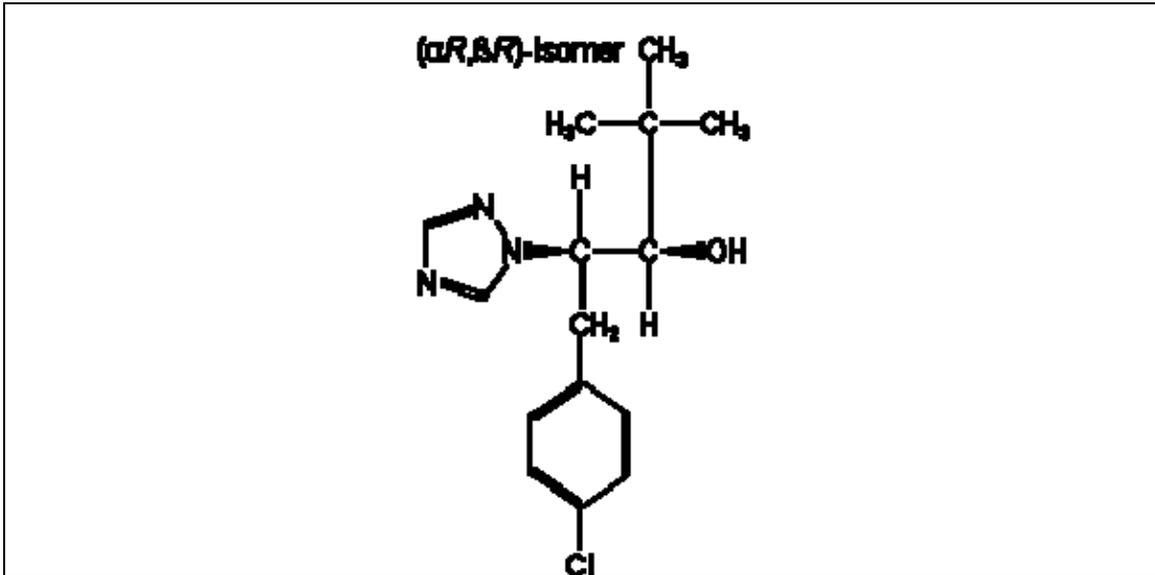


Abb. 9: Chemische Strukturformel Paclitaxel (Quelle: ANONYMUS 2007b)

1.4.1.6 Difenconazol

Als fungizide Komponente ist in dem Produkt Toprex das Triazol Difenconazol (Abb. 10) mit 250 g a.i/l enthalten. Difenconazol (IUPAC: *cis*, *trans*-3-chloro-4-[4-methyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-1,3-dioxolan-2-yl]phenyl 4 chlorophenylether; CAS number: 119446-68-3) wurde unter dem Entwicklungscode CGA 169 374 erarbeitet, 1988 von RUESS et al. vorgestellt und von der Firma Ciba-Geigy 1989 erstmals auf dem französischen Markt eingeführt. Der Wirkstoff, der heute in Deutschland als ein in verschiedenen Kulturen einsetzbares Fungizid unter dem Handelsnamen Score vertrieben wird, ging von Ciba-Geigy über Novartis zu der Firma Syngenta (ANONYMUS 2006g, ANONYMUS 2006h, RUESS 1990, TOMLIN 2000).

Durch sein breites Wirkspektrum und seine sehr lang anhaltende protektive und kurative Wirkung soll Difenconazol dem Anwender eine höhere Flexibilität bezüglich dem Zeitpunkt der Anwendung gewährleisten. Das als Demethylaseinhibierend wirkende Difenconazol liegt aus einer Mischung von *cis*- und *trans*-Isomeren vor, wird über die Blätter aufgenommen und sowohl systemisch akropetal als auch translaminar verlagert.

Es wirkt protektiv und kurativ gegen Schaderreger (RUESS 1988, SATTLER und GLEIBL 2006, TOMLIN 2000).

Die Zulassung für das SC-formulierte Produkt Toprex, der Kombination von Difenoconazol und Paclobutrazol, wird für den Herbst- und Frühjahrseinsatz in Winterraps gegen Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*) sowie zur Verbesserung der Standfestigkeit von Syngenta für Herbst 2008 erwartet (ANONYMUS 2004a).

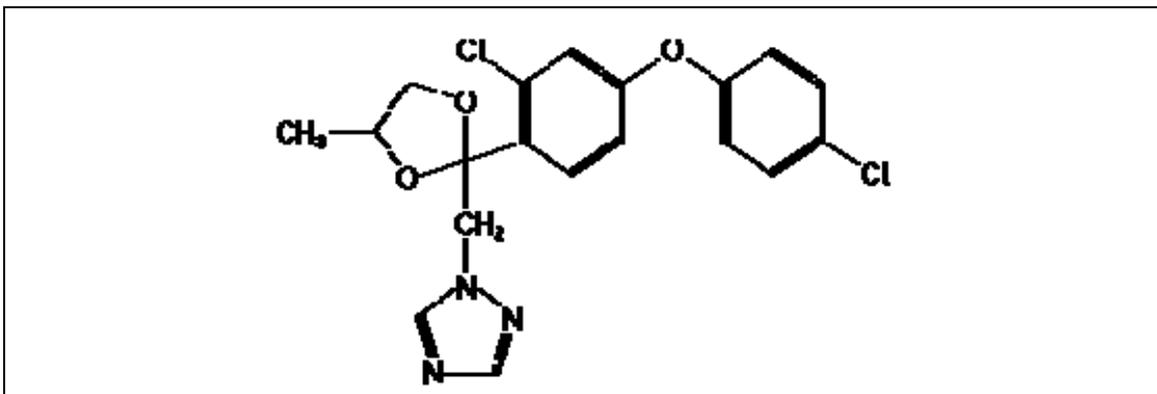


Abb. 10: Chemische Strukturformel Difenoconazol (Quelle: ANONYMUS 2007b)

1.4.2 Wirkstoffe der Atmungshemmer

Im Gegensatz zu den Ergosterolbiosynthesehemmern greift die Klasse der Atmungshemmer in den energiegewinnenden Stoffwechselprozess des Schaderregers ein. Der Elektronentransport an der Mitochondrienmembran wird gehemmt, so dass die Bildung des Adenosintriphosphates in der pilzlichen Zelle unterbunden wird. Durch die Hemmung der Energielieferung ist ein Aufbau weiterer Zellstrukturen nicht möglich, die Sporenkeimung und das Mycelwachstum des Pilzes werden verhindert. Aufgrund der unterschiedlichen Eingriffsorte innerhalb der mitochondrialen Atmungskette lassen sich unterschiedliche Gruppen von Atmungshemmern differenzieren (Abb. 11) (HALLMANN et al. 2007, HEITEFUSS 2000).

Die jüngsten Atmungshemmer stellen die Strobilurine dar. Der Wirkungsmechanismus dieser Gruppe beruht auf der Blockade am Komplex III innerhalb der Atmungskette (Abb. 11). Hier wird die äußere Andockstelle der Cytochrom bc₁-Untereinheit für das energieliefernde Ubihydrochinon besetzt, so dass der Elektronentransport unterbunden wird. Aufgrund großer Resistenzprobleme die sich innerhalb weniger Anwendungsjahre (1996-1998) zeigten, haben die Strobilurine jedoch nach einer kurzen, sehr erfolgreichen Zeit an Bedeutung abgenommen (ANONYMUS 2003b, HALLMANN et al. 2007, NULTSCH 1996).

Einige Jahrzehnte früher ist die Gruppe der Carboxanilide entwickelt worden, die im Gegensatz zu den Strobilurinen ihren Eingriffsort in dem Komplex II aufweisen (Abb. 11) und bisher keine Resistenzerscheinungen zu verzeichnen haben. Bereits 1966 leitete diese Gruppe der Atmungshemmer den Beginn der systemischen Fungizide ein. Sie werden von Blättern und Wurzeln aufgenommen und mit dem Transpirationsstrom akropetal in der Pflanze verteilt. Zudem verfügen sie über einen hochspezifischen Wirkort (single-site-inhibitor). Die Carboxanilide hemmen kompetitiv die Succinat-Dehydrogenase am Komplex II der Atmungskette. Das mitochondriale Elektronentransportsystem zwischen dem Succinat und dem Coenzym Q im Succinat-Ubichinon-Reduktase-Komplex des Tricarbonsäurezyklus wird blockiert, eine Anreicherung von Succinat ist die Folge. Als wirkstoffspezifischer Rezeptor dient ein Eisen-Schwefel-Protein im Succinat-Dehydrogenasekomplex; hier liegende strukturelle Unterschiede begründen die selektive Wirkung gegenüber verschiedenen Pilzgruppen. Das Wirkungsspektrum der einzelnen Carboxanilide wird durch den Substituenten am Anilinring und durch den Ring an der Carbonylgruppe verändert (HALLMANN et al. 2007, HEITEFUSS 2000, HOCK und ELSTNER 1995, NULTSCH 1996).

Bei beiden Gruppen der Atmungshemmer kann nach deren Einsatz in der Kultur der sogenannte Greening-Effekt beobachtet werden. Dieses Phänomen umschreibt die physiologische Wirkung auf die Ethylenbildung, welche zu einer verzögert einsetzenden Seneszenz und somit einer länger andauernden Assimilationsphase der Kulturpflanze führt (HALLMANN et al. 2007, HEITEFUSS 2000).

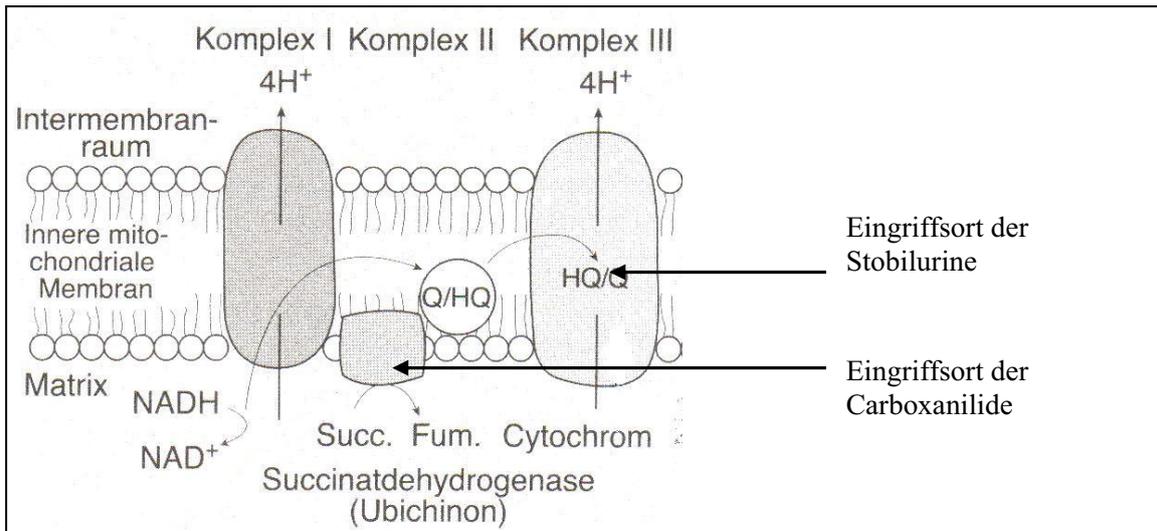


Abb. 11: Die Eingriffsorte von Strobilurinen und Carboxaniliden in die Atmungskette von Pilzen (nach: HALLMANN et al. 2007)

1.4.2.1 Boscalid

Der Wirkstoff Boscalid (IUPAC: 2-chloro-N-(4'-chlorobiphenyl-2-yl)nicotinamide; CAS number: 188425-85-6) ist der Gruppe der Carboxanilide zuzuordnen und wurde unter dem Codenamen BAS 510 F von der Firma BASF entwickelt. Boscalid (Abb. 12) unterscheidet sich durch seine spezifische Wirkungsweise, der Inhibierung der Zellatmung am Komplex II, von anderen modernen Atmungshemmern. 2002 wurde Boscalid unter seinem früheren Entwicklungsnamen Nicobifen auf dem Annual Meeting der American Phytopathological Society in Wisconsin vorgestellt und als ein Fungizid mit neuem Wirkungsspektrum gegen viele Indikationen v. a. im Getreide deklariert (AMMERMANN 2002, BARDINELLI 2002, TOMLIN 2003).

Seit Februar 2003 vertreibt die Herstellerfirma BASF auf dem deutschen Pflanzenschutzmarkt das Präparat Cantus, welches 500 g a.i./kg Boscalid enthält. Das WG-formulierte Fungizid wirkt protektiv und kurativ im Raps gegen Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*), Rapsschwärze (*Alternaria brassicae*) und Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*). Der Wirkstoff wird systemisch translaminar und akropetal in der Pflanze transportiert, das Produkt soll sich durch seine lang anhaltende

Wirkungsdauer von anderen Fungiziden abheben (ANONYMUS 2004a, ANONYMUS 2006a).

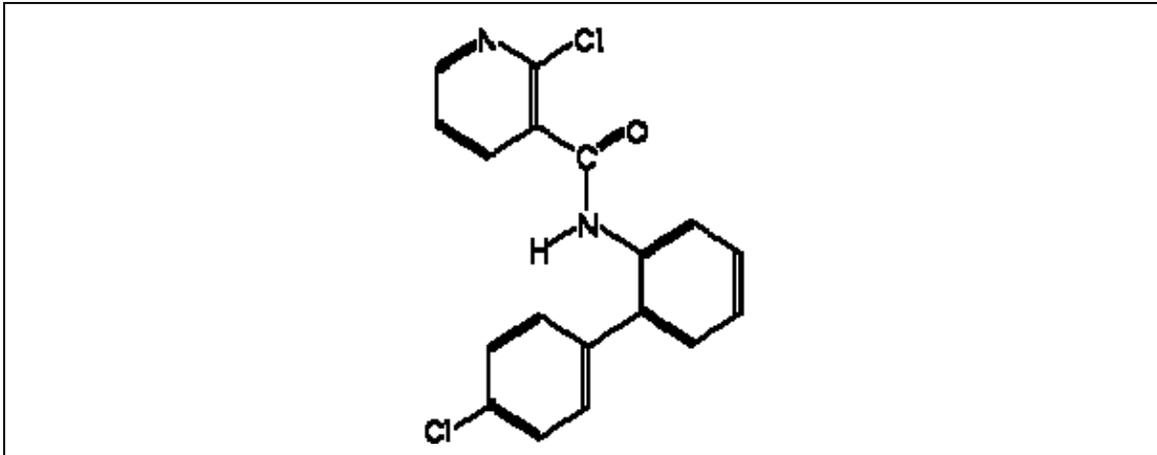


Abb. 12: Chemische Strukturformel Boscalid (Quelle: ANONYMUS 2007b)

1.4.3 Wirkstoffe der Mitose- und Meiosehemmer

Die dritte Klasse, der in dieser Arbeit verwendeten Fungizide, beinhaltet Wirkstoffe deren Eingriffsorte in der Mitose und Meiose der pilzlichen Zellen lokalisiert sind. Die aktive Komponente der Wirkstoffe dieser Klasse bindet an das im pilzlichen Zellplasma vorliegende Tubulin und verhindert somit die Polymerisation zu Mikrotubuli, den Bausteinen des zellulären Spindelapparates während der Zell- und Kernteilung (ALBERTS 1997, HALLMANN et al. 2007, NULTSCH 1996).

Zu dieser Klasse sind die Benzimidazole zu zählen, die 1968 als eine weitere Gruppe systemisch, kurativ und protektiv wirkender Fungizide in den Markt eingeführt worden sind. Neben dem abweichenden Wirkort und der geringeren erforderlichen Wirkstoffkonzentration, war zudem das Prinzip der Wirkstoffaktivierung (prodrugs) eine Innovation, die ein deutlich weiteres Wirkungsspektrum suggerierte. Hierbei hat der applizierte Wirkstoff keine oder nur geringe pilzbekämpfende Wirkung und wird erst nach der Metabolisierung im Pilzstoffwechsel in die eigentlich fungizide Komponente umgewandelt. Im Falle des Benzimidazols Benomyl und des Thiophanatomethyl wird ein Methylbenzimidazolcarbammat (MBC), der Wirkstoff Carbendazim, in der Pilzzelle zur

fungiziden Komponente hydrolysiert. Die Wirkstoffaufnahme erfolgt sowohl über die Blätter als auch über die Wurzeln der Kulturpflanze. Der Transport findet vornehmlich über das Xylem statt, eine Verlagerung von Zelle zu Zelle ist zudem möglich (CREMLYN 1991, HALLMANN et al. 2007, HEITEFUSS 2000).

Der wesentliche Wirkort der Mitose- und Meiosehemmer liegt in der Zell- und Kernteilung. Die Benzimidazol-derivate binden ausschließlich an das β -Tubulin im Zytoplasma und verhindern so einen Austausch der Tubulin-Untereinheiten. Dadurch wird die Polymerisation zu Mikrotubuli für die Bildung des Spindelapparates unterbunden, eine Chromatiden- bzw. Chromosomenteilung ist somit nur mangelhaft oder überhaupt nicht möglich. Der spezielle Wirkort kann durch leichte Veränderungen im Protein der β -Tubuli zur verminderten Affinität des Fungizides führen und birgt somit die Gefahr der monogenen Resistenz (ALBERTS 1997, HOCK und ELSTNER 1995, HOFFMANN 1994, HEITEFUSS 2000).

Das erste und bekannteste Benzimidazol Benomyl fand seit 1968 weltweit Anwendung und hatte neben seinem sehr breiten Wirkungsspektrum auch eine ovizide Wirkung gegen Spinnmilben. Aufgrund von Resistenzproblemen bei *Botrytis* wurde dieser Wirkstoff 1976 wieder vom Markt genommen (HALLMANN et al. 2007).

1.4.3.1 Carbendazim

In dem Produkt Harvesan von der Firma DuPont liegt die fungizidwirksame Komponente Carbendazim (IUPAC: methyl benzimidazol-2-ylcarbamate; CAS number: 10605-21-7) mit 125 g a.i./l unmittelbar vor. Der 1973 von HAMPEL und LÖCHNER erstmals vorgestellte Wirkstoff Carbendazim (Abb. 13) wurde unter den Entwicklungscodes BAS 346, Hoe 017411 und DPX-E 965 erarbeitet und 1974 von BASF, Hoechst und DuPont auf den Markt gebracht. Mittlerweile wird Carbendazim von vielen verschiedenen Firmen weltweit hergestellt. Die Firma DuPont vertreibt ihn in Deutschland in dem Präparat Harvesan (Formulierung, Zusatzstoffe und Indikationen siehe 1.4.1.4), in

welchem dieses Benzimidazol zusammen mit dem Triazol Flusilazol vorliegt (ANONYMUS 2006f, TOMLIN 2000).

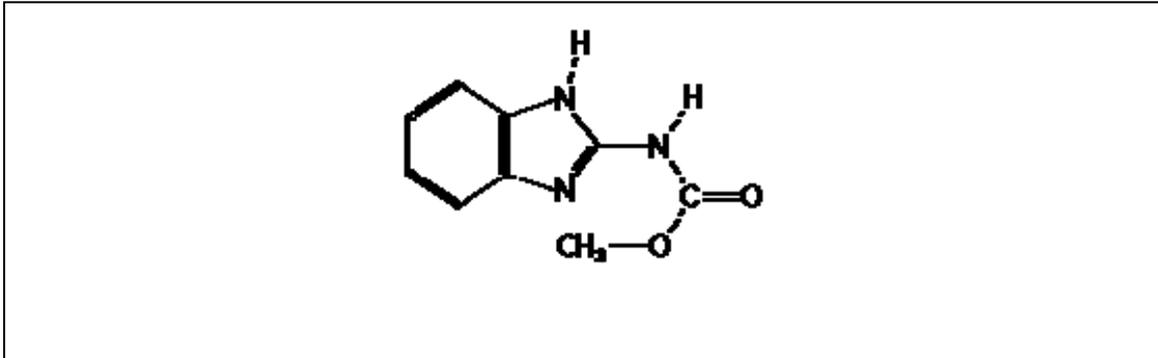


Abb. 13: Chemische Strukturformel Carbendazim (Quelle: ANONYMUS 2007b)

1.5 Zielsetzung der Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Relevanz und epidemiologische Befallsentwicklung pilzlicher Krankheitserreger im Winterrapsanbau unter bayerischen Witterungs- und Anbaubedingungen sowie die epidemiologischen und morphologischen Effekte der verschiedenen Fungizidmaßnahmen bei unterschiedlichen Applikationsterminierungen in einem experimentellen Freilandversuch zu analysieren. Die bestehenden Unterschiede zwischen den Fungiziden hinsichtlich deren Einfluss auf die Schadensdynamik von Rapspathogenen und wachstumsregulatorischen Parametern werden untersucht und die Auswirkung auf die Ertragsbildung beurteilt. Eine Verifikation von gezielten Behandlungsstrategien soll eine Unterstützung für Berater und Anwender in Bezug auf eine optimierte Erreger- und Ertragskontrolle bieten. Abschließend erfolgt eine ökonomische Betrachtung der einzelnen Fungizidvarianten um die Notwendigkeit verschiedener chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen im Rahmen von integrierten Winterraps-Anbausystemen zu dokumentieren.

2 Material und Methoden

Die Arbeit fand in Kooperation mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL Bayern), Institut für Pflanzenschutz, Freising-Weihenstephan statt. Als Grundlage diente der Rahmenplanversuch Nr. 832 – Fungizideinsatz Winterraps. Die Versuche wurden von der LfL Bayern an deren Versuchsgut in Straß bzw. bei ausgewählten Pflanzenschutzdiensten an den Ämtern für Landwirtschaft und Forsten (ALF) angelegt.

2.1 Versuchsstandorte und Versuchsanlagen

Die Untersuchung der epidemiologischen Ausbreitung der wichtigsten Krankheitserreger in Bayern erfolgte in den Versuchsjahren 2004/2005 und 2005/2006 an jeweils vier Standorten. Zur Anlage des Versuchs standen den beteiligten Ämtern für Landwirtschaft und Forsten für Versuchszwecke genutzte Praxis schläge zur Verfügung. Der Standort des ALF Würzburg in Helmstadt ist dem Erzeugungsgebiet der Fränkischen Platte zuzuordnen und repräsentiert die unterfränkischen Rapslagen. Der Versuchsstandort des ALF Regensburg in Söllitz (Erzeugungsgebiet: Vorderer Oberpfälzer Wald) steht stellvertretend für die höheren Lagen der nördlichen Oberpfalz. Offingen, im schwäbischen Landkreis Günzburg, als Standort des ALF Augsburg stellt einen typischen Standort für das Erzeugungsgebiet Tertiäres Hügelland dar. Das Versuchsgut der Landesanstalt für Landwirtschaft Bayern im oberbayerischen Straß, Landkreis Neuburg an der Donau, repräsentiert das Erzeugungsgebiet des Donautals. Die geographische Lokalisierung in Bayern wird in Abbildung 14 dargestellt.

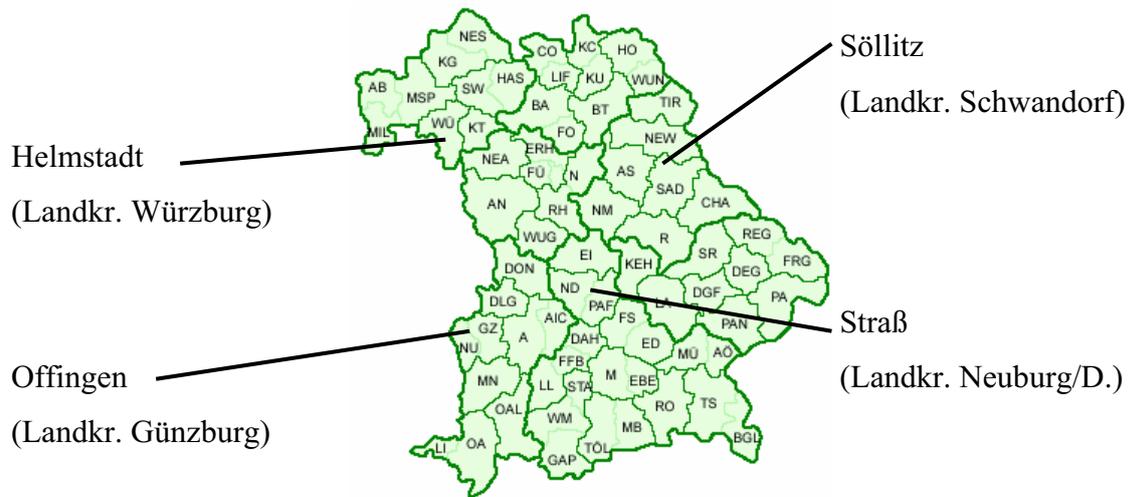


Abb. 14: Landkreisübersicht Bayern - Lokalisierung der Versuchsstandorte

Durchgeführt wurden die Versuche in Form einer randomisierten Blockanlage mit vier Wiederholungen je Variante. Die Versuchsanlage ist in den Tabellen 1 und 2 dargestellt.

Tab. 1: Beschreibung der Versuchsflächen 2004/2005

Standort	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
Landkreis	Würzburg	Schwandorf	Neuburg/D.	Günzburg
Versuchsansteller	ALF Würzburg	ALF Regensburg	LfL Freising	ALF Augsburg
Anlageform	Randomisierte Blockanlage			
Anzahl der Wiederholungen	4	4	4	4
Ackerzahl	60	34	38	65
Bodenart	tL	IS	sL	uL
Vorfrucht	Winterweizen	Sommergerste	Sommergerste	Winterweizen
Vor-Vorfrucht	Silomais	Silomais	Winterweizen	Silomais
Erntefläche (m ²)	22,5	19,8	24	22,5
Rapsanteil in der Fruchtfolge (%)	33	20	25	25

Tab. 2: Beschreibung der Versuchsflächen 2005/2006

Standort	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
Landkreis	Würzburg	Schwandorf	Neuburg/D.	Günzburg
Versuchsansteller	ALF Würzburg	ALF Regensburg	LfL Freising	ALF Augsburg
Anlageform	Randomisierte Blockanlage			
Anzahl der Wiederholungen	4	4	4	4
Ackerzahl	78	30	52	65
Bodenart	sL	IS	sL	sL
Vorfrucht	Winterweizen	Sommergerste	Sommergerste	Winterweizen
Vor-Vorfrucht	Winterweizen	Silomais	Kartoffel	Silomais
Erntefläche (m²)	16,2	21,0	18,75	18,0
Rapsanteil in der Fruchtfolge (%)	33	20	25	33

Die von den Landwirten durchgeführten Arbeitsgänge, mit Ausnahme der Fungizidbehandlungen, erfolgten praxisüblich. Einen Überblick der ackerbaulichen Maßnahmen an den einzelnen Versuchsstandorten geben die Tabellen 3 und 4.

Tab. 3: Ackerbauliche Maßnahmen an den Standorten im Versuchsjahr 2004/2005

Standort	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
Sorte	Oase	Elektra	Talent	Elektra
Beizung	TMTD 98 %	TMTD 98 %	TMTD 98 %	TMTD 98 %
Art der Grundbodenbearbeitung	Pflug	Pflug	Pflug	ohne Pflug
Aussaatstärke	65 Körner/m ²	50 Körner/m ²	50 Körner/m ²	50 Körner/m ²
Aussattermin	23.08.04	28.08.04	23.08.04	24.08.04
Herbizide	05.06.04: 2,0 l/ha Butisan Top	06.09.04: 2,0 l/ha Butisan Top	02.09.04: 2,0 l/ha Butisan Top	27.08.04: 2,5 l/ha Nimbus CS 13.09.04: 1,0 l/ha Fusilade Max
Insektizide	24.03.05: 75 ml/ha Karate Zeon	06.04.05: 100 ml/ha Fastac SC 29.04.05: 75 ml/ha Karate Zeon	01.04.05: 75 ml/ha Karate Zeon 22.05.05: 300 ml/ha Decis 27.05.05: 100 ml/ha Fury	01.04.05: 75 ml/ha Karate Zeon 21.04.05: 50 ml/ha Karate Zeon
N-Düngung	16.03.05: 100 kg N/ha (20/8/8) 05.04.05: 80 kg N/ha (KAS)	24.03.05: 100 kg N/ha (ASS) 12.04.05: 60 kg N/ha (KAS)	24.03.04: 120 kg N/ha (ASS) 11.04.05: 30 kg N/ha (DAP) 23.04.05: 70 kg N/ha (ASS)	21.03.05: 100 kg N/ha (BAS) 14.04.05: 70 kg N/ha (KAS)
P-Düngung	16.03.05: 40 kg P ₂ O ₅ /ha (20/8/8)	Innerhalb der Fruchtfolge	11.04.05: 92 kg P ₂ O ₅ /ha (DAP)	Innerhalb der Fruchtfolge
K-Düngung	16.03.05: 40 kg K ₂ O/ha (20/8/8)	Innerhalb der Fruchtfolge	29.09.04: 198 kg K ₂ O/ha (Patentkali)	Innerhalb der Fruchtfolge
pH-Wert	7,3	6,4	6,0	5,9

Tab. 4: Ackerbauliche Maßnahmen an den Standorten im Versuchsjahr 2005/2006

Standort	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
Sorte	Titan	Talent	Oase	Elektra
Beizung	TMTD 98 %	TMTD 98 %	TMTD 98 %	TMTD 98 %
Art der Grundbodenbearbeitung	ohne Pflug	Pflug	Pflug	Pflug
Aussaatstärke	50 Körner/m ²	50 Körner/m ²	60 Körner/m ²	45 Körner/m ²
Aussattermin	18.08.05	29.08.05	27.08.05	30.08.05
Herbizide	20.08.05: 2,5 l/ha Brasan	09.09.05: 2,0 l/ha Butisan Top	14.09.05: 2,0 l/ha Butisan Top	31.08.05: 2,5 l/ha Nimbus CS
Insektizide	22.04.06: 0,3 l/ha Bulldog	20.04.06: 0,1 l/ha Fastac SC 02.05.06: 0,3 l/ha Biscaya + 50 ml/ha Karate Zeon	22.04.06: 100 ml/ha Fury 10 EW	21.04.06: 75 ml/ha Karate Zeon 04.05.06: 0,2 l/ha Decis flüssig
N-Düngung	14.03.06: 85 kg N/ha (24/5/5) 07.04.06: 80 kg N/ha (24/5/5)	26.08.05: 25 m ³ /ha Rindergülle 17.09.05: 40 kg N/ha (KAS) 05.04.06: 83 kg N/ha (ASS) 22.04.06: 67 kg N/ha (KAS)	12.04.06: 120 kg N/ha (ASS) 21.04.06: 80 kg N/ha (ASS)	16.03.06: 90 kg N/ha (KAS) 18.04.06: 90 kg N/ha (ASS)
P-Düngung	14.03.06: 18 kg P ₂ O ₅ /ha (24/5/5) 07.04.06: 17 kg P ₂ O ₅ /ha (24/5/5)	Innerhalb der Fruchtfolge	Innerhalb der Fruchtfolge	Innerhalb der Fruchtfolge
K-Düngung	14.03.06: 18 kg K ₂ O/ha (24/5/5) 07.04.06: 17 kg K ₂ O/ha (24/5/5)	Innerhalb der Fruchtfolge	Innerhalb der Fruchtfolge	01.09.05: 120 kg K ₂ O/ha (Korn Kali 40 %)
pH-Wert	7,0	6,0	6,9	7,0

2.2 Charakterisierung der eingesetzten Sorten

In den Versuchen kamen sowohl Linien- als auch Hybridsorten zum Einsatz. Sortentypische und pathogenspezifische Parameter der verwendeten Sorten sind in Tabelle 5 aufgeführt. Alle Sorten weisen eine hohe Verbreitung in der landwirtschaftlichen Praxis auf. Die Sorte Titan war zur Ernte 2006 die größte Hybridsorte in Bayern, die Sorte Oase hatte bei den Liniensorten die größte Anbaubedeutung. Die expliziten prozentualen Flächenanteile der einzelnen Sorten in Bayern sind in Abbildung 15 dargestellt.

Tab. 5: Einstufung der Sorten (1 = sehr früh/sehr niedrig/sehr gering; 9 = sehr spät/sehr hoch/sehr stark) (ANONYMUS 2004b)

Bezeichnung	Oase	Elektra	Talent	Titan
Sortentyp	Linie	Hybride	Hybride	Hybride
Reife	5	4	4	4
Pflanzenlänge	5	4	5	5
Lagerneigung	2	3	3	3
Anfälligkeit für <i>Phoma</i>	4	6	4	5
Anfälligkeit für <i>Sclerotinia</i>	5	6	6	6
Anfälligkeit für <i>Alternaria</i>	4	4	4	4
Kornertrag	8	8	8	8

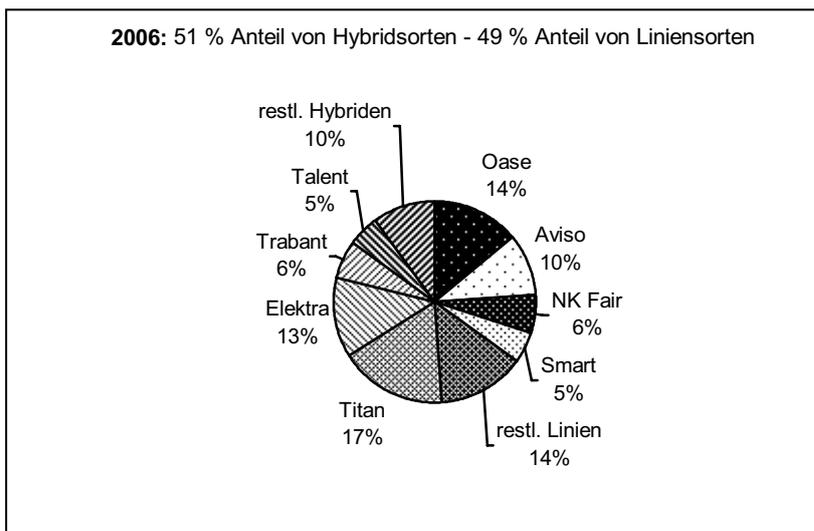


Abb. 15: Sortenverteilung bei Winterraps zur Ernte 2006 in Bayern (AIGNER und REHM 2006)

2.3 Eingesetzte Präparate und deren Wirkstoffe

Die in den Versuchen eingesetzten Fungizide sind, mit Ausnahme des Produktes Toprex für welches die Zulassung beantragt ist, handelsübliche und in Deutschland zugelassene Rapsfungizide. Eine nähere Charakterisierung der im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Pflanzenschutzmittel ist den Tabellen 6 und 7 zu entnehmen.

Tab. 6: Übersicht der Produkte, Wirkstoffe und Wirkungsorte (ANONYMUS 2004a, ANONYMUS 2006a, ANONYMUS 2006b, ANONYMUS 2006i)

Produkt	Hersteller	Wirkstoffe (g a.i./E)	Ausgebrachte Wirkstoffmenge (g a.i./ha) (bei max. zugelassener Aufwandmenge)	Wirkungsort	WTR- Effekt (lt. Her- steller)
Folicur	Bayer Crop Science	251,2 g/l Tebuconazol	375 g/ha (1,5 l/ha)	Sterolbiosynthese- inhibitor	Ja
Caramba	BASF	60 g/l Metconazol	90 g/ha (1,5 l/ha)	Sterolbiosynthese- inhibitor	Ja
Proline	Bayer Crop Science	250 g/l Prothioconazol	175 g/ha (0,7 l/ha)	Sterolbiosynthese- inhibitor	Nein
Cantus	BASF	500 g/kg Boscalid	250 g/ha (0,5 kg/ha)	Atmungshemmer	Nein
Harvesan	DuPont	250 g/l Flusilazol 125 g/l Carbendazim	200 g/ha + 100 g/ha (0,8 l/ha)	Sterolbiosynthese- inhibitor Mitose- und Meiosehemmer	Nein
Toprex (in Zulassung)	Syngenta	125 g/l Paclobutrazol 250 g/l Difenoconazol	62,5 g/ha + 125 g/ha (0,5 l/ha)	Sterolbiosynthese- inhibitor Sterolbiosynthese- inhibitor	Ja

Tab. 7: Zugelassene Indikationen und Anwendungen der eingesetzten Fungizide (ANONYMUS 2004a, ANONYMUS 2006a, ANONYMUS 2006b, ANONYMUS 2006i)

Zugelassene Indikation	Folicur	Caramba	Proline	Cantus	Harvesan	Toprex
<i>Phoma lingam</i> Herbst Frühjahr Max. Anz. Anw.	1,5 l/ha 1,5 l/ha 2	1,5 l/ha 1,5 l/ha 2		0,5 kg/ha 0,5 kg/ha 2		In Zulassung. Angestrebt für <i>Phoma lingam</i> im Herbst und Frühjahr sowie zur Verbesserung der Standfestigkeit im Herbst (BBCH 14-18) und Frühjahr (BBCH 37-55)
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> BBCH 57-69 BBCH 59-65 BBCH 65 Max. Anz. Anw.				0,5 kg/ha 1	0,8 l/ha 1	
<i>Alternaria brassicae</i> BBCH 65 Max. Anz. Anw.	1,5 l/ha 1			0,5 kg/ha 1		
Standfestigkeit BBCH 14-18 BBCH 39-55 BBCH 39-59 Max. Anz. Anw.	1,0 l/ha 1,5 l/ha 2	1,5 l/ha 1				
Winterfestigkeit Herbst Max. Anz. Anw.	1,0 l/ha 1					
Max. Anzahl Anwendungen in der Kultur	2	2	1	2	1	

2.4 Applizierte Fungizidvarianten

Die in den Versuchen durchgeführten Fungizidvarianten und Applikationszeitpunkte sind in der Tabelle 8 dargestellt. Varianten, Aufwandmengen und Terminierungen blieben über die Jahre und Standorte gleich. Neben der unbehandelten Kontrolle wurden in den Versuchen Herbst- (H) bzw. Frühjahrsbehandlungen (F) sowie Blütenbehandlungen (B) durchgeführt. Ebenso waren unterschiedliche Kombinationen (HF) dieser Anwendungstermine enthalten. Als sogenannte Gesundheitsvariante diente Versuchsglied (VG) 1, hier wurden Fungizide zu drei Terminen (HFB) appliziert. Um Aussagen über Trends in der landwirtschaftlichen Praxis zu erhalten, wurden die Versuchsglieder 5 (Herbstbehandlung mit stark reduzierter Aufwandmenge) sowie 10 und 11 (vorgezogene

Blütenbehandlung zu BBCH 59) integriert. Die Versuchsglieder 1 bis 10 wurden im Versuchsjahr 2004/2005 an allen Standorten angelegt, die Versuchsglieder 11 bis 14 an den Standorten Helmstadt, Straß und Offingen. Im Versuchsjahr 2005/2006 wurden an allen Standorten die Versuchsglieder 1 bis 14 durchgeführt.

Tab. 8: Versuchsplan mit applizierten Fungizidvarianten und Einsatzstadien

VG	Anwendungszeitraum	Präparat	Aufwandmenge/ha	Termin
1	Unbehandelte Kontrolle			
2	Herbst	Folicur	1,0 l	BBCH 14-16
	Frühjahr	Folicur	1,0 l	BBCH 51-55
	Blüte	Cantus	0,5 kg	BBCH 65
3	Herbst	Folicur	1,0 l	BBCH 14-16
	Frühjahr	Folicur	1,0 l	BBCH 51-55
4	Herbst	Caramba+Cantus	0,7 l + 0,4 kg	BBCH 14-16
	Frühjahr	Caramba	1,0 l	BBCH 51-55
5	Herbst (mit stark reduzierter Aufwandmenge)	Folicur	0,3 l	BBCH 14-16
6	Herbst	Harvesan	0,8 l	BBCH 14-16
7	Herbst	Toprex	0,5 l	BBCH 14-16
8	Frühjahr	Folicur	1,0 l	BBCH 51-55
9	Frühjahr	Caramba + Cantus	0,7 l + 0,4 kg	BBCH 51-55
10	vorgezogene Blüte	Proline	0,7 l	BBCH 59
11	vorgezogene Blüte	Cantus	0,5 kg	BBCH 59
12	Blüte	Proline	0,7 l	BBCH 65
13	Blüte	Cantus	0,5 kg	BBCH 65
14	Blüte	Harvesan	0,8 l	BBCH 65

Die Applikationstermine, ausgerichtet an den Entwicklungsstadien der Rapspflanzen, sind in der nachfolgenden Tabelle 9 aufgeführt.

Tab. 9: Applikationstermine der Fungizide in den Versuchsjahren 2004/2005 und 2005/2006

Standort	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
2004/2005				
Herbstbehandlung (BBCH 14-16)	28.09.2004	05.10.2004	28.09.2004	04.10.2004
Frühjahrsbehandlung (BBCH 51-55)	15.04.2005	22.04.2005	21.04.2005	14.04.2005
Vorgezogene Blütenbehandlung (BBCH 59)	28.04.2005	28.04.2005	28.04.2005	19.04.2005
Blütenbehandlung (BBCH 65)	12.05.2005	12.05.2005	11.05.2005	11.05.2005
2005/2006				
Herbstbehandlung (BBCH 14-16)	21.09.2005	06.10.2005	06.10.2005	30.09.2005
Frühjahrsbehandlung (BBCH 51-55)	03.05.2006	02.05.2006	27.04.2006	02.05.2006
Vorgezogene Blütenbehandlung (BBCH 59)	09.05.2006	05.05.2006	08.05.2006	10.05.2006
Blütenbehandlung (BBCH 65)	12.05.2006	19.05.2006	16.05.2006	19.05.2006

2.5 Probennahme und Bonituren

An den Boniturterminen wurden zufallsverteilt aus den Probenahmeparzellen je Variante 40 Pflanzen (jeweils zehn Rapspflanzen pro Wiederholung) entnommen. Diese wurden zunächst vorsichtig gereinigt und auf Wurzelhalsdurchmesser, Sprosslänge, Anzahl von Blättern und Blattansatzstellen untersucht. Ab dem Zeitpunkt der Blüte dienten nur noch die unteren 30–40 cm des Stängels und die Wurzel der Rapspflanzen zur Bonitur auf *Phoma lingam* und *Verticillium longisporum*.

Die Entwicklungsstadien wurden anhand der BBCH-Skala (MEIER und BLEIHOLDER 2006) festgelegt. Die Bestimmung der vorhandenen Blätter und der Ansatzstellen der bereits abgefallenen Blätter, ermöglichte die Ermittlung der Blattetagen.

2.5.1 Erhebung der pathogenspezifischen Populationsdynamik

Die aus den Versuchspartzen entnommenen Einzelpflanzen wurden unter Zuhilfenahme eines Binokulars bei 25-80-facher Vergrößerung auf die charakteristischen pilzlichen Fruchtkörper, Konidien, Konidienträger oder Mikrosklerotien untersucht. Die Rapspathogene wurden sowohl auf den qualitativen Parameter der Befallshäufigkeit im Bestand (BHB, prozentualer Anteil befallener Pflanzen) als auch auf den quantitativen Parameter der Befallsstärke im Bestand (BSB) diagnostiziert.

2.5.1.1 Krankheitserreger des Blattapparates

Die Ermittlung des Befalls mit dem Pathogen *Phoma lingam* erfolgte anhand der für diese Krankheit charakteristischen Pyknidien. Die Pyknidien besitzen eine zentrale Ostiole, diese kleine Öffnung wird vor allem nach der Zugabe von einigen Tropfen Wasser und der Bestrahlung mit Durchlicht deutlich sichtbar und erlaubt so die Unterscheidung von *Phoma lingam*-Pyknidien zu anderen saprophytischen Pilzen. Die Anfertigung von Quetschpräparaten ermöglicht die Diagnose des Austretens der 3 bis 5 µm langen, einzelligen, zylindrisch bis eiförmigen Pyknosporen (PUNITHALINGAM und HOLLIDAY 1972). Die Befallsstärke im Bestand wurde durch Auszählen bzw. bei sehr starkem Befall durch Schätzen der Pyknidienanzahl ermittelt.

Die Bestimmung der fungiziden Wirkungsgrade der durchgeführten Behandlungen bezüglich dem Auftreten von *Phoma lingam* am Blattapparat im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle erfolgte anhand der Befallsstärke (n-Pyknidien/Pfl.) nach der Methode von ABBOTT (1925):

$$\text{Wirkungsgrad (\%)} = 100 - \frac{\text{BSB}_{\text{Variante}}}{\text{BSB}_{\text{Kontrolle}}} \times 100$$

Der Erreger *Peronospora parasitica* wurde durch eine Untersuchung der Blattunterseite mit dem Binokular auf das Vorhandensein von aus den Stomata herausragenden Sporangiphoren bonitiert (WEBSTER 1983). Die Sporangiphoren (Konidienträger) sind bei starkem Auftreten als weißes Mycel erkennbar (PAUL 2003).

Botrytis cinerea bildet auf den Blättern grauen Sporenrasen. Das Pathogen kann durch die Ausbildung der charakteristischen Konidiophoren von anderen Krankheitserregern abgegrenzt werden (ELLIS und WALLER 1974, BARNES 1978).

Die Bestimmung der Befallsstärke von *Peronospora parasitica*, *Botrytis cinerea* und *Alternaria ssp.* erfolgte durch Bonitur des prozentualen Anteiles befallener Blattfläche.

2.5.1.2 Krankheitserreger des Wurzelhals- und Stängelbereiches

Der Befall mit *Phoma lingam* wurde jeweils für den Wurzelhals- und Stängelbereich durch Bonituren während der Abreifephase sowie einer Untersuchung nach der Ernte beurteilt. Dabei erfolgte die Ermittlung des Befallswertes (BW) in Anlehnung an das Boniturschema von KRÜGER (1982) getrennt für Wurzelhals (Tab. 10) und Stängel (Tab. 11). Zusätzlich wurde die Befallsstärke im Bestand durch das Auszählen der pathogenspezifischen Pyknidien an Wurzelhals und Stängel festgestellt.

Tab. 10: Schema zur Ermittlung des Befallswertes für *Phoma lingam* am Wurzelhals (nach KRÜGER 1982)

Befallswert	Beschreibung für den Wurzelhalsbefall
1	kein Befall
2	Einzelnen kleine, nicht tief gehende Flecken an der Oberfläche
3	Kleine Flecken an der Oberfläche mit geringer Verkorkung und/oder geringer Verbräunung am Wurzelhals
4	Zwischenwert
5	Verkorkung am Wurzelhals gut sichtbar, Stengel umfassend, aber noch nicht tief oder einseitig tief, etwa die Hälfte des Stengelumfangs umfassend, und/oder starke Verbräunung am Wurzelhals; Pflanze zur Zeit des Schwadlegens (Stadium 85-87) noch grün
6	Zwischenwert
7	Tiefe Einschnürungen am Wurzelhals, Pyknidien meist reichlich vorhanden; Pflanze beginnt zur Zeit des Schwadlegens zu vergilben
8	Zwischenwert
9	Wurzelhals stark und sehr tief verkorkt, sehr wenige/keine Verbindungen mit der Wurzel; Pflanze ist vorzeitig reif oder bereits abgestorben

Tab. 11: Schema zur Ermittlung des Befallswertes für *Phoma lingam* am Stängel (nach Krüger 1982)

Befallswert	Beschreibung für den Stängelbefall
1	kein Befall
2	Kleine Flecken an der Oberfläche
3	Größere Flecken an der Oberfläche
4	Zwischenwert
5	Größere Flecken, die auch tiefer in den Stengel eindringen
6	Zwischenwert
7	Tiefe Befallsstellen mit Pyknidien, Stengel eingetrocknet oder aufgeweicht
8	Zwischenwert
9	Ausgedehnte, tief gehende Befallsstellen am Stengel; Pflanze infolge des Befalls vorzeitig abgestorben

Das Auftreten des Erregers *Sclerotinia sclerotiorum* konnte anhand der Ausbildung von schwarzbraunen Sklerotien innerhalb des vom weißen Mycel umgebenden Stängels oder Seitentriebes erfasst werden (KRÜGER 1983, PAUL 2003). Bonitiert wurde im Entwicklungsstadium BBCH 85, dabei wurden im Feld in jeder Parzelle 50 Einzelpflanzen analysiert. Die Befallsbewertung erfolgte durch die Berechnung der Befallshäufigkeit im Bestand.

Die quantitative Bestimmung des Auftretens von *Verticillium longisporum* an der Wurzel und den unteren Stängelabschnitten erfolgte durch optische Beurteilung. *Verticillium longisporum* befallene Pflanzen zeigen unter dem Binokular die aus angeschwollenen Zellen bestehenden, 15-50 µm langen Mikrosklerotien (HAWKSWORTH und TALBOYS 1972). Bei der Diagnose konnte von jeder Pflanze der Befallswert nach dem in Tabelle 12 aufgeführten Schema von KRÜGER (1986) und daraus der mittlere Befallswert pro Versuchsglied ermittelt werden.

Tab. 12: Befallswerte für *Verticillium longisporum* (nach KRÜGER 1986)

Befallswert	Beschreibung
1	Kein Befall
2	Geringe (1-5 cm) und einseitige Ausbreitung der Mikrosklerotien
3	Noch geringe Ausdehnung der Besiedlung mit Mikrosklerotien (3-10 cm)
4	Zwischenwert
5	Sehr deutliche Symptomausprägung. Die Sklerotien haben ein 10 bis 30 cm langes Stängelstück besiedelt.
6	Zwischenwert
7	Mehr als die Hälfte des Stängels weist Mikrosklerotien auf
8	Zwischenwert
9	Pflanze völlig mit Sklerotien besiedelt und abgestorben

2.5.2 Datenerhebung zur Bestandesdichte und von morphologischen Parametern

Die Bestandesdichte zur Ermittlung der Überwinterungsleistung wurde an allen Standorten in der zweiten Novemberhälfte (18.11.2004; 22.11.2005) und im darauffolgenden Frühjahr im April (04.04.2005; 15.04.2006) ermittelt. Dazu wurde in den Parzellen jeweils ein Quadratmeter ausgemessen, absteckt und die sich darin befindende Pflanzenzahl ermittelt.

Der Wurzelhalsdurchmesser (Messgenauigkeit: 1 mm) wurde durch zweimalige, jeweils um 90° versetzte Messung am Wurzelhals und anschließende Mittelwertbildung festgestellt. Die Sprosslänge (Messgenauigkeit: 1 mm) im Herbst entspricht der Länge vom Wurzelhals bis zur Apexspitze. Im Frühjahr, nach dem Einsetzen des Längenwachstums, stellt die Pflanzenlänge das Maß vom Wurzelhals bis zur Blüten- bzw. Knospenspitze dar.

Im Rahmen dieser Arbeit erfolgte die Berechnung der Lagerbildung zum Entwicklungsstadium BBCH 85 wie in der nachfolgenden Formel dargestellt.

$$\text{Lager (\%)} = \frac{(\text{Prozentuale Neigung der Rapspflanzen} \times \text{prozentualer Anteil der lagernden Fläche})}{100}$$

2.5.3 Untersuchung der Apothecienentwicklung

An allen vier Versuchsstandorten wurden sowohl im Herbst 2004 (13.10.2004) als auch im Herbst 2005 (02.10.2005) jeweils 2 x 50 Sklerotien, welche von der Norddeutschen Pflanzenzucht (NPZ) zur Verfügung gestellt wurden, ausgelegt. Die Sklerotien wurden in einer Tiefe von ca. 2–3 cm an den Rändern der Kontrollparzellen platziert, mit Erde bedeckt und durch Stäbe markiert.

Zur Ermittlung des Termins der ersten Apothecienbildung wurden die Sklerotiendepots in beiden Frühjahren wöchentlich kontrolliert. Zur weiteren Quantifizierung des Befallsdruckes von *Sclerotinia sclerotiorum* wurden die Depots nach Bildung der ersten Apothecien regelmäßig überwacht und die Anzahl der gekeimten Apothecien ermittelt.

2.6 Beerntung

Die Beerntung der einzelnen Versuchspartellen erfolgte mit Partellenmähdreschern der beteiligten Ämter Würzburg, Regensburg, Augsburg sowie des Versuchsgutes Straß. Zusätzlich zu den Ertragsdaten wurden durch Probenziehung auch die TS-Gehalte und das TKG, sowie am Standort Straß auch der Ölgehalt in der Trockensubstanz bestimmt. Die Erntetermine sind in der Tabelle 13 dokumentiert. Die Ernteergebnisse beziehen sich auf eine Restfeuchtigkeit von 9 %.

Tab. 13: Erntetermine der einzelnen Versuchsstandorte

Standort	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
Beerntung	ALF Würzburg	ALF Regensburg	Versuchsgut der LfL Bayern in Straß	ALF Augsburg
Erntetermin 2004/2005	25.07.2005	28.07.2005	20.07.2005	22.07.2005
Erntetermin 2005/2006	24.07.2006	25.07.2006	24.07.2006	26.07.2006

2.7 Angabe meteorologischer Daten

Die Aufzeichnung der meteorologischen Daten wurde an allen Standorten durch die benachbarten Wetterstationen des Agrarmeteorologischen Messnetzes Bayern durchgeführt. Die Betreuung des Messnetzes erfolgt durch die LfL Bayern. Die Wetterstationen sind vom Typ Combilog 1020 der Firma Theodor Friedrichs GmbH & Co., Schenefeld.

Die Witterungsparameter Niederschlag (mm) und Lufttemperatur (°C in 2 m Höhe) wurden durch eine kontinuierliche Messung aufgezeichnet. Die langjährigen Mittelwerte entsprechen den Durchschnittswerten ab 1989 der benachbarten Wetterstationen.

2.8 Statistische Verrechnung der erhobenen Daten

Die statistische Verrechnung der erhobenen Daten erfolgte mit dem Programmpaket SAS (Version 9.1). Zur varianzanalytischen Datenaufbereitung dienten dabei die Prozeduren GLM bzw. Univariate. Der Vergleich der Mittelwerte der einzelnen Varianten auf signifikante Unterschiede wurde mit dem SNK-Test durchgeführt, die Irrtumswahrscheinlichkeit (p) betrug $p < 0,05$.

3 Ergebnisse

Die gewählten Untersuchungen und Analyseverfahren sollen eine Beantwortung der im Rahmen dieser Arbeit formulierten Fragestellungen (siehe 1.5) ermöglichen.

Die Bonituren verschiedener Pathogene sollen Aufschluss darüber geben, wie stark der jeweilige Krankheitsdruck am Standort ist und welche Effekte sich durch differenzierte Fungizidapplikationen erzielen lassen. Die Auswertung der Ernteparameter dient der Bestimmung der Ertragsrelevanz von Rapskrankheiten und der ökonomischen Bewertung von verschiedenen Behandlungsstrategien.

3.1 Witterungsverlauf 2004–2006

Zur Beschreibung der Witterungsverläufe wurden die Messungen bezüglich Lufttemperatur und Niederschlag verglichen mit den Aufzeichnungen der langjährigen Durchschnittswerte der benachbarten Wetterstationen.

3.1.1 Witterungsverlauf am Standort Helmstadt

In dem Versuchsjahr 2004/2005 waren am Standort Helmstadt überdurchschnittliche Niederschläge während des Auflaufens der Rapspflanzen zu dokumentieren. Geringeren Niederschlagsmengen im November und Dezember folgten zu Jahresbeginn sowie im April und Mai Niederschläge über dem langjährigen Mittel. Der Juni 2005 fiel durch ein hohes Niederschlagsdefizit auf. Die Abweichungen der Lufttemperatur vom langjährigen Mittel waren in nahezu allen Monaten nur sehr gering, abgesehen von einem kühlen Februar und März (Abb. 16, 17).

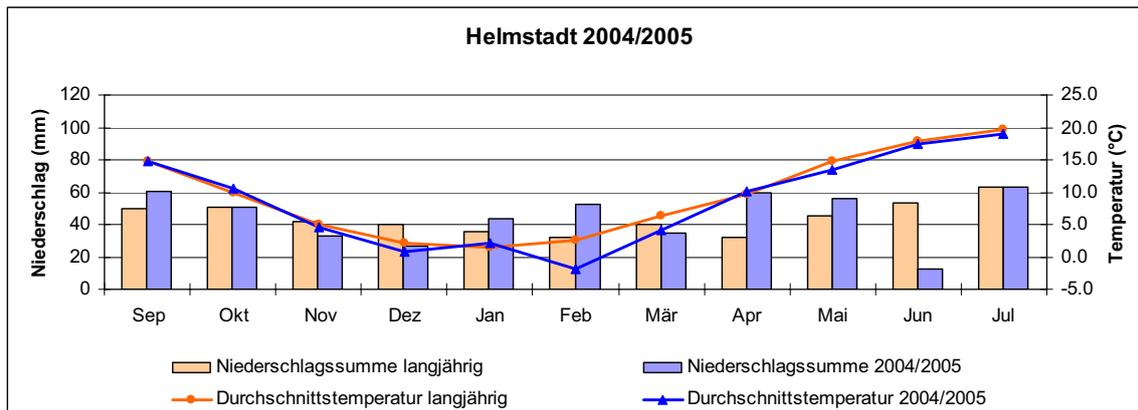


Abb. 16: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2004/2005 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Helmstadt

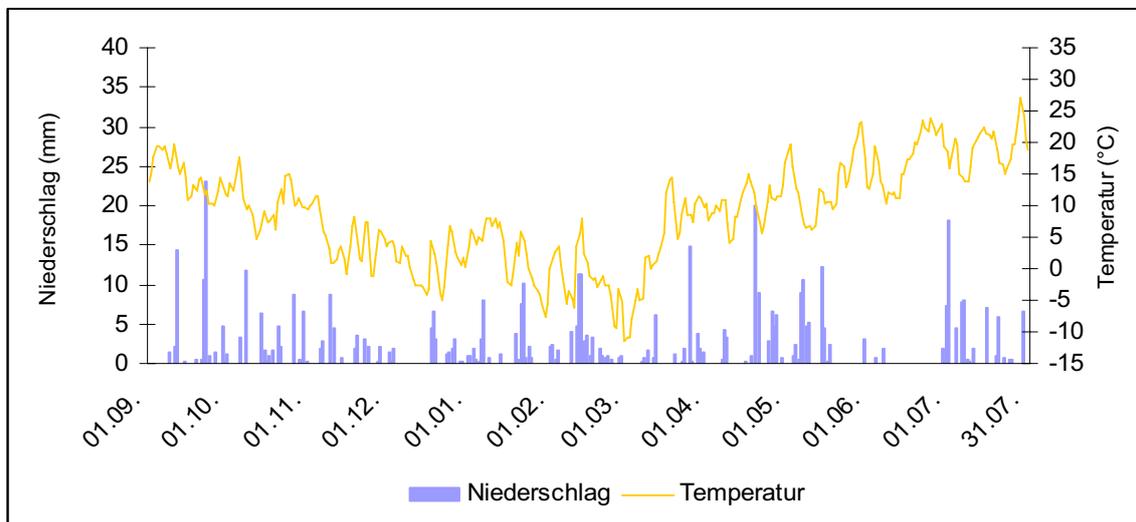


Abb. 17: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Helmstadt im Versuchsjahr 2004/2005

Auch im Versuchsjahr 2005/2006 war der September deutlich niederschlagsreicher. Die Regensummen während des Winters bewegten sich in der Größenordnung des langjährigen Mittels. Auffallend an diesem unterfränkischen Standort waren teils weit überdurchschnittliche Niederschläge im Frühjahr von Beginn der Hauptwachstumsphase im März bis hin zur Ernte. Während der Herbstentwicklung der Rapspflanzen entsprachen die Lufttemperaturen dem langjährigen Durchschnitt, in den Wintermonaten von Dezember bis März lagen sie teils deutlich darunter (Abb. 18, 19).

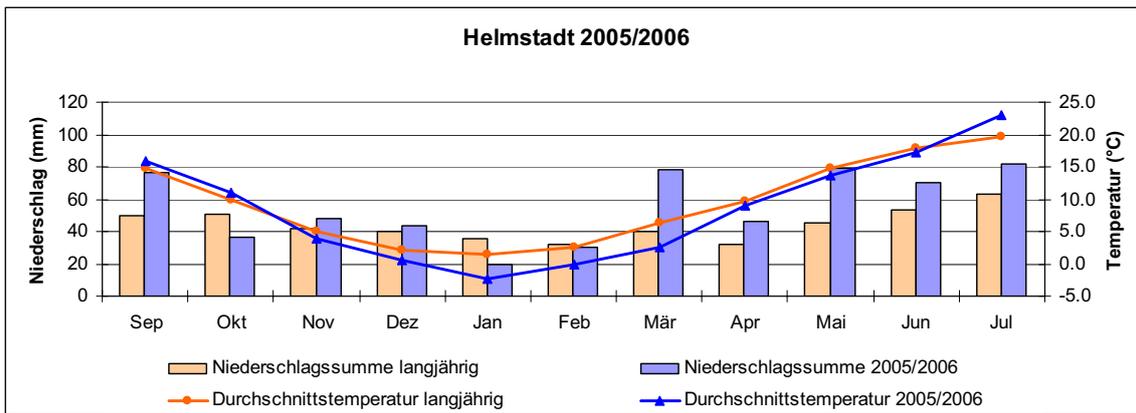


Abb. 18: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2005/2006 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Helmstadt

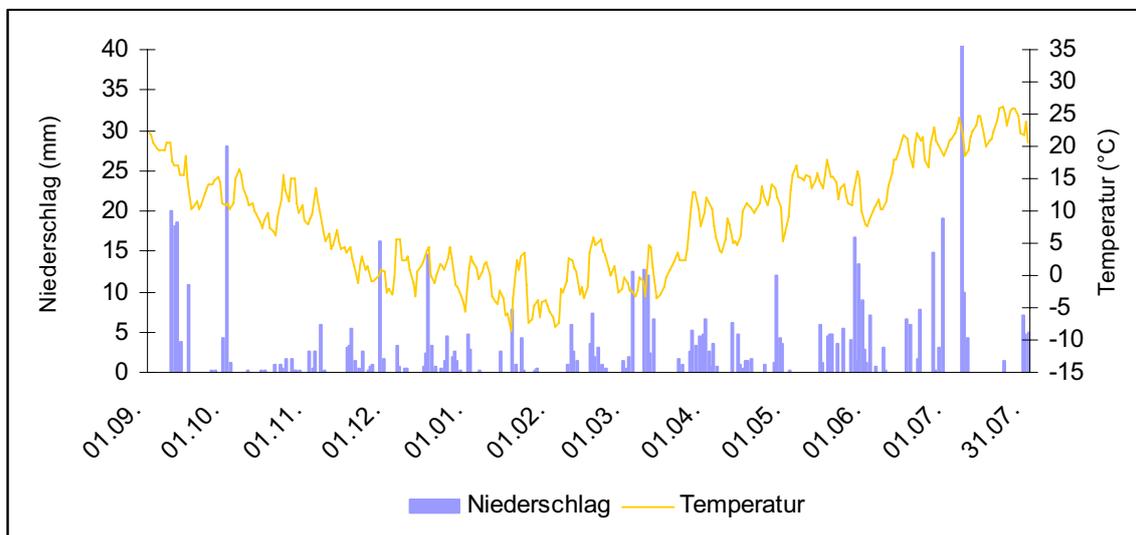


Abb. 19: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Helmstadt im Versuchsjahr 2005/2006

3.1.2 Witterungsverlauf am Standort Söllitz

Auch der Oberpfälzer Standort Söllitz war im Versuchsjahr 2004/2005 durch stark überdurchschnittliche Niederschlagsmengen während der Auflaufphase des Rapses gekennzeichnet. Der Winter war deutlich trockener als im langjährigen Mittel. Nach einem niederschlagsarmen Juni konnten hohe Niederschläge zur Abreife im Juli festgestellt werden. Die Temperaturen bewegten sich mit Ausnahme eines sehr kühlen Februars im Bereich der langjährigen Durchschnittswerte (Abb. 20, 21).

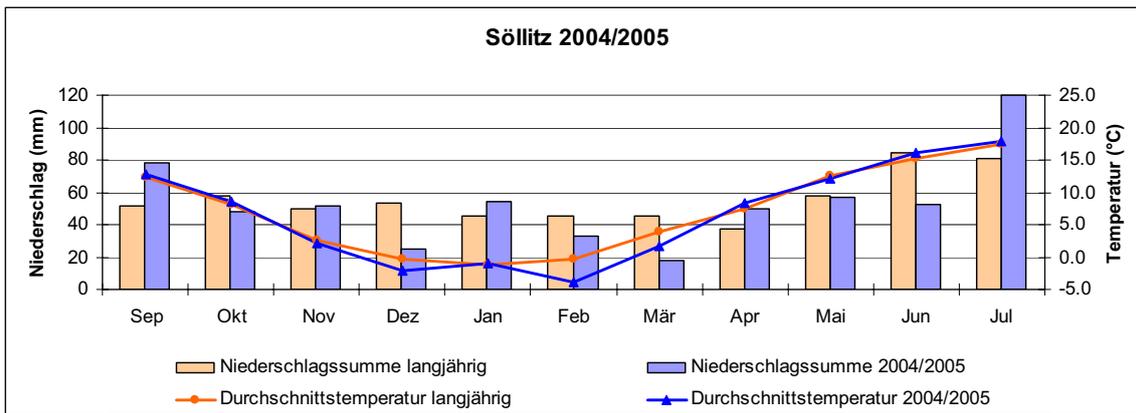


Abb. 20: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2004/2005 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Söllitz

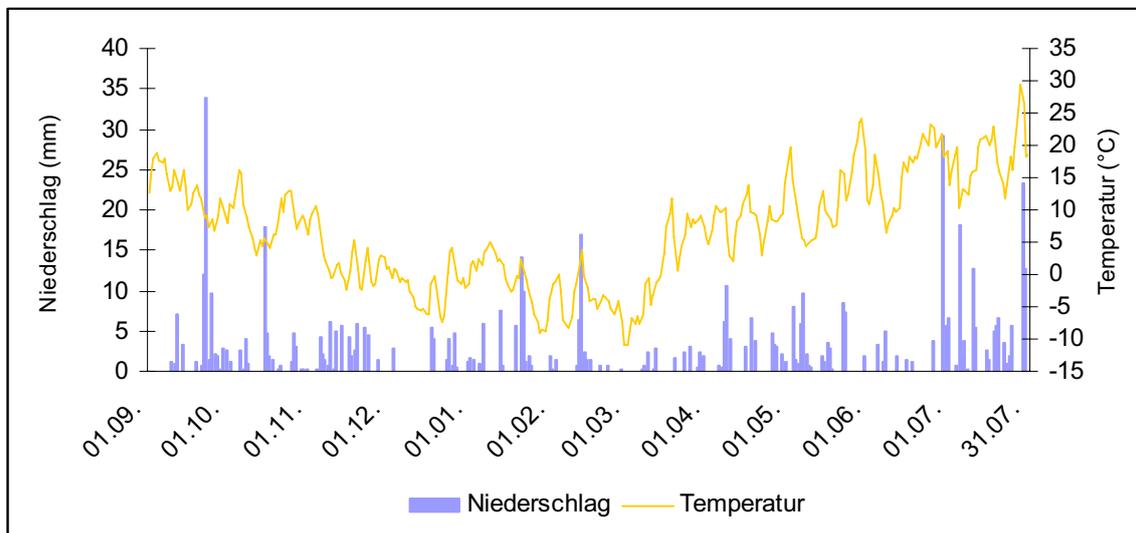


Abb. 21: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Söllitz im Versuchsjahr 2004/2005

Das zweite Versuchsjahr am Standort Söllitz war durch einen sehr trockenen Herbst und Winter gekennzeichnet, mit Niederschlagssummen deutlich von den langjährigen Werten abweichend. Jedoch konnte im Frühjahr von März bis Mai zum Teil das Doppelte der normalen Niederschlagsmengen verzeichnet werden. Zur Abreife im Juni und Juli lagen sehr trockene Bedingungen vor. Die Lufttemperaturen in den Wintermonaten und zu Frühjahrsbeginn lagen deutlich unter dem langjährigen Mittel (Abb. 22, 23).

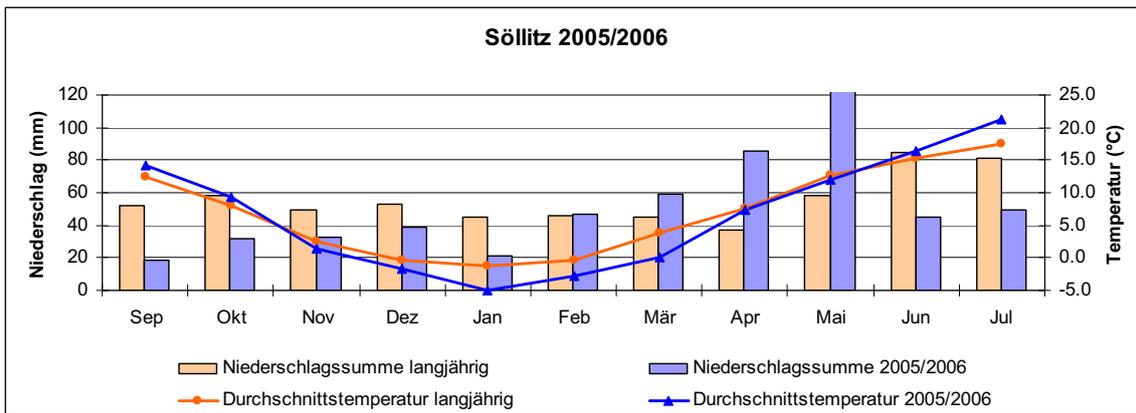


Abb. 22: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2005/2006 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Söllitz

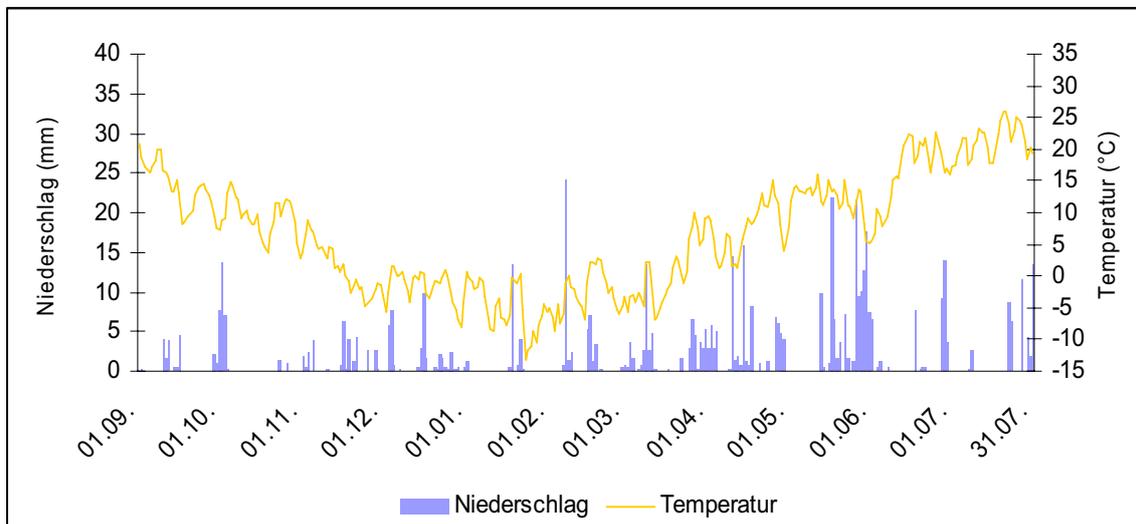


Abb. 23: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Söllitz im Versuchsjahr 2005/2006

3.1.3 Witterungsverlauf am Standort Straß

Im Versuchsjahr 2004/2005 waren die Regenmengen am Standort Straß von September bis Januar im Bereich der langjährigen Mittelwerte, von Februar bis Mai teils deutlich darüber. Zur Abreife im Juni herrschten sehr trockene Witterungsverhältnisse vor. Die Temperaturen entsprachen den langjährigen Durchschnittswerten, abweichend sind die kälteren Monate Ende des Winters (Abb. 24, 25).

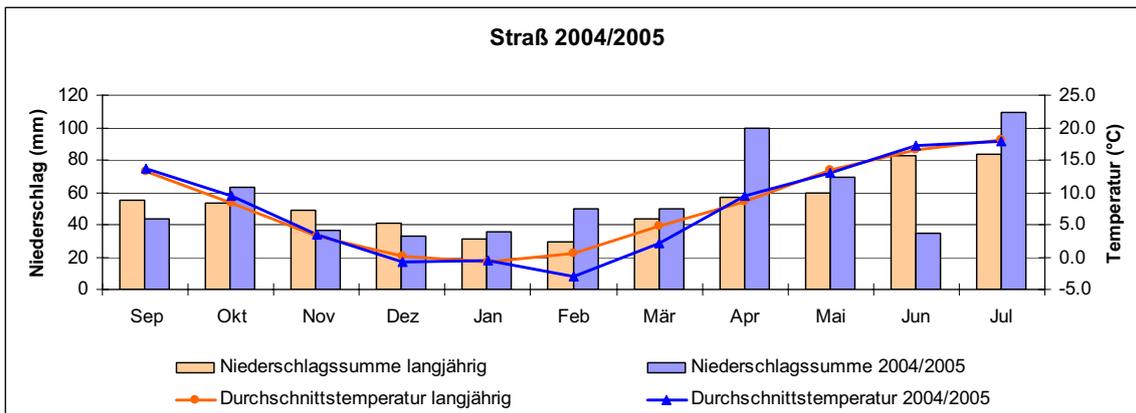


Abb. 24: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2004/2005 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Straß

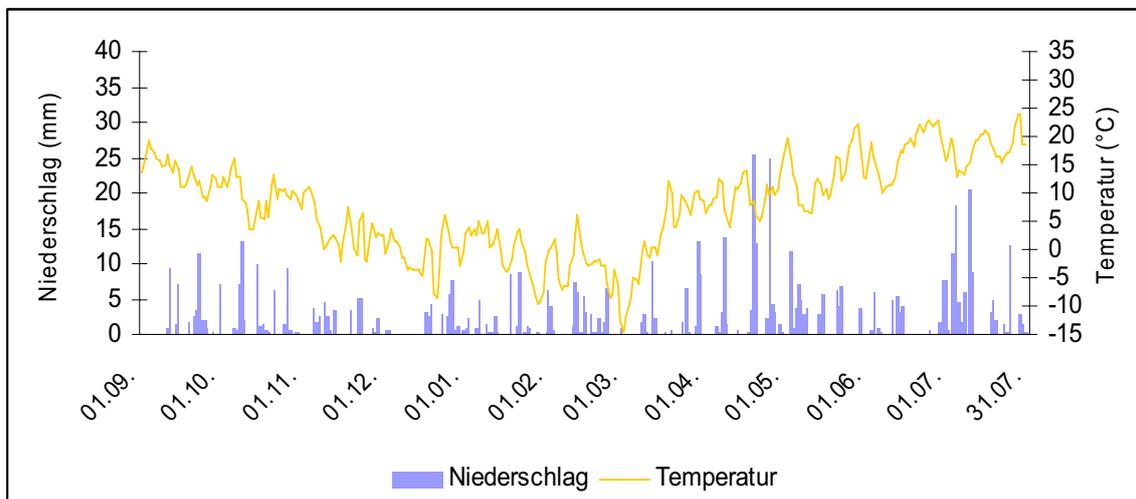


Abb. 25: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Straß im Versuchsjahr 2004/2005

Im Versuchsjahr 2005/2006 kennzeichneten sehr hohe Niederschläge im September beim Auflaufen des Rapses den Herbst am Standort Straß. Ebenfalls deutlich niederschlagsreicher als im Schnitt der Jahre war die Hauptwachstumsphase von März bis Mai, bei trockenen Abreifebedingungen im Juni und Juli. Die Temperaturen waren im Herbst und Frühjahr auf dem Niveau der langjährigen Durchschnittswerte. Abweichend feststellbar waren die kühleren Temperaturen in den Wintermonaten (Abb. 26, 27).

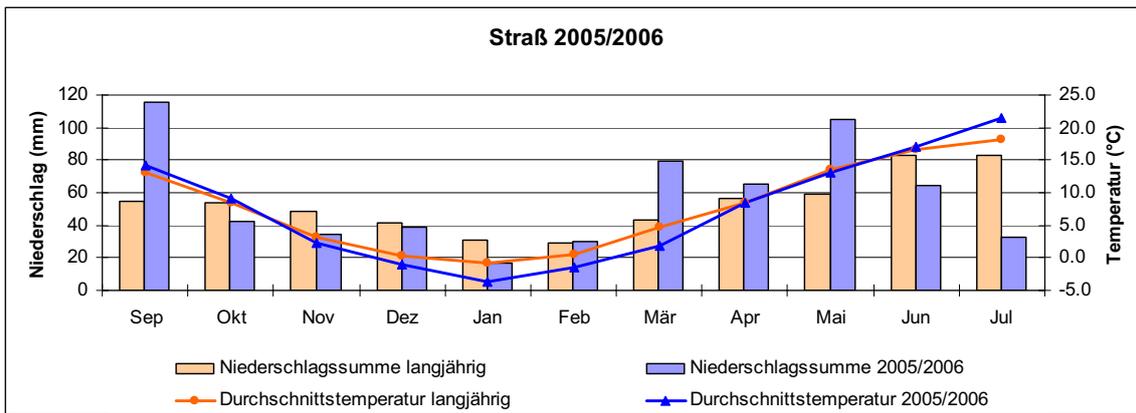


Abb. 26: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2005/2006 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Straß

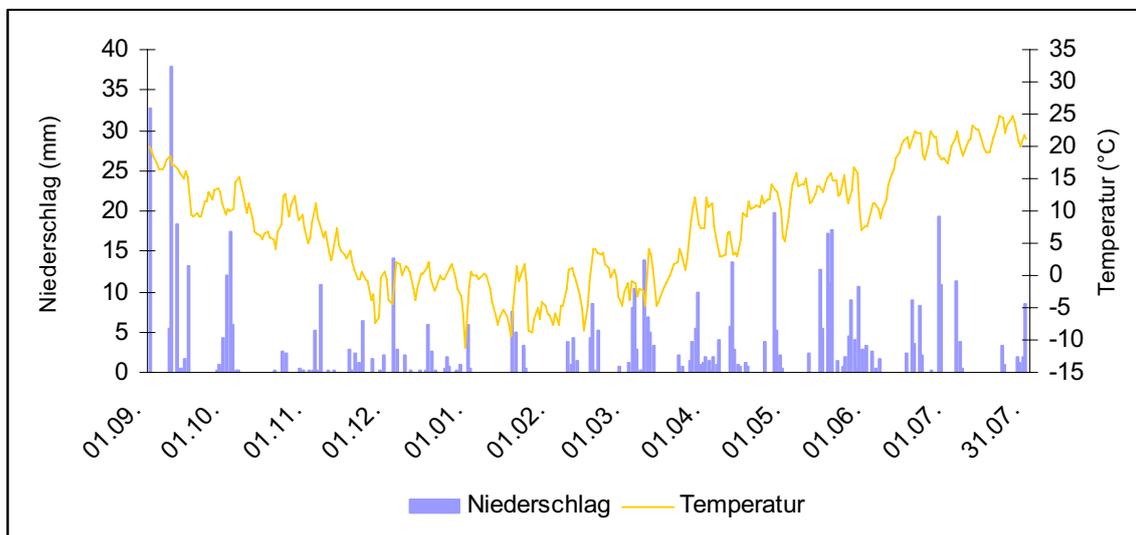


Abb. 27: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Straß im Versuchsjahr 2005/2006

3.1.4 Witterungsverlauf am Standort Offingen

Die erste Hälfte des Vegetationsjahres 2004/2005 am Standort Offingen entsprach bezüglich der Niederschlagsituation weitgehend dem langjährigen Mittel. Die Hauptwachstumsphase und Abreife des Rapses waren geprägt durch stark erhöhte Niederschlagsintensitäten, eine Ausnahme bildete hier der sehr trockene Monat Juni. Die Temperaturen waren bis auf einen kühlen Februar vergleichbar mit den langjährigen Mittelwerten (Abb. 28, 29).

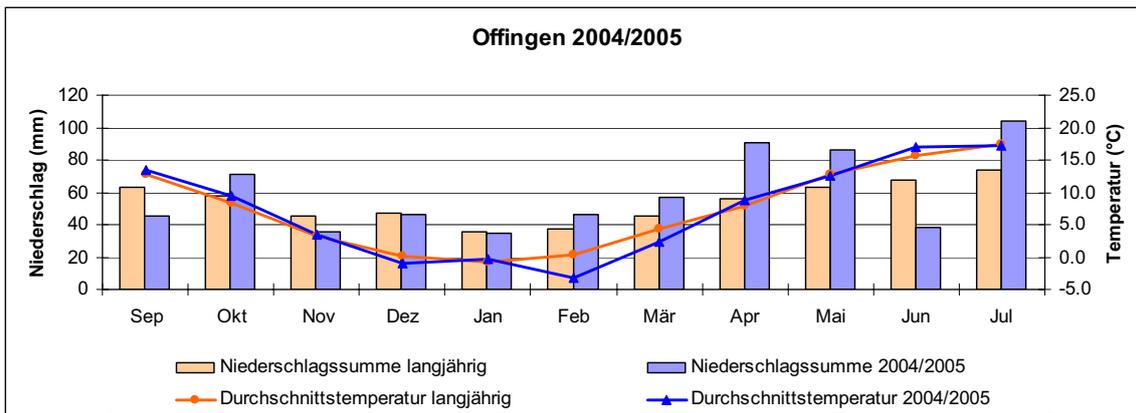


Abb. 28: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2004/2005 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Offingen

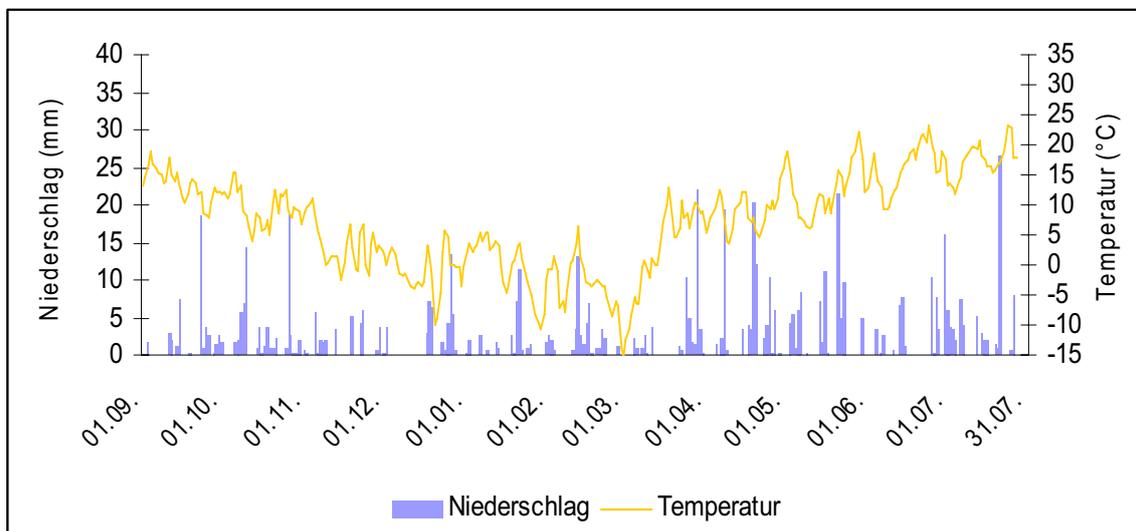


Abb. 29: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Offingen im Versuchsjahr 2004/2005

Das Versuchsjahr 2005/2006 am schwäbischen Standort Offingen war durch hohe Niederschlagsmengen im September gekennzeichnet, deutlich über den langjährigen Durchschnittswerten. Einem trockenen Winter folgten von März bis Mai Monate mit erheblich größeren Regenmengen als sie im langjährigen Mittel auftreten. Die Abreifemonte Juni und Juli waren durch sehr trockene Witterung geprägt. Der Temperaturverlauf im Herbst und Frühjahr entsprach den langjährigen Mittelwerten, die Wintermonate fielen auch in Offingen kälter aus als im Durchschnitt der Jahre (Abb. 30, 31).

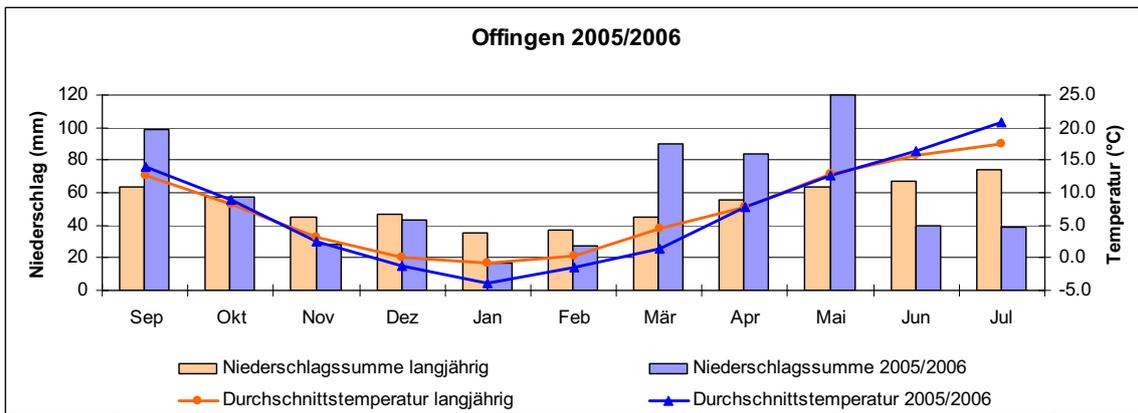


Abb. 30: Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagssummen (mm) der Versuchsmonate des Versuchsjahres 2005/2006 sowie langjährige Mittelwerte am Standort Offingen

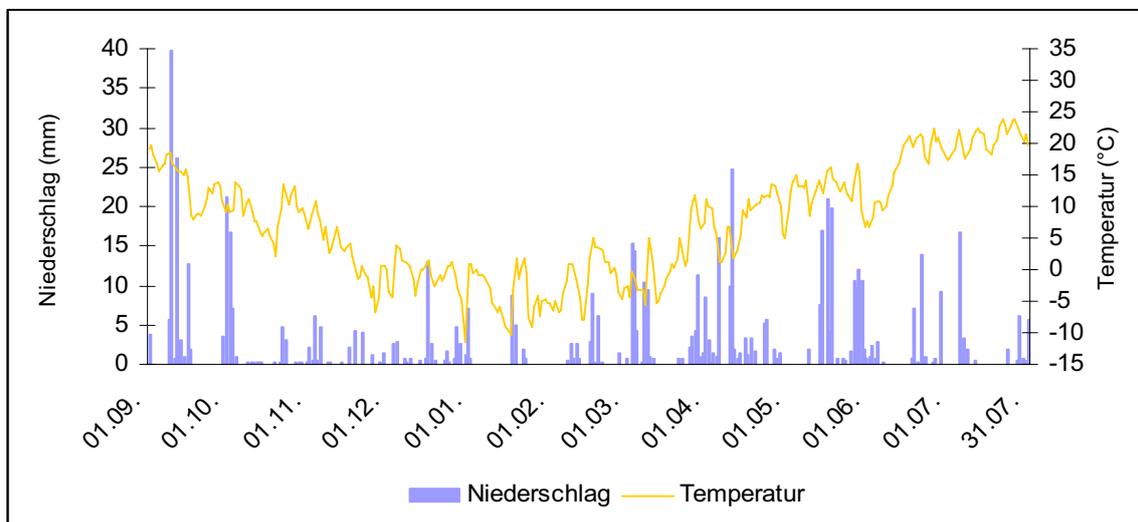


Abb. 31: Überblick zum Witterungsgeschehen (Niederschlag mm, Temperatur °C) am Standort Offingen im Versuchsjahr 2005/2006

3.2 Befallsauftreten von *Phoma lingam*

Zur Charakterisierung des populationsdynamischen Befallsgeschens von *Phoma lingam* wurde der Befall am gesamten Blattapparat sowie am Wurzelhals- und Stängelbereich bonitiert.

3.2.1 Befall des Blattapparates

Im folgenden wird die epidemiologische Ausbreitung des Erregers bezogen auf den gesamten Blattapparat durch die Parameter Befallsstärke im Bestand (BSB = n-Pyknidien/Pflanze) und Befallshäufigkeit im Bestand (BHB = % befallene Pflanzen im Bestand) zu unterschiedlichen Untersuchungsterminen im Herbst und Frühjahr der Versuchsjahre dargestellt. Die Fungizideffekte in den zum Entwicklungsstadium BBCH 14-16 behandelten Varianten werden vergleichend zur unbehandelten Kontrolle beschrieben.

3.2.1.1 Befallsauftreten von *Phoma lingam* am Blattapparat im fungizidunkontaminierten Bestand

Der epidemiologische Befallsverlauf von *Phoma lingam* am Blattapparat in der unbehandelten Kontrolle im Versuchsjahr 2004/2005 ist in den nachfolgenden Abbildungen 32 und 33 dargestellt. Im Herbst 2004 etablierte sich insbesondere an den Standorten Helmstadt und Offingen ein starker Blattbefall, der innerhalb weniger Wochen auf ein Maximum (BSB) von 1804 Pyknidien/Pflanze (Helmstadt, 17.11.2004) bzw. 2010 Pyknidien/Pflanze (Offingen, 12.11.2004) anstieg; d. h. die höchsten Befallsgrade waren neben der Hybridsorte Elektra (Offingen) auch in der Liniensorte Oase (Helmstadt) zu finden. An den Standorten Söllitz und Straß lag eine deutlich schwächere Populationsdynamik vor, hier konnten am Blattapparat nur Befallsstärken von maximal 745 Pyknidien/Pflanze (Söllitz, 12.11.2004) bzw. 440 Pyknidien/Pflanze

(Straß, 17.11.2004) ermittelt werden. Bis zum Ende der Befallsbonituren am 03. Dezember 2004 ging die BSB wieder auf Werte von 158 Pyknidien/Pflanze (Söllitz) bis 856 Pyknidien/Pflanze (Helmstadt) zurück. Dies ist in erster Linie auf die fortschreitende Seneszenz der Rapspflanzen zum Vegetationsende hin und dem damit verbundenen Abwurf älterer, stärker infizierter Blätter zurückzuführen. Im Frühjahr 2005 konnten bei der ersten Bonitur nach dem Winter am 24. März 2005 ein Ausgangsinokulum von 248 Pyknidien/Pflanze (Söllitz) bis 923 Pyknidien/Pflanze (Helmstadt) gezählt werden, was einem geringfügigen Anstieg über die Wintermonate hinweg entspricht und in der weiteren Erregerausbreitung während milder Witterungsphasen begründet sein dürfte. Diese Befallsstärken stiegen kontinuierlich bis zum Ende der Frühjahrsbonituren auf Pyknidienzahlen/Pflanze von 1792 (Helmstadt), 1866 (Offingen) sowie 1980 (Söllitz). Unter diesem Niveau blieb der Versuchsort Straß mit 981 Pyknidien/Pflanze bei der letzten Auszählung im Frühjahr.

Geringere Unterschiede zwischen den einzelnen Standorten waren bezüglich der Befallshäufigkeit festzustellen. Nach einer progressiven Erregerausbreitung während des Blattwachstums im Oktober war eine vollständige Durchseuchung der Bestände mit Befallshäufigkeiten von 100 % ab 22.10.2004 in Helmstadt und ab 12.11.2004 an den restlichen drei Standorten zu notieren. Ausgangs des Winters lagen bei der Bonitur am 24. März 2005 die Befallshäufigkeiten in der unbehandelten Kontrolle bei 75 % bis 90 %. In Helmstadt und Offingen war bereits zur nächsten Auszählung am 05.04.2005, an den Standorten mit den geringeren Befallsdrücken in Straß und Söllitz erst zu den Bonituren am 22.04.2005 bzw. 04.05.2005 wieder eine vollständige Infektion mit 100 % BHB zu dokumentieren.

Ergebnisse

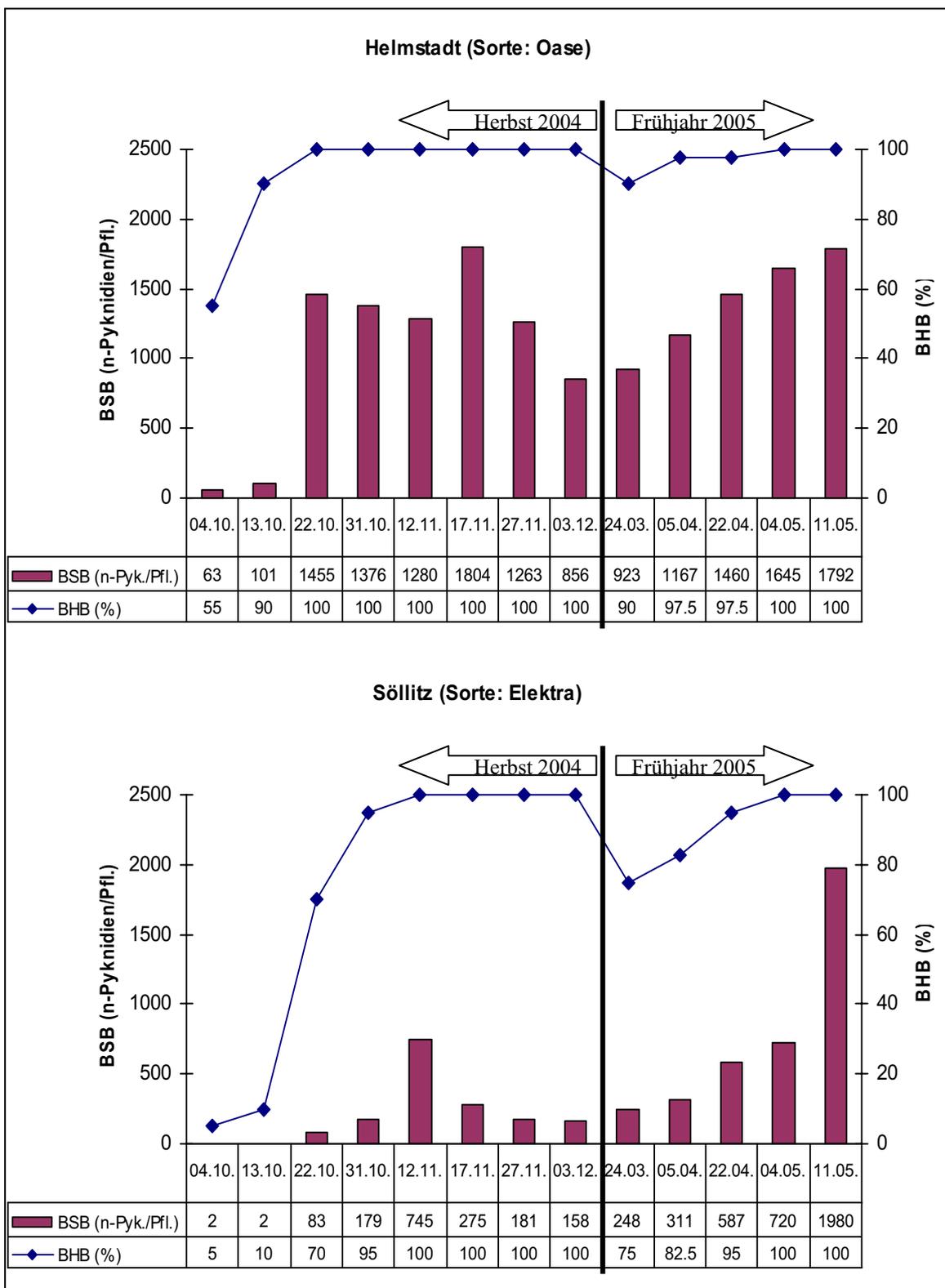


Abb. 32: Befallsverlauf von *Phoma lingam* am Blattapparat in der unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (% befallene Pflanzen), Standorte Helmstadt und Söllitz, Versuchsjahr 2004/2005

Ergebnisse

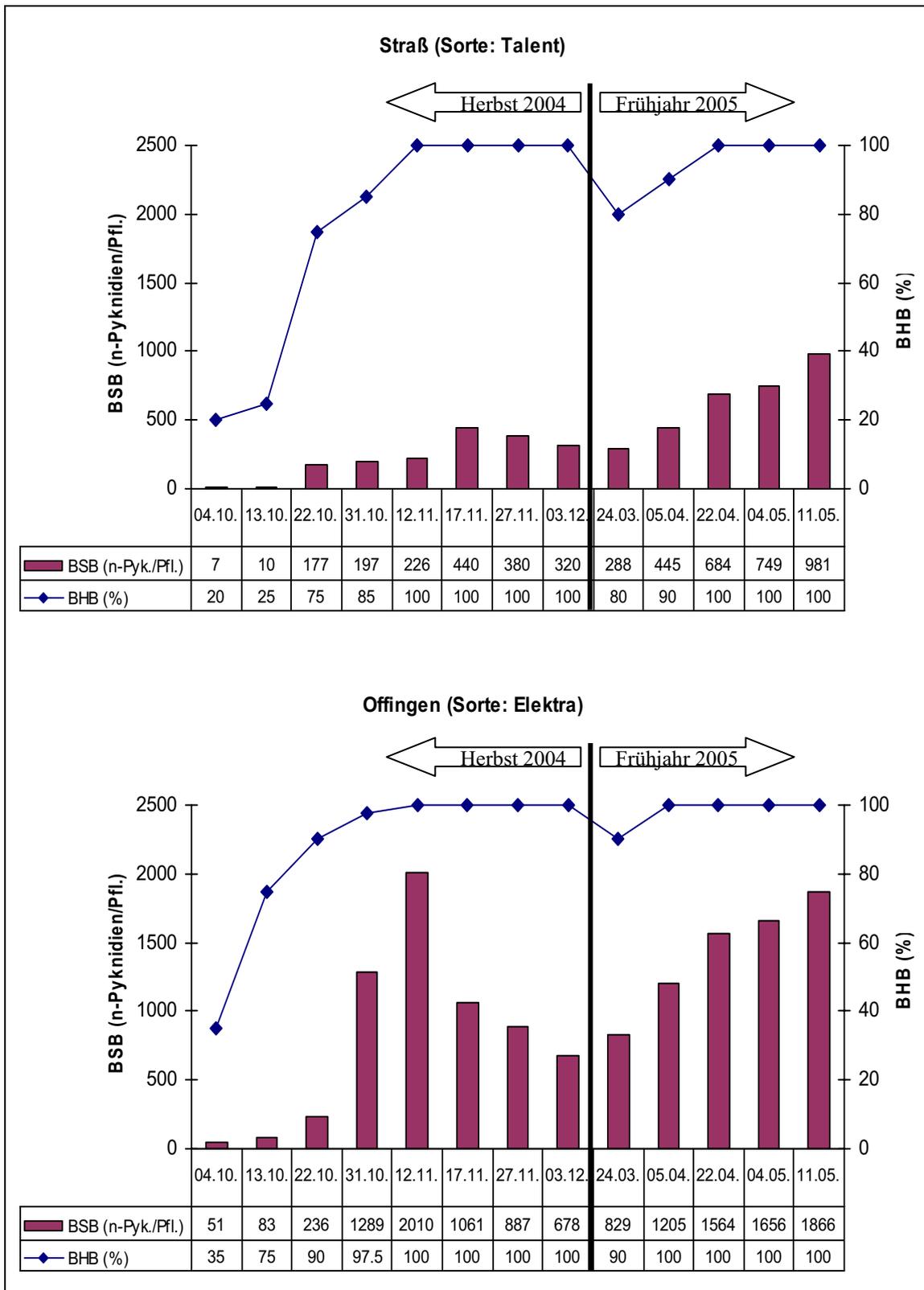


Abb. 33: Befallsverlauf von *Phoma lingam* am Blattapparat in der unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (% befallene Pflanzen), Standorte Straß und Offingen, Versuchsjahr 2004/2005

Die Populationsdynamik des Blattbefalles von *Phoma lingam* in der unbehandelten Kontrolle für das Versuchsjahr 2005/2006 ist in den Abbildungen 34 und 35 dargestellt. Im zweiten Versuchsjahr trat im Herbst ein ähnliches Befallsniveau wie im Vorjahr auf, jedoch mit höheren Maximalwerten bezüglich der Pyknidienzahlen/Pflanze. Innerhalb der einzelnen Versuchsorte konnten wiederum die höchsten Befallsstärken an den Standorten Helmstadt und Offingen bonitiert werden. Nach einem gleichmäßigen Anstieg der Pyknidienzahlen wurden dort die Maximalwerte jeweils am 05. November 2005 festgestellt. Sie betragen in den Hybridsorten Titan bzw. Elektra 1967 (Helmstadt) bzw. 2179 (Offingen) Pyknidien/Pflanze. In den Versuchsorten Söllitz und Straß lagen im Herbst, analog zum ersten Versuchsjahr, eine schwächer einsetzende und mit einem geringeren Infektionsdruck verlaufende epidemiologische Ausbreitung des Pathogens *Phoma lingam* vor, am Blattapparat konnten hier nur Befallsstärken von maximal 886 Pyknidien/Pflanze (Söllitz, 05.11.2005) bzw. 668 Pyknidien/Pflanze (Straß, 12.11.2005) ausgewertet werden. Zum Ende des Beobachtungszeitraumes am 22. November 2005 ging aufgrund des Absterbens älterer Blätter das Befallsniveau auf 220 Pyknidien/Pflanze (Söllitz) bis 1687 Pyknidien/Pflanze (Offingen) zurück. Im Frühjahr 2006 lagen die ersten Boniturergebnisse (01.04.2006), im Gegensatz zum Jahr davor, alle unter den Vorwinterwerten. Zurückzuführen ist dies auf das stärkere Absterben unterer Blätter durch die deutlich kältere Winterwitterung. Das Ausgangsinokulum bewegte sich in einer Spanne von 188 Pyknidien/Pflanze (Söllitz) bis 890 Pyknidien/Pflanze (Offingen). Bis zum Ende der Blattbonituren stieg das Befallsniveau beständig bis auf 942 (Straß), 1080 (Söllitz), 1634 (Helmstadt) sowie 1757 (Offingen) Pyknidien/Pflanze an.

Auch im Versuchsjahr 2005/2006 differierte die Befallshäufigkeit zwischen den einzelnen Standorten deutlich geringer als die Befallsstärke. Ab dem 14.10.2005 (Helmstadt), 21.10.2005 (Söllitz und Offingen) bzw. 29.10.2005 (Straß) trat eine BHB von 100 % auf. Auf jeder Rapspflanze konnten die pathogenspezifischen Symptome nachgewiesen werden. Nach dem Winter bewegten sich die Befallshäufigkeiten am 01.04.2006 innerhalb von 75 % und 85 % BHB und erreichten bereits am 15.04.2006 bzw. 28.04.2006 erneut 100 % BHB.

Ergebnisse

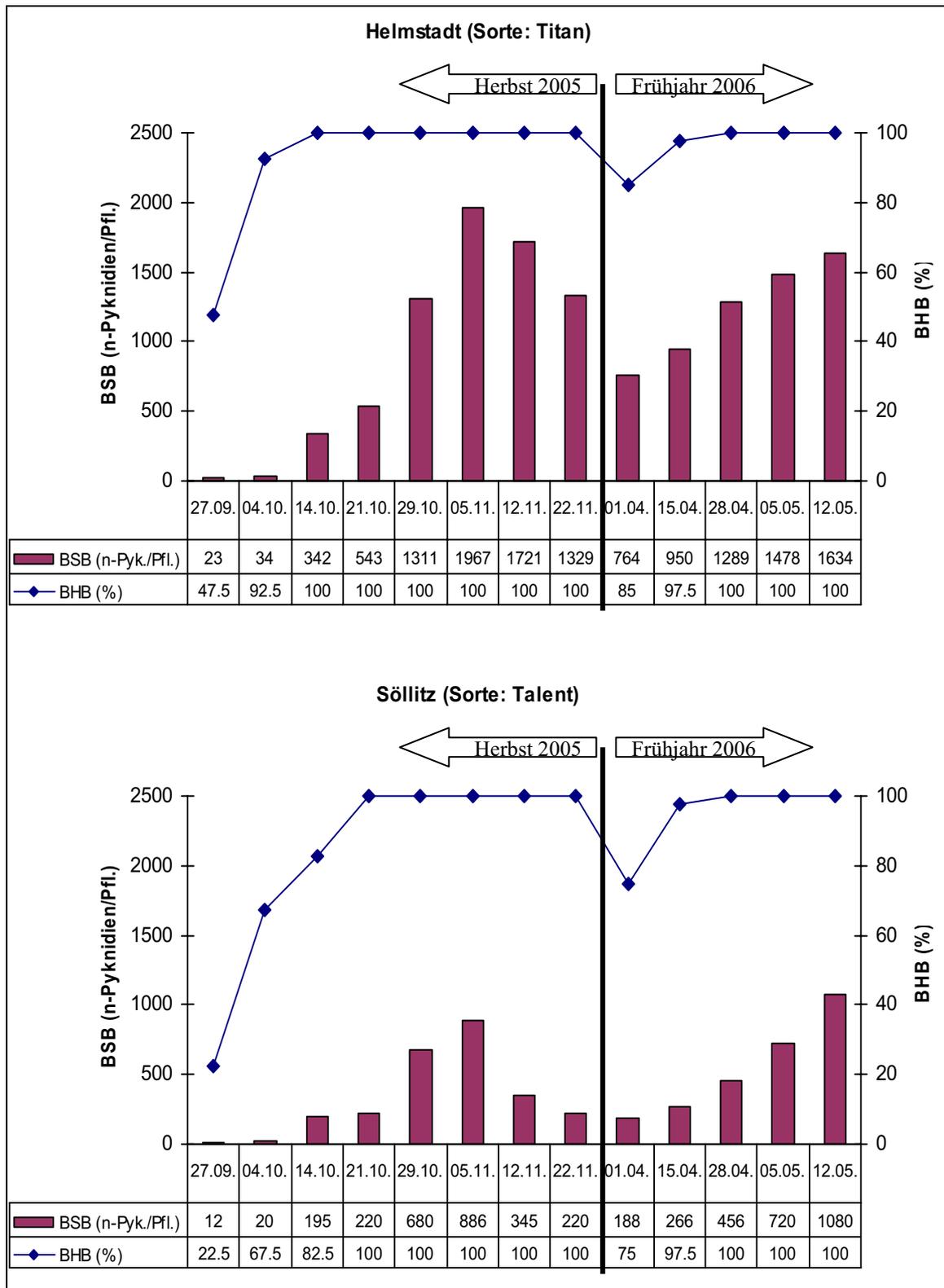


Abb. 34: Befallsverlauf von *Phoma lingam* am Blattapparat in der unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (% befallene Pflanzen), Standorte Helmstadt und Söllitz, Versuchsjahr 2005/2006

Ergebnisse

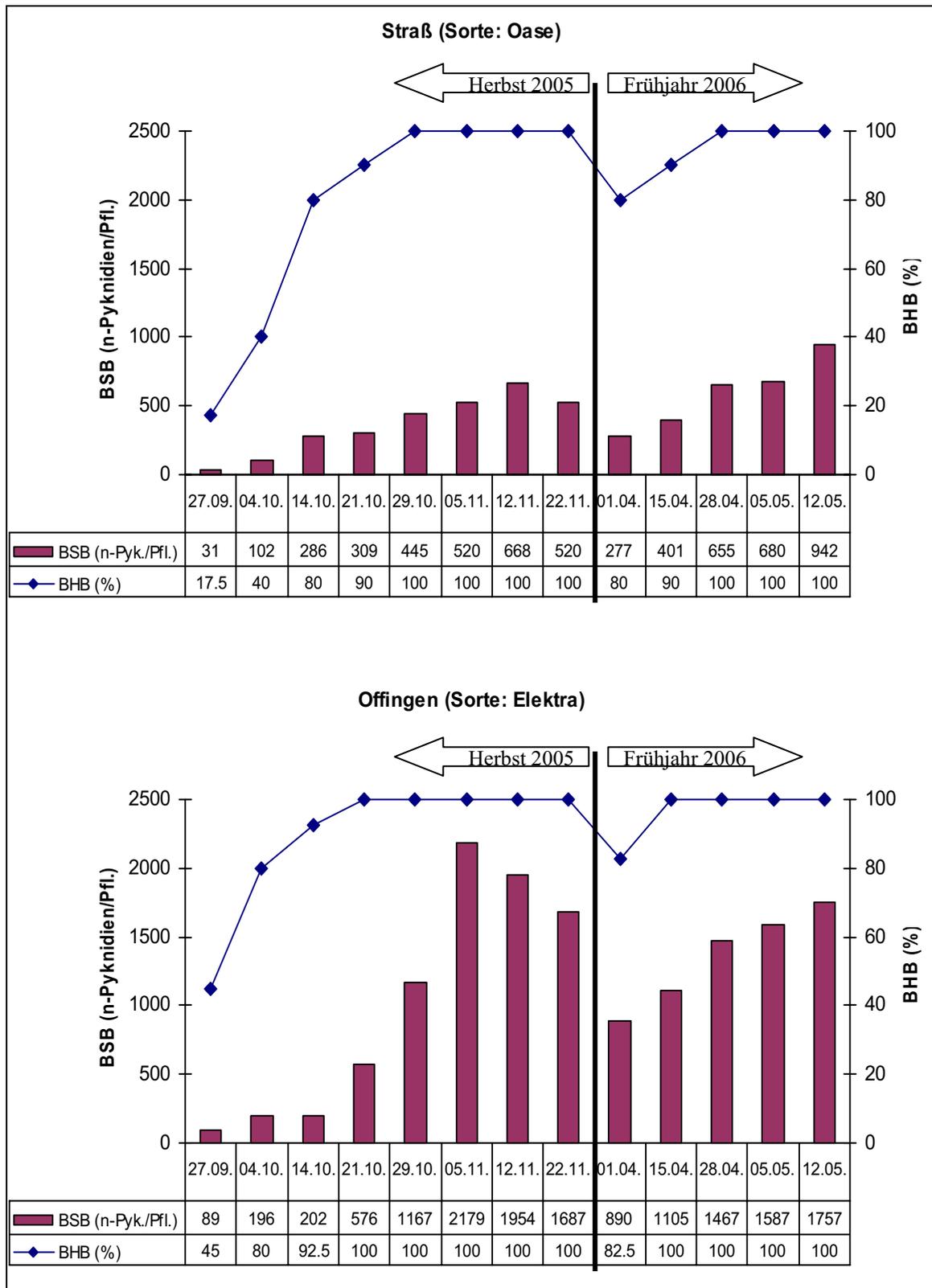


Abb. 35: Befallsverlauf von *Phoma lingam* am Blattapparat in der unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (% befallene Pflanzen), Standorte Straß und Offingen, Versuchsjahr 2005/2006

3.2.1.2 Einfluß von Fungiziden auf die Epidemiologie von *Phoma lingam* am Blattapparat

Im folgenden werden die Effekte einer Herbstapplikation von Fungiziden zu BBCH 14-16 auf den epidemiologischen Befallsverlauf von *Phoma lingam* am Blattapparat der Rapspflanzen zu Boniturterminen im Herbst sowie ausgangs des Winters im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle beschrieben.

Im Versuchsjahr 2004/2005 konnten in allen im Herbst mit Fungiziden behandelten Varianten sehr hohe Reduktionen der Befallsstärke im Bestand (BSB) in Form einer ausgeprägten Dezimierung der Pyknidienzahlen, vergleichend zur Kontrollvariante, ermittelt werden (Abb. 36). Bei der Bonitur am 17. November 2004 waren hinsichtlich des Rückganges der Pyknidienzahlen (BSB) auf den Rapsblättern an allen Standorten Werte von über 90 % festzustellen (siehe 3.2.1.3). An beiden Untersuchungsterminen im Herbst 2004 zeichneten sich alle mit einem Fungizidschutz versehenen Versuchsglieder gegenüber der unbehandelten Kontrolle durch signifikant geringere Befallsstärken aus (Tab. 14). Die Kombination 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus verzeichnete bei der Bonitur am 17.11.04, abgesehen vom Standort Söllitz, die stärksten Effekte auf die Reduktion der Befallsstärkenwerte; so konnte z. B. in Helmstadt, dem Ort mit dem höchsten Befallsdruck, die Pyknidienanzahl von 1804 in der Kontrolle auf durchschnittlich 13 Pyknidien reduziert werden. Die hohe Wirkung dieser Fungizidmischung war an drei der vier Versuchsorte gegenüber den restlichen Applikationsvarianten statistisch abzusichern. Bei der Frühjahrsbonitur war eine deutlich geringer ausfallende Differenz zwischen der unbehandelten Kontrolle und den Behandlungsvarianten festzustellen, wenngleich noch immer die Kontrolle signifikant höhere BSB-Werte aufwies. Auffallend waren am 05.04.2005 an den Standorten Helmstadt, Straß und Offingen die Behandlungen mit 0,8 l/ha Harvesan, welche die niedrigsten Befallsgrade zeigten.

Die Befallshäufigkeit im Bestand (BHB), d. h. der prozentuale Anteil befallener Pflanzen, wird durch Fungizideinsatz in geringerem Umfang als die Befallsstärke beeinflusst, jedoch war in 2004 zu beiden Herbstboniturterminen eine signifikante Differenz

bezüglich der BHB zwischen der unbehandelten Kontrolle und den behandelten Varianten festzustellen (Tab. 14). Die stärkste Reduktion zeigte im Herbst wie im Frühjahr das Präparat Harvesan (Flusilazol + Carbendazim), allerdings nicht statistisch absicherbar zu allen anderen Vergleichsvarianten.

Ergebnisse

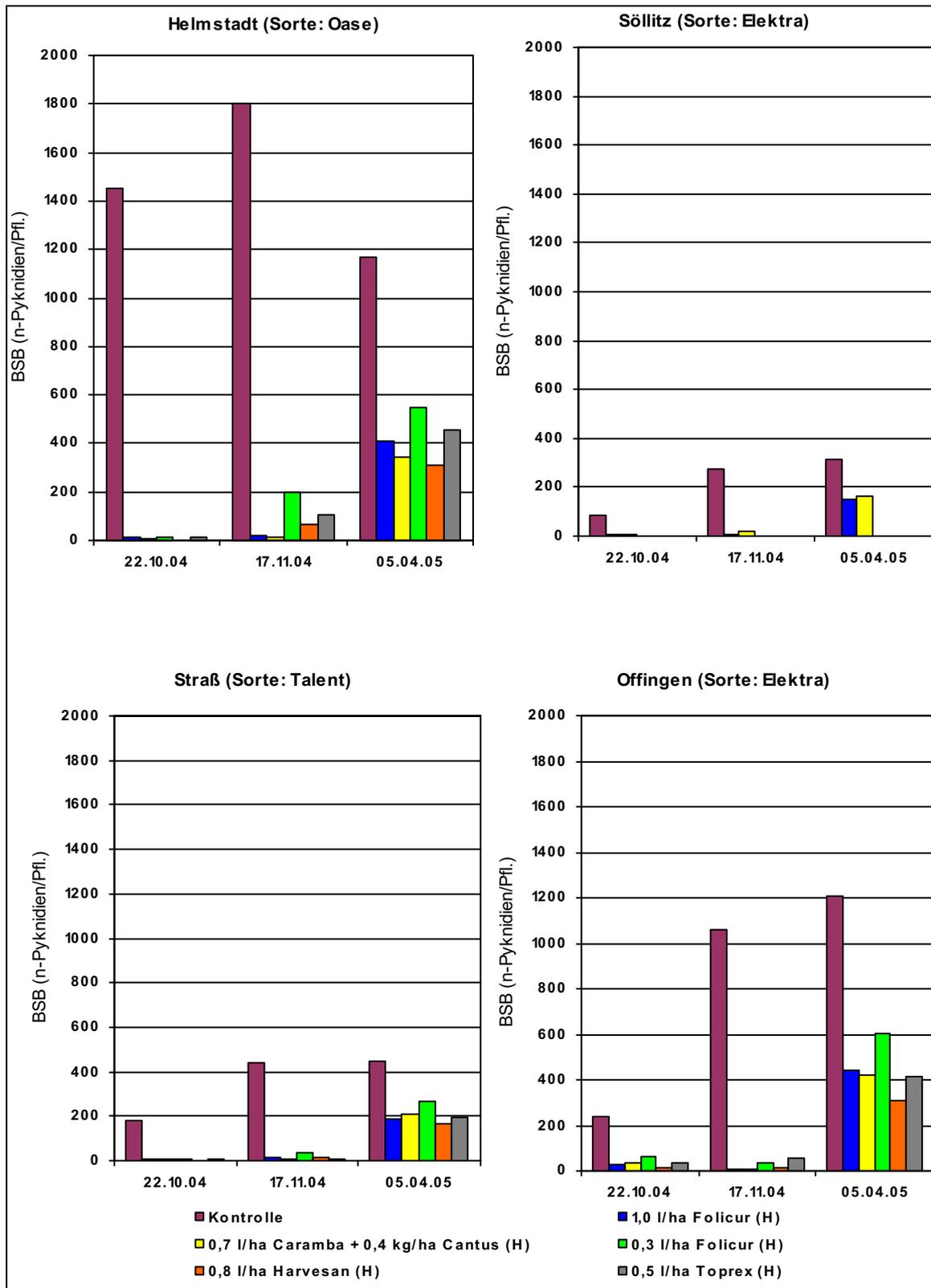


Abb. 36: Einfluß einer Herbstapplikation von Fungiziden (BBCH 14-16) auf den Befallsverlauf von *Phoma lingam* am Blattapparat zu unterschiedlichen Boniturterminen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze), Versuchsjahr 2004/2005

Ergebnisse

Tab. 14: Einfluß einer Herbstapplikation von Fungiziden (BBCH 14-16) auf den Befallsverlauf von *Phoma lingam* am Blattapparat zu unterschiedlichen Boniturterminen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pfl.) und BHB (%), Versuchsjahr 2004/2005

Variante		BSB (n-Pykn./Pfl.)			BHB (%)		
		22.10.04	17.11.04	05.04.05	22.10.04	17.11.04	05.04.05
Helmsstadt	Kontrolle	1455 a	1804 a	1167 a	100 a	100 a	97,5 a
	Folicur (H)	10 bc	21 e	412 d	20 cd	32,5 c	70 c
	Caramba+Cantus (H)	5 cd	13 e	345 e	30 c	40 c	77,5 bc
	Folicur red. (H)	14 b	199 b	546 b	45 b	80 b	95 a
	Harvesan (H)	2 d	64 d	309 f	15 d	32,5 c	62,5 c
	Toprex (H)	15 b	104 c	457 c	32,5 c	70 b	87,5 ab
Söllitz	Kontrolle	83 a	275 a	311 a	70 a	100 a	82,5 a
	Folicur (H)	6 b	8 c	149 c	25 b	30 c	67,5 a
	Caramba+Cantus (H)	5 b	18 b	166 b	37,5 b	45 b	75 a
	Folicur red. (H)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Harvesan (H)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Toprex (H)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Straß	Kontrolle	177 a	440 a	445 a	75 a	100 a	90 a
	Folicur (H)	4 b	18 c	186 e	27,5 d	35 c	60 c
	Caramba+Cantus (H)	5 b	4 f	212 c	37,5 c	40 c	67,5 bc
	Folicur red. (H)	7 b	37 b	269 b	47,5 b	55 b	77,5 b
	Harvesan (H)	3 b	11 d	165 f	15 e	20 d	55 c
	Toprex (H)	6 b	8 e	197 d	22,5 de	32,5 c	62,5 c
Offingen	Kontrolle	236 a	1061 a	1205 a	90 a	100 a	100 a
	Folicur (H)	27 e	10 d	445 c	42,5 cd	50 c	77,5 c
	Caramba+Cantus (H)	37 c	6 e	422 d	47,5 c	57,5 c	85 bc
	Folicur red. (H)	62 b	34 c	601 b	67,5 b	75 b	97,5 a
	Harvesan (H)	13 f	12 d	308 f	35 d	37,5 d	65 d
	Toprex (H)	33 d	57 b	412 e	50 c	85 b	92,5 ab

Im Versuchsjahr 2005/2006 bewirkte eine Herbstapplikation von Fungiziden durch deren hohe Wirkungspotenz ebenfalls einen deutlichen Reduktionseffekt auf die Befallsstärke am Blattapparat, wenn im Mittel auch nicht ganz die Wirkungsgrade des Vorjahres erreicht wurden (siehe 3.2.1.3). Bei den Herbstbonituren am 14.10.2005 und 05.11.2005 zeigten an allen Standorten die fungizidbehandelten Versuchsglieder signifikant geringere Pyknidienzahlen als die unbehandelte Kontrolle. Wie in der Abbildung 37 dargestellt zog die Variante 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus an den Standorten Helmstadt, Straß und Offingen die höchste befallsmindernde Wirkung nach sich; dieser Effekt konnte zu den restlichen Fungizidvarianten statistisch abgesichert werden. Wie im Vorjahr bildet der Oberpfälzer Standort eine Ausnahme, in Söllitz zeigte die Behandlung mit 1,0 l/ha Folicur die stärkste Differenzierung zur unbehandelten Kontrolle, was gegenüber den restlichen Fungizidvarianten statistisch absicherbar war. Wie im ersten Versuchsjahr, so zeigte sich auch in 2005/2006 eine nach dem Winter erheblich geringere Befallsdifferenzierung zwischen der unbehandelten Kontrolle und den Fungizidgliedern; jedoch konnten immer noch signifikant höhere Pyknidienzahlen in der fungizidunkontaminierten Kontrolle im Frühjahr verzeichnet werden. Die Auswertung der Frühjahrsbonitur vom 15. April 2006 verdeutlicht (Abb. 37, Tab. 15), dass die Abstufungen innerhalb der Fungizidvarianten bestehen blieben, d. h. die Kombination 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus bzw. 1,0 l/ha Folicur zeigten die längste Dauerwirkung und konnten auch noch im Frühjahr einen signifikanten Vorsprung gegenüber den anderen Fungiziden hinsichtlich der Befallskontrolle von *Phoma lingam* aufweisen. Einen sichtbaren Aufwandmengeneffekt zeigte Folicur; die um 70 % auf nur 0,3 l/ha reduzierte Dosis konnte das Bekämpfungsniveau der vollen Aufwandmenge nicht gewährleisten. Das Produkt Toprex (VG 7) blieb in der Wirkung hinsichtlich der Pyknidienreduktion am Blattapparat hinter den derzeitigen Marktstandards zurück.

Auch im zweiten Versuchsjahr war der fungizide Einfluß auf die Befallshäufigkeit gering ausgeprägt (Tab. 15). Ein an allen Versuchsorten signifikanter Effekt einer Herbstapplikation auf die BHB vergleichend zur Kontrolle war nur bei der Bonitur am 14.10.2005 zu ermitteln. Am 05.11.2005 war der Effekt nur noch an drei Standorten absicherbar, bei der Frühjahrsbonitur an keinem der Standorte. Innerhalb der

Fungizidvarianten wiesen bezüglich der Reduktion der Befallshäufigkeiten die Fungizide Folicur (1 l/ha) und Harvesan die höchsten Effekte auf.

Ergebnisse

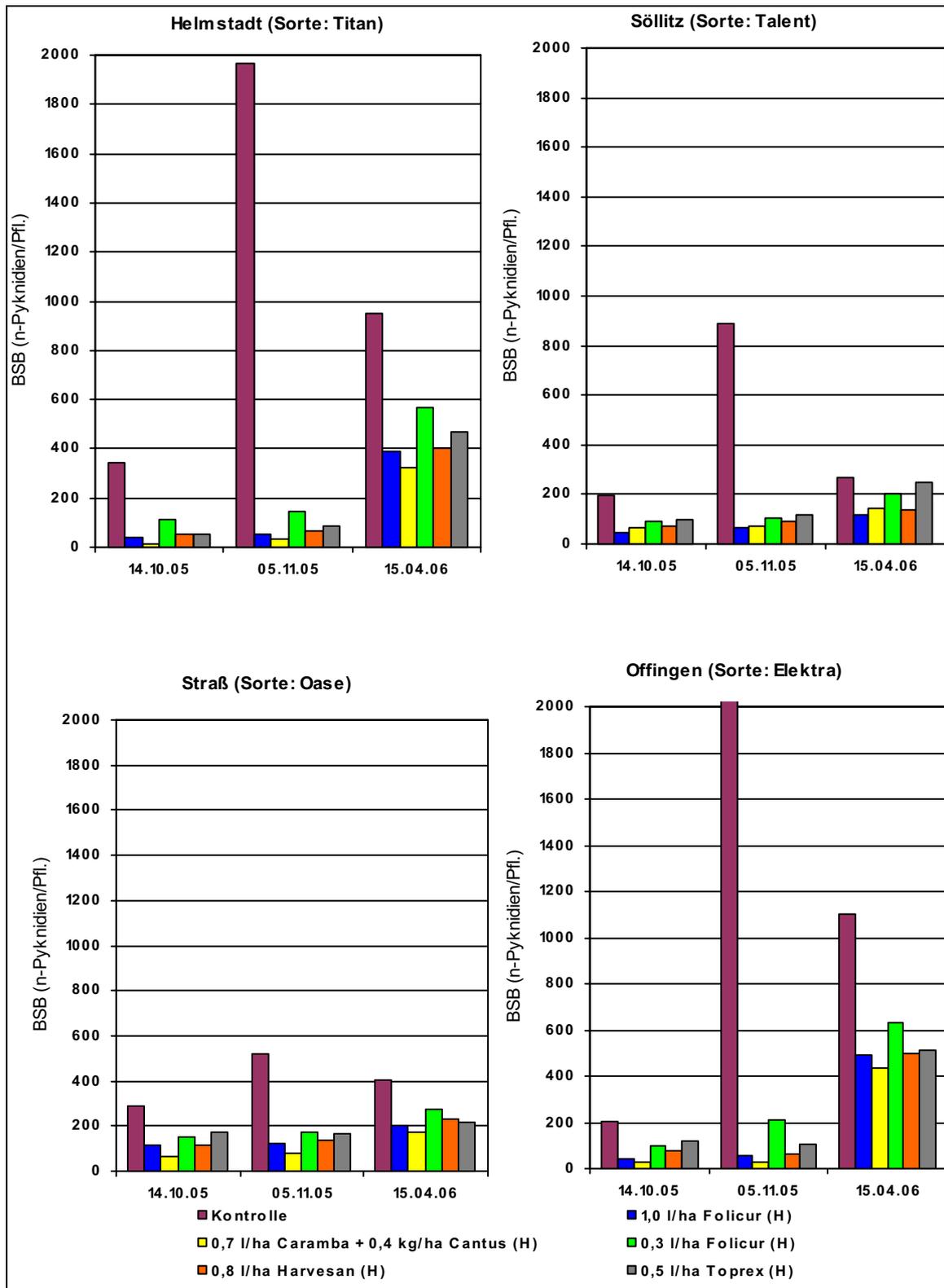


Abb. 37: Einfluß einer Herbstapplikation von Fungiziden (BBCH 14-16) auf den Befallsverlauf von *Phoma lingam* am Blattapparat zu unterschiedlichen Boniturterminen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze), Versuchsjahr 2005/2006

Ergebnisse

Tab. 15: Einfluß einer Herbstapplikation von Fungiziden (BBCH 14-16) auf den Befallsverlauf von *Phoma lingam* am Blattapparat zu unterschiedlichen Boniturterminen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, BSB (n-Pyknidien/Pflanze) und BHB (%), Versuchsjahr 2005/2006

Variante		BSB (n-Pykn./Pfl.)			BHB (%)		
		14.10.05	05.11.05	15.04.06	14.10.05	05.11.05	15.04.06
Helmsstadt	Kontrolle	342 a	1967 a	950 a	100 a	100 a	97,5 a
	Folicur (H)	38 d	54 e	388 e	25 c	50 b	72,5 bc
	Caramba+Cantus (H)	16 e	34 f	322 f	32,5 cb	55 b	80 b
	Folicur red. (H)	112 b	145 b	567 b	50 b	85 a	95 a
	Harvesan (H)	55 c	69 d	402 d	30 cb	47,5 b	65 c
	Toprex (H)	54 c	89 c	467 c	40 cb	65 b	85 ab
Söllitz	Kontrolle	195 a	886 a	266 a	82,5 a	100 a	97,5 a
	Folicur (H)	48 f	66 f	120 f	35 c	62,5 c	77,5 b
	Caramba+Cantus (H)	67 e	74 e	144 d	42,5 c	65 c	82,5 ab
	Folicur red. (H)	93 c	107 c	202 c	62,5 b	82,5 b	97,5 a
	Harvesan (H)	73 d	89 d	139 e	42,5 c	65 c	85 ab
	Toprex (H)	99 b	118 b	250 b	47,5 c	75 bc	92,5 a
Straß	Kontrolle	286 a	520 a	401 a	80 a	100 a	90 a
	Folicur (H)	112 d	125 e	201 e	37,5 c	47,5 c	65 c
	Caramba+Cantus (H)	63 e	78 f	175 f	45 c	50 c	70 bc
	Folicur red. (H)	152 c	171 b	275 b	60 b	67,5 b	80 ab
	Harvesan (H)	116 d	134 d	233 c	40 c	50 c	67,5 bc
	Toprex (H)	173 b	165 c	220 d	50 c	57,5 bc	72,5 bc
Offingen	Kontrolle	202 a	2179 a	1105 a	92,5 a	100 a	100 a
	Folicur (H)	42 e	53 e	489 e	40 c	57,5 de	85 a
	Caramba+Cantus (H)	29 f	27 f	432 f	52,5 bc	62,5 cd	87,5 a
	Folicur red. (H)	95 c	209 b	633 b	70 b	77,5 b	100 a
	Harvesan (H)	74 d	61 d	501 d	37,5 c	50 e	70 b
	Toprex (H)	120 b	102 c	510 c	50 bc	72,5 bc	95 a

3.2.1.3 Wirkungsgrade von Fungiziden hinsichtlich dem Blattbefall von *Phoma lingam*

Die fungiziden Wirkungsgrade einer Herbstapplikation im Stadium BBCH 14-16 in Bezug auf den Blattbefall mit *Phoma lingam* wurden anhand der Effekte auf die Befallsstärke (BSB) ermittelt. Die in Tabelle 16 aufgeführten Werte dokumentieren die relative Reduktion der Pyknidienanzahl in den unterschiedlichen Herbstbehandlungsvarianten sowohl im Mittel der einzelnen Versuchsjahre als auch im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Im ersten Versuchsjahr erreichten alle Herbstapplikationen zum Boniturtermin 17.11.2004 mit Wirkungsgraden von über 90 % ein sehr hohes Bekämpfungsniveau. Im Versuchsjahr 2005/2006 wurden fungizide Wirkungsgrade der Herbstbehandlungen in einem Bereich von 84,5 % bis 93,5 % festgestellt; diese lagen somit etwas unterhalb des Vorjahresniveaus. In beiden Jahren konnte die Kombination 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus mit 99,3 % bzw. 93,4 % die höchsten Wirkungsgrade aufweisen. Die Wirkungsabstufung in der Reihung Caramba + Cantus (0,7 l/ha + 0,4 kg/ha) über Folicur (1,0 l/ha) zu Harvesan (0,8 l/ha) konnte im zweiten Versuchsjahr bestätigt werden. Toprex (0,5 l/ha) lag im Mittel der Jahre bei einem Reduktionseffekt von 90,4 % und damit geringfügig unter dem Potential der Vergleichsvarianten. Ein dose-response-Effekt war bei Folicur dahingehend festzustellen, dass die auf 0,3 l/ha reduzierte Aufwandmenge im Mittel der Jahre um 6 % unter dem Wirkungsgrad der Regelaufwandmenge (1,0 l/ha) blieb.

Tab. 16: Fungizide Wirkungsgrade (%) einer Herbstapplikation (BBCH 14-16) hinsichtlich dem Blattbefall (BSB) von *Phoma lingam* im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, Boniturtermin (17.11.2004, 05.11.2005), Mittel der Standorte in den Versuchsjahren 2004/2005 (Helmstadt, Straß, Offingen) und 2005/2006 (Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen) sowie Mittel der Jahre

Variante	Mittel der Standorte	Mittel der Standorte	Mittel der Jahre (%)
	2004/2005 (%)	2005/2006 (%)	
Folicur (H)	97,9	90,9	93,9
Caramba+Cantus (H)	99,3	93,4	95,9
Folicur red. (H)	92,5	84,5	87,9
Harvesan (H)	97,6	89,5	93,0
Toprex (H)	95,7	86,5	90,4

3.2.2 Wurzelhals- und Stängelbefall mit *Phoma lingam*

Die Boniturergebnisse der epidemiologischen Ausbreitung von *Phoma lingam* an Wurzelhals und Stängel werden nachfolgend anhand des festgestellten Befallswertes (BW 1-9) sowie der Befallsstärke im Bestand (BSB = n-Pyknidien) für die Versuchsjahre 2004/2005 und 2005/2006 beschrieben.

3.2.2.1 Befallsauftreten von *Phoma lingam* an Wurzelhals und Stängel im fungizidunkontaminierten Bestand

Im Versuchsjahr 2004/2005 erreichte der Wurzelhalsbefall von *Phoma lingam* in der unbehandelten Kontrolle am Standort Söllitz die höchsten Befallsgrade. Mit einem Befallswert von 7,2 zur Abschlußbonitur nach der Ente konnte an diesem Versuch in der Sorte Elektra ein sehr hohes Befallsniveau festgestellt werden, gefolgt vom Standort Offingen mit einem Endbefallswert von 6,6. Die Befallsgrade stiegen an diesen Versuchsorten innerhalb weniger Wochen deutlich an. Wie in Abbildung 38 dargestellt, war das geringste Befallsauftreten am Wurzelhals am Standort Straß. Bei der letzten Bonitur war an diesem Versuch nur ein Befallswert von 2,9 festzustellen. Parallel zum gleichmäßigen Anstieg der Befallsgrade am Wurzelhals konnte, mit Ausnahme von Helmstadt, verzögert ein ansteigender Befall am Stängel beobachtet werden. Die verzögerte Entwicklung am Stängel schlug sich in den geringeren Befallswerten nieder, am letzten Boniturtermin von 5,9 BW in Söllitz bis 2,7 BW am Standort Straß.

Die Befallsstärke im Bestand, erfasst durch die Anzahl der Pyknidien, stieg kontinuierlich mit den steigenden Befallswerten an. Die Spanne der Befallsstärken zwischen den einzelnen Standorten war aber deutlich geringer als bei den Befallswerten (Abb. 38). Die maximale Befallsstärke am Wurzelhals bewegte sich im ersten Versuchsjahr von 182 (Söllitz) bis 322 (Offingen) Pyknidien. Am Stängel differierten die bonitierten Pyknidienzahlen bei der Abschlußbonitur von 231 (Söllitz) bis 389 (Offingen) Pyknidien.

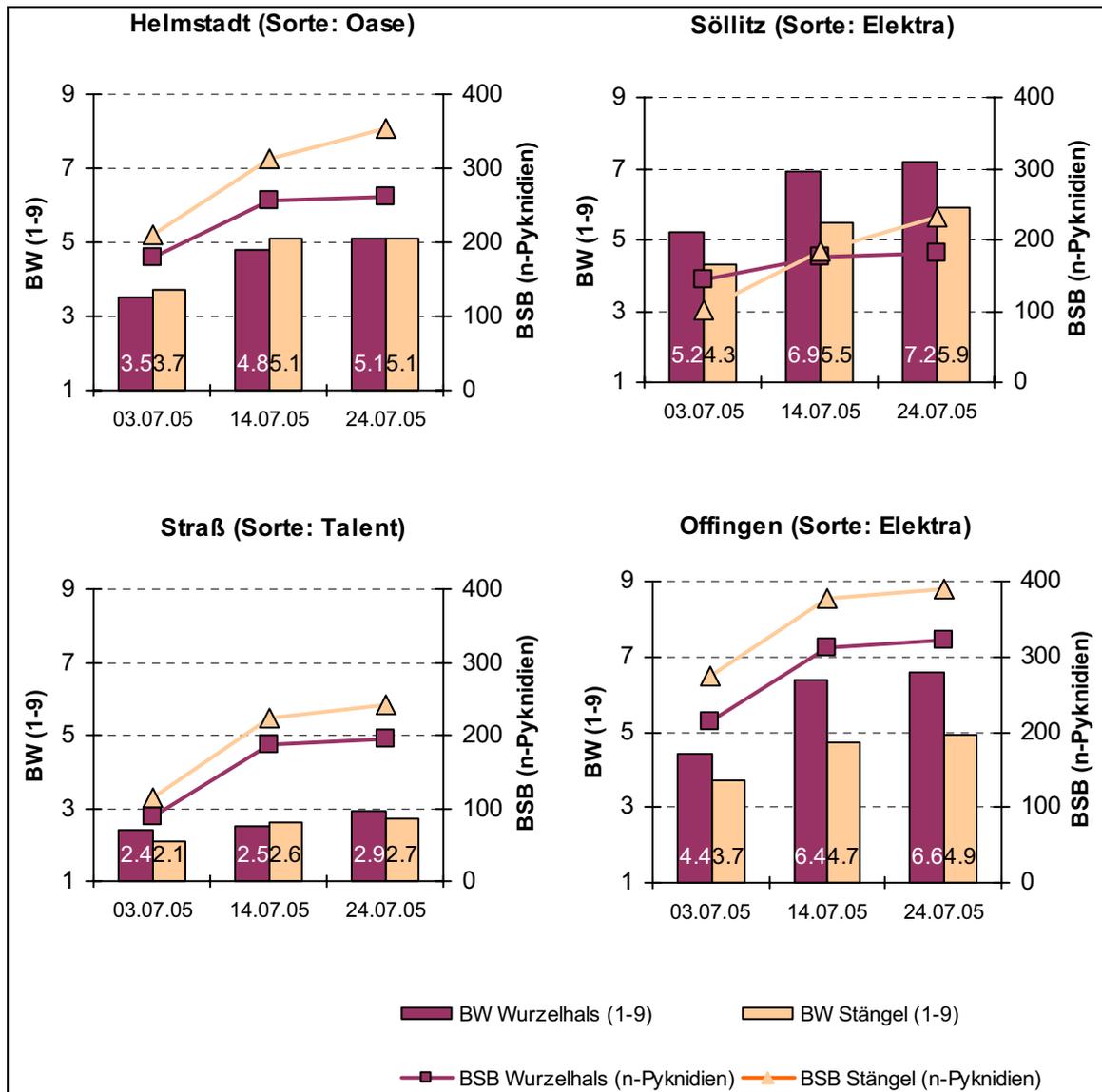


Abb. 38: Befall mit *Phoma lingam* an Wurzelhals und Stängel in der unbehandelten Kontrolle zu unterschiedlichen Boniturterminen, Befallswert (1-9) und BSB (n-Pyknidien) im Versuchsjahr 2004/2005

Im Versuchsjahr 2005/2006 wurde wie im Vorjahr in der Sorte Elektra das höchste Befallsniveau am Wurzelhals verzeichnet (Abb. 39). Diese Hybride wies am Standort Offingen bei der Nacherntebonitur einen Befallswert von 6,9 auf. Ebenfalls hohe Befallsgrade zeigten die Standorte Söllitz (5,9 BW) und Helmstadt (5,7 BW). Wie im Vorjahr konnten die geringsten Befallswerte am Wurzelhals am Standort Straß festgestellt werden. Der starke Anstieg innerhalb von wenigen Wochen während der Abreifephase wurde im zweiten Versuchsjahr bestätigt. Auch die verzögerte und geringer

ausgeprägte Entwicklung des Befalls am Stängel war ähnlich dem Vorjahr zu dokumentieren.

Die Befallsstärken im Bestand erreichen in 2005/2006 ein mit dem ersten Versuchsjahr vergleichbares Niveau, mit wiederum zwischen den einzelnen Versuchsstandorten geringeren Differenzierungen als bei den Befallswerten (Abb. 39). Die Abschlußbonitur am Wurzelhals ergab 212 (Söllitz) bis 360 (Offingen) Pyknidien, am Stängel von 201 (Söllitz) bis 315 (Offingen) Pyknidien.

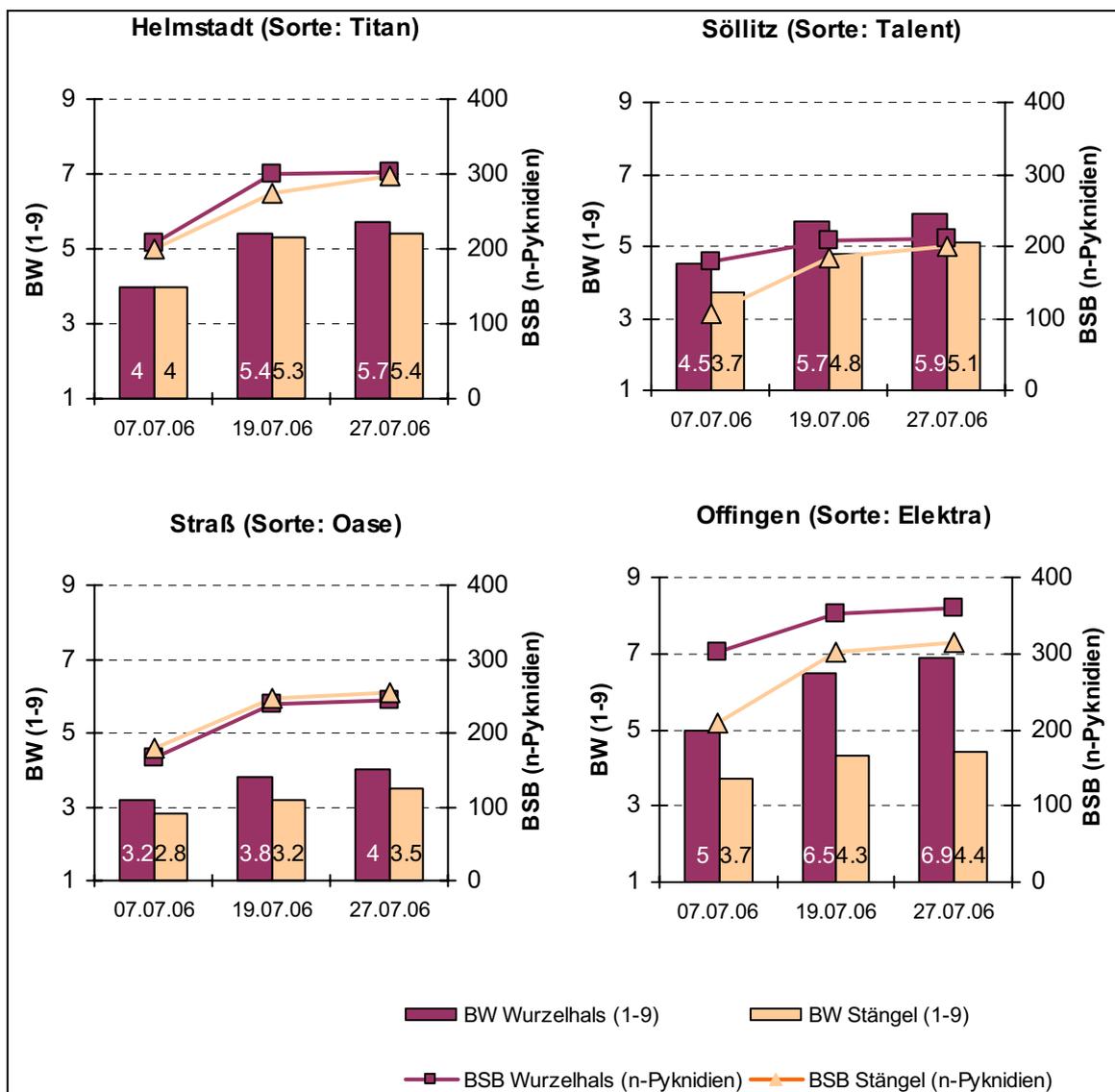


Abb. 39: Befall mit *Phoma lingam* an Wurzelhals und Stängel in der unbehandelten Kontrolle zu unterschiedlichen Boniturterminen, Befallswert (1-9) und BSB (n-Pyknidien) im Versuchsjahr 2005/2006

3.2.2.2 Einfluß von Fungiziden auf die Epidemiologie von *Phoma lingam* an Wurzelhals und Stängel

Die Bewertung der Effekte von Fungizidapplikationen auf das Befallsgeschehen von *Phoma lingam* an Wurzelhals und Stängel im Vergleich zu unbehandelten Rapspflanzen (fungizidunkontaminierte Kontrolle) findet getrennt voneinander Darstellung.

3.2.2.2.1 Einfluß von Fungiziden auf die Epidemiologie von *Phoma lingam* am Wurzelhals

In den nachfolgenden Tabellen 17 bis 20 werden die Boniturergebnisse hinsichtlich der epidemiologischen Auswirkungen auf den Wurzelhalsbefall mit *Phoma lingam* bei den verschiedenen Fungizidvarianten, vergleichend zur unbehandelten Kontrolle, in den Versuchsjahren 2004/2005 und 2005/2006 anhand der Parameter Befallswert und Befallsstärke dargestellt.

In beiden Versuchsjahren konnten an allen vier Standorten statistisch abgesicherte Differenzierungen des Befallswertes am Wurzelhals zwischen den Fungizidvarianten und der Kontrolle festgestellt werden (Tab. 17, 19). Ausgeprägte befallsreduzierende Effekte waren insbesondere in Versuchsgliedern zu verzeichnen, bei denen eine Herbstbehandlung (H/HF/HFB) zu BBCH 14-16 durchgeführt wurde. Die maximale Differenz bei der Nacherntebonitur zwischen den unbehandelten und fungizidbehandelten Varianten war im Versuchsjahr 2004/2005 an allen Standorten in der HF-Variante (Caramba + Cantus/Caramba) zu ermitteln (Tab. 17). Die Reduktion des Befalls betrug in dieser Variante zwischen 0,9 BW (Straß) und 3,0 BW (Offingen).

Im zweiten Versuchsjahr waren die stärksten fungiziden Effekte, bezogen auf den Befallswert am Wurzelhals, ebenfalls in der HF-Spritzfolge (Caramba + Cantus/Caramba) festzustellen (Tab. 19). Je nach Standort konnte der BW des Wurzelhalsendbefalles im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle damit um 2,0 (Straß) bis 3,1 (Offingen) reduziert werden. Eine Minderung des Befallswertes ist ebenfalls nach

einer Frühjahrsapplikation nachzuweisen, jedoch in geringerem Ausmaß als nach einer Vorwinterapplikation (H). Der Vergleich innerhalb der einzelnen Fungizidterminierungen zeigt bei der HF-Applikation in beiden Versuchsjahren an allen Standorten einen stärkeren fungiziden Effekt bei Caramba + Cantus/Caramba verglichen zu der Doppelbehandlung Folicur/Folicur, der jedoch nicht immer statistisch abzusichern war. Die Betrachtung der alleinigen Herbstanwendungen weist auf stärkere Effekte bei der Applikation von 0,5 l/ha Toprex verglichen mit Harvesan (0,8 l/ha) hin. Auch die stark reduzierte Aufwandmenge von Folicur (0,3 l/ha) resultierte in deutlich geringeren Befallswerten (Tab. 17, 19).

Die Bonitur der Infektionen am Wurzelhals auf die Befallsstärke (BSB), bemessen anhand der Anzahl der Pyknidien (Tab. 18, 20), ergab Fungizideffekte, welche sich tendenziell analog denen der Befallswerte verhielten; d. h. die im Herbst applizierten Varianten (H/HF/HFB) zeigten in beiden Versuchsjahren die am stärksten ausgeprägten und auch statistisch absicherbaren Einflüsse auf die Reduktion der Fruchtkörperanzahl. Bei der Nacherntebonitur betrug die maximal erzielbare Pyknidienreduktion vergleichend zur Kontrolle 67 % (2004/2005: Folicur/Folicur zum HF-Termin in Söllitz) bzw. 56 % (2005/2006: Caramba + Cantus/Caramba zum HF-Termin in Söllitz). Auch die alleinigen Frühjahrsbehandlungen zeigten eine signifikante Reduktion der BSB am Wurzelhals, lagen jedoch unter dem Niveau einer Herbstbehandlung. Blütenbehandlungen zu BBCH 59 bzw. 65 hatten nur sehr geringe bis keine Auswirkungen auf die Populationsdynamik der Pyknidienbildung am Wurzelhals.

Ergebnisse

Tab. 17: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von *Phoma lingam* am Wurzelhals, Versuchsjahr 2004/2005

Variante		Helmstadt (Sorte: Oase)				Söllitz (Sorte: Elektra)			
		BW (1-9)				BW (1-9)			
		03.07.	14.07.	24.07.		03.07.	14.07.	24.07.	
Kontrolle		3,5	4,8	5,1	a	5,2	6,9	7,2	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	2,2	3,1	3,1	f	4,2	5,4	5,4	d
Folicur/Folicur	HF	2,0	2,9	3,2	f	4,0	4,9	5,1	de
Caramba+Cantus/Caramba	HF	1,9	2,8	2,8	g	3,9	4,9	5,0	e
Folicur (red.)	H	3,0	3,7	4,2	c	n.a.	n.a.	n.a.	
Harvesan	H	3,3	3,6	3,8	ed	n.a.	n.a.	n.a.	
Toprex	H	3,0	2,9	3,5	ef	n.a.	n.a.	n.a.	
Folicur	F	2,8	3,8	4,0	d	4,1	5,2	5,2	de
Caramba+Cantus	F	2,8	3,7	3,9	d	4,8	5,9	6,2	c
Proline	vorg. B	3,2	4,4	4,4	c	5,0	6,3	6,4	c
Cantus	vorg. B	3,0	4,2	4,3	c	4,9	6,0	6,1	c
Proline	B	3,3	4,6	4,7	b	5,1	6,9	7,0	ab
Cantus	B	3,1	3,8	4,6	b	5,3	6,7	6,8	b
Harvesan	B	3,5	4,0	4,8	b	n.a.	n.a.	n.a.	
Variante		Straß (Sorte: Talent)				Offingen (Sorte: Elektra)			
		BW (1-9)				BW (1-9)			
		03.07.	14.07.	24.07.		03.07.	14.07.	24.07.	
Kontrolle		2,4	2,5	2,9	a	4,4	6,4	6,6	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	2,0	2,3	2,4	bc	3,5	4,1	4,2	g
Folicur/Folicur	HF	2,0	2,2	2,4	bc	3,5	4,2	4,3	g
Caramba+Cantus/Caramba	HF	1,7	2,0	2,0	c	2,7	3,3	3,6	h
Folicur (red.)	H	1,7	2,1	2,4	bc	3,5	5,1	5,3	cd
Harvesan	H	1,8	2,1	2,1	c	3,2	5,0	5,2	cd
Toprex	H	1,7	2,0	2,1	c	3,0	4,0	4,8	ef
Folicur	F	1,8	2,2	2,3	bc	3,9	5,1	5,0	de
Caramba+Cantus	F	1,7	2,2	2,3	bc	3,5	4,4	4,5	fg
Proline	vorg. B	2,1	2,3	2,5	bc	3,9	5,5	5,6	bc
Cantus	vorg. B	2,0	2,3	2,4	bc	3,6	5,2	5,4	bcd
Proline	B	1,8	2,3	2,4	bc	3,9	5,4	5,5	bcd
Cantus	B	1,9	2,4	2,5	bc	3,4	4,8	5,3	cd
Harvesan	B	2,0	2,3	2,6	b	3,9	5,4	5,8	b

Ergebnisse

Tab. 18: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf die Befallsstärke (n-Pyknidien) von *Phoma lingam* am Wurzelhals, Versuchsjahr 2004/2005

Variante		Helmstadt (Sorte: Oase)				Söllitz (Sorte: Elektra)			
		BSB (n-Pyknidien)				BSB (n-Pyknidien)			
		03.07.	14.07.	24.07.		03.07.	14.07.	24.07.	
Kontrolle		180	256	261	b	145	176	182	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	101	160	158	k	78	91	99	g
Folicur/Folicur	HF	95	154	159	k	44	56	60	j
Caramba+Cantus/Caramba	HF	78	168	181	j	48	65	67	i
Folicur (red.)	H	166	215	228	d	n.a.	n.a.	n.a.	
Harvesan	H	82	178	189	i	n.a.	n.a.	n.a.	
Toprex	H	63	145	159	k	n.a.	n.a.	n.a.	
Folicur	F	167	218	220	e	56	76	81	h
Caramba+Cantus	F	143	207	212	f	89	113	115	f
Proline	vorg. B	87	189	195	h	99	134	139	d
Cantus	vorg. B	101	197	203	g	99	124	130	e
Proline	B	197	267	271	a	144	160	164	c
Cantus	B	165	211	224	ed	149	168	171	b
Harvesan	B	171	233	242	c	n.a.	n.a.	n.a.	
Variante		Straß (Sorte: Talent)				Offingen (Sorte: Elektra)			
		BSB (n-Pyknidien)				BSB (n-Pyknidien)			
		03.07.	14.07.	24.07.		03.07.	14.07.	24.07.	
Kontrolle		89	187	196	b	213	312	322	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	65	120	129	i	146	223	230	h
Folicur/Folicur	HF	51	117	121	j	171	245	251	f
Caramba+Cantus/Caramba	HF	44	109	123	j	142	218	210	j
Folicur (red.)	H	53	156	174	d	162	249	230	h
Harvesan	H	41	124	135	h	140	211	239	g
Toprex	H	17	100	129	i	131	187	227	h
Folicur	F	65	134	142	g	188	267	266	d
Caramba+Cantus	F	95	138	150	f	181	245	241	g
Proline	vorg. B	77	156	169	e	201	288	291	b
Cantus	vorg. B	61	164	172	de	197	275	281	c
Proline	B	66	176	190	c	180	266	260	e
Cantus	B	71	187	186	c	162	234	221	i
Harvesan	B	81	190	201	a	145	239	240	g

Ergebnisse

Tab. 19: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von *Phoma lingam* am Wurzelhals, Versuchsjahr 2005/2006

Variante		Helmstadt (Sorte: Titan)				Söllitz (Sorte: Talent)			
		BW (1-9)				BW (1-9)			
		07.07.	19.07.	27.07.		07.07.	19.07.	27.07.	
Kontrolle		4,0	5,4	5,7	a	4,5	5,7	5,9	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	1,8	2,6	2,9	j	2,0	3,1	3,3	i
Folicur/Folicur	HF	1,9	2,8	3,1	i	2,2	3,2	3,3	i
Caramba+Cantus/Caramba	HF	1,7	2,5	2,7	j	1,9	2,6	2,9	j
Folicur (red.)	H	3,1	4,0	4,2	e	3,5	4,6	4,7	e
Harvesan	H	2,8	3,7	3,8	g	2,5	3,6	3,9	g
Toprex	H	2,5	3,2	3,4	h	2,3	3,4	3,6	h
Folicur	F	3,0	4,1	4,4	d	3,4	4,5	4,7	e
Caramba+Cantus	F	2,8	3,8	4,0	f	3,0	4,1	4,4	f
Proline	vorg. B	4,1	5,2	5,4	b	4,5	5,3	5,4	d
Cantus	vorg. B	4,0	5,0	5,2	c	4,6	5,4	5,5	cd
Proline	B	4,2	5,5	5,5	b	4,7	5,6	5,7	b
Cantus	B	4,1	5,4	5,5	b	4,2	5,4	5,6	bc
Harvesan	B	4,0	5,2	5,7	a	4,8	5,7	5,9	a
Variante		Straß (Sorte: Oase)				Offingen (Sorte: Elektra)			
		BW (1-9)				BW (1-9)			
		07.07.	19.07.	27.07.		07.07.	19.07.	27.07.	
Kontrolle		3,2	3,8	4,0	a	5,0	6,5	6,9	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	1,6	2,0	2,3	g	3,2	4,2	4,4	i
Folicur/Folicur	HF	2,0	2,3	2,5	f	3,0	4,0	4,3	i
Caramba+Cantus/Caramba	HF	1,4	1,8	2,0	h	2,9	3,7	3,8	j
Folicur (red.)	H	2,0	2,6	2,9	e	4,2	5,0	5,2	f
Harvesan	H	1,9	2,4	2,7	f	4,0	4,8	5,0	g
Toprex	H	1,7	2,3	2,5	f	3,6	4,3	4,6	h
Folicur	F	3,0	3,4	3,5	c	4,5	5,6	5,8	d
Caramba+Cantus	F	2,6	3,2	3,3	d	4,2	5,3	5,6	e
Proline	vorg. B	3,0	3,6	3,9	a	4,7	6,0	6,2	c
Cantus	vorg. B	2,8	3,3	3,7	b	4,6	5,9	6,0	d
Proline	B	3,1	3,7	3,9	a	5,0	6,3	6,6	b
Cantus	B	3,2	3,8	4,0	a	4,9	6,1	6,5	b
Harvesan	B	3,0	3,8	4,1	a	5,1	6,5	6,8	a

Ergebnisse

Tab. 20: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf die Befallsstärke (n-Pyknidien) von *Phoma lingam* am Wurzelhals, Versuchsjahr 2005/2006

Variante		Helmstadt (Sorte: Titan)				Söllitz (Sorte: Talent)			
		BSB (n-Pyknidien)				BSB (n-Pyknidien)			
		07.07.	19.07.	27.07.		07.07.	19.07.	27.07.	
Kontrolle		207	300	303	b	180	207	212	c
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	102	159	163	i	80	104	107	k
Folicur/Folicur	HF	95	153	157	j	90	110	115	j
Caramba+Cantus/Caramba	HF	88	139	144	k	72	88	94	l
Folicur (red.)	H	168	229	248	e	137	148	152	f
Harvesan	H	146	190	197	h	122	133	133	h
Toprex	H	107	153	167	i	99	114	120	i
Folicur	F	180	236	242	f	133	145	153	f
Caramba+Cantus	F	163	209	222	g	129	140	145	g
Proline	vorg. B	188	272	289	c	158	175	182	d
Cantus	vorg. B	183	268	275	d	152	170	176	e
Proline	B	200	295	310	a	176	209	210	c
Cantus	B	206	302	312	a	183	214	223	a
Harvesan	B	192	283	291	c	182	210	215	b
Variante		Straß (Sorte: Oase)				Offingen (Sorte: Elektra)			
		BSB (n-Pyknidien)				BSB (n-Pyknidien)			
		07.07.	19.07.	27.07.		07.07.	19.07.	27.07.	
Kontrolle		167	239	243	ab	302	353	360	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	82	129	131	c	117	175	181	i
Folicur/Folicur	HF	91	137	137	j	123	178	183	i
Caramba+Cantus/Caramba	HF	71	114	117	l	112	164	167	j
Folicur (red.)	H	119	165	172	g	187	235	241	f
Harvesan	H	109	145	152	h	160	207	209	g
Toprex	H	101	133	141	i	144	185	190	h
Folicur	F	142	188	198	e	211	266	267	d
Caramba+Cantus	F	143	184	186	f	197	249	254	e
Proline	vorg. B	152	221	228	c	265	309	312	c
Cantus	vorg. B	147	200	212	d	273	313	316	c
Proline	B	166	238	245	a	296	348	358	a
Cantus	B	159	233	241	ab	291	345	350	b
Harvesan	B	152	230	239	b	282	342	345	b

Der Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert von *Phoma lingam* am Wurzelhals im Mittel der Standorte in den einzelnen Versuchsjahren ist in Abbildung 40 dargestellt. Die Herbstbehandlungen (H/HF/HFB) zeigen die stärksten befallsreduzierenden Effekte am Wurzelhals. Frühjahrsapplikationen sind der Vorwinteranwendung in der Wirkung tendenziell unterlegen, Blütenbehandlungen zeigen

nur geringe bis keine Einflüsse. Eine Kombination von Herbst- und Frühjahrsbehandlung (HF) bietet vergleichend zur alleinigen Herbstbehandlung (H) eine erhöhte Befallskontrolle am Wurzelhals.

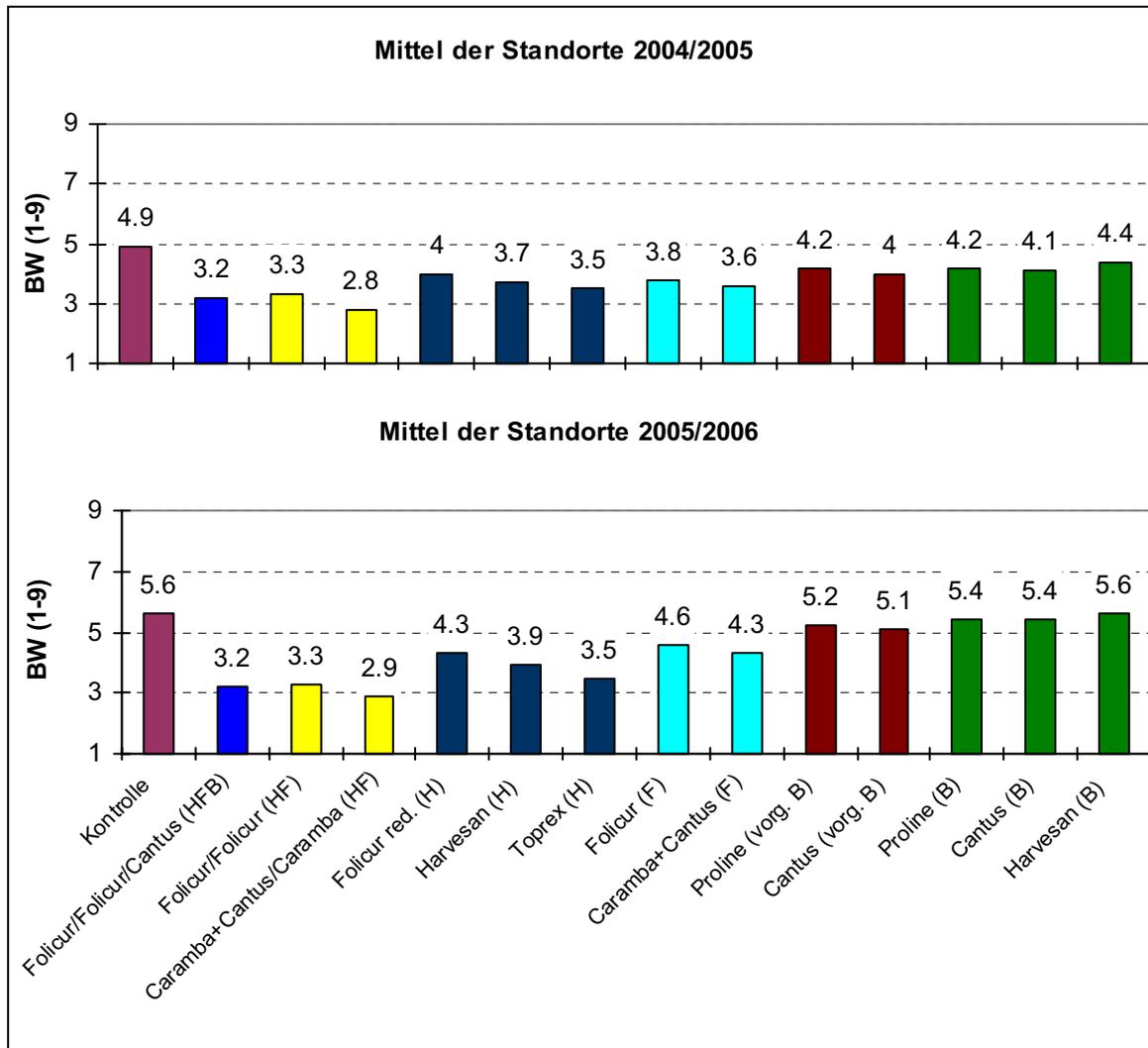


Abb. 40: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von *Phoma lingam* am Wurzelhals, Nacherntebonitur, Mittel der Standorte in 2004/2005 (Helmstadt, Straß, Offingen) und 2005/2006 (Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)

3.2.2.2 Einfluß von Fungiziden auf die Epidemiologie von *Phoma lingam* am Stängel

In den folgenden Tabellen 21 bis 24 sind die epidemiologischen Auswirkungen differenzierter Fungizidmaßnahmen auf den Stängelbefall mit *Phoma lingam* für die Versuchsjahre 2004/2005 und 2005/2006 dokumentiert, bemessen anhand der Parameter Befallswert und Befallsstärke.

Wie am Wurzelhals, so ließen sich auch am Stängel statistisch abgesicherte Differenzierungen des Befallswertes (BW) zwischen den Fungizidvarianten und der unbehandelten Kontrolle erzielen (Tab. 21, 23). Die ausgeprägtesten Befallsreduktionen am Stängel zeigten in beiden Versuchsjahren die Frühjahrsbehandlungen (F/HF/HFB). Im Versuchsjahr 2004/2005 resultierten zur Abschlussbonitur die stärksten Effekte an den einzelnen Standorten in einer um 0,7 BW (Straß; Frühjahrsapplikation von Caramba + Cantus) bis 2,6 BW (Offingen; Herbst-/Frühjahrsapplikation von Caramba + Cantus/Caramba) geringeren Erregerausbreitung vergleichend zur unbehandelten Kontrolle (Tab. 21).

Im Versuchsjahr 2005/2006 waren deutlichere Abstufungen zwischen der Kontrolle und den Behandlungsvarianten hinsichtlich der Befallsreduktion nachweisbar. Die maximal durch Fungizidmaßnahmen erreichbare Begrenzung des Stängelbefalls war an allen Standorten durch die Applikation der Spritzfolge Caramba + Cantus/Caramba (HF) gegeben (Tab. 23). Die Befallswerte verminderten sich um 1,7 BW (Straß) bis 3,0 BW (Helmstadt). Der Vergleich innerhalb der beiden Versuchsglieder zum Frühjahrstermin zeigte in beiden Jahren eine höhere fungizide Wirkungspotenz der Variante Caramba + Cantus. Die alleinigen Herbstvarianten (VG 5 – 7) konnten die befallsreduzierenden Wirkungen einer Frühjahrsbehandlung nicht erreichen; zwischen Harvesan und Toprex zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Einen stärkeren Effekt wies die vorgezogene Blütenbehandlung auf; dieser lag jedoch deutlich hinter den Wirkungen der Frühjahrsvarianten. Der Befallswert ließ sich damit in 2004/2005 um maximal 2,0 BW (Offingen; 0,5 kg/ha Cantus), in 2005/2006 um maximal 1,3 BW (Helmstadt; 0,5 kg/ha Cantus) reduzieren (Tab. 21, 23).

Die Befallskontrolle am Stängel anhand des Parameters der Befallsstärke, d. h. der Anzahl der ausgebildeten Pyknidien (BSB), wies ebenfalls fungizidinduzierte Reduktionseffekte auf. Varianten mit einer Frühjahrsbehandlung (F/HF/HFB) verzeichneten die stärkste und auch statistisch gesicherte Reaktion hinsichtlich der Befallsstärke. Bei der Nacherntebonitur wurde die maximal zu erzielende Pyknidienreduktion vergleichend zur unbehandelten Kontrolle in beiden Versuchsjahren am Standort Söllitz im Versuchsglied Caramba + Cantus/Caramba (HF) ermittelt (Tab. 22, 24); die Reduktion lag bei 62 % (2004/2005) bzw. 57 % (2005/2006). Auch durch Herbstbehandlungen bzw. eine vorgezogene Blütenbehandlung in BBCH 59 konnte ein Rückgang der BSB-Werte am Stängel induziert werden, jedoch mit geringeren populationsdynamischen Auswirkungen vergleichend zur Frühjahrsapplikation.

Ergebnisse

Tab. 21: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von *Phoma lingam* am Stängel, Versuchsjahr 2004/2005

Variante		Helmstadt (Sorte: Oase)				Söllitz (Sorte: Elektra)			
		BW (1-9)				BW (1-9)			
		03.07.	14.07.	24.07.		03.07.	14.07.	24.07.	
Kontrolle		3,7	5,1	5,1	a	4,3	5,5	5,9	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	2,9	4,2	4,2	d	3,0	4,0	4,1	d
Folicur/Folicur	HF	2,9	4,1	4,3	d	2,9	4,2	4,2	d
Caramba+Cantus/Caramba	HF	2,7	3,9	3,8	e	2,8	3,8	3,9	d
Folicur (red.)	H	3,0	4,2	4,3	d	n.a.	n.a.	n.a.	
Harvesan	H	3,0	3,9	4,3	d	n.a.	n.a.	n.a.	
Toprex	H	2,9	3,7	4,1	d	n.a.	n.a.	n.a.	
Folicur	F	2,9	3,5	3,7	e	3,7	4,4	4,6	c
Caramba+Cantus	F	2,8	3,5	3,6	e	3,0	3,8	4,0	d
Proline	vorg. B	3,0	4,8	5,0	abc	3,7	4,8	5,0	b
Cantus	vorg. B	2,9	4,6	4,7	c	3,9	5,3	5,1	b
Proline	B	2,9	4,8	5,0	ab	3,2	4,8	4,9	bc
Cantus	B	2,7	4,7	4,9	abc	3,1	4,5	4,7	bc
Harvesan	B	2,9	3,9	4,8	bc	n.a.	n.a.	n.a.	
Variante		Straß (Sorte: Talent)				Offingen (Sorte: Elektra)			
		BW (1-9)				BW (1-9)			
		03.07.	14.07.	24.07.		03.07.	14.07.	24.07.	
Kontrolle		2,1	2,6	2,7	a	3,7	4,7	4,9	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	1,9	2,1	2,1	bc	2,0	2,5	2,6	h
Folicur/Folicur	HF	2,0	2,1	2,2	bc	2,2	2,6	2,7	h
Caramba+Cantus/Caramba	HF	2,1	2,1	2,3	bc	1,7	2,0	2,3	i
Folicur (red.)	H	1,7	2,2	2,3	bc	3,0	3,3	3,3	bcde
Harvesan	H	1,8	2,0	2,3	bc	2,9	3,1	3,5	bcd
Toprex	H	2,0	2,1	2,3	bc	2,7	3,0	3,4	bcde
Folicur	F	1,9	2,2	2,2	bc	2,3	3,0	3,1	def
Caramba+Cantus	F	1,8	2,0	2,0	c	1,9	2,6	2,8	gh
Proline	vorg. B	2,0	2,0	2,1	bc	2,3	3,1	3,2	cdef
Cantus	vorg. B	1,5	1,9	2,1	bc	1,9	2,7	2,9	fgh
Proline	B	2,0	2,3	2,3	bc	2,6	3,4	3,5	bc
Cantus	B	1,6	2,1	2,1	bc	2,5	2,9	3,0	efg
Harvesan	B	1,9	2,4	2,5	ab	2,9	3,3	3,7	b

Ergebnisse

Tab. 22: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf die Befallsstärke (n-Pyknidien) von *Phoma lingam* am Stängel, Versuchsjahr 2004/2005

Variante		Helmstadt (Sorte: Oase)				Söllitz (Sorte: Elektra)			
		BSB (n-Pyknidien)				BSB (n-Pyknidien)			
		03.07.	14.07.	24.07.		03.07.	14.07.	24.07.	
Kontrolle		211	313	353	a	101	185	231	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	114	219	234	f	56	100	101	g
Folicur/Folicur	HF	108	201	199	h	60	107	110	f
Caramba+Cantus/Caramba	HF	89	189	201	h	45	84	87	h
Folicur (red.)	H	153	254	269	d	n.a.	n.a.	n.a.	
Harvesan	H	147	223	253	e	n.a.	n.a.	n.a.	
Toprex	H	130	217	238	f	n.a.	n.a.	n.a.	
Folicur	F	122	202	207	g	78	117	125	e
Caramba+Cantus	F	100	178	179	i	77	95	99	g
Proline	vorg. B	181	292	301	c	84	137	141	d
Cantus	vorg. B	176	290	299	c	110	161	168	c
Proline	B	199	267	283	d	99	187	195	b
Cantus	B	186	270	281	d	94	182	190	b
Harvesan	B	200	307	314	b	n.a.	n.a.	n.a.	
Variante		Straß (Sorte: Talent)				Offingen (Sorte: Elektra)			
		BSB (n-Pyknidien)				BSB (n-Pyknidien)			
		03.07.	14.07.	24.07.		03.07.	14.07.	24.07.	
Kontrolle		113	223	242	a	273	377	389	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	79	145	152	i	113	211	230	e
Folicur/Folicur	HF	71	133	137	j	129	234	231	e
Caramba+Cantus/Caramba	HF	63	123	129	k	110	201	189	h
Folicur (red.)	H	92	195	199	d	180	244	259	c
Harvesan	H	76	186	203	c	172	214	220	f
Toprex	H	68	155	185	f	179	202	231	e
Folicur	F	91	167	169	g	152	257	260	c
Caramba+Cantus	F	76	145	159	h	139	244	253	d
Proline	vorg. B	89	178	182	f	160	263	270	b
Cantus	vorg. B	64	119	139	j	162	250	261	c
Proline	B	92	183	194	e	179	262	273	b
Cantus	B	77	169	181	f	101	215	214	g
Harvesan	B	97	202	211	b	188	251	264	c

Ergebnisse

Tab. 23: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von *Phoma lingam* am Stängel, Versuchsjahr 2005/2006

Variante		Helmstadt (Sorte: Titan)				Söllitz (Sorte: Talent)			
		BW (1-9)				BW (1-9)			
		07.07.	19.07.	27.07.		07.07.	19.07.	27.07.	
Kontrolle		4,0	5,3	5,4	a	3,7	4,8	5,1	ab
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	3,0	2,9	2,9	i	2,0	2,8	3,0	e
Folicur/Folicur	HF	2,8	2,7	2,8	ij	2,1	2,9	3,3	d
Caramba+Cantus/Caramba	HF	1,6	2,4	2,4	k	1,5	2,4	2,7	f
Folicur (red.)	H	3,5	4,5	4,7	de	3,6	4,6	5,0	ab
Harvesan	H	4,0	4,8	4,9	cd	3,6	4,7	4,9	b
Toprex	H	3,7	4,5	4,6	e	3,7	4,8	5,0	ab
Folicur	F	2,1	3,0	3,1	h	2,0	3,0	3,4	d
Caramba+Cantus	F	1,8	2,7	2,7	j	1,5	2,6	2,8	f
Proline	vorg. B	2,8	4,0	4,3	f	2,9	3,8	4,1	c
Cantus	vorg. B	2,7	3,8	4,1	g	3,0	3,9	4,0	c
Proline	B	3,7	4,9	5,2	b	3,8	4,7	4,9	ab
Cantus	B	3,6	4,6	4,9	cd	3,9	4,7	5,0	ab
Harvesan	B	4,1	4,8	5,0	bc	3,9	4,8	5,1	a
Variante		Straß (Sorte: Oase)				Offingen (Sorte: Elektra)			
		BW (1-9)				BW (1-9)			
		07.07.	19.07.	27.07.		07.07.	19.07.	27.07.	
Kontrolle		2,8	3,2	3,5	a	3,7	4,3	4,4	ab
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	1,4	1,8	2,0	f	1,6	2,4	2,5	gh
Folicur/Folicur	HF	1,6	2,1	2,2	e	1,8	2,5	2,7	fg
Caramba+Cantus/Caramba	HF	1,4	1,7	1,8	g	1,4	2,2	2,3	h
Folicur (red.)	H	2,7	3,1	3,4	a	3,6	4,3	4,5	a
Harvesan	H	2,6	3,2	3,3	ab	3,7	4,2	4,4	ab
Toprex	H	2,5	3,2	3,5	a	3,2	4,0	4,0	cd
Folicur	F	1,9	2,3	2,3	e	2,0	2,8	2,9	f
Caramba+Cantus	F	1,7	2,1	2,0	f	1,7	2,4	2,5	gh
Proline	vorg. B	2,4	2,8	3,0	c	2,8	3,4	3,8	d
Cantus	vorg. B	2,2	2,7	2,8	d	2,6	3,3	3,5	e
Proline	B	2,7	3,2	3,5	a	3,3	4,0	4,3	ab
Cantus	B	2,5	3,0	3,2	b	3,5	4,1	4,1	bc
Harvesan	B	2,7	3,0	3,3	ab	3,7	4,1	4,2	abc

Ergebnisse

Tab. 24: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf die Befallsstärke (n-Pyknidien) von *Phoma lingam* am Stängel, Versuchsjahr 2005/2006

Variante		Helmstadt (Sorte: Titan)				Söllitz (Sorte: Talent)			
		BSB (n-Pyknidien)				BSB (n-Pyknidien)			
		07.07.	19.07.	27.07.		07.07.	19.07.	27.07.	
Kontrolle		201	274	297	a	107	185	201	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	77	131	144	l	45	95	96	k
Folicur/Folicur	HF	84	146	153	j	50	102	105	j
Caramba+Cantus/Caramba	HF	69	129	137	m	38	82	86	l
Folicur (red.)	H	201	270	301	a	110	194	197	b
Harvesan	H	182	238	241	e	105	185	186	d
Toprex	H	176	231	221	f	97	156	160	f
Folicur	F	90	149	162	i	63	110	113	i
Caramba+Cantus	F	83	140	148	k	43	92	97	k
Proline	vorg. B	164	200	210	g	92	137	138	g
Cantus	vorg. B	153	192	198	h	85	128	130	h
Proline	B	189	265	270	c	105	185	189	c
Cantus	B	185	260	263	d	97	173	175	e
Harvesan	B	196	267	280	b	108	190	190	c
Variante		Straß (Sorte: Oase)				Offingen (Sorte: Elektra)			
		BSB (n-Pyknidien)				BSB (n-Pyknidien)			
		07.07.	19.07.	27.07.		07.07.	19.07.	27.07.	
Kontrolle		180	248	255	a	210	302	315	a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	68	136	142	j	86	170	174	i
Folicur/Folicur	HF	77	145	151	i	92	176	183	h
Caramba+Cantus/Caramba	HF	60	130	133	k	64	152	160	j
Folicur (red.)	H	176	246	252	a	207	300	310	a
Harvesan	H	173	230	232	d	190	286	297	bc
Toprex	H	160	219	224	e	182	269	281	d
Folicur	F	102	162	164	h	103	199	197	g
Caramba+Cantus	F	89	139	143	j	92	178	185	h
Proline	vorg. B	128	185	191	f	160	252	254	e
Cantus	vorg. B	119	173	180	g	148	238	239	f
Proline	B	162	236	240	c	202	290	294	c
Cantus	B	157	230	239	c	196	279	285	d
Harvesan	B	169	239	245	b	205	297	302	b

Die Auswirkungen unterschiedlicher Fungizidbehandlungen auf den Befallswert von *Phoma lingam* am Stängel im Mittel der Standorte der einzelnen Versuchsjahre sind in Abbildung 41 zusammenfassend dargestellt. Die stärksten befallsreduzierenden Effekte zeigen die Frühjahrsbehandlungen (F/HF/HFB), die Wirkung der Herbstbehandlungen fällt vergleichend dazu ab. Die Kombination von Herbst- und Frühjahrsbehandlung (HF)

zieht im Vergleich zur reinen Frühjahrsbehandlung (F) keine wesentlich verbesserte Befallskontrolle nach sich. Vorgezogene Blütenbehandlungen zeigen insbesondere in Jahren mit spätem Befallsdruck phytosanitäre Einflüsse auf den Stängelbefall.

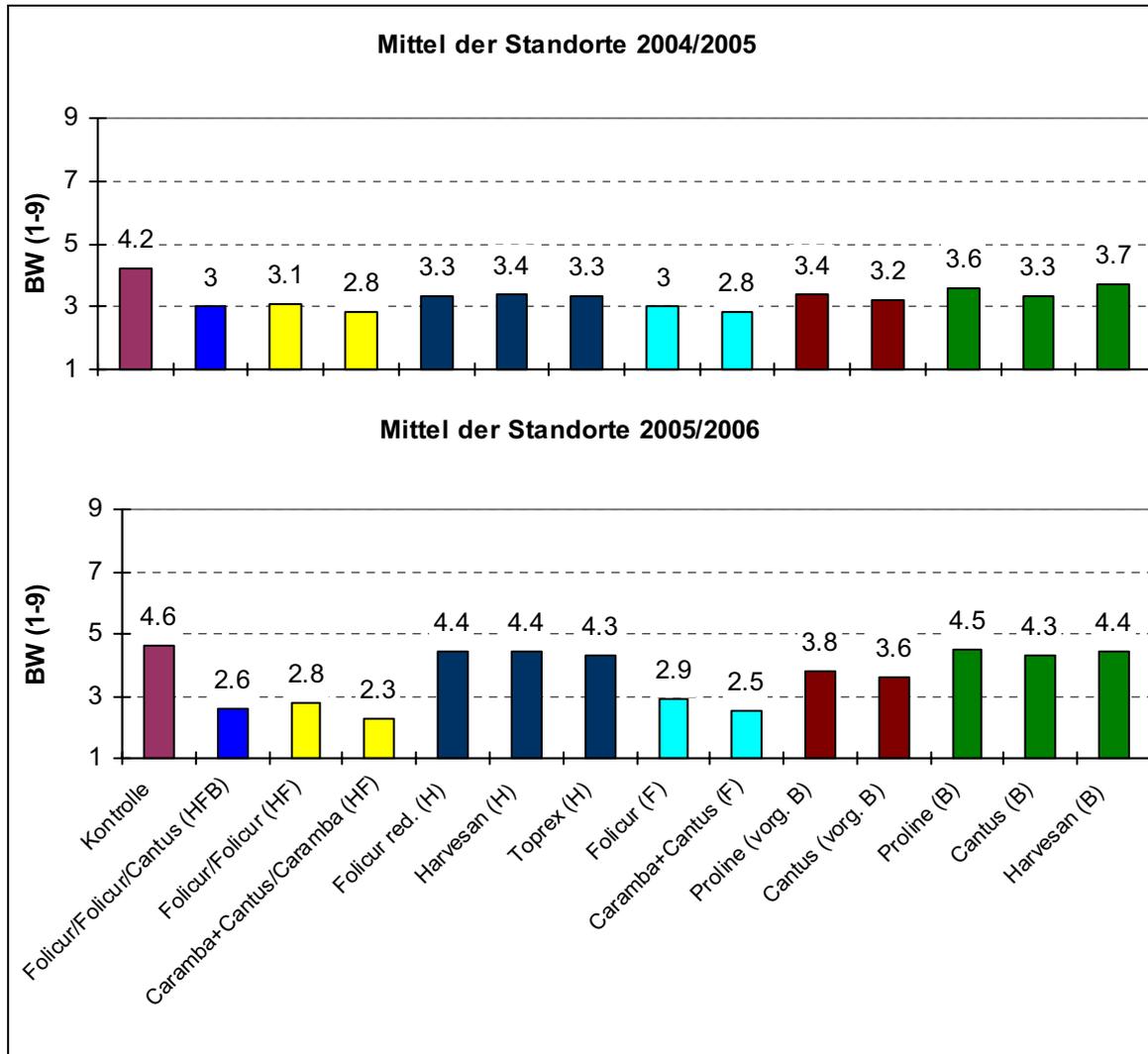


Abb. 41: Einfluß differenzierter Fungizidapplikationen auf den Befallswert (1-9) von *Phoma lingam* am Stängel, Nacherntebonitur, Mittel der Standorte in 2004/2005 (Helmstadt, Straß, Offingen) und 2005/2006 (Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)

3.2.3 Zusammenhang zwischen dem Blattbefall von *Phoma lingam* im Herbst und dem Wurzelhalsbefall

Die ermittelten Werte bezüglich der Befallsstärke und der Befallshäufigkeit von *Phoma lingam* am Blattapparat im Herbst wurden in Zusammenhang gesetzt mit dem Wurzelhalsendbefall, jeweils für die herbstbehandelten Varianten und die unbehandelte Kontrolle gemittelt für die Versuchsjahre 2004/2005 sowie 2005/2006. Bei der Betrachtung des im Herbst auf den Blättern etablierten Primärbefalles mit *Phoma lingam* und dem daraus entstehenden Befall am Wurzelhals im darauf folgenden Sommer zeigt sich ein enger Zusammenhang ($r^2 = 0,77$) zwischen der BSB im Herbst und dem BW im Sommer (Abb. 42).

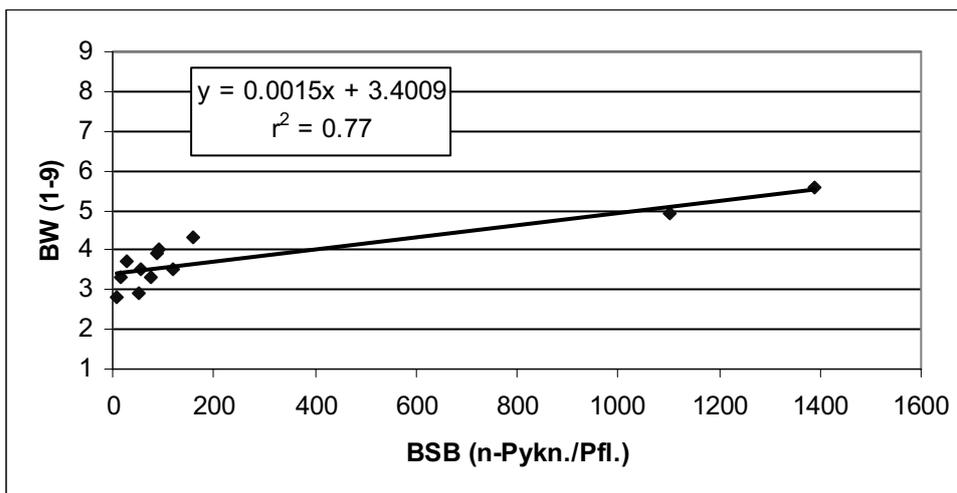


Abb. 42: Zusammenhang zwischen BSB (n-Pyknidien/Pflanze) von *Phoma lingam* am Blattapparat im Herbst (17.11.04; 05.11.05) mit dem Wurzelhalsendbefall (BW 1-9) der herbstbehandelten Varianten und der unbehandelten Kontrolle gemittelt für die Versuchsjahre 2004/2005 sowie 2005/2006

Darüber hinaus lässt sich zwischen dem Ausgangsbefall am Blattapparat und dem Wurzelhalsendbefall, bemessen anhand der Befallshäufigkeit eine lineare Regression mit einem Korrelationskoeffizienten von $r^2 = 0,64$ berechnen (Abb. 43).

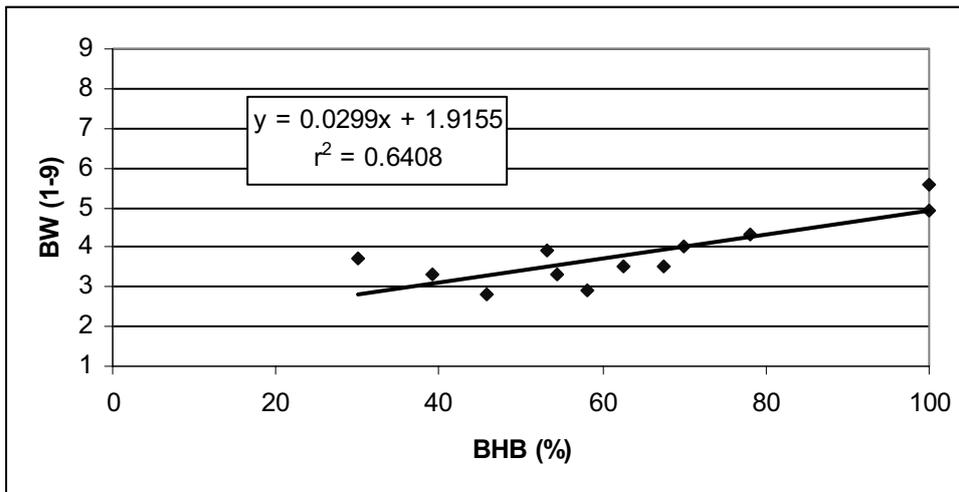


Abb. 43: Zusammenhang zwischen BHB (%) von *Phoma lingam* am Blattapparat im Herbst (17.11.04; 05.11.05) mit dem Wurzelhalsendbefall (BW 1-9) der herbstbehandelten Varianten und der unbehandelten Kontrolle gemittelt für die Versuchsjahre 2004/2005 sowie 2005/2006

3.3 Epidemiologie von *Sclerotinia sclerotiorum*

Zur Bewertung der Relevanz von *Sclerotinia sclerotiorum* wurden an den Versuchsstandorten die Apothecienbildung aus Sklerotiddepots, das Auftreten des Pathogens in der unbehandelten Kontrolle sowie die Effekte differenzierter Fungizidapplikationen analysiert.

3.3.1 Apothecienbildung im Sklerotiddepot

In beiden Versuchsjahren wurde durch regelmäßige Kontrollen an den im Herbst ausgelegten Sklerotiddepots an allen Standorten ab der zweiten bzw. dritten Aprildekade ein erster Apothecienauswuchs festgestellt (Abb. 44, 45). Im Versuchsjahr 2004/2005 durchbrachen die ersten ausgekeimten Sklerotien die Erdoberfläche am 15. April 2005 am Standort Söllitz, an früheren Kontrollterminen war keine Fruchtkörperentwicklung von diesem Pathogen festzustellen. Am Standort Helmstadt lag erstmals eine Apothecienbildung am 22. April 2005 vor; in Straß und Offingen konnten ab 29. April 2005 die ersten Fruchtkörper gefunden werden. Die Summe der aus jeweils 100

ausgelegten Sklerotien gebildeten Apothecien lag mit 29 in Söllitz am höchsten, gefolgt von Helmstadt mit 21, Offingen mit 16 und Straß mit 12 (Abb. 44).

Der Zeitpunkt des ersten Apothecienauswuchses im zweiten Versuchsjahr war an allen Standorten zum Kontrolltermin am 23. April 2006 zu verzeichnen. Im Versuchsjahr 2005/2006 lagen die Zuwachsraten an den Standorten Helmstadt, Offingen und Söllitz auf ähnlichem Niveau. In Straß waren, wie bereits im Vorjahr, die geringsten Keimraten zu verzeichnen. Insgesamt waren 2006 aufsummiert in Helmstadt 32, Offingen 29, Söllitz 27 und in Straß 11 gekeimte Fruchtkörper zu finden (Abb. 45). Ausgehend von einem Verhältnis von 1,8 bezüglich der Anzahl durchschnittlich gebildeter Apothecien je Sklerotie (WOHLLEBEN 2001), ist eine maximale Apothecienauswuchsrate von 16,1 % in 2005 (Söllitz) bzw. 17,8 % in 2006 (Helmstadt) festzustellen. Die geringsten Auswuchsraten zeigte in beiden Jahren der Standort Straß mit 6,7 % (2005) bzw. 6,1 % (2006) (nicht dargestellt).

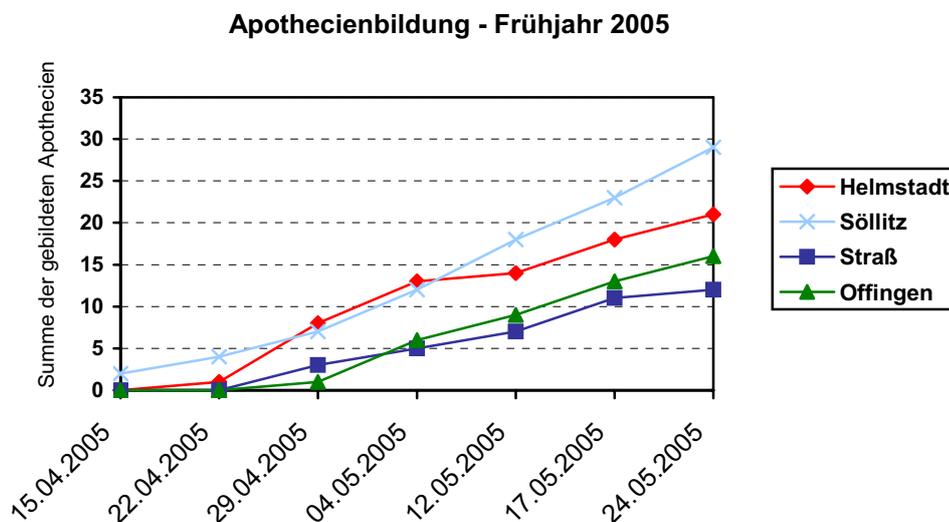


Abb. 44: Summe der gebildeten Apothecien aus 2 x 50 ausgelegten Sklerotien an den Standorten Helmstadt, Söllitz, Straß und Offingen, Frühjahr 2005, BBCH 55-71

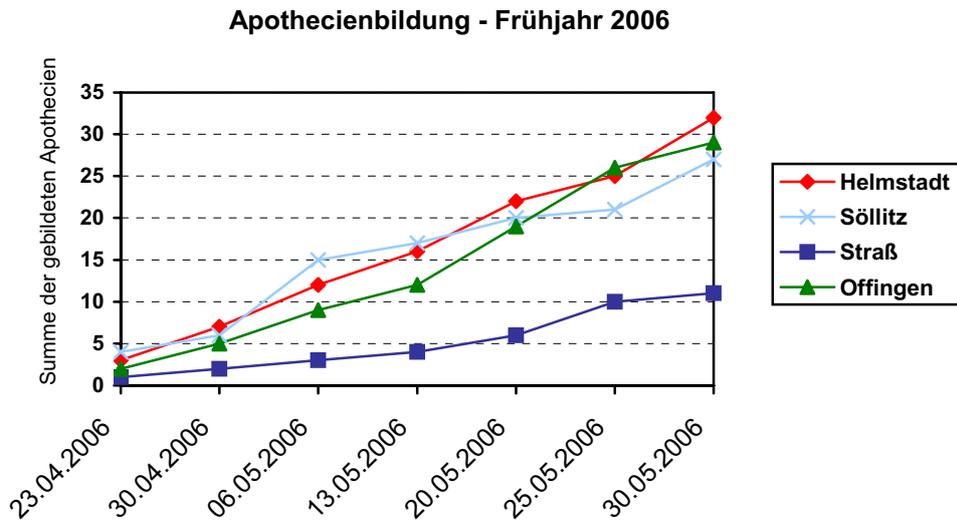


Abb. 45: Summe der gebildeten Apothecien aus 2 x 50 ausgelegten Sklerotien an den Standorten Helmstadt, Söllitz, Straß und Offingen, Frühjahr 2006, BBCH 55-73

3.3.2 Befallsauftreten von *Sclerotinia sclerotiorum* im fungizidunkontaminierten Bestand

Der durch das Pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* verursachte Stängelbefall war in beiden Versuchsjahren nur mit verhältnismäßig geringen Befallshäufigkeiten nachzuweisen. Die Bonitur in BBCH 85 in der unbehandelten Kontrollvariante ergab im Versuchsjahr 2004/2005 die höchste Befallshäufigkeit am Standort Söllitz mit maximal 16 %, gefolgt von Helmstadt mit 11 % BHB (Abb. 46). Im Versuchsjahr 2005/2006 trat der stärkste Befallsgrad am Standort Helmstadt mit 22 % vor Offingen mit 17 % BHB auf. Am Standort Straß war die Häufigkeit befallener Stängel mit 8 % (2005) bzw. 9 % (2006) BHB in beiden Jahren am geringsten.

Insgesamt stellen die Werte bezogen auf den Befallsgrad der Rapskultur in Bayern ein äußerst geringes Befallsniveau dar.

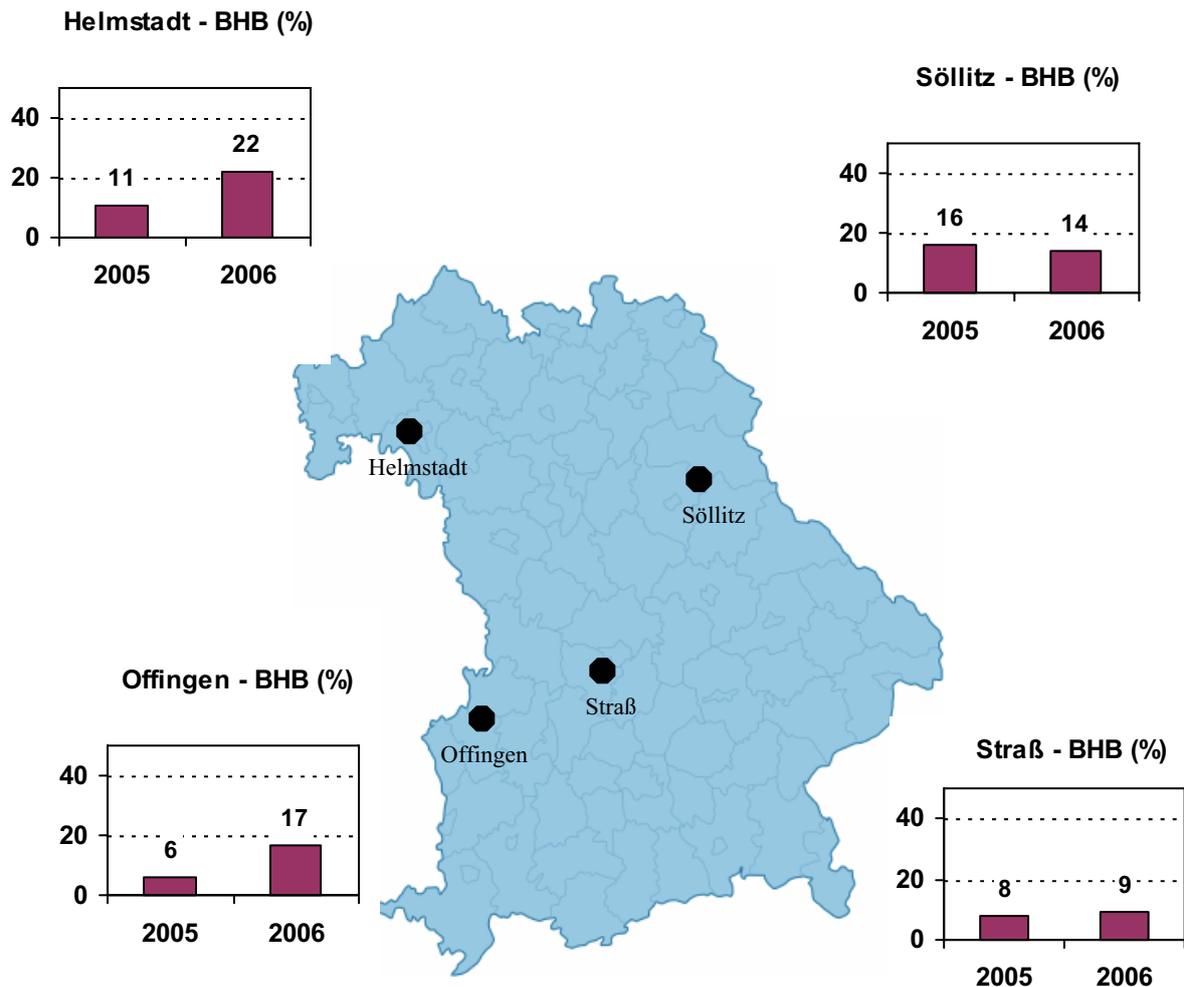


Abb. 46: BHB (%) von *Sclerotinia sclerotiorum* an den Versuchsstandorten in der unbehandelten Kontrollvariante, BBCH 85, Versuchsjahre 2004/2005 und 2005/2006

3.3.3 Effekte differenzierter Fungizidapplikationen auf das Befallsauftreten von *Sclerotinia sclerotiorum*

In den Abbildungen 47 und 48 sind die Befallshäufigkeiten (BHB) hinsichtlich differenzierter Fungizideffekte auf das Befallsauftreten von *Sclerotinia sclerotiorum* dargestellt. Die Bonitur der Versuchsvarianten bezüglich der BHB von *Sclerotinia sclerotiorum* verdeutlichte, dass die nachgewiesene, geringe Befallshäufigkeit insbesondere durch eine Behandlung zur Vollblüte (VG 12 bis 14) nahezu vollständig

unterdrückt wurde. Eine vorgezogene Blütenbehandlung (VG 10, 11) verminderte den Befall in geringerem Ausmaß als eine Maßnahme zur Vollblüte. Die Vorblüten- bzw. Blütenapplikationen (BBCH 59, 65) erzielten in beiden Versuchsjahren im Vergleich zur Kontrollvariante an allen Standorten signifikant geringere BHB-Werte. Frühjahrsbehandlungen im Knospenstadium (BBCH 51-55) zeigten bei dem nachgewiesenen, geringen Befall ebenfalls reduzierende Effekte, welche bis auf die Standorte Söllitz (2005 und 2006) und Straß (2006) statistisch abgesichert werden konnten. Das Reduktionsniveau einer Blütenbehandlung wurde jedoch durch den Fungizideinsatz zu BBCH 51-55 nicht erreicht.

Ergebnisse

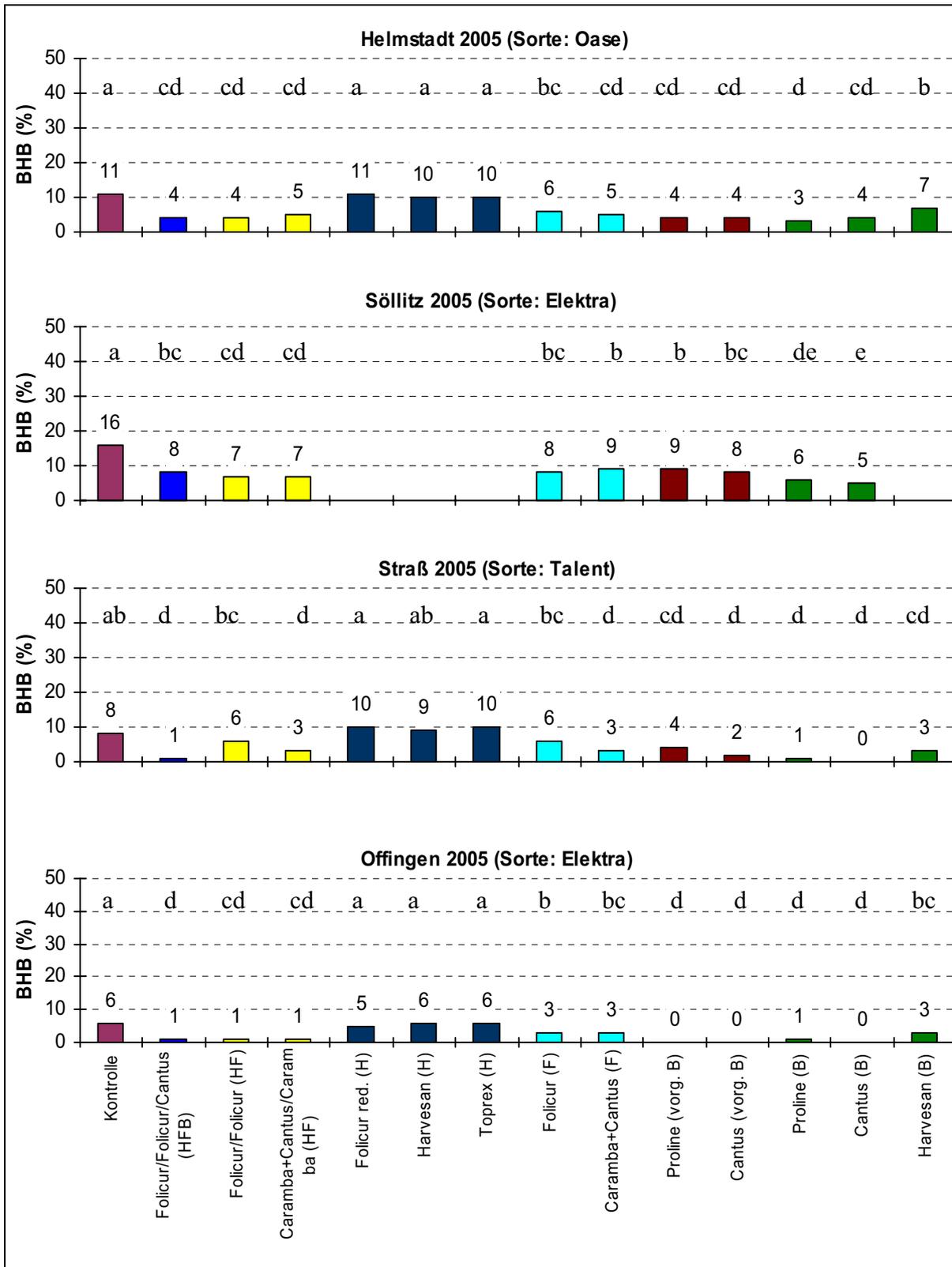


Abb. 47: BHB (%) von *Sclerotinia sclerotiorum* an den Versuchsstandorten in Abhängigkeit von differenzierten Fungizidvarianten, BBCH 85, Versuchsjahr 2004/2005

Ergebnisse

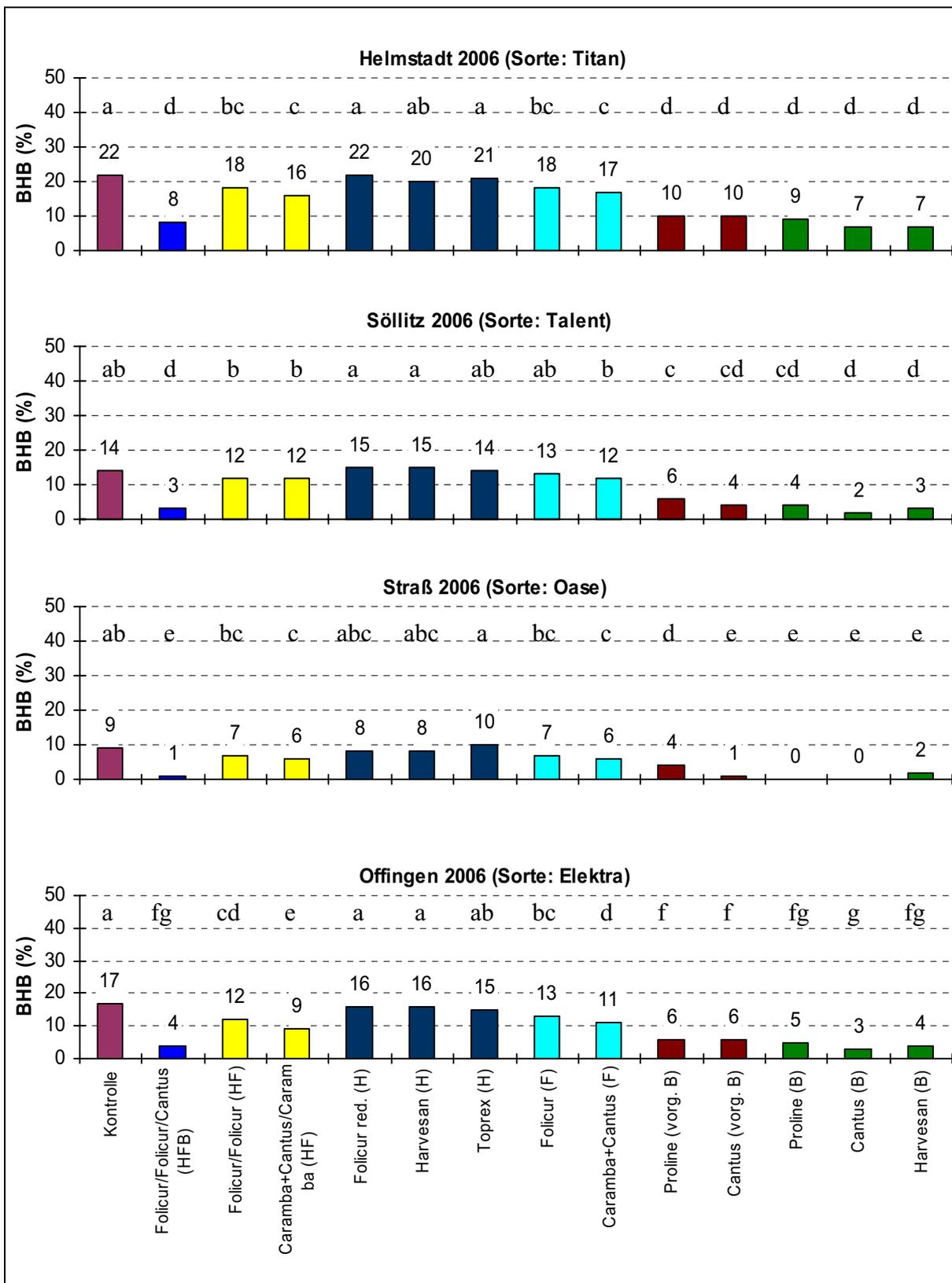


Abb. 48: BHB (%) von *Sclerotinia sclerotiorum* an den Versuchsstandorten in Abhängigkeit von differenzierten Fungizidvarianten, BBCH 85, Versuchsjahr 2005/2006

3.4 Befallsauftreten von *Verticillium longisporum* im fungizidunkontaminierten Bestand

In der Abbildung 49 sind die Befallswerte von *Verticillium longisporum*, nach der von KRÜGER (1986) vorgeschlagenen Boniturskala (BW 1-9), nach der Ernte an den vier Standorten in der unbehandelten Kontrolle dargestellt.

In beiden Versuchsjahren konnte das Pathogen *Verticillium longisporum* an allen Versuchsstandorten zu Vegetationsende durch die typischen Mikrosklerotien nachgewiesen werden. Zwischen den einzelnen Standorten waren deutliche Differenzierungen bezüglich des Befallsniveaus zu verzeichnen. Die höchsten Befallswerte traten in beiden Jahren im unterfränkischen Helmstadt auf. Im Versuchsjahr 2004/2005 lag an diesem Standort ein durchschnittlicher Befallswert von 3,4 vor, im Versuchsjahr 2005/2006 ein durchschnittlicher Befallswert von 4,7. Die geringsten Befallsgrade zeigten sich in beiden Jahren am Standort Söllitz (2005: BW 1,2; 2006: BW 1,3). Im Vergleich der Jahre ist 2006 ein höheres Schadniveau als 2005 festzustellen.

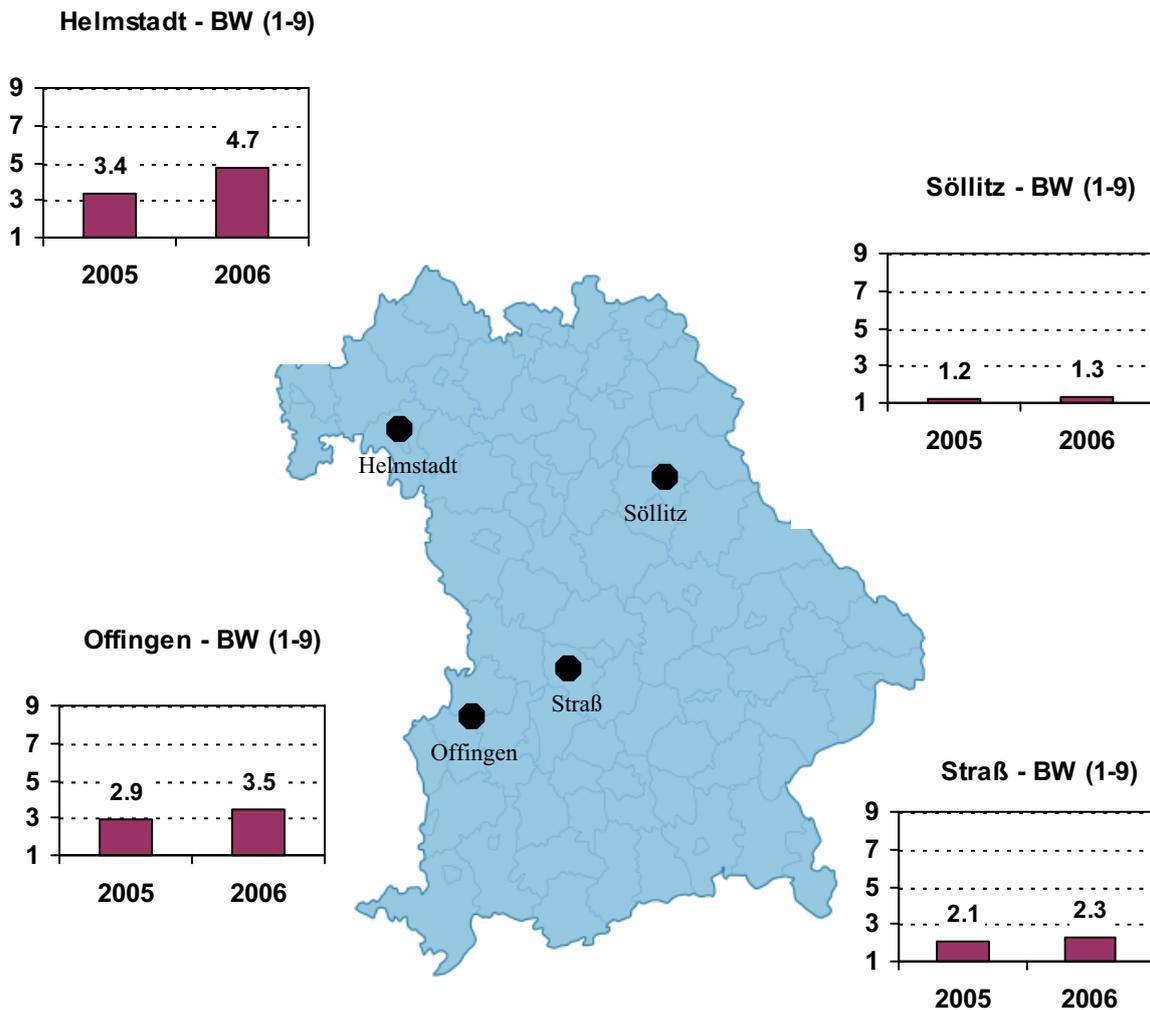


Abb. 49: BW (1-9) von *Verticillium longisporum* an den vier Versuchsstandorten in der unbehandelten Kontrollvariante, Bonitur nach der Ernte, Versuchsjahre 2004/2005 und 2005/2006

Die unterschiedlichen Befallsgrade zwischen den einzelnen Versuchsstandorten standen in engem Zusammenhang mit dem Winterraps-Fruchtfolgeanteil der vorangegangenen Jahre auf diesen Flächen. Ein Vergleich der Befallswerte von *Verticillium longisporum* und dem Rapsanteil in der Fruchtfolge verdeutlicht, dass eine signifikante lineare Regression mit einem Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,85$ vorliegt (Abb. 50). An Standorten mit niedrigeren Rapsanteilen in der Fruchtfolge (Söllitz 20 %, Straß 25 %), war parallel dazu auch eine geringere Erregerprogression zu bonitieren. Die Rapspflanzen welche an

Standorten mit dreigliedrigen Fruchtfolgen standen (Helmstadt 2005 und 2006; Offingen 2006) wiesen entsprechend höhere Befallswerte auf.

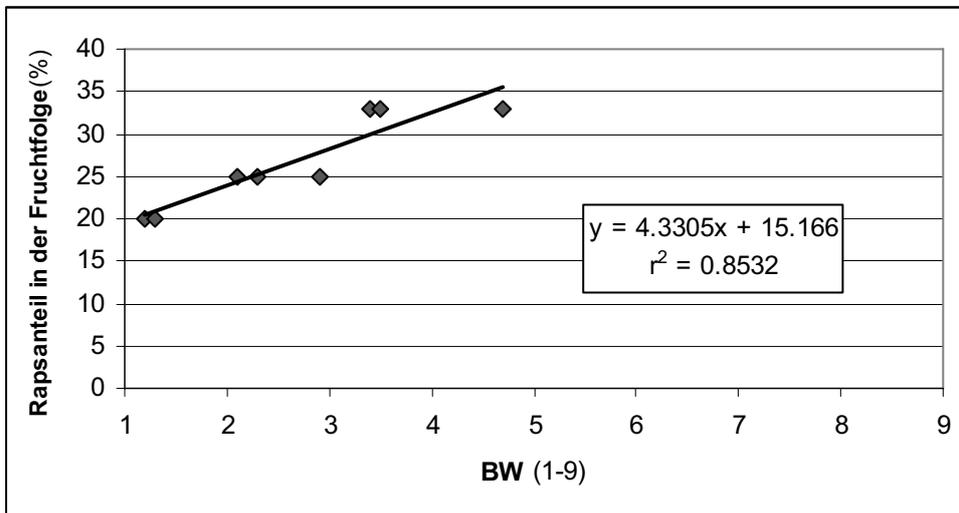


Abb. 50: Zusammenhang zwischen dem Befallswert (1-9) von *Verticillium longisporum* in der unbehandelten Kontrollvariante (Bonitur nach der Ernte) und dem Rapsanteil (%) in der Fruchtfolge, Versuchsjahr 2004/2005 und 2005/2006

3.4.1 Effekte differenzierter Fungizidapplikationen auf das Befallsauftreten von *Verticillium longisporum*

Die Betrachtung des Befallsgeschehens des Pilzes *Verticillium longisporum*, Verursacher einer Tracheomykose zeigt, dass die ersten charakteristischen Symptome erst sehr spät, d. h. ab Ende Juni/Anfang Juli, sichtbar werden. Im Verlauf der Abreife kommt es zu einer weiteren Ausbreitung der Schadsymptome, welches durch steigende Befallswerte dokumentiert wird. In den Tabellen 25 und 26 ist die Entwicklung der Befallswerte (1-9) von *Verticillium longisporum* an den vier Standorten bei den verschiedenen Fungizidbehandlungen dargestellt. Die Untersuchungen ergaben in beiden Versuchsjahren bei den einzelnen Fungizidstrategien variierende Effekte hinsichtlich des Befallswertes, so dass keine eindeutige Differenzierung von Fungizidwirkungen auf diesen Schaderreger nachgewiesen werden konnte.

Ergebnisse

Tab. 25: BW (1-9) von *Verticillium longisporum* an den Versuchsstandorten in Abhängigkeit von differenzierten Fungizidvarianten, Versuchsjahr 2004/2005

Variante	Helmstadt Sorte: Oase BW (1-9)			Söllitz Sorte: Elektra BW (1-9)			Straß Sorte: Talent BW (1-9)			Offingen Sorte: Elektra BW (1-9)		
	03. 07.05	14. 07.05	nach der Ernte	03. 07.05	14. 07.05	nach der Ernte	03. 07.05	14. 07.05	nach der Ernte	03. 07.05	14. 07.05	nach der Ernte
	Kontrolle	1,0	1,9	3,4	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	2,1	1,0	2,5
Folicur/Folicur/Cantus (HFB)	1,0	1,9	3,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,7	1,8
Folicur/Folicur (HF)	1,0	1,7	2,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,9	1,0	1,7	2,2
Caramba+Cantus/Caramba (HF)	1,0	2,0	2,5	1,0	1,0	1,4	1,0	1,0	1,6	1,0	1,8	2,1
Folicur red. (H)	1,0	2,3	2,6	n.a.			1,0	1,8	2,3	1,0	2,3	3,0
Harvesan (H)	1,0	2,0	3,1	n.a.			1,0	1,7	2,3	1,0	2,0	2,8
Toprex (H)	1,0	2,5	3,3	n.a.			1,0	1,8	2,2	1,0	1,7	1,8
Folicur (F)	1,0	2,1	3,2	1,0	1,0	1,6	1,0	1,8	1,8	1,0	2,1	2,6
Caramba+Cantus (F)	1,0	2,3	3,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,6	1,0	2,3	2,5
Proline (vorg. B)	1,0	2,4	2,9	1,0	1,0	1,5	1,0	1,4	1,9	1,0	2,7	3,1
Cantus (vorg. B)	1,0	1,7	2,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6	2,2	1,0	1,8	2,1
Proline (B)	1,0	1,8	2,7	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,7	1,0	2,1	3,1
Cantus (B)	1,0	2,3	2,8	1,0	1,0	1,2	1,0	1,3	1,8	1,0	2,5	2,8
Harvesan (B)	1,0	1,9	2,6	n.a.			1,0	1,4	1,9	1,0	2,0	3,3

Tab. 26: BW (1-9) von *Verticillium longisporum* an den Versuchsstandorten in Abhängigkeit von differenzierten Fungizidvarianten, Versuchsjahr 2005/2006

Variante	Helmstadt Sorte: Titan BW (1-9)			Söllitz Sorte: Talent BW (1-9)			Straß Sorte: Oase BW (1-9)			Offingen Sorte: Elektra BW (1-9)		
	07. 07.06	19. 07.06	nach der Ernte	07. 07.06	19. 07.06	nach der Ernte	07. 07.06	19. 07.06	nach der Ernte	07. 07.06	19. 07.06	nach der Ernte
	Kontrolle	2,3	4,3	4,7	1,0	1,0	1,3	1,0	2,1	2,3	1,0	2,6
Folicur/Folicur/Cantus (HFB)	2,1	3,9	4,4	1,0	1,0	1,2	1,0	2,0	2,2	1,0	2,5	3,4
Folicur/Folicur (HF)	2,5	4,3	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	2,0	1,0	2,7	3,5
Caramba+Cantus/Caramba (HF)	1,8	4,0	4,5	1,0	1,0	1,4	1,0	1,4	1,8	1,0	2,4	3,2
Folicur red. (H)	2,0	4,0	4,4	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,4	1,0	2,7	3,3
Harvesan (H)	1,8	4,5	4,8	1,0	1,0	1,6	1,0	2,0	2,2	1,0	2,4	3,0
Toprex (H)	1,9	4,3	4,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,8	2,1	1,0	2,3	2,8
Folicur (F)	1,9	4,1	4,6	1,0	1,3	1,6	1,0	1,7	2,3	1,0	2,3	3,2
Caramba+Cantus (F)	2,1	3,7	4,4	1,0	1,0	1,4	1,0	1,4	2,4	1,0	2,3	3,3
Proline (vorg. B)	2,4	4,2	4,8	1,0	1,0	1,5	1,0	1,9	2,4	1,0	2,4	3,1
Cantus (vorg. B)	2,0	3,7	4,4	1,0	1,2	1,3	1,0	1,8	2,0	1,0	2,6	2,9
Proline (B)	2,4	4,2	4,6	1,0	1,0	1,2	1,0	1,9	2,2	1,0	2,3	3,1
Cantus (B)	2,0	3,7	4,4	1,0	1,0	1,1	1,0	1,6	1,9	1,0	2,4	3,0
Harvesan (B)	2,2	4,0	4,5	1,0	1,2	1,5	1,0	1,7	2,3	1,0	2,6	3,2

3.5 Befallsauftreten von *Peronospora parasitica*

Das Befallsgeschehen des Erregers *Peronospora parasitica* war an allen Untersuchungsterminen und Standorten gekennzeichnet durch hohe Befallshäufigkeiten, aber nur sehr geringe Befallsstärken. Der Schaderreger parasitierte vor allem die unteren, seneszenten Blattetagen; der obere Pflanzenbereich blieb befallsfrei. Der Befall

reduzierte sich in beiden Versuchsjahren im Verlauf der Herbstmonate; die höchsten Boniturwerte wurden im Frühjahr erreicht. Der Blatterreger setzt im Herbst standortspezifisch unterschiedlich starke Primärinfektionen, die als Ausgangsinokulum fungieren und bei günstigen Witterungsverhältnissen im Frühjahr zu einer entsprechenden Erregerprogression führen können. Die Befallshäufigkeit sowie die Befallsstärke der einzelnen Fungizidvarianten an den verschiedenen Versuchsstandorten sind den Tabellen 27 und 28 aufgeführt.

Im Versuchsjahr 2004/2005 lag die höchste Befallshäufigkeit und Befallsstärke sowohl im Herbst (92,5 % BHB, 21. Oktober 2004) als auch im Frühjahr (85 % BHB, 04. April 2005) am Standort Söllitz in der unbehandelten Kontrolle vor (Tab. 27). Bei der Frühjahrsbonitur waren hier 5,1 % der Blattfläche (BSB) befallen. Vielfach lagen die Bonituren bezüglich der Befallsstärke aber lediglich in einem Bereich von 1-2 % BSB. Die geringsten Befallsgrade im Vergleich der Standorte herrschten in Straß vor (BHB: max. 25 %, 04. April 2005; BSB: max. 1,2 %, 04. April 2005). Es gab keine eindeutige Tendenz bezüglich der Befallsreduktion einer Fungizidmaßnahme gegenüber dem Erreger *Peronospora parasitica*.

Tab. 27: Befallshäufigkeit (%) und Befallsstärke (%) des Erregers *Peronospora parasitica* in Abhängigkeit von Standort und Fungizidvariante, Versuchsjahr 2004/2005

Termin	Variante	Helmstadt		Söllitz		Straß		Offingen	
		Sorte: Oase		Sorte: Elektra		Sorte: Talent		Sorte: Elektra	
		BHB (%)	BSB (%)	BHB (%)	BSB (%)	BHB (%)	BSB (%)	BHB (%)	BSB (%)
21.10.2004	Kontrolle	50,0	1,6	92,5	2	22,5	0,5	62,5	1,5
	Folicur (H)	45,0	1,4	87,5	1,8	17,5	0,6	57,5	1,2
	Caramba+Cantus (H)	52,5	1,5	85,0	1,6	17,5	0,4	60,0	1,4
	Folicur red. (H)	55,0	1,8	n.a.		15,0	0,5	62,5	1,6
	Harvesan (H)	50,0	1,3	n.a.		20,0	0,3	50,0	1,5
	Toprex (H)	47,5	1,2	n.a.		15,0	0,2	52,5	1,3
18.11.2004	Kontrolle	35,0	0,9	57,5	1,1	17,5	0,3	32,5	0,5
	Folicur (H)	22,5	0,7	45,0	1,0	15,0	0,2	25,0	0,6
	Caramba+Cantus (H)	25,0	1,0	47,5	0,8	12,5	0,2	25,0	0,4
	Folicur red. (H)	30,0	0,8	n.a.		15,0	0,5	27,5	0,5
	Harvesan (H)	20,0	1,1	n.a.		10,0	0,4	22,5	0,5
	Toprex (H)	32,5	0,6	n.a.		17,5	0,3	20,0	0,3
04.04.2005	Kontrolle	67,5	3,3	85,0	5,1	25,0	1,1	72,5	2,2
	Folicur (H)	70,0	3,0	80,0	4,5	20,0	0,9	65,0	2,0
	Caramba+Cantus (H)	72,5	2,7	75,0	4,2	22,5	1,0	70,0	1,8
	Folicur red. (H)	70,0	3,2	n.a.		25,0	1,2	67,5	2,0
	Harvesan (H)	65,0	3,1	n.a.		20,0	0,7	60,0	1,7
	Toprex (H)	65,0	2,9	n.a.		20,0	0,9	55,0	1,9

Im zweiten Versuchsjahr waren ebenfalls am Oberpfälzer Standort Söllitz die höchsten BHB- und BSB-Werte in der unbehandelten Kontrolle nachzuweisen. Zum ersten Boniturtermin im Herbst (14. Oktober 2005) wiesen in der Kontrolle 100 % der Pflanzen eindeutige Befallssymptome auf, bei der Frühjahrsbonitur am 15. April 2006 waren 95 % der Pflanzen befallen (Tab. 28). Die Befallsstärke konnte in dieser Versuchsperiode nur einen Maximalwert von 3,1 % BSB erreichen (Söllitz, 15. April 2006, Kontrolle). Eine eindeutige fungizide Kontrolle des Erregers sowie fungizidinduzierte

Befallsdifferenzierungen innerhalb der verschiedenen Behandlungsvarianten waren auch im Versuchsjahr 2005/2006 nicht zu dokumentieren.

Tab. 28: Befallshäufigkeit (%) und Befallsstärke (%) des Erregers *Peronospora parasitica* in Abhängigkeit von Standort und Fungizidvariante, Versuchsjahr 2005/2006

Termin	Variante	Helmstadt		Söllitz		Straß		Offingen	
		Sorte: Titan		Sorte: Talent		Sorte: Oase		Sorte: Elektra	
		BHB (%)	BSB (%)	BHB (%)	BSB (%)	BHB (%)	BSB (%)	BHB (%)	BSB (%)
14.10.2005	Kontrolle	67,5	2,0	100	2,1	40,0	0,8	90,0	1,7
	Folicur (H)	65,0	1,8	90,0	2,0	40,0	0,5	80,0	1,5
	Caramba+Cantus (H)	62,5	1,7	92,5	2,0	35,0	0,6	82,5	1,6
	Folicur red. (H)	70,0	2,3	95	1,9	45,0	0,8	90,0	1,9
	Harvesan (H)	57,5	1,9	95,0	1,9	32,5	0,4	80,0	1,5
	Toprex (H)	60,0	1,8	95,0	1,7	30,0	0,5	85,0	1,6
05.11.2005	Kontrolle	35,0	0,7	45,0	1,3	10,0	0,2	37,5	0,6
	Folicur (H)	30,0	0,7	45,0	1,1	2,5	0,2	35,0	0,4
	Caramba+Cantus (H)	32,5	0,5	47,5	1,0	5,0	0,2	30,0	0,6
	Folicur red. (H)	40,0	0,8	50,0	1,1	5,0	0,2	40,0	0,5
	Harvesan (H)	30,0	0,6	42,5	0,9	2,5	0,3	37,5	0,4
	Toprex (H)	35,0	0,5	40,0	0,7	0,0	0,0	32,5	0,2
15.04.2006	Kontrolle	75,0	3,0	95,0	3,1	52,5	1,4	87,5	2,6
	Folicur (H)	70,0	3,0	95,0	2,7	52,5	1,0	80,0	2,3
	Caramba+Cantus (H)	75,0	2,7	82,5	2,4	50,0	1,1	77,5	2,2
	Folicur red. (H)	72,5	2,8	90,0	2,5	55,0	1,3	82,5	2,5
	Harvesan (H)	65,0	2,6	87,5	2,3	47,5	0,9	80,0	2,4
	Toprex (H)	67,5	2,9	85,0	2,6	50,0	0,8	85,0	2,1

3.6 Befallsauftreten pilzlicher Rapspathogene mit peripherer Bedeutung

In den Versuchsjahren 2004/2005 und 2005/2006 konnte das Auftreten der Erreger aus der Gattung *Alternaria ssp.* sowie *Plasmodiophora brassicae* an den vier bayrischen Versuchsstandorten bonitiert werden. Die Ausbreitung dieser Schaderreger war allerdings so gering, dass auf eine ausführliche Darstellung verzichtet wird. Das Pathogen *Botrytis cinerea* war nur an Einzelpflanzen zu diagnostizieren, hierbei waren einzelne Blätter sowie Schoten von dem typischen Mycelrasen überzogen. Die Befallshäufigkeit im Bestand von *Botrytis cinerea* lag an allen Versuchsstandorten bei maximal 5 %.

3.7 Auswirkungen der Fungizidbehandlungen auf die Pflanzenmorphogenese

Zur Beurteilung der Pflanzenentwicklung sowie der Auswirkungen von unterschiedlichen Behandlungsvarianten auf die Pflanzenmorphologie wurden Daten zu Sprosslänge, Wurzelhalsdurchmesser, Bestandesdichte, Wuchshöhe und Lagerbildung erhoben.

3.7.1 Sprosslänge

Die im Herbst und zeitigen Frühjahr durchgeführten Messungen zur Differenzierung der Sprosslänge, zeigten in den Versuchsjahren 2004/2005 und 2005/2006 in allen herbstbehandelten Varianten einen einkürzenden Effekt auf die Sprossachsenlänge. Wie in Tabelle 29 dokumentiert, konnten zum zweiten Boniturtermin am 18. November 2004 ebenso wie bei der Frühjahrsbonitur am 04. April 2005, an allen Standorten signifikante wachstumsregulatorische Wirkungen der eingesetzten Fungizide vergleichend zur unbehandelten Kontrolle festgestellt werden. Die maximale Einkürzung bezogen auf die Sprosslänge reichte dabei im Herbst von 4,5 mm bzw. 30,2 % am Standort Offingen (0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus) bis 17,6 mm bzw. 58,5 % (1,0 l/ha Folicur) bei dem bereits weiter entwickelten Bestand in Helmstadt. Im Frühjahr war an den behandelten Varianten noch eine Sprosslängenreduktion von maximal 16,3 % (Straß) bis 20,2 % (Helmstadt), jeweils in der Variante 1,0 l/ha Folicur, festzustellen.

Ergebnisse

Tab. 29: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf die Sprosslänge (mm) in Abhängigkeit von Standort und Boniturtermin, Versuchsjahr 2004/2005

Standort	Variante	20.10.2004 (mm)		18.11.2004 (mm)		04.04.2005 (mm)	
Helmstadt (Sorte: Oase)	Kontrolle	17,2	a	30,1	a	79,2	a
	Folicur (H)	8,1	d	12,5	d	63,2	f
	Caramba+Cantus (H)	10,3	c	16,1	bc	68,7	e
	Folicur red. (H)	11,0	b	14,2	cd	73,0	c
	Harvesan (H)	9,8	c	17,2	b	77,5	b
	Toprex (H)	8,5	d	14,3	cd	70,1	d
Söllitz (Sorte: Elektra)	Kontrolle	7,8	a	18,5	a	45,2	a
	Folicur (H)	7,6	a	11,7	c	36,1	c
	Caramba+Cantus (H)	7,4	a	13,3	b	40,4	b
	Folicur red. (H)	n.a.		n.a.		n.a.	
	Harvesan (H)	n.a.		n.a.		n.a.	
	Toprex (H)	n.a.		n.a.		n.a.	
Straß (Sorte: Talent)	Kontrolle	11,5	a	17,9	a	72,3	a
	Folicur (H)	6,1	d	11,4	d	60,5	e
	Caramba+Cantus (H)	4,4	e	10,8	e	64,4	d
	Folicur red. (H)	7,0	c	13,9	b	69,6	b
	Harvesan (H)	7,6	b	14,0	b	70,3	b
	Toprex (H)	6,2	d	12,6	c	66,2	c
Offingen (Sorte: Elektra)	Kontrolle	8,7	a	14,9	a	75,4	a
	Folicur (H)	6,3	c	10,6	e	61,2	f
	Caramba+Cantus (H)	4,5	e	10,4	e	63,3	e
	Folicur red. (H)	7,1	b	12,6	d	68,5	c
	Harvesan (H)	8,5	a	13,8	b	72,4	b
	Toprex (H)	5,9	d	13,1	c	65,3	d

Im zweiten Versuchsjahr lagen aufgrund der milden Witterungsbedingungen insbesondere an den Standorten Helmstadt, Straß und Offingen deutlich weiter entwickelte Rapsbestände vor. Vor allem im unterfränkischen Helmstadt hatte sich die Apexspitze bei der Messung am 05. November 2005 bereits um durchschnittlich 40,6 mm vom Boden abgehoben (Tab. 30). Wie im Vorjahr, ließen sich auch im Versuchsjahr 2005/2006 statistisch abgesicherte Auswirkungen von Herbstbehandlungen auf die Sprosslänge an allen Standorten feststellen. Die einkürzende Wirkung wies Anfang November (05.11.05), im Vergleich zur Kontrolle, Maximalwerte von 6,5 mm (bzw. 35,3 %) am Standort Söllitz bis 16,5 mm (bzw. 62,7 %) am Standort Offingen auf. An allen vier Standorten lag die stärkste Einkürzung in Variante zwei vor, d. h. der Behandlung mit 1,0 l/ha Folicur. Im Frühjahr, zur Bonitur am 15. April 2006, zeigten sich die wachstumsregulatorischen Effekte einer Herbstbehandlung noch mit einem um maximal 20,1 % (Straß) bis 25,3 % (Söllitz) gegenüber der unbehandelten Kontrolle verkürzten Spross.

Die über die Standorte gemittelten Werte (Abb. 51) veranschaulichen die Auswirkungen einer Herbstapplikation hinsichtlich der Sprosslänge. In beiden Versuchsjahren resultierte im Mittel der Standorte ein Fungizideinsatz jeweils in einem signifikant kürzeren Spross. Innerhalb der Fungizidvarianten zog die Herbstbehandlung mit 1,0 l/ha Folicur die stärksten Einkürzungseffekte nach sich. Toprex zeigte in wachstumsregulatorischer Hinsicht, neben der auffallend flachen Blattstellung im Herbst, zudem signifikant sprossverkürzende Effekte, wenn auch nicht ganz die einkürzende Leistung von 1,0 l/ha Folicur bzw. 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus erreicht wird. Die gering dosierte Folicurvariante (0,3 l/ha) sowie der Einsatz des nicht mit wachstumsregulatorischen Effekten angesehenen Fungizides Harvesan, zogen ebenfalls ein vermindertes Wachstum der Sprossachse nach sich; jedoch wurde das Niveau der Versuchsglieder zwei (1,0 l/ha Folicur) bzw. vier (0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus) nicht erreicht (Abb. 51).

Ergebnisse

Tab. 30: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf die Sprosslänge (mm) in Abhängigkeit von Standort und Boniturtermin, Versuchsjahr 2005/2006

Standort	Variante	14.10.2005		05.11.2005		15.04.2006	
		(mm)		(mm)		(mm)	
Helmstadt (Sorte: Titan)	Kontrolle	31,7	a	40,6	a	77,4	a
	Folicur (H)	22,9	f	24,8	f	59,4	f
	Caramba+Cantus (H)	24,2	e	29,0	e	65,9	e
	Folicur red. (H)	26,9	c	33,6	c	71,2	c
	Harvesan (H)	29,5	b	35,7	b	75,0	b
	Toprex (H)	25,9	d	31,5	d	67,8	d
Söllitz (Sorte: Talent)	Kontrolle	14,5	a	18,4	a	53,8	a
	Folicur (H)	9,8	f	11,9	f	40,2	f
	Caramba+Cantus (H)	11,0	e	13,6	e	43,6	e
	Folicur red. (H)	12,4	c	15,2	c	48,3	c
	Harvesan (H)	13,3	b	16,4	b	51,8	b
	Toprex (H)	12,1	d	14,3	d	46,2	d
Straß (Sorte: Oase)	Kontrolle	19,8	a	27,0	a	67,2	a
	Folicur (H)	13,8	e	15,2	f	53,7	f
	Caramba+Cantus (H)	16,2	d	17,8	e	58,2	e
	Folicur red. (H)	17,1	c	21,7	c	63,7	c
	Harvesan (H)	18,7	b	23,4	b	65,3	b
	Toprex (H)	16,3	d	19,0	d	60,5	d
Offingen (Sorte: Elektra)	Kontrolle	17,3	a	26,3	a	69,2	a
	Folicur (H)	8,5	d	9,8	d	54,6	f
	Caramba+Cantus (H)	10,9	c	13,8	c	56,7	e
	Folicur red. (H)	11,0	c	14,9	b	64,8	b
	Harvesan (H)	11,9	b	14,6	b	62,1	c
	Toprex (H)	10,8	c	14,1	c	59,1	d

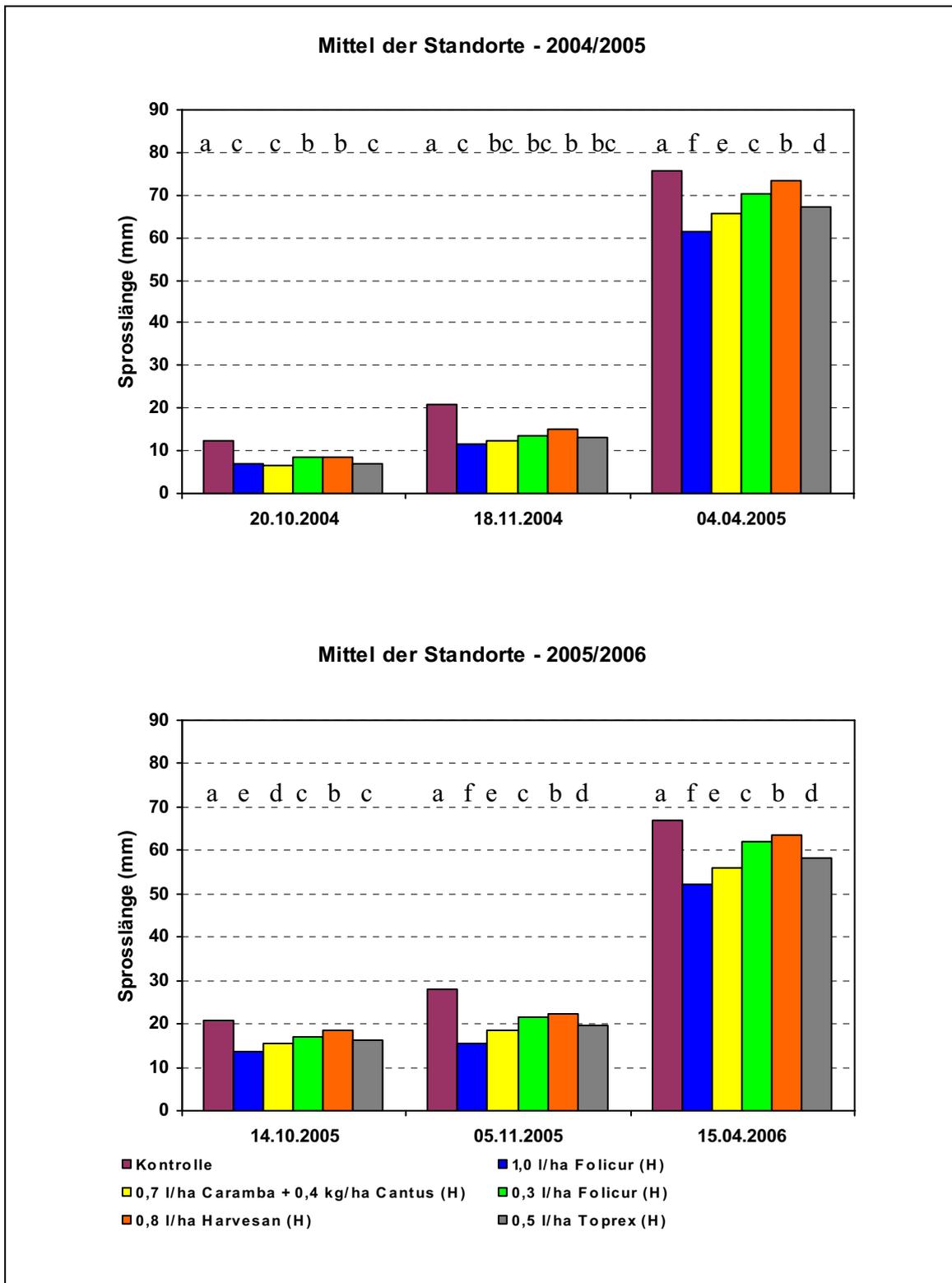


Abb. 51: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf die Sprosslänge (mm) in Abhängigkeit vom Boniturtermin, Mittel über die Standorte in den Versuchsjahren 2004/2005 (Helmstadt, Straß, Offingen) und 2005/2006 (Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)

3.7.2 Wurzelhalsdurchmesser

In der unbehandelten Kontrolle konnten im ersten Versuchsjahr am 18. November 2004 Wurzelhalsdurchmesser von 11,5 mm (Söllitz) bis 14,0 mm (Offingen) ermittelt werden; die Minimal- bzw. Maximalwerte wurden in der Hybridsorte Elektra nachgewiesen (Tab. 31). Die Bonituren Mitte November sowie zu Beginn des Frühjahres zeigten an allen Standorten signifikant erhöhte Durchmesser in der Kontrolle vergleichend zu den fungizidbehandelten Varianten. Im Herbst (18.11.04) wiesen die Wurzeln aus fungizidkontaminierten Varianten einen um maximal 1,6 mm bzw. 13,9 % in Söllitz (1,0 l/ha Folicur) bis 5,8 mm bzw. 41,4 % in Straß (0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus) geringeren Durchmesser auf. Im darauffolgenden Frühjahr (04.04.05) lag die jeweils größte Differenz zur Kontrolle an den einzelnen Standorten zwischen 7,2 % (Söllitz) und 19,0 % (Helmstadt), jeweils ermittelt in Versuchsglied zwei (1,0 l/ha Folicur).

Im Versuchsjahr 2005/2006 führte die wüchsige Herbstwitterung zu höheren Wurzelhalsdurchmessern als im Vorjahr (Tab. 32). In der Kontrolle ergab die Messung am 05. November 2005 Wurzelhalsdurchmesser von 13,0 mm (Offingen) bis 15,4 mm (Helmstadt). Die Fungizidvarianten verzeichneten im Herbst 2005 einen um bis zu 2,7 mm bzw. 20,8 % (05.11.05; Standort Offingen; 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus) geringeren Wurzelhalsdurchmesser als in der unbehandelten Kontrolle.

Im Frühjahr 2006 lagen die Wurzelhalsdurchmesser in fungizidbehandelten Varianten im Maximum um 3,8 mm bzw. 19,4 % (15.04.06; Standort Helmstadt; 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus) reduziert vor.

Die über die Standorte gemittelten Werte der Wurzelhalsdurchmesser sind für beide Versuchsjahre in der Abbildung 52 zusammengefasst. Die stärksten, fungizidinduzierten Effekte übte im Mittel der Versuchsstandorte in beiden Jahre die Fungizidmischung 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus aus.

Ergebnisse

Tab. 31: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf den Wurzelhalsdurchmesser (mm) in Abhängigkeit von Standort und Boniturtermin, Versuchsjahr 2004/2005

Standort	Variante	20.10.2004 (mm)		18.11.2004 (mm)		04.04.2005 (mm)	
Helmstadt (Sorte: Oase)	Kontrolle	9,6	a	13,0	a	16,3	a
	Folicur (H)	9,1	b	10,1	e	13,2	d
	Caramba+Cantus (H)	8,7	c	11,2	d	13,4	d
	Folicur red. (H)	9,0	bc	12,4	b	15,7	bc
	Harvesan (H)	7,8	d	11,6	c	15,5	c
	Toprex (H)	8,8	bc	12,6	b	16,0	ab
Söllitz (Sorte: Elektra)	Kontrolle	7,2	ab	11,5	a	15,3	a
	Folicur (H)	7,5	a	9,9	c	14,2	c
	Caramba+Cantus (H)	6,9	b	11,1	b	14,5	b
	Folicur red. (H)	n.a.		n.a.		n.a.	
	Harvesan (H)	n.a.		n.a.		n.a.	
	Toprex (H)	n.a.		n.a.		n.a.	
Straß (Sorte: Talent)	Kontrolle	9,9	a	14,0	a	16,3	a
	Folicur (H)	6,7	c	10,0	c	14,8	d
	Caramba+Cantus (H)	4,6	e	8,2	d	14,3	e
	Folicur red. (H)	7,2	b	11,2	b	15,8	b
	Harvesan (H)	6,3	d	10,4	c	15,2	c
	Toprex (H)	6,2	d	10,3	c	15,6	b
Offingen (Sorte: Elektra)	Kontrolle	7,9	a	12,2	a	16,4	a
	Folicur (H)	7,9	a	11,2	b	14,6	d
	Caramba+Cantus (H)	5,0	d	8,5	d	14,0	e
	Folicur red. (H)	7,5	b	10,8	c	15,4	c
	Harvesan (H)	5,6	c	11,5	b	15,1	c
	Toprex (H)	7,3	b	11,4	b	15,9	b

Ergebnisse

Tab. 32: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf den Wurzelhalsdurchmesser (mm) in Abhängigkeit von Standort und Boniturtermin, Versuchsjahr 2005/2006

Standort	Variante	14.10.2005 (mm)		05.11.2005 (mm)		15.04.2006 (mm)	
Helmstadt (Sorte: Titan)	Kontrolle	12,4	a	15,4	a	19,6	a
	Folicur (H)	11,4	d	14,2	c	16,5	e
	Caramba+Cantus (H)	10,8	e	13,7	d	15,8	f
	Folicur red. (H)	12,2	b	15,3	a	19,0	b
	Harvesan (H)	11,8	c	15,0	b	18,5	c
	Toprex (H)	11,5	d	14,3	c	18,0	d
Söllitz (Sorte: Talent)	Kontrolle	11,4	a	14,0	a	17,5	a
	Folicur (H)	9,3	c	12,5	d	14,7	e
	Caramba+Cantus (H)	9,0	d	12,3	d	14,7	e
	Folicur red. (H)	11,0	b	13,9	a	17,0	b
	Harvesan (H)	11,1	b	13,3	b	16,1	d
	Toprex (H)	11,0	b	12,9	c	16,5	c
Straß (Sorte: Oase)	Kontrolle	9,9	a	14,1	a	17,0	a
	Folicur (H)	9,4	b	12,1	e	14,4	d
	Caramba+Cantus (H)	8,7	c	11,6	f	14,0	e
	Folicur red. (H)	9,8	a	13,9	b	16,2	b
	Harvesan (H)	9,6	b	13,5	c	16,0	b
	Toprex (H)	9,4	b	12,4	d	15,5	c
Offingen (Sorte: Elektra)	Kontrolle	9,3	a	13,0	a	16,8	a
	Folicur (H)	8,4	d	11,2	b	14,8	d
	Caramba+Cantus (H)	8,1	e	10,3	c	14,3	e
	Folicur red. (H)	9,2	ab	12,7	a	16,0	b
	Harvesan (H)	9,0	b	11,5	b	15,7	b
	Toprex (H)	8,8	c	11,4	b	15,3	c

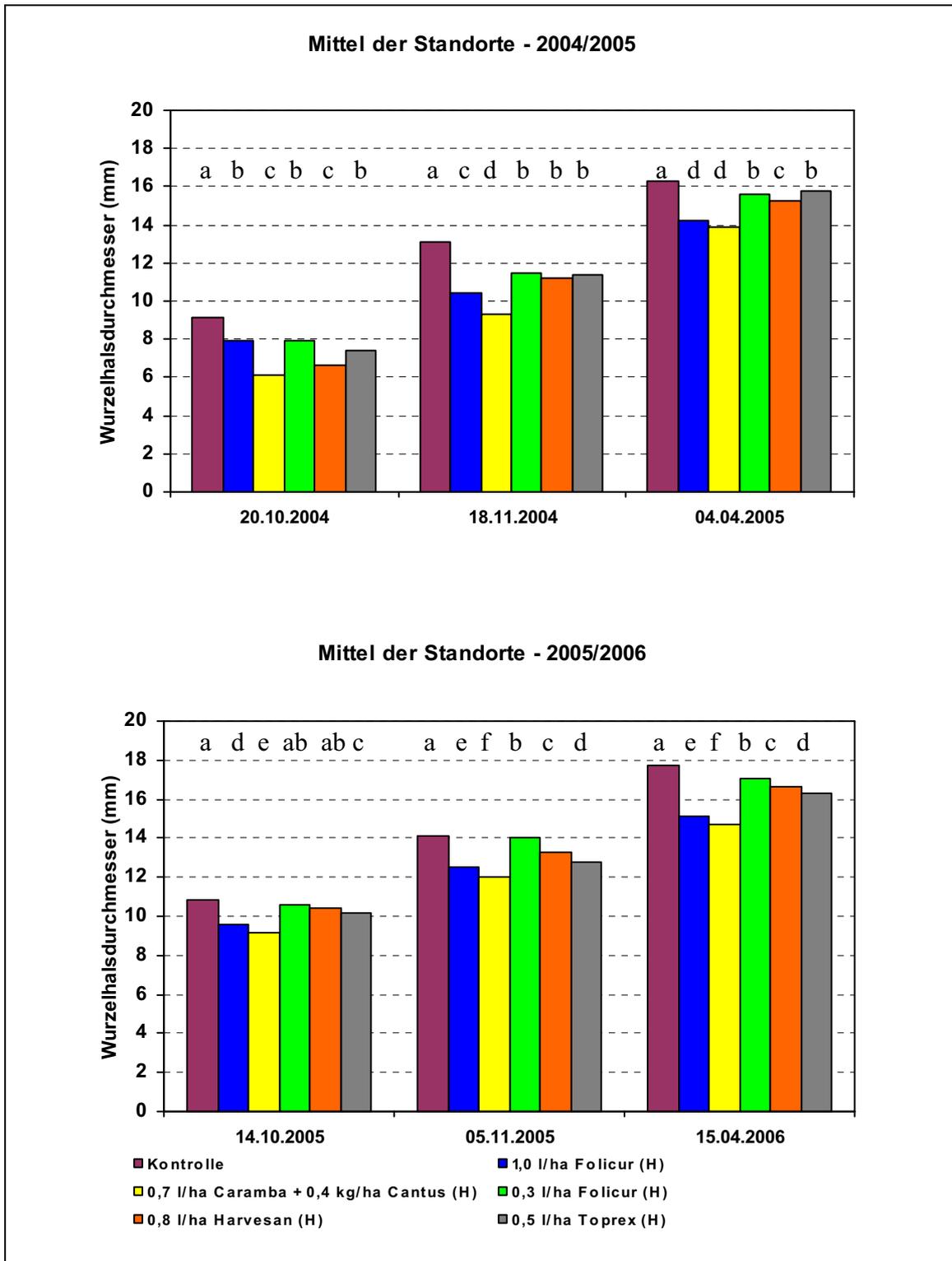


Abb. 52: Einfluss differenzierter Herbstapplikationen auf den Wurzelhalsdurchmesser (mm) in Abhängigkeit vom Boniturtermin, Mittel über die Standorte in den Versuchsjahren 2004/2005 (Helmstadt, Straß, Offingen) und 2005/2006 (Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)

3.7.3 Bestandesdichte und Überwinterung

Durch einen problemlosen Auflauf konnten sowohl im Herbst 2004 als auch im Herbst 2005 die für die Linien- bzw. Hybridsorten erforderlichen Pflanzenzahlen eines ausgewogenen Rapsbestandes realisiert werden (Tab. 33, 34). Im ersten Versuchsjahr zeigten die Auszählungen der Kontrollparzellen die höchste Überwinterungsrate von 89 % am Standort Offingen (Abb. 53), dies entspricht einem Rückgang der Bestandesdichte vom Herbst zum Frühjahr von 53 auf 47 Pflanzen/m². Die prozentual höchsten Pflanzenverluste in der unbehandelten Kontrolle waren am Standort Straß nachzuweisen. Die Überwinterung betrug hier nur 80 %, d. h. von den 35 Pflanzen/m² im Herbst lagen im Frühjahr nur noch 28 Pflanzen/m² vor (Tab. 33). Zwischen der Liniensorte Oase (Helmstadt) und den Hybridsorten Elektra bzw. Talent (Söllitz; Straß; Offingen) konnten keine nennenswerten Unterschiede hinsichtlich der Überwinterungsraten festgestellt werden.

Mit Ausnahme von Helmstadt wurden in der Versuchsperiode 2004/2005 durch die Herbstapplikation von Fungiziden höhere Bestandesdichten im Vergleich zur Kontrolle erreicht. Jedoch nur an den Versuchsstandorten Söllitz und Straß konnte eine höhere Überwinterungsleistung durch eine Herbstapplikation statistisch abgesichert werden. Innerhalb der einzelnen Herbstvarianten zeigten Versuchsglied vier (0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus) in Helmstadt und Söllitz sowie Versuchsglied sieben (0,5 l/ha Toprex) in Straß und Offingen die geringsten Auswinterungsverluste (Abb. 53).

Tab. 33: Bestandesdichte (Pfl./m²) in Abhängigkeit von Standort, Herbstapplikation und Untersuchungstermin, Versuchsjahr 2004/2005

Termin	Variante	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
		Sorte: Oase (Pfl./m ²)	Sorte: Elektra (Pfl./m ²)	Sorte: Talent (Pfl./m ²)	Sorte: Elektra (Pfl./m ²)
18.11.2004	Kontrolle	73	40	35	53
04.04.2005	Kontrolle	61 b	33 c	28 d	47 a
	Folicur (H)	64 a	35 b	32 bc	49 a
	Caramba+Cantus (H)	65 a	38 a	30 c	52 a
	Folicur red. (H)	59 c	n.a.	31 bc	48 a
	Harvesan (H)	58 c	n.a.	33 ab	50 a
	Toprex (H)	63 a	n.a.	35 a	51 a

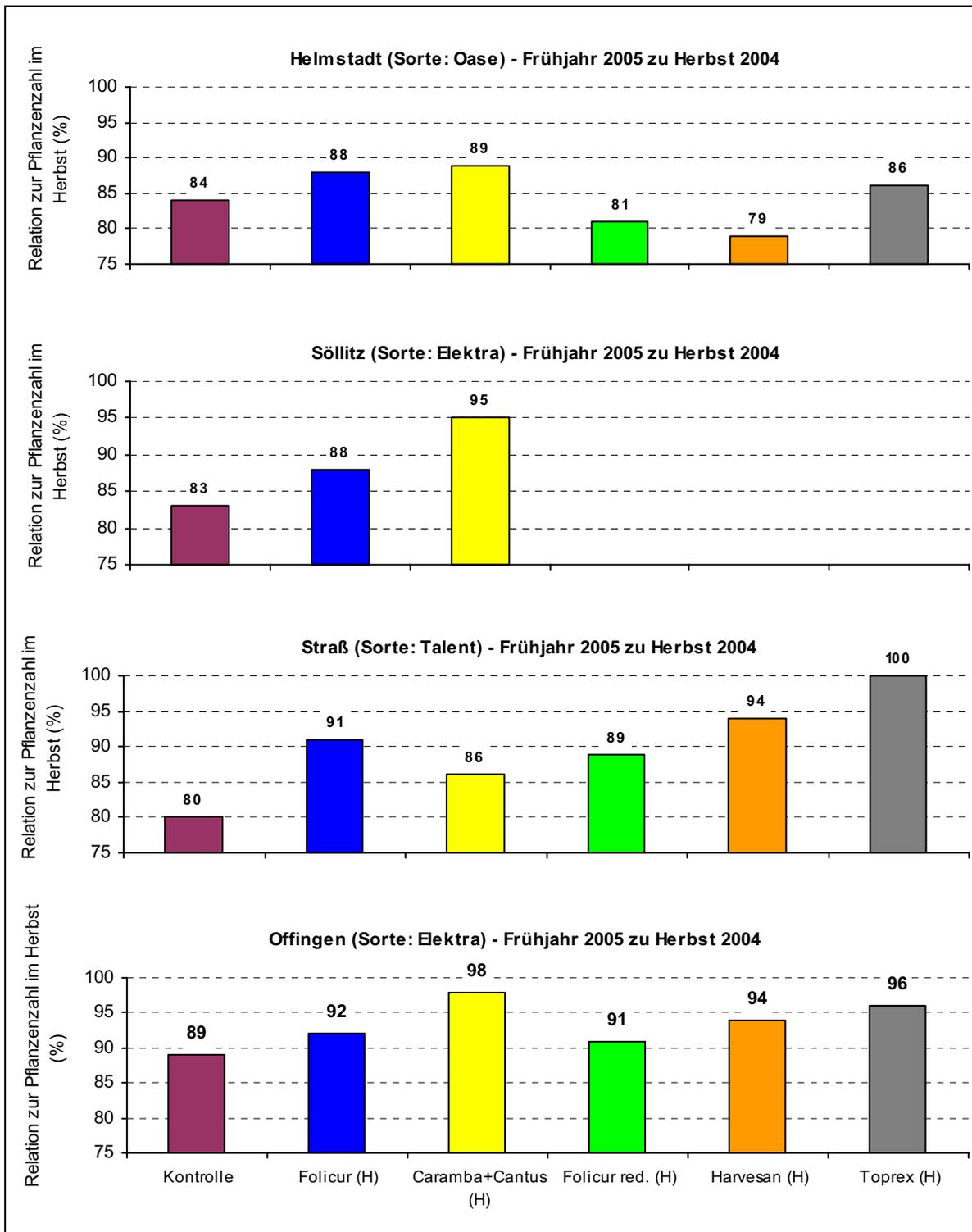


Abb. 53: Relation (%) der Pflanzenanzahl im Frühjahr (04.04.2005) zur Pflanzenanzahl im Herbst (18.11.2004) in Abhängigkeit von Standort und Herbstapplikation, Versuchsjahr 2004/2005

Im Versuchsjahr 2005/2006 lag die höchste Überwinterungsrate (ÜR) der unbehandelten Kontrolle ebenfalls in Offingen vor (Abb. 54). Hier konnten 85 % ÜR berechnet werden, entsprechend einer Reduzierung der Bestandesdichte von 46 Pflanzen/m² bei der Herbstbonitur auf 39 Pflanzen/m² bei der Frühjahrsbonitur. Der Standort Söllitz wies die geringste Überwinterungsrate auf. An dem klimatisch sehr kühlen und exponierten Standort waren im Frühjahr nur 30 Pflanzen/m² von im Herbst nachgewiesenen 39 Pflanzen/m² zu erfassen (Tab. 34). Dies entspricht einer Überwinterungsrate von nur 77 %. Auch im zweiten Versuchsjahr konnten keine Unterschiede in der Überwinterungsleistung zwischen der Liniensorte Oase und den Hybridsorten diagnostiziert werden.

An allen Versuchsstandorten sicherte eine Herbstanwendung von Fungiziden mindestens vier bzw. fünf Prozent höhere Pflanzenzahlen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Abb. 54). Die im Herbst mit 0,5 l/ha Toprex behandelten Varianten wiesen im Versuchsjahr 2005/2006 an allen Standorten nur äußerst geringe Auswinterungsverluste auf (95 – 98 % ÜR). Die nach einer Applikation von Toprex deutlich höheren Pflanzenzahlen im Vergleich zur Kontrolle waren an allen vier Standorten statistisch absicherbar. Ebenfalls eine signifikant höhere Überwinterung in allen vier Versuchen erzielte die Applikation von 1,0 l/ha Folicur (90 – 98 % ÜR). Selbst bei der deutlich reduzierten Aufwandmenge von Folicur (0,3 l/ha) waren geringfügig höhere Pflanzenzahlen vergleichend zur Kontrolle zu ermitteln.

Tab. 34: Bestandesdichte (Pfl./m²) in Abhängigkeit von Standort, Herbstapplikation und Untersuchungstermin, Versuchsjahr 2005/2006

Termin	Variante	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
		Sorte: Titan (Pfl./m ²)	Sorte: Talent (Pfl./m ²)	Sorte: Oase (Pfl./m ²)	Sorte: Elektra (Pfl./m ²)
22.11.2005	Kontrolle	48	39	57	46
15.04.2006	Kontrolle	40 c	30 c	48 c	39 c
	Folicur (H)	45 ab	35 ab	54 a	45 a
	Caramba+Cantus (H)	43 bc	33 bc	55 a	43 ab
	Folicur red. (H)	42 bc	32 bc	50 b	41 bc
	Harvesan (H)	43 bc	32 c	52 b	44 a
	Toprex (H)	47 a	37 a	55 a	45 a

Ergebnisse

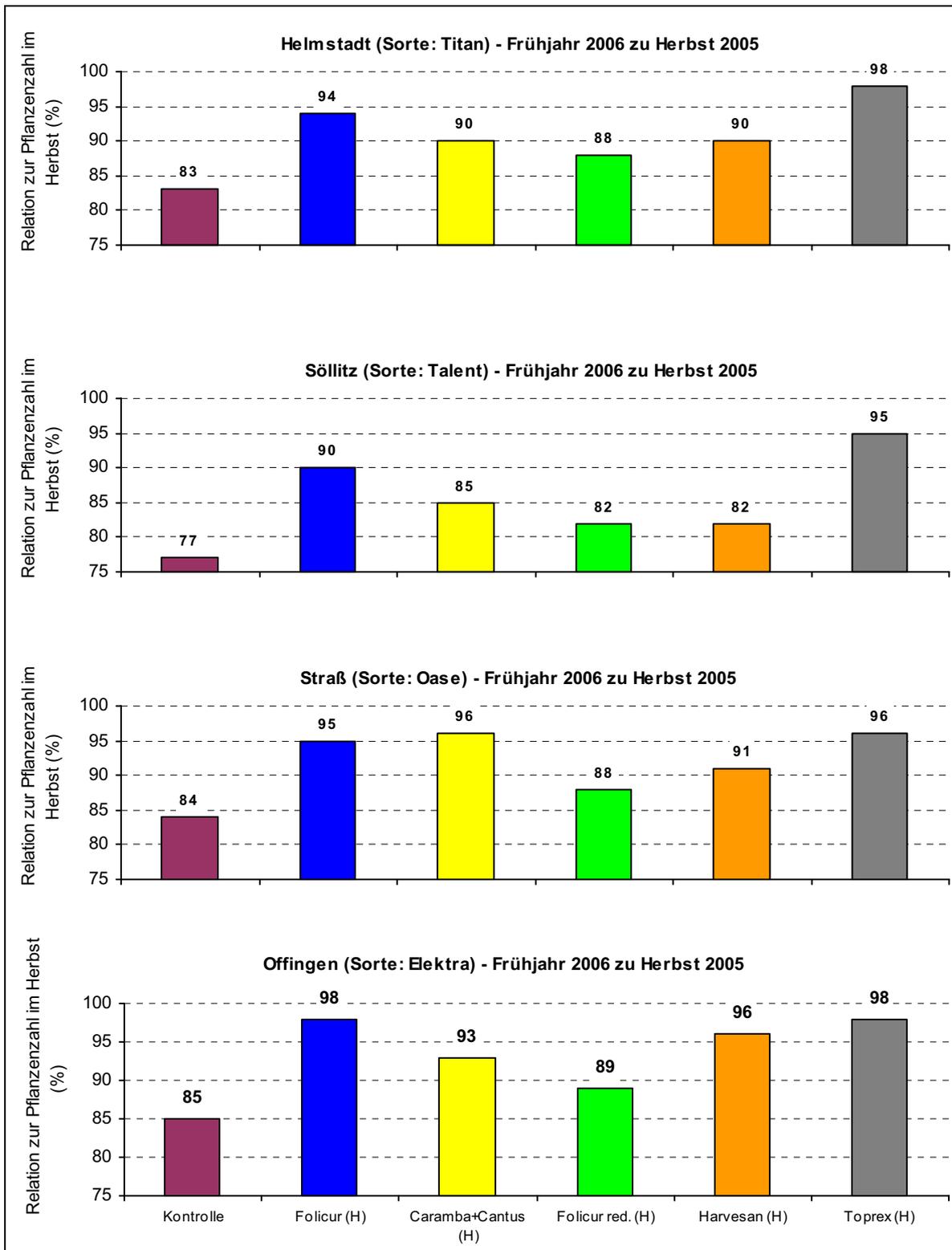


Abb. 54: Relation (%) der Pflanzenanzahl im Frühjahr (15.04.2006) zur Pflanzenanzahl im Herbst (22.11.2005) in Abhängigkeit von Standort und Herbstapplikation, Versuchsjahr 2005/2006

3.7.4 Wuchshöhe

Die durchschnittlichen Wuchshöhen der Rapspflanzen zeigten zwischen den verschiedenen Standorten große Unterschiede. In den Tabellen 35 und 36 sind die Untersuchungen in Bezug auf das Längenwachstum in Abhängigkeit von Fungizidbehandlung und Standort dargestellt.

Im Versuchsjahr 2004/2005 betrug die maximale Differenz im Längenwachstum der unbehandelten Kontrollvarianten zwischen den höchsten (Offingen) und kürzesten Pflanzenlängen (Söllitz) über 36 cm (Tab. 35). Da an beiden Versuchen mit der Hybride Elektra die gleiche Sorte Verwendung fand, sind die Gründe in erster Linie in der deutlich höheren Bestandesdichte an Standort Offingen (Apikaldominanz) zu suchen. Im ersten Versuchsjahr betrug die durch Fungizideinsatz aufgetretene Reduktion der Wuchshöhe maximal 10,2 %, gemessen in der Gesundvariante (HFB) am Standort Söllitz. Statistisch an allen vier Standorten abzusichernde Einkürzungseffekte durch Fungizidmaßnahmen waren nur bei den Varianten festzustellen, an denen Applikationen im Knospenstadium (F) durchgeführt wurden. Im Vergleich der beiden Frühjahrsvarianten zu BBCH 51-55 wies die mit dem Wirkstoff Tebuconazol (1,0 l/ha Folicur) behandelte Variante eine Reduktion der Pflanzenlänge um 5,3–6,9 % auf und zeigte somit die höheren Einkürzungseffekte als die Kombination Metconazol + Boscalid (0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus) mit 3,9–5,8 % eingekürzten Pflanzen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Der Unterschied innerhalb dieser Frühjahrsvarianten ist jedoch nicht statistisch absicherbar. Eine Ausnahme im ersten Versuchsjahr stellt die Herbstbehandlung mit 0,5 l/ha Toprex dar. Dieses Versuchsglied konnte als einziges der alleinigen Herbstapplikationen auch noch zur Wuchshöhenbonitur in BBCH 69 mit 6,25–7,75 cm signifikante Einkürzungen gegenüber der Kontrolle aufweisen.

Tab. 35: Wuchshöhe (cm) in Abhängigkeit von Fungizidbehandlung und Standort zu BBCH 69, Versuchsjahr 2004/2005

Variante	Helmstadt Sorte: Oase (cm)	Söllitz Sorte: Elektra (cm)	Straß Sorte: Talent (cm)	Offingen Sorte: Elektra (cm)
Kontrolle	146,00 a	135,00 a	167,50 a	171,25 a
Folicur/Folicur/Cantus (HFB)	138,25 d	121,25 d	154,75 e	163,50 bc
Folicur/Folicur (HF)	139,00 d	122,00 d	156,50 e	163,25 bc
Caramba+Cantus/Caramba (HF)	140,50 cd	124,25 c	157,25 e	160,25 c
Folicur red. (H)	145,25 ab	n.a.	167,25 ab	173,00 a
Harvesan (H)	141,00 cd	n.a.	165,00 abc	169,00 a
Toprex (H)	139,75 cd	n.a.	162,75 cd	163,50 bc
Folicur (F)	138,25 g	125,75 bc	156,25 e	161,75 bc
Caramba+Cantus (F)	140,25 cd	127,25 b	157,75 e	162,25 bc
Proline (vorg. B)	140,00 cd	133,25 a	161,00 d	167,50 ab
Cantus (vorg. B)	141,50 bcd	133,25 a	162,25 cd	169,25 a
Proline (B)	142,00 bcd	133,25 a	164,25 bc	167,50 ab
Cantus (B)	144,25 abc	133,75 a	164,25 bc	170,00 a
Harvesan (B)	144,25 abc	n.a.	167,25 ab	172,00 a

Im Versuchsjahr 2005/2006 waren mit maximal 19,25 cm Differenz zwischen den Kontrollvarianten der einzelnen Standorte geringere Entwicklungsunterschiede im Längenwachstum zu messen (Tab. 36). Eine Ursache für die höchsten Wuchshöhen am Standort Straß liegt in der dort höchsten Bestandesdichte begründet. Im zweiten Versuchsjahr konnte die größte Einkürzungsleistung am Standort Offingen verzeichnet werden, die Dreifachbehandlung der Gesundvariante (HFB) verringerte die Länge um 9,8 %. Auch im Versuchsjahr 2005/2006 waren statistisch an allen vier Standorten abgesicherte Einkürzungseffekte nur bei Versuchsgliedern nachzuweisen, welche die Knospenapplikationen (F) enthielten. An drei Versuchsorten wies im Vergleich der ausschließlichen Frühjahrsapplikationen wiederum 1,0 l/ha Folicur gegenüber 0,7 l/ha

Caramba + 0,4 kg/ha Cantus geringfügig höhere, jedoch voneinander nicht signifikant differenzierbare wachstumsregulatorische Effekte auf. Bei der Betrachtung der Herbstvarianten (VG 5 – 7) fällt Toprex (0,5 l/ha) auf, das bei der Wuchshöhenmessung in BBCH 69 eine Wuchshöhenreduzierung von 5,25–6,25 cm zeigte. Auch bei der Herbstbehandlung mit 0,8 l/ha Harvesan waren in beiden Jahren geringe Einkürzungseffekte zu dokumentieren.

Tab. 36: Wuchshöhe (cm) in Abhängigkeit von Fungizidbehandlung und Standort zu BBCH 69, Versuchsjahr 2005/2006

Variante	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
	Sorte: Titan (cm)	Sorte: Talent (cm)	Sorte: Oase (cm)	Sorte: Elektra (cm)
Kontrolle	146,00 a	149,25 a	165,25 a	163,00 a
Folicur/Folicur/Cantus (HFB)	135,00 e	138,25 e	151,00 d	147,00 e
Folicur/Folicur (HF)	137,00 de	138,00 e	153,00 cd	149,00 de
Caramba+Cantus/Caramba (HF)	138,25 cde	141,00 cde	155,00 cd	151,25 cd
Folicur red. (H)	141,75 abcd	145,75 abc	161,00 ab	162,25 a
Harvesan (H)	144,25 ab	147,00 ab	163,25 a	160,00 ab
Toprex (H)	140,50 abcd	144,00 abcd	160,00 ab	157,25 b
Folicur (F)	138,50 cde	140,00 de	154,75 cd	153,75 c
Caramba+Cantus (F)	139,50 bcde	143,00 bcd	157,75 bc	153,25 c
Proline (vorg. B)	143,00 abc	144,75 abcd	162,25 ab	158,50 ab
Cantus (vorg. B)	143,25 abc	145,00 abcd	163,75 a	160,00 ab
Proline (B)	144,75 ab	148,00 ab	164,00 a	162,25 a
Cantus (B)	145,75 a	149,25 a	164,50 a	163,25 a
Harvesan (B)	146,00 a	149,25 a	165,25 a	162,75 a

3.7.5 Lagerbildung

Die im Entwicklungsstadium BBCH 85 vorgenommenen Bonituren zeigten in den unbehandelten Kontrollen in Versuchsjahr 2004/2005 ein verhältnismäßig gering ausgeprägtes Lager (Abb. 55). Die niedrigsten Werte in Söllitz (10 %) und die höchste Lagerbildung in Offingen (25 %) wurden in der Sorte Elektra festgestellt. Beide standen in direktem Zusammenhang mit den zu BBCH 69 gemessenen Wuchshöhen, d. h. der Standort mit der geringsten Pflanzenlänge zeigte das geringste Lager und umgekehrt. Der deutlichste Rückgang der Lagerbildung konnte in diesem Versuchsjahr durch das Produkt Toprex erzielt werden; die Lagerbildung konnte damit je nach Standort um 67 % (Straß) bis 80 % (Offingen) reduziert werden. Der Unterschied zur unbehandelten Kontrolle sowie zu den anderen Herbst- und Frühjahrsbehandlungen ist auch statistisch absicherbar; Gründe dafür sind in den stark ausgebildeten Stängelquerschnitten zu suchen.

Hingegen wurden sehr geringe bzw. keine Effekte durch Vorblüte- und Blütebehandlungen erreicht (Abb. 55). Abgesehen von der reduzierten Folicurvariante (0,3 l/ha) am Standort Helmstadt, zeigten alle H-, F-, HF- und HFB-Varianten signifikante Effekte einer erhöhten Standfestigkeit. Zwischen den beiden Frühjahrsvarianten, appliziert zu BBCH 51-55, konnten keine deutlichen Unterschiede festgestellt werden. Die Lagerbildung ging bei 1,0 l/ha Folicur um durchschnittlich 40 % und bei 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus um durchschnittlich 34 % zurück.

Ergebnisse

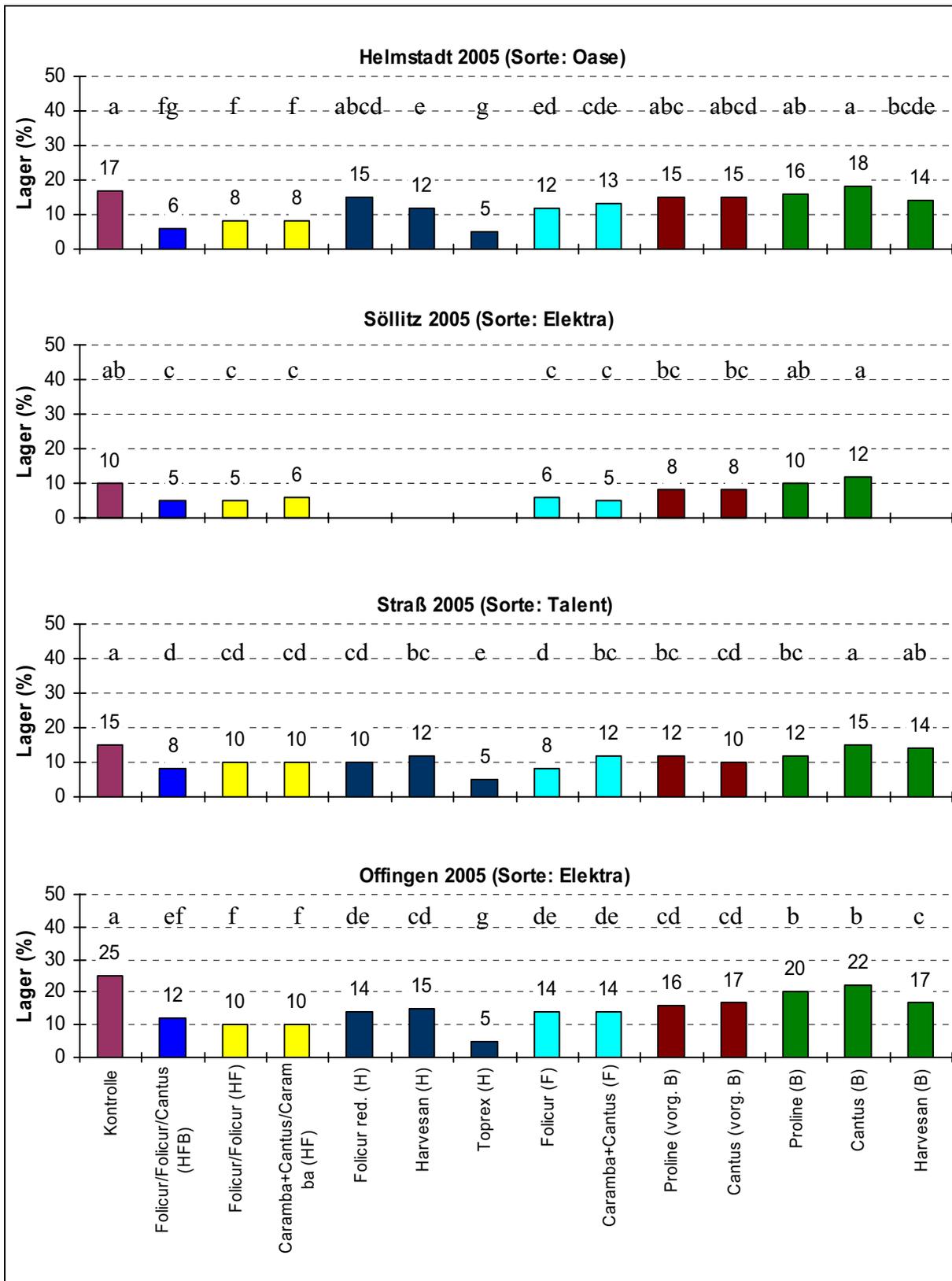


Abb. 55: Einfluss differenzierter Fungizidapplikationen auf die Lagerbildung (%), BBCH 85, Versuchsjahr 2004/2005

Im Versuchsjahr 2005/2006 zeigte sich an allen vier Standorten eine ausgeprägtere Lagerbildung als im Vorjahr. Jedoch bewegte sich das prozentuale Lager in der Kontrolle mit Werten zwischen 20 % in Straß und 31 % in Helmstadt auch im zweiten Versuchsjahr auf keinem sehr hohen Niveau (Abb. 56). Eine direkte Relation zur Wuchshöhe war nicht festzustellen, in Straß wurden bei der Wuchshöhenmessung zu BBCH 69 die längsten Pflanzen, in Helmstadt die kürzesten Pflanzen verzeichnet (siehe 3.7.4). Gründe sind vielmehr in der besseren Standfestigkeit der Liniensorte im Vergleich zur Hybride zu suchen.

Das Auftreten von Lager konnte im Vergleich zur Kontrolle durch die Dreifachbehandlung der Gesundvariante (HFB) an den Standorten Helmstadt (minus 68 %), Söllitz (minus 79 %) und Straß (minus 60 %) mit höchster und statistisch gesicherter Wirkung verringert werden. Auch im Versuchsjahr 2005/2006 zeigten alleinige Vorblüte- und Blütebehandlungen nur geringe bis keine Verbesserungen bezüglich der Standfestigkeit. Wohingegen aber alle anderen Applikationsvarianten (H, F, HF, HFB) statistisch gesicherte Einflüsse hinsichtlich der Lagerbildung vergleichend zur Kontrolle ausübten. Von den alleinigen Herbstbehandlungen fiel wiederum Toprex durch stabilere Pflanzen auf; auch die reduzierte Folicurvariante (0,3 l/ha) konnte trotz der geringen Aufwandmenge noch einen positiven Einfluss auf die Standfestigkeit der Rapspflanzen bewirken. Innerhalb der beiden Frühjahrsvarianten (VG 8, 9) sind auch im Versuchsjahr 2005/2006 keine signifikanten Unterschiede einer differenzierten Lagerbildung festzustellen. Das Ausmaß von Lager ließ sich damit um durchschnittlich 53 % (1,0 l/ha Folicur) bis 47 % (0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus) reduzieren.

Ergebnisse

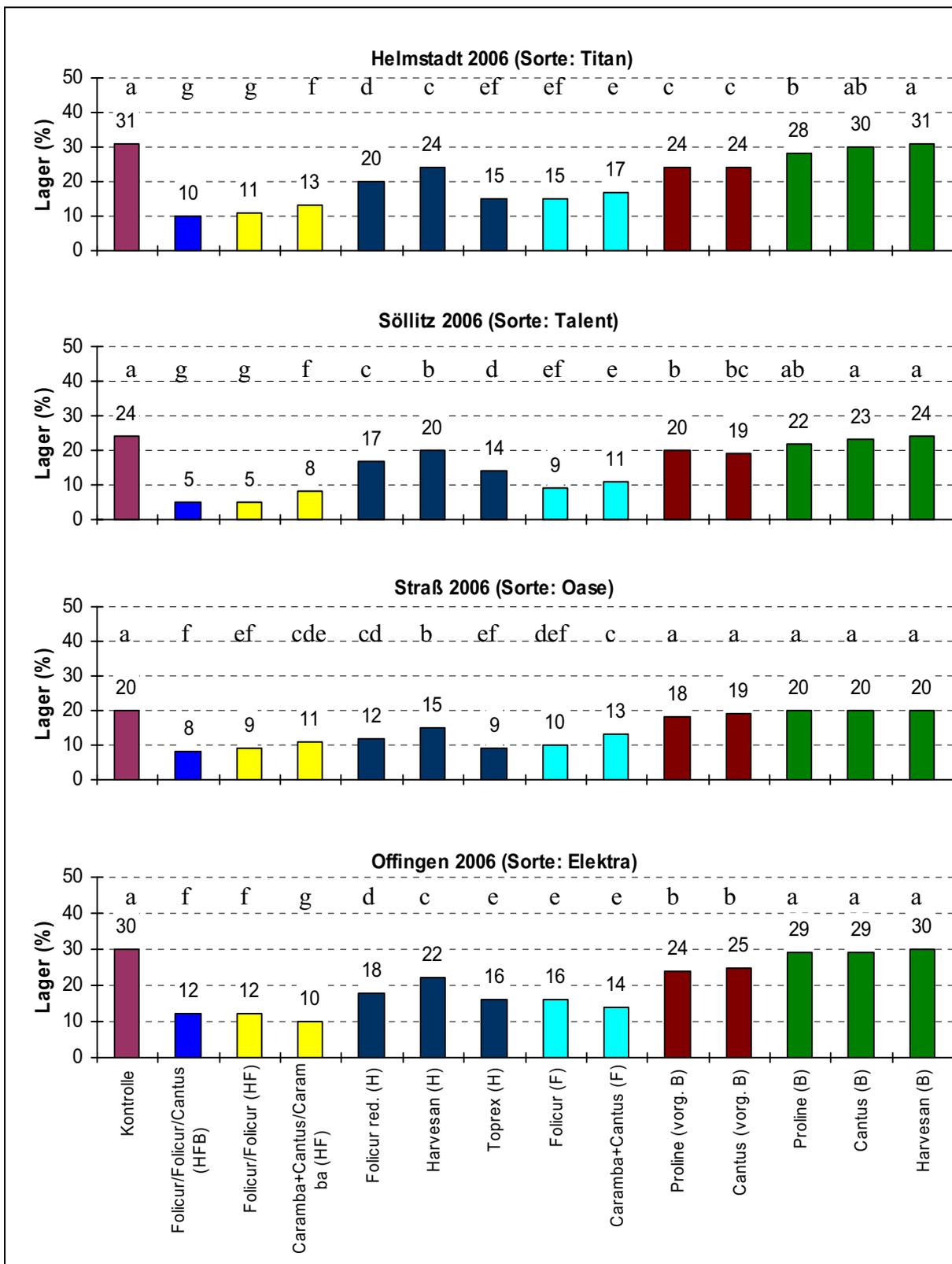


Abb.56: Einfluss differenzierter Fungizidapplikationen auf die Lagerbildung (%), BBCH 85, Versuchsjahr 2005/2006

3.8 Betrachtung von Ertrags- und Ernteparametern

Zur Bewertung der Effekte von Fungizideinwirkungen im Vergleich zu unbehandelten Rapspflanzen wurden die Parameter Ertrag, Tausendkorngewicht (TKG), Trockensubstanzgehalt (TS) sowie am Standort Straß der Ölgehalt in der Trockensubstanz ermittelt.

3.8.1 Effekte unterschiedlicher Fungizidbehandlungen auf den Ertrag

Die erzielten Ernteerträge des Versuchsjahres 2004/2005 (Abb. 57) lagen am Standort Offingen mit 52,4 dt/ha und 50,5 dt/ha am Standort Helmstadt in der unbehandelten Kontrolle bereits auf einem sehr hohen Ertragsniveau. In Straß wurden in der unbehandelten Kontrolle 42,8 dt/ha erreicht, wohingegen in Söllitz nur ein verhältnismäßig geringer Ertrag von 34,1 dt/ha gebildet wurde. In der Hybridsorte Elektra wurde in diesem Versuchsjahr sowohl das höchste als auch das geringste Ertragsniveau erzielt. An allen Standorten waren keine statistisch abgesicherten Mehrerträge durch Fungizidapplikationen vergleichend zur unbehandelten Kontrolle sowie innerhalb der Fungizidvarianten festzustellen. In Helmstadt und Offingen konnte die jeweils stärkste durch Fungizideinsatz induzierte Verlustminderung in Form eines Ertragsanstieges durch die Dreifachbehandlung (HFB) der Gesundvariante mit + 2,4 dt/ha bzw. + 3,5 dt/ha erzielt werden. Am Standort Straß zeigte die HF-Variante Folicur/Folicur mit einem Zuwachs von 4,1 dt/ha die stärkste Ertragsreaktion aller Standorte. In Söllitz fiel die maximale Ertragswirksamkeit mit + 1,4 dt/ha (HF-Behandlung Caramba+Cantus/Caramba) nur sehr gering aus. Jedoch waren an allen Standorten auch Versuchsglieder vorhanden bei denen ein Fungizideinsatz nicht in Verbindung mit Ertragszuwachs stand, d. h. nicht das Ernteergebnis der Kontrolle erreicht wurde (Abb. 57).

Ergebnisse

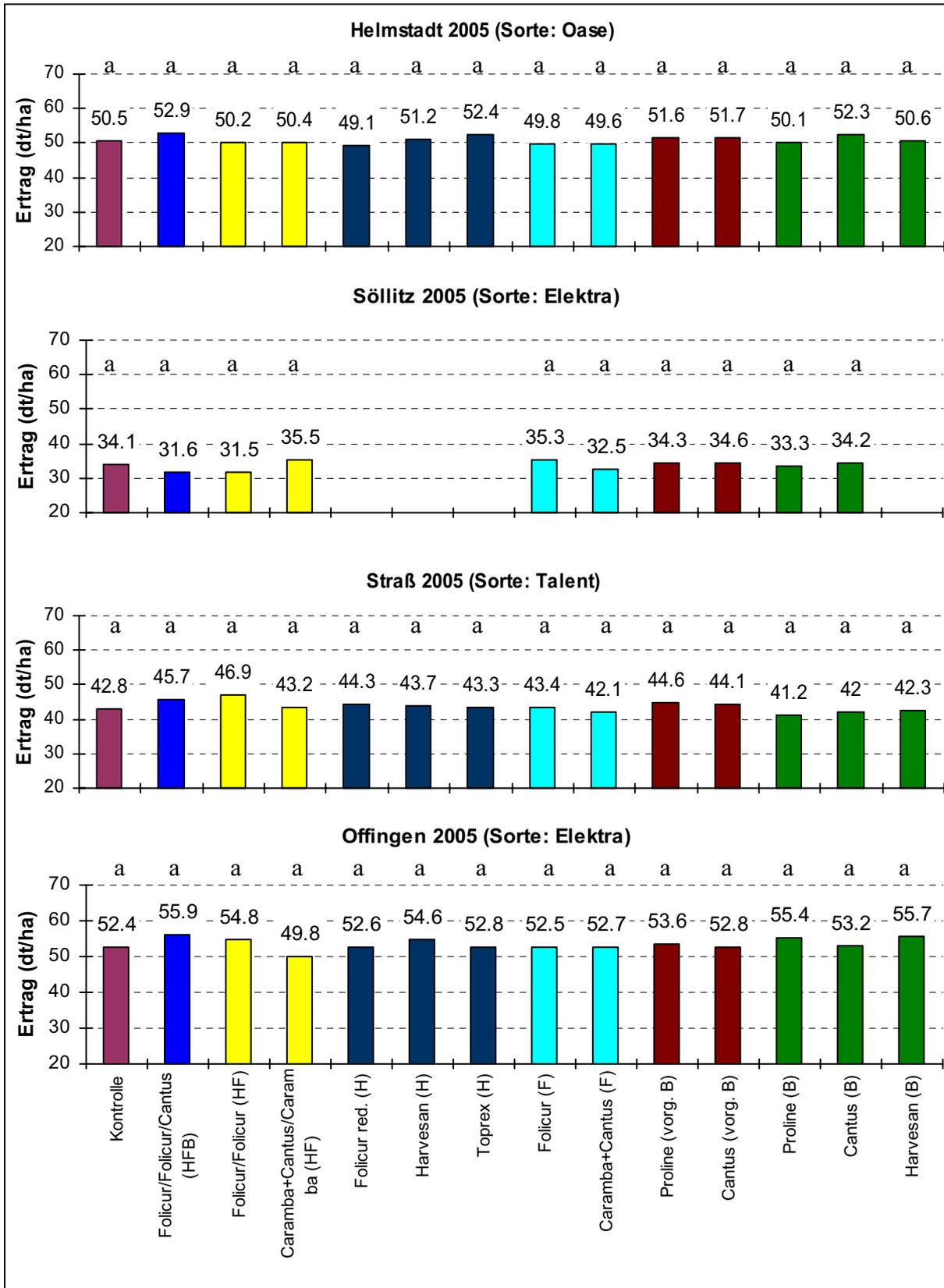


Abb. 57: Ernteerträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Fungizidvariante und Standort, Versuchsjahr 2004/2005

Im Versuchsjahr 2005/2006 war wiederum ein sehr hohes Ertragsniveau zu verzeichnen, die erzielten Ernteerträge der einzelnen Versuchsvarianten sowie die standortspezifischen Unterschiede sind in Abbildung 58 dargestellt. Erneut wurde, die unbehandelten Varianten vergleichend, am Standort Offingen mit 61,3 dt/ha das höchste Ernteergebnis realisiert, gefolgt von Straß (58,1 dt/ha), Söllitz (45,7 dt/ha) und Helmstadt (43,6 dt/ha). Auch im zweiten Versuchsjahr ließen sich standortspezifisch keine signifikanten Differenzen zwischen fungizidbehandelten und unbehandelten Varianten feststellen. In Helmstadt wiesen beide HF-Varianten (VG 3, 4) mit jeweils 4,8 dt/ha den höchsten ertraglichen Zugewinn auf. In Söllitz war der maximale Mehrertrag (+ 3,6 dt/ha) durch die vorgezogene Blütenbehandlung in BBCH 59 mit 0,7 l/ha Proline zu erzielen. An den beiden südbayerischen Standorten konnten die Herbstbehandlung mit der auf 0,3 l/ha reduzierten Folicuraufwandmenge (+ 2,6 dt/ha in Straß) bzw. die Frühjahrsbehandlung mit 1,0 l/ha Folicur (+ 2,1 dt/ha in Offingen) die stärksten Ertragseffekte verzeichnen. Auch in 2005/2006 stand der Fungizideinsatz nicht zwangsläufig in Verbindung mit einem positiven Ertragseffekt.

Ergebnisse

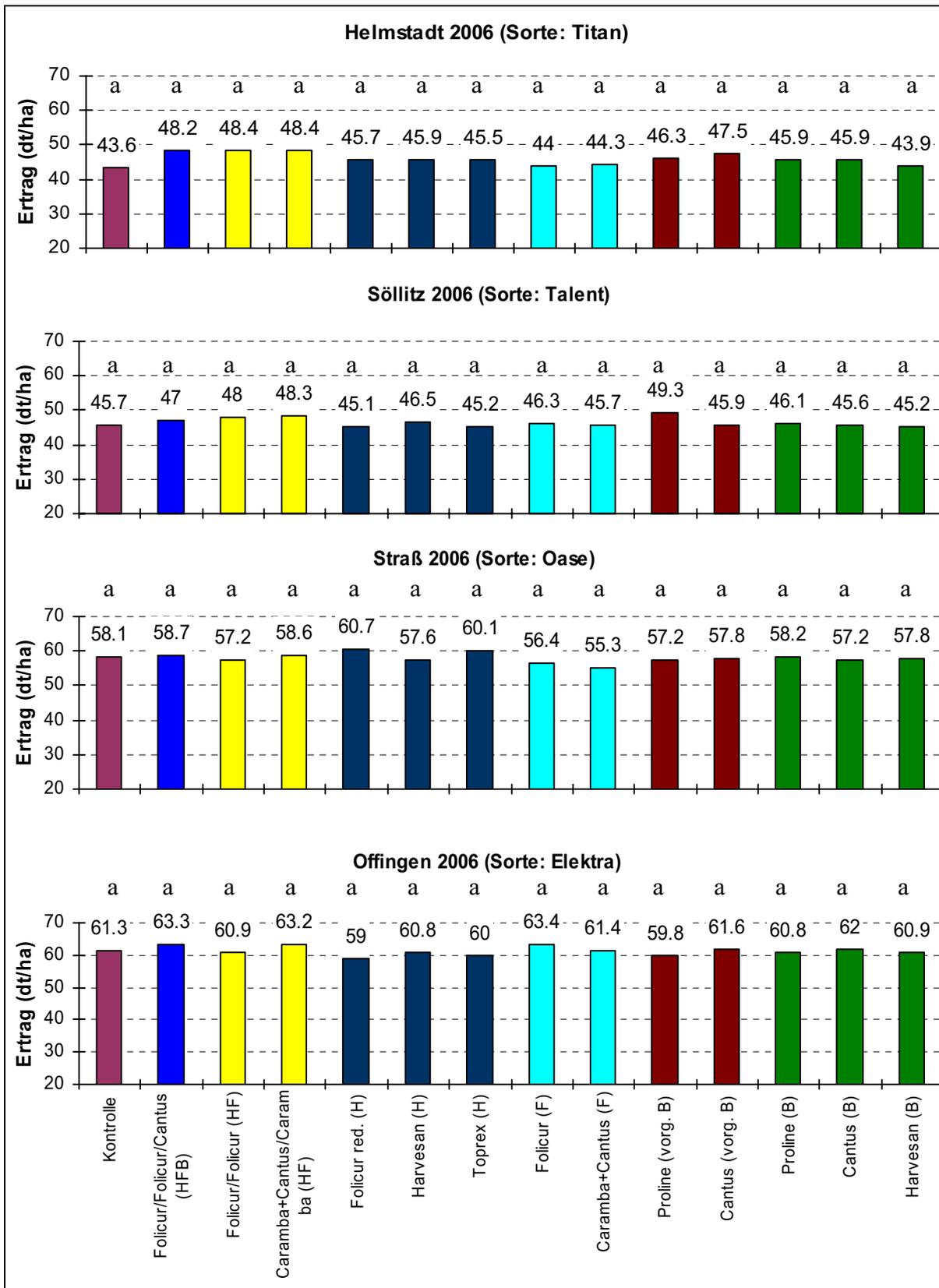


Abb. 58: Ernteerträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Fungizidvariante und Standort, Versuchsjahr 2005/2006

Ergebnisse

Die über die Standorte und Versuchsjahre gemittelten Werte (Tab. 37) verdeutlichen die fungizidinduzierten, aber nicht statistisch absicherbaren Effekte. Im Mittel der Jahre erzielte die Gesundvariante (HFB) die höchste Ertragswirksamkeit. Die dreimalige Applikationsfrequenz konnte einen Ertragsanstieg um durchschnittlich 2,5 dt/ha, entsprechend + 4,9 %, sicherstellen. Zweifachbehandlungen (HF) erreichten mittlere Ertragszuwächse von 1,7 dt/ha bzw. 1,1 dt/ha. Einmalige Behandlungen im Herbst oder Frühjahr konnten über die Versuchsjahre hinweg nicht einmal eine Dezitonne zusätzlichen Ertrag erzielen.

Tab. 37: Mittelwert der Erträge in dt/ha und relativ (%) in Abhängigkeit von der Fungizidvariante, Versuchsjahr 2004/2005 (Standorte Helmstadt, Straß, Offingen), Versuchsjahr 2005/2006 (Standorte Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen) und im Mittel der Jahre

Variante	Termin	2004/2005		2005/2006		Mittel der Jahre	
		(dt/ha)	(%)	(dt/ha)	(%)	(dt/ha)	(%)
Kontrolle		48,6	100,0	52,2	100,0	50,6	100,0
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	51,5	106,0	54,3	104,1	53,1	104,9
Folicur/Folicur	HF	50,6	104,3	53,6	102,8	52,3	103,4
Caramba+Cantus/Caramba	HF	47,8	98,4	54,6	104,7	51,7	102,1
Folicur (red.)	H	48,7	100,2	52,6	100,9	50,9	100,6
Harvesan	H	49,8	102,6	52,7	101,0	51,5	101,7
Toprex	H	49,5	101,9	52,7	101,0	51,3	101,4
Folicur	F	48,6	100,0	52,5	100,7	50,8	100,4
Caramba+Cantus	F	48,1	99,1	51,7	99,0	50,2	99,1
Proline	vorg. B	49,9	102,8	53,2	101,9	51,8	102,3
Cantus	vorg. B	49,5	102,0	53,2	102,0	51,6	102,0
Proline	B	48,9	100,7	52,8	101,1	51,1	100,9
Cantus	B	49,2	101,2	52,7	101,0	51,2	101,1
Harvesan	B	49,5	102,0	52,0	99,6	50,9	100,6

3.8.2 Einfluss von *Phoma lingam*-Wurzelhalsbefall und Lagerbildung auf dem Ertrag

Der Zusammenhang zwischen den Parametern Wurzelhalsendbefall (*Phoma lingam*) und Lagerbildung in Verbindung mit dem Ernteertrag wurde durch eine Korrelationsanalyse untersucht. Als Berechnungsgrundlage dienten die Einzelergebnisse der Versuchsglieder in den entsprechenden Parametern. Der Zusammenhang wurde in Versuchsjahren 2004/2005 und 2005/2006 sowohl für die einzelnen Standorte als auch im Mittel der Standorte geprüft. Anhand der ermittelten Bonitur- und Ertragsergebnisse konnten in beiden Versuchsjahren weder an den jeweiligen Standorten noch im Mittel der Standorte hohe Korrelationskoeffizienten berechnet werden (Tab. 38).

Tab. 38: Korrelation (r^2) zwischen dem *Phoma lingam*-Wurzelhalsendbefall (BW 1-9) und dem Ertrag (dt/ha) an den einzelnen Versuchsstandorten sowie im Mittel der Standorte (2004/2005: Helmstadt, Straß, Offingen; 2005/2006: Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)

Korrelation (r^2) zwischen dem <i>Phoma lingam</i> -Wurzelhalsbefall und dem Ertrag				
Standort	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
2004/2005	0,027	0,005	0,001	0,046
2005/2006	0,332	0,141	0,137	0,041
	Mittel der Standorte			
2004/2005	0,013			
2005/2006	0,399			

Die Berechnungsergebnisse in Bezug auf die Ertragsrelevanz nachgewiesener Lagereffekte werden in Tabelle 39 dargestellt. Zwischen der Lagerbildung und dem Ertrag konnten keine Korrelationen festgestellt werden.

Tab. 39: Korrelation (r^2) zwischen der Lagerbildung (%) und dem Ertrag (dt/ha) an den einzelnen Versuchsstandorten sowie im Mittel der Standorte (2004/2005: Helmstadt, Straß, Offingen; 2005/2006: Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen)

Korrelation (r^2) zwischen der Lagerbildung und dem Ertrag				
Standort	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
2004/2005	0,077	0,132	0,191	0,016
2005/2006	0,286	0,155	0,040	0,097
	Mittel der Standorte			
2004/2005	0,079			
2005/2006	0,275			

3.8.3 Effekte der unterschiedlichen Fungizideinsätze auf das Tausendkorngewicht

Die Tausendkorngewichte der Kontrollvarianten lagen im ersten Versuchsjahr von 3,5 g am Standort Straß (Sorte: Talent) bis 4,6 g am Standort Offingen (Sorte: Elektra). Ein Zusammenhang zu den Ertragsergebnissen ist für Offingen und Helmstadt festzustellen; den höchsten Tausendkorngewichten in Offingen und Helmstadt stehen auch die höchsten Ertragsniveaus gegenüber. Wie in Tabelle 40 dargestellt, sind keine signifikanten Unterschiede beim TKG innerhalb der Versuchsvarianten nachzuweisen.

Tab. 40: Tausendkorngewicht (g) in Abhängigkeit von Standort und differenzierten Fungizidapplikationen, Versuchsjahr 2004/2005

Variante	Termin	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
		Sorte: Oase (g)	Sorte: Elektra (g)	Sorte: Talent (g)	Sorte: Elektra (g)
Kontrolle		4,4 a	4,0 a	3,5 a	4,6 a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	4,4 a	3,9 a	3,3 a	4,7 a
Folicur/Folicur	HF	4,4 a	3,9 a	3,4 a	4,7 a
Caramba+Cantus/Caramba	HF	4,4 a	3,8 a	3,4 a	4,7 a
Folicur (red.)	H	4,2 a	n.a.	3,4 a	4,7 a
Harvesan	H	4,2 a	n.a.	3,5 a	4,6 a
Toprex	H	4,3 a	n.a.	3,4 a	4,6 a
Folicur	F	4,3 a	3,9 a	3,5 a	4,7 a
Caramba+Cantus	F	4,2 a	3,9 a	3,3 a	4,7 a
Proline	vorg. B	4,3 a	3,9 a	3,4 a	4,6 a
Cantus	vorg. B	4,4 a	3,8 a	3,5 a	4,7 a
Proline	B	4,3 a	4,0 a	3,5 a	4,7 a
Cantus	B	4,3 a	3,8 a	3,4 a	4,7 a
Harvesan	B	4,2 a	n.a.	3,5 a	4,6 a

In dem Versuchszeitraum 2005/2006 lagen zwischen den Ergebnissen bezüglich des TKG in der unbehandelten Kontrolle nur geringe Unterschiede vor (Tab. 41). Ein Zusammenhang von TKG und Ertrag war in Offingen festzustellen, die Hybridsorte Elektra mit dem wiederum höchsten TKG stand in Verbindung mit den höchsten Ertragsergebnissen (61,3 dt/ha in der unbehandelten Kontrolle). In Söllitz und Straß sind keine signifikant unterschiedlichen TKG-Werte innerhalb der Varianten nachzuweisen. Am Standort Offingen kann sich nur die Blütenbehandlung mit 0,7 l/ha Proline mit einen

um 0,4 g höheren TKG-Wert statistisch abgesichert von der Kontrolle, jedoch nicht zu den restlichen Applikationen, abheben (Tab. 41).

Tab. 41: Tausendkorngewicht (g) in Abhängigkeit von Standort und differenzierten Fungizidapplikationen, Versuchsjahr 2005/2006

Variante	Termin	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
		Sorte: Titan (g)	Sorte: Talent (g)	Sorte: Oase (g)	Sorte: Elektra (g)
Kontrolle		n.e.	4,3 a	4,3 a	4,5 b
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	n.e.	4,3 a	4,4 a	4,7 ab
Folicur/Folicur	HF	n.e.	4,3 a	4,3 a	4,7 ab
Caramba+Cantus/Caramba	HF	n.e.	4,3 a	4,2 a	4,7 ab
Folicur (red.)	H	n.e.	4,3 a	4,6 a	4,6 ab
Harvesan	H	n.e.	4,3 a	4,4 a	4,6 ab
Toprex	H	n.e.	4,4 a	4,5 a	4,7 ab
Folicur	F	n.e.	4,4 a	4,2 a	4,7 ab
Caramba+Cantus	F	n.e.	4,2 a	4,4 a	4,7 ab
Proline	vorg. B	n.e.	4,4 a	4,4 a	4,7 ab
Cantus	vorg. B	n.e.	4,4 a	4,5 a	4,8 ab
Proline	B	n.e.	4,3 a	4,5 a	4,9 a
Cantus	B	n.e.	4,4 a	4,5 a	4,7 ab
Harvesan	B	n.e.	4,3 a	4,5 a	4,6 ab

3.8.4 Effekte der unterschiedlichen Fungizideinsätze auf den Trockensubstanzgehalt im Erntegut

Im Versuchsjahr 2004/2005 unterschieden sich die einzelnen Standorte deutlich im Trockensubstanzgehalt. Das Erntegut der unbehandelten Kontrollen wies nur an den Standorten Söllitz (90,3 % TS) und Straß (92,7 % TS) einen Wert von unter 10 % Feuchte auf (Tab. 42). Der Standort Offingen, aufgrund von Warnungen vor starken Gewittern zeitig geerntet, wies mit 84,3 % für Rapssamen deutlich zu geringe TS-Gehalte auf. Ein Einsatz von Fungiziden bewirkte in keiner Variante statistisch abzusichernde Effekte auf den TS-Gehalt im Erntegut.

Tab. 42: Trockensubstanzgehalt (%) im Erntegut in Abhängigkeit von Standort und differenzierten Fungizidapplikationen, Versuchsjahr 2004/2005

Variante	Termin	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
		Sorte: Oase (%)	Sorte: Elektra (%)	Sorte: Talent (%)	Sorte: Elektra (%)
Kontrolle		87,0 a	90,3 a	92,7 a	84,3 a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	86,1 a	90,1 a	92,8 a	82,2 a
Folicur/Folicur	HF	86,6 a	89,7 a	92,8 a	81,8 a
Caramba+Cantus/Caramba	HF	86,8 a	90,9 a	92,8 a	81,8 a
Folicur (red.)	H	88,6 a	n.a.	92,6 a	81,0 a
Harvesan	H	87,8 a	n.a.	92,6 a	81,4 a
Toprex	H	88,5 a	n.a.	92,7 a	81,5 a
Folicur	F	87,5 a	90,5 a	92,8 a	85,3 a
Caramba+Cantus	F	87,6 a	90,3 a	92,7 a	82,8 a
Proline	vorg. B	86,7 a	90,3 a	92,6 a	82,3 a
Cantus	vorg. B	87,8 a	91,0 a	92,7 a	81,9 a
Proline	B	86,7 a	91,0 a	92,6 a	82,4 a
Cantus	B	87,8 a	90,1 a	92,7 a	81,7 a
Harvesan	B	87,7 a	n.a.	92,7 a	82,8 a

Im Versuchsjahr 2005/2006 waren die Unterschiede im TS-Gehalt zwischen den Standorten wesentlich geringer. In den unbehandelten Kontrollen wies das Erntegut Trockensubstanzgehalte zwischen 92,0 % (Helmstadt) und 94,6 % (Straß) auf (Tab. 43). Auch im zweiten Versuchsjahr konnte keine Fungizidvariante über alle Standorte hinweg, statistisch abgesicherte Wirkungen auf den Parameter TS-Gehalt zeigen. Es war nur eine maximale Differenz der Trockensubstanz von 0,4 % (Straß) bis 1,2 % (Söllitz) zwischen den Varianten eines Standortes nachzuweisen.

Abreifeverzögernde bzw. -beschleunigende Effekte, z. B. durch Blütenbehandlungen, waren auch in diesem Versuchsjahr nicht festzustellen.

Tab. 43: Trockensubstanzgehalt (%) im Erntegut in Abhängigkeit von Standort und differenzierten Fungizidapplikationen, Versuchsjahr 2005/2006

Variante	Termin	Helmstadt	Söllitz	Straß	Offingen
		Sorte: Titan (%)	Sorte: Talent (%)	Sorte: Oase (%)	Sorte: Elektra (%)
Kontrolle		92,0 a	93,7 a	94,6 ab	92,2 a
Folicur/Folicur/Cantus	HFB	91,7 a	93,6 a	94,6 a	91,9 a
Folicur/Folicur	HF	91,8 a	93,5 a	94,5 ab	92,2 a
Caramba+Cantus/Caramba	HF	91,4 a	93,5 a	94,6 ab	91,9 a
Folicur (red.)	H	91,8 a	93,7 a	94,5 ab	92,4 a
Harvesan	H	92,0 a	93,3 a	94,6 a	92,3 a
Toprex	H	92,0 a	93,4 a	94,6 ab	92,2 a
Folicur	F	92,0 a	93,5 a	94,5 ab	92,0 a
Caramba+Cantus	F	92,1 a	93,9 a	94,5 ab	91,9 a
Proline	vorg. B	92,0 a	92,7 a	94,3 b	92,0 a
Cantus	vorg. B	91,7 a	93,3 a	94,5 ab	91,9 a
Proline	B	91,7 a	93,3 a	94,5 ab	91,7 a
Cantus	B	91,6 a	93,3 a	94,6 a	91,9 a
Harvesan	B	91,8 a	93,6 a	94,7 a	91,9 a

3.8.5 Effekte der unterschiedlichen Fungizideinsätze auf den Ölgehalt in der Trockensubstanz

Zusätzlich zur Bestimmung von TKG und TS-Gehalt konnten an dem Standort Straß auch die Ölgehalte in der Trockensubstanz ermittelt werden. Der Ölgehalt in der unbehandelten Kontrolle lag im Versuchsjahr 2004/2005 bei 42,8 %, im Versuchsjahr 2005/2006 bei 46,7 %. Eine Ursache für den hohen Ölgehalt im zweiten Versuchsjahr ist im Sortenwechsel begründet, d. h. dem Wechsel von der Hybride Talent zur Liniensorte Oase. Zwischen der unbehandelten Kontrolle und den behandelten Varianten sowie innerhalb der einzelnen Fungizidbehandlungen sind in beiden Versuchsjahren am Standort Straß keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Ölgehaltes festzustellen (Abb. 59).

Ergebnisse

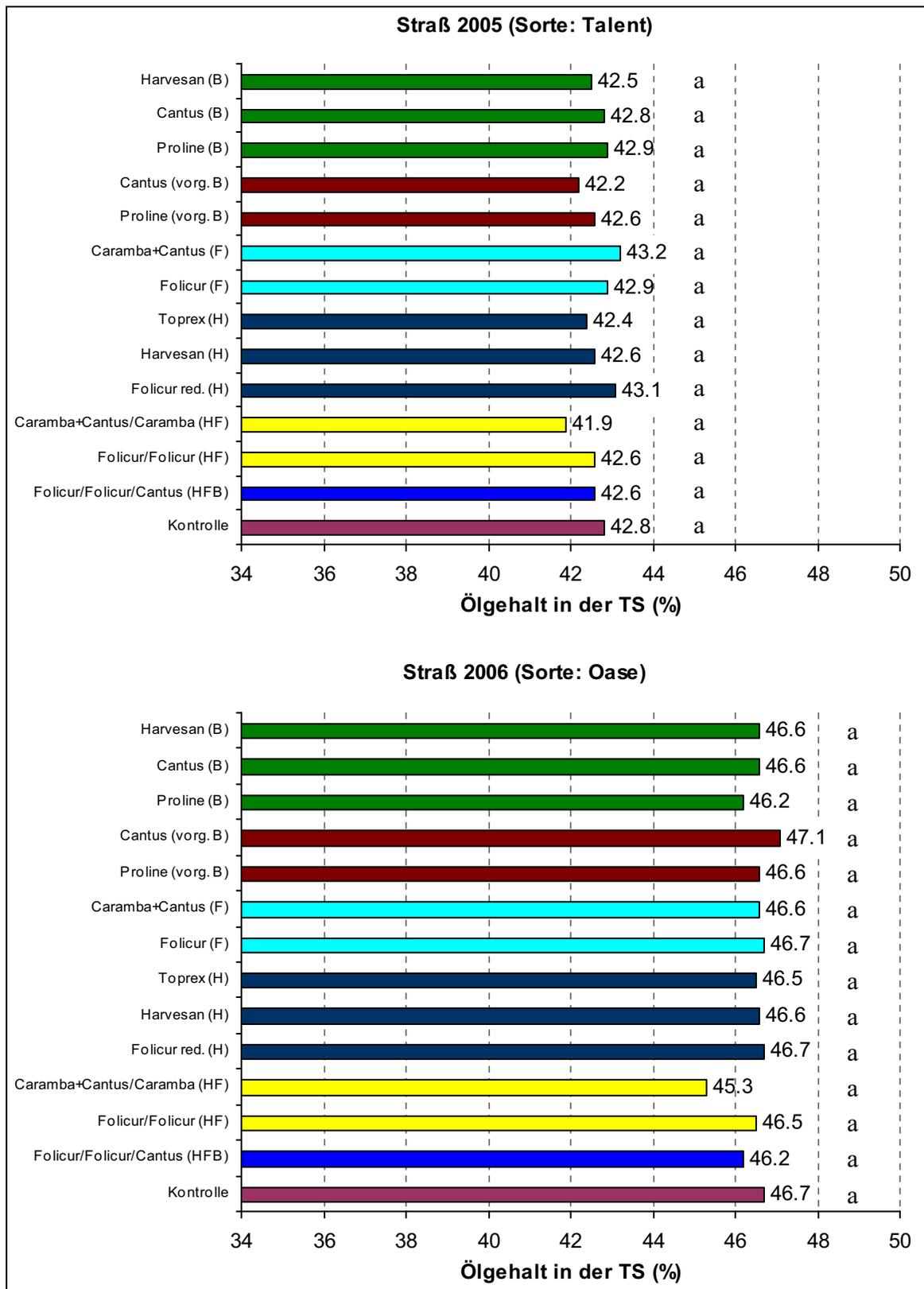


Abb. 59: Ölgehalt der Rapssamen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Fungizideinsätzen am Standort Straß, Versuchsjahre 2004/2005 und 2005/2006

3.9 Betrachtung differenzierter Fungizidstrategien hinsichtlich ökonomischer Aspekte

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der fungiziden Maßnahmen wurden die Kosten für Pflanzenschutzmittel und Überfahrten dem Mehrertrag gegenübergestellt. Als Berechnungsgrundlage dienten die Vorgaben der Landesanstalt für Landwirtschaft Bayern, Institut für Agrarökonomie (2005, 2006); diese sind in Tabelle 44 aufgelistet. Da es sich bei dem Produkt Toprex um ein Zulassungspräparat ohne endgültiger Preisfestlegung handelt, wurden hier die Hektarkosten mit dem derzeitigen Marktstandard Folicur gleichgesetzt.

Tab. 44: Berechnungsgrundlage für Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Versuchsjahre 2004/2005 und 2005/2006 (LfL Bayern, Institut für Agrarökonomie, 2005, 2006)

	2004/2005	2005/2006
Erzeugerpreis Raps (€/dt, inkl. MWSt)	23,00	22,95
Ausbringungskosten (€/Überfahrt)	5,50	6,36
Cantus (€/kg)	82,30	83,90
Caramba (€/l)	24,85	25,75
Folicur (€/l)	29,20	29,65
Harvesan (€/l)	33,60	33,80
Proline (€/l)	57,65	61,50
Toprex (€/l)	58,40	59,30

Die sich durch Differenzrechnung ergebenden monetären Mehrerlöse der Fungizidvarianten sind in den Tabellen 45 (Versuchsjahr 2004/2005) und 46 (Versuchsjahr 2005/2006) dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass zwischen den Standorten und Fungizidstrategien erhebliche finanzielle Unterschiede festzustellen sind.

Im ersten Versuchsjahr ergab die Wirtschaftlichkeitsprüfung nur für wenige Varianten positive Mehrerlöse durch Fungizideinsatz. Mehreinnahmen konnten infolge der oft geringen ertragssteigernden Wirkung nur bei einzelnen Varianten (Helmstadt: H-Applikation mit 0,5 l/ha Toprex; Straß: HF-Applikation mit 1,0 l/ha Folicur/1,0 l/ha Folicur, H-Applikation mit 0,3 l/ha Folicur; Offingen: H-Applikation mit 0,8 l/ha Harvesan, B-Applikation mit 0,7 l/ha Proline bzw. 0,8 l/ha Harvesan) nachgewiesen

werden. Auch die Gesundvarianten welche in Helmstadt und Offingen die größten Ertragszuwächse sicherstellten, wiesen aufgrund der hohen Behandlungskosten bei gegebenem Rapspreis eine um 60,85 €/ha (Helmstadt) bzw. 35,55 €/ha (Offingen) geringere fungizidbereinigte Marktleistung gegenüber der unbehandelten Kontrolle auf (Tab. 45).

Tab. 45: Einfluss differenzierter Fungizidapplikationen auf den monetären Mehrerlös (€/ha) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle an den einzelnen Versuchsstandorten sowie im Mittel der Standorte Helmstadt, Straß und Offingen, Versuchsjahr 2004/2005

Variante	Helmstadt Sorte: Oase (€/ha)	Söllitz Sorte: Elektra (€/ha)	Straß Sorte: Talent (€/ha)	Offingen Sorte: Elektra (€/ha)	Mittel über die Standorte (€/ha)
Folicur/Folicur/Cantus (HFB)	-60,85	-173,55	-49,35	-35,55	-48,58
Folicur/Folicur (HF)	-76,30	-129,20	24,90	-14,20	-21,87
Caramba+Cantus/Caramba (HF)	-96,70	-62,20	-85,20	-154,20	-112,03
Folicur red. (H)	-46,46	n.a.	20,24	-9,66	-11,96
Harvesan (H)	-16,28	n.a.	-11,68	18,22	-3,25
Toprex (H)	9,00	n.a.	-23,20	-25,50	-13,23
Folicur (F)	-50,80	-7,10	-20,90	-32,40	-34,70
Caramba+Cantus (F)	-76,52	-92,62	-71,92	-48,92	-65,79
Proline (vorg. B)	-20,56	-41,26	-4,46	-18,26	-14,43
Cantus (vorg. B)	-19,05	-35,15	-16,75	-37,45	-24,42
Proline (B)	-55,06	-64,26	-82,66	23,15	-38,19
Cantus (B)	-5,25	-44,35	-65,05	-28,25	-32,85
Harvesan (B)	-30,08	n.a.	-43,88	43,52	-10,15

Das Versuchsjahr 2005/2006 fiel ebenfalls durch vielfach negative ökonomische Effekte einer Fungizidbehandlung auf. Am Standort Söllitz und Offingen konnten jeweils nur eine Variante, am Standort Straß nur zwei Varianten fungizidbereinigte Mehrerträge realisieren. Die restlichen Fungizidanwendungen hatten an diesen drei Versuchsorten

fungizidbereinigte Marktleistungen von bis zu maximal 122,21 €/ha unterhalb der unbehandelten Kontrolle zur Folge (Tab. 46).

Tab. 46: Einfluss differenzierter Fungizidapplikationen auf den monetären Mehrerlös (€/ha) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle an den einzelnen Versuchsstandorten sowie im Mittel der Standorte Helmstadt, Söllitz, Straß und Offingen, Versuchsjahr 2005/2006

Variante	Helmstadt Sorte: Titan (€/ha)	Söllitz Sorte: Talent (€/ha)	Straß Sorte: Oase (€/ha)	Offingen Sorte: Elektra (€/ha)	Mittel über die Standorte (€/ha)
Folicur/Folicur/Cantus (HFB)	-14,76	-90,50	-106,56	-73,97	-71,45
Folicur/Folicur (HF)	38,14	-19,24	-92,68	-80,97	-38,69
Caramba+Cantus/Caramba (HF)	20,10	-30,39	-78,59	-46,23	-33,78
Folicur red. (H)	32,94	-29,02	44,42	-68,27	-4,98
Harvesan (H)	19,39	-15,04	-44,87	-45,10	-21,41
Toprex (H)	7,60	-47,48	9,89	-66,30	-24,07
Folicur (F)	-26,83	-22,24	-75,03	12,87	-27,81
Caramba+Cantus (F)	-41,89	-57,95	-122,21	-54,97	-69,26
Proline (vorg. B)	12,55	33,21	-70,06	-84,75	-27,26
Cantus (vorg. B)	41,20	-43,72	-55,19	-41,20	-24,73
Proline (B)	3,38	-40,23	-47,11	-61,80	-36,44
Cantus (B)	4,48	-50,61	-68,96	-31,33	-36,61
Harvesan (B)	-26,52	-44,87	-40,28	-43,50	-38,79

Im Mittel der Standorte waren in beiden Versuchsjahren bei allen Fungizidvarianten aufgrund der geringen fungizidinduzierten Mehrerträge ausschließlich negative ökonomische Auswirkungen festzustellen (Abb. 60). Die geringe Ertragswirksamkeit der durchgeführten Fungizidbehandlungen im Untersuchungszeitraum führt bei höherer Applikationsfrequenz zu ansteigenden Mindererlösen aufgrund höherer Überfahrtskosten und steigenden Aufwand für Pflanzenschutzmittel. Tendenziell im Mittel der beiden

Versuchsjahre mit den geringsten monetären Verlustrisiken waren alleinige Herbstbehandlungen (VG 5–7). Im Vergleich der beiden HF- bzw. F-Applikationen sind im Mittel der Versuchsjahre bezüglich der ökonomischen Effekte Vorteile bei Varianten mit dem Produkt Folicur festzustellen.

Ergebnisse

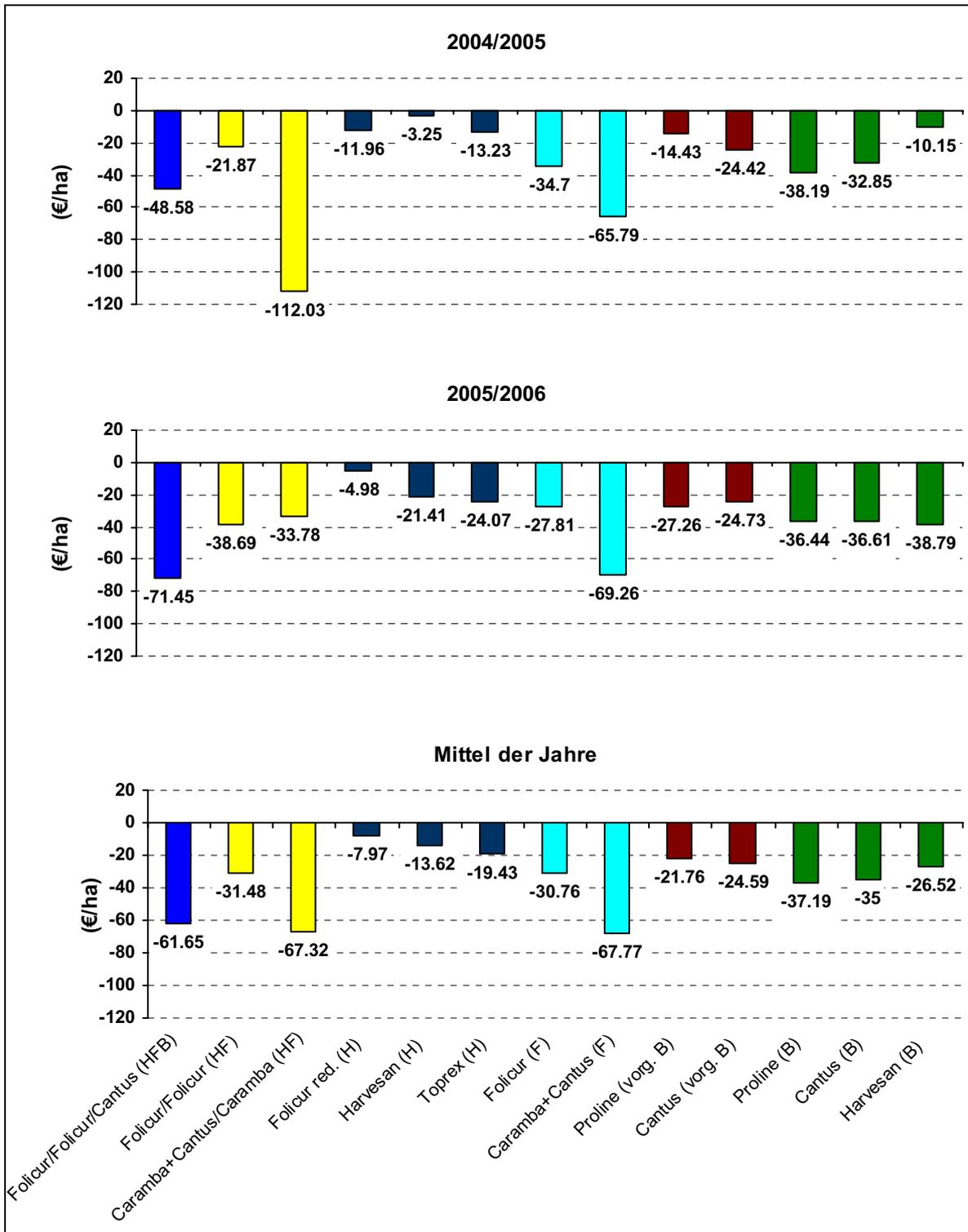


Abb. 60: Differenz (€/ha) des monetären Mehrerlöses im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle in Abhängigkeit von der Fungizidvariante in den Versuchsjahren 2004/2005 (Mittel der Standorte Helmstadt, Straß, Offingen), 2005/2006 (Mittel der Standorte Helmstadt, Söllitz, Straß, Offingen) und im Mittel der Jahre

4 Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchungen hinsichtlich Auftreten, Schadrelevanz und fungizider Kontrolle von Rapspathogenen, sowie morphologische und ertragliche Effekte werden nachfolgend diskutiert.

4.1 *Phoma lingam*

Phoma lingam, der Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule, stellte in beiden Versuchsjahren das Hauptschadpathogen dar. Bei den Bonituren im Herbst zeigte sich ein starker Blattbefall jüngerer Pflanzenorgane, der in der unbehandelten Kontrolle innerhalb weniger Wochen auf Maximalwerte von 2010 Pyknidien/Pflanze (2004/2005) bzw. 2179 Pyknidien/Pflanze (2005/2006) anstieg. Die teils deutlichen Unterschiede in der Populationsdynamik waren hauptsächlich auf Standortunterschiede und weniger auf Sortenunterschiede zurückzuführen. In beiden Versuchsjahren traten im Herbst unter den feuchtwarmen Bedingungen in Helmstadt und Offingen hohe Befallsgrade am Blattapparat auf, wohingegen die kühlere Höhenlage in Söllitz und der trockenere Standort in Straß eine schwächer einsetzende und mit geringerem Infektionsdruck verlaufende epidemiologische Ausbreitung des Pathogens zeigten. LANDSCHREIBER (2007b) gibt Sortenunterschieden nur in Jahren mit sehr hohem Krankheitsdruck eine Bedeutung. SCHRAMM (1989) und SÖCHTING (2001) stellen als wichtige Voraussetzungen einen frühen Saattermin und zeitig einsetzenden Ascosporenflug von *Leptosphaeria maculans* für eine ausgeprägte und schnell eintretende Herbstinfektion heraus.

In den eigenen Untersuchungen konnte im Versuchsjahr 2005/2006 am Standort Offingen bei einem späteren Aussattermin (30.08.2005) und gleichzeitig hohen Niederschlagsereignissen im September ein ebenso hoher Blattbefall nachgewiesen werden wie bei Aussaaten zu einem früheren Termin. MÜLLER und BREMER (2005) betonen in diesem Zusammenhang eine durch erhöhten Niederschlag geförderte Ascosporenfreisetzung. Nach WEST et al. (1999) reicht bereits ein geringer Ascosporenflug um die entsprechenden Blattläsionen zu verursachen. Da SCHRAMM und

HOFFMANN (1991) im Monat September 60 bis 70 % des jährlichen Ascosporenfluges finden, ist v. a. in Gebieten mit hoher Rapsdichte von einem kontinuierlichen Infektionsdruck auszugehen. Entscheidender als die quantitative Ascosporenmenge sind aber vielmehr die Infektionsbedingungen. FESER (1992) gibt für eine erfolgreiche Ascosporenfektion von *Leptosphaeria maculans* Temperaturen von 8-24 °C und eine Benetzung der Rapsblätter von 8 bis 72 Stunden an. KLINGENHAGEN (2004) sieht deshalb insbesondere bei einer Terminierung der als Wachstumsregler eingesetzten Fungizide im Herbst beim Übergang von trockenen zu niederschlagsreichen Witterungsphasen die besten Nebenwirkungen auf *Phoma lingam*. Das erste Auftreten der primären Blattsymptome erfolgt laut BIDDULPH et al. (1999) nach einer Inkubationszeit von fünf bis sechs Tagen.

Zum Ende der Befallsbonituren im Herbst war eine Reduzierung der BSB-Werte festzustellen. Dies ist mit der fortschreitenden Seneszenz der Rapspflanzen zum Vegetationsende hin und dem damit einhergehenden Abwurf älterer, stärker infizierter Blätter in Verbindung zu bringen. Auch wenn GARBE (2000a) Blattbefall im Herbst als nicht ertragsrelevant einstuft, werden durch das Einwachsen des Pilzmycel aus dem Blatt über Blattadern und Blattstiel in den Haupttrieb hinein, die Grundlagen für einen späteren Wurzelhals- und Stängelbefall gelegt (LANDSCHREIBER 2007b). Bei der ersten Blattbonitur im Frühjahr 2005 war ein geringfügiger Anstieg der BSB über die Wintermonate hinweg zu verzeichnen, was in einer weiteren Erregerausbreitung während milder Witterungsphasen begründet sein dürfte. Im Gegensatz dazu lagen im Frühjahr 2006 die Werte der BSB am Blattapparat alle unter den Vorwinterwerten, was auf das verstärkte Absterben und Abfallen unterer Blätter durch die deutlich kältere Winterwitterung zurückzuführen ist. SCHÖNBERGER (2002) verweist bei einem hohen Blattbefall ausgangs des Winters auf einen zeitigen Azoleinsatz, um die Infektionen zu stoppen und das Übergehen auf den Stängel und die damit verbundene Behinderung des Wasser- und Nährstofftransportes bzw. das Vermorschen des Gewebes zu reduzieren. In beiden Jahren differierte die Befallshäufigkeit zwischen den einzelnen Standorten wesentlich geringer als die Befallsstärke. Nach einer progressiven Erregerausbreitung konnte sowohl im Herbst als auch im Frühjahr eine vollständige Bestandesdurchseuchung mit 100 % BHB festgestellt werden.

Eine Herbstapplikation von Fungiziden bewirkte durch deren hohe Wirkungspotenz einen ausgeprägten, signifikanten Reduktionseffekt auf die als hoch einzustufende Befallsstärke am Blattapparat vor dem Winter. Im Versuchsjahr 2004/2005 konnten alle Herbstvarianten, stadienorientiert zu BBCH 14-16 appliziert, Wirkungsgrade hinsichtlich der Reduktion des Blattbefalles (BSB) durch *Phoma lingam* von über 90 % realisieren. Im Versuchsjahr 2005/2006 lagen die Wirkungsgrade mit Werten zwischen 84,5 % und 93,5 % ebenfalls auf einem hohen Niveau. Bezüglich der Reduzierung der Pyknidienzahlen am Blattapparat (BSB) zeigte sich in beiden Jahren eine gestaffelte Abstufung von 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus über die Variante 1,0 l/ha Folicur zu 0,8 l/ha Harvesan. GLADDERS et al. (1999) fanden zwischen den Produkten Folicur und Harvesan keine Wirkungsunterschiede, verweisen aber auf einen rechtzeitigen Einsatz gegen *Phoma lingam* aufgrund der eingeschränkten Kurativleistung. Ein dose-response-Effekt war bei der auf 0,3 l/ha reduzierten Aufwandmenge von Folicur festzustellen, welche im Mittel der Jahre um 6 Prozent unterhalb des Wirkungsgrades der Regelaufwandmenge (1,0 l/ha) blieb. Geringer als bei dem Parameter Befallsstärke war der fungizide Einfluss auf die Befallshäufigkeit ausgeprägt.

Phoma lingam am Wurzelhals trat verhältnismäßig spät auf. Durch ein innerhalb von wenigen Wochen während der Abreifephase rasch ansteigendes Befallsniveau wurden zur Abschlußbonitur in der unbehandelten Kontrolle Befallswerte bis zu maximal 7,2 (2004/2005) bzw. 6,9 (2005/2006) erreicht. MCGEE (1977) stellte nach einem niederschlagsreichen Herbst und damit einhergehender Hemmung des Pflanzenwachstums einen verstärkten Wurzelhalsbefall fest. WITTERN (1984) verweist bei diesen Bedingungen auf frühzeitigen *Phoma*-Befall in den Monaten März und April und eine vollständig zerstörte Stängelbasis bereits zur Blütezeit. In der vorliegenden Arbeit konnten, trotz einer gleichmäßigen Niederschlagsverteilung im Herbst, nennenswerte Schadsymptome an Wurzelhals oder Stängel nicht vor dem Zeitpunkt der Blüte nachgewiesen werden. Insbesondere im zweiten Versuchsjahr ist dies durch den langen Winter und die auch noch im Frühjahr kühlen Bedingungen zu erklären, so dass dadurch der Pilz langsamer aus dem Blatt in den Wurzelhals einwachsen konnte (HAMMOND et al. 1985). Auch SCHRAMM (1989) beschrieb, dass sich differenzierbare Symptome am Wurzelhals erst ab der Vollblüte zeigten.

Bezüglich der Einflussgröße der Stickstoffdüngung stellten SADOWSKI et al. (1998) und SÖCHTING (2001) keine signifikanten Abhängigkeiten des Befalls mit *Phoma lingam* an Blatt und Wurzelhals von der N-Düngungsintensität fest. In der eigenen Arbeit konnten zudem keine einheitlichen Auswirkungen der Grundbodenbearbeitung auf den Befallsgrad am Wurzelhals festgestellt werden, was in der Literatur (SIEVERT et al. 2000, VON TURKINGTON et al. 2000, SÖCHTING 2001) Bestätigung findet. Obwohl ein pflugloses Bestellverfahren aufgrund oberflächlich verbleibender Stoppelreste und damit größeren Inokulumpotentials phytosanitär grundsätzlich als problematischer anzusehen ist, kann der geringe Einfluß in diesem Zusammenhang durch die mit dem Wind über weite Entfernungen transportierten Ascosporen erklärt werden (BOKOR et al. 1975). Der kurze zeitliche Abstand zwischen Ernte und erneuter Aussaat bei Winterraps begünstigt die Übertragung aus abgeernteten Nachbarflächen (KREYE 2003).

Analog zum Blattbereich waren die Befallswerte am Wurzelhals in erster Linie standortabhängig und nur in geringerem Maße von der Sorte bestimmt. Parallel zum Anstieg der Befallsgrade am Wurzelhals konnte ein deutlich verzögert ansteigender Befall am Stängel beobachtet werden. Die Spanne der Befallsstärken an Wurzelhals und Stängel zwischen den einzelnen Standorten war deutlich geringer als bei den Befallswerten. In beiden Versuchsjahren konnten an allen vier Standorten statistisch abgesicherte Differenzierungen des Befallswertes am Wurzelhals zwischen den Fungizidvarianten und der Kontrolle festgestellt werden. Herbstbehandlungen (H/HF/HFB) zeigten dabei die stärkste befallsreduzierende Wirkung; am deutlichsten fiel der fungizidinduzierte Rückgang in beiden Jahren bei der HF-Spritzfolge 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus/1,0 l/ha Caramba mit einem Befallsrückgang von maximal 3,0 (2004/2005) bzw. 3,1 (2005/2006) Boniturnoten (BW) aus. Der Vergleich zwischen den alleinigen Herbstvarianten weist auf stärkere Effekte bei dem Produkt Toprex (0,5 l/ha) verglichen mit Harvesan (0,8 l/ha) hin. Frühjahrsbehandlungen waren der Vorwinteranwendung in der Wirkung unterlegen, was auch mit der akropetal-systemischen Wirkstoffverteilung der verwendeten Produkte begründet werden kann. Die Fungizidmaßnahme muss erfolgen bevor der Erreger den Wurzelhals erreicht hat (FESER 1992, SCHRAMM und HOFFMANN 1992). Blütenbehandlungen zeigten nur geringe bis keine Einflüsse auf das Befallsgeschehen am Wurzelhals. Die eigenen Erhebungen

werden in der Literatur von GLADDERS et al. (1999) bestätigt, die eine Bekämpfung des Wurzelhals- und Stängelbefalls nur indirekt über die Reduktion des Blattbefalls im Herbst und Frühjahr durch das unterbundene Einwachsen aus dem Blattbereich für möglich ansehen. Auch WOHLLEBEN (2001) und KRUSE (2004) belegen enge Zusammenhänge für Herbst- und Frühjahrsanwendungen zwischen Blattbefall und dem Wurzelhals- und Stängelbefall.

Die fungiziden Wirkungen auf die Befallsstärke, d. h. auf die Anzahl der Pyknidien, bewegten sich tendenziell analog den Befallswerten. Differenzierbare Fungizidwirkungen, bei SCHRAMM und HOFFMANN (1991) am Wurzelhals bereits ab BBCH 31 feststellbar, konnten in den eigenen Untersuchungen aufgrund des späten Auftretens der Symptome erst nach der Rapsblüte nachgewiesen werden.

Bei der Betrachtung des Fungizideinflusses auf die Epidemie von *Phoma lingam* am Stängel gewährleisteten Fungizidmaßnahmen im Frühjahr (F/HF/HFB) die ausgeprägtesten befallsreduzierenden Effekte. Die Frühjahrsbehandlung mit 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus konnte eine geringfügig stärkere Reduktion des Befallswertes erzielen als die Frühjahrsapplikation von 1,0 l/ha Folicur. Vorgezogene Blütenbehandlungen zeigten im Versuchszeitraum aufgrund des späten Befallsdruckes ebenfalls phytosanitäre Einflüsse auf den Stängelbefall. VON TIEDEMANN (2004), LANDSCHREIBER (2007b) und KRAUSE et al. (2007) verweisen in diesem Zusammenhang auch auf eine gezielte insektizide Bekämpfung der Stängelschädlinge, um Eintrittspforten für den Erreger zu verhindern und eine frühzeitige Stängelinfektion mit *Phoma lingam* zu unterbinden. Hinsichtlich der Bekämpfungsstrategie bekräftigen die Boniturergebnisse der vorliegenden Arbeit, die Aussagen von BIDDULPH et al. (1999), WOHLLEBEN (2001), KRUSE und VERREET (2005) sowie MÜLLER (2007), die in der Herbstanwendung von Fungiziden den ausgeprägtesten Einfluß auf eine Befallsreduzierung am Wurzelhals und in der Frühjahrsapplikation die stärkste Bekämpfung des Stängelbefalls sehen. Ein auf den Blättern im Herbst etablierter Primärbefall mit *Phoma lingam* stand in Zusammenhang mit dem Wurzelhalsendbefall. Für die beiden Parameter Befallsstärke und Befallshäufigkeit verweisen die berechneten Korrelationskoeffizienten auf eine Beziehung zwischen Primärbefall im Herbst und dem daraus resultierenden Sekundärbefall im Sommer. Dies bestätigen die Untersuchungen von GLADDERS und

MUSA (1979), SÖCHTING (2001) sowie MÜLLER (2007), welche ebenfalls den Zusammenhang zwischen Blatinfektion im Herbst und späteren Wurzelhalsbefall dokumentierten.

Die Ertragsergebnisse in den eigenen Versuchen sowie THÜRWÄCHTER et al. (1995), WOHLLEBEN (2001) und MÜLLER (2007) zeigen trotz fungizidinduzierter Befallsreduktion an Wurzelhals und Stängel keine direkte Interaktion auf die Ertragswirksamkeit. Da nennenswerte Schadsymptome an Wurzelhals und Stängel nicht vor dem Zeitpunkt der Blüte, sondern erst während der Abreifephase nachgewiesen wurden und in Bayern, verglichen z. B. mit der gemäßigten Winterwitterung in Norddeutschland, tendenziell kältere und längere Winter mit stärkerem Blattverlust vorherrschen, ist unter bayerischen Anbaubedingungen bei durchschnittlichen Befallsjahren ein erhöhter, pathogenspezifischer Ertragseinfluß in Zweifel zu ziehen. GARBE (2000a) schreibt dem Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule eine hohe Ertragsminderung nur für den Fall zu, dass durch den vermorschten Wurzelhals bzw. Stängel Lager ausgelöst wird, was in der vorliegenden Arbeit nicht der Fall war. Insbesondere das derzeitige Sortenspektrum mit der Züchtung auf *Phoma lingam*-tolerante Sorten reduzieren die Ertragsrelevanz bei moderatem Infektionsdruck (WEST et al. 1999, KRUSE 2004, MÜLLER 2007).

4.2 *Sclerotinia sclerotiorum*

Das Auftreten der Weißstängeligkeit, verursacht durch den Erreger *Sclerotinia sclerotiorum*, wurde durch die Analyse angelegter Sklerotienepots und die Bonitur der Befallshäufigkeit im Bestand überprüft. Die Untersuchungen sollten neben der Relevanz dieses Schaderregers auch die Möglichkeiten einer fungiziden Kontrolle bei differenzierten Behandlungsstrategien sowie den Einfluss auf den Ertrag aufzeigen.

Das Auswachsen der Apothecien aus den im Boden überdauernden Sklerotien wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Einen dominierenden Einfluss üben Temperatur und Bodenfeuchtigkeit aus (KRÜGER 1974, 1976, HORNIG 1983). Eine Apothecienkeimung ist laut KRÜGER (1976) ab Temperaturen von 7–11 °C möglich. Optimal sind

Bodentemperaturen von 11–15 °C sowie eine kontinuierliche Durchfeuchtung der oberen 2–3 cm des Bodens über einen Zeitraum von 14 Tagen (ABAWI und GROGAN 1979). Eine Frühjahrstrockenheit kann eine starke Schädigung der Apothecien hervorrufen, auch bei nachfolgenden Niederschlagsereignissen bleibt der Apothecienauswuchs geringer und tritt verzögert ein (KRUSE 2004, AHLERS 1986).

In den eigenen Untersuchungen bildeten sich an allen Standorten aus den im Herbst in der unbehandelten Kontrolle angelegten Sklerotiddepots Apothecien. Trotz gekeimter Sklerotien blieb aber in beiden Versuchsjahren der festgestellte Befall auf einem geringen Niveau. In der unbehandelten Kontrolle betrug im Versuchsjahr 2004/2005 die maximale Befallshäufigkeit 16 %, 2005/2006 lag sie bei 22 %. Die Rapsblüte in 2005 und 2006 fiel in Bayern zwar in feuchte Witterungsabschnitte, die für eine Infektion ausreichende Feuchtigkeit wurde allerdings durch kühle Temperaturen negativ beeinflusst (ZELLNER et al. 2006a). Die geringe Aussagekraft der Quantität der Apothecienbildung zur Prognose des späteren Befallsaufretens bestätigt LANDSCHREIBER (2007a). Demnach gibt ein hohes Aufkommen von Apothecien im Frühjahr zwar Anhaltspunkte für ein starkes Befallsjahr, aber ein anschließender trockener Mai kann die Infektionen und letztlich entscheidend, die Pathogenese unterbinden. Im Gegensatz dazu können aber auch nur vereinzelt auftretende Apothecien bei optimalen Infektionsbedingungen für ein höheres Befallsniveau ausreichend sein. Eine fehlende Infektion trotz gekeimter Apothecien zeigte sich auch an den von der LfL Bayern am Standort Freising durchgeführten Ringversuchen (ZELLNER et al. 2005, 2006a).

Sortenunterschiede sind bei der Fungizidstrategie nur in sehr geringen Maße zu berücksichtigen, da die eigenen Bonituren wie auch weitere Quellen (ANONYMUS 2004b, GARBE 1999) auf eine nur geringe Differenz bezüglich der Anfälligkeit gegenüber der Weißstängeligkeit zwischen den verschiedenen Sorten verweisen.

Untersuchungen zur hohen Bedeutung des Schaderregers und daraus abgeleitete Empfehlungen für eine Blütenbehandlung als Standardmaßnahme (LANDSCHREIBER 2004) können durch die eigenen Erhebungen für Bayern nicht bestätigt werden. Auch SÖCHTING (2001), WOHLLEBEN (2001), KRUSE (2004), MÜLLER (2007) und BREMER (2008) zeigten in ihren Untersuchungen aus Schleswig-Holstein nur ein schwaches Auftreten von Weißstängeligkeit. Eine Analyse von Feldversuchen der amtlichen

Pflanzenschutzdienste der Länder seit 1991 zeigt einen Anteil von 67 % unwirtschaftlicher Blütenbehandlungen zur Bekämpfung von Weißstängeligkeit (DUNKER und VON TIEDEMANN 2004).

Der protektive Fungizideinsatz, allein auf die Bekämpfung von *Sclerotinia sclerotiorum* fokussierend, stellt in erster Linie eine Versicherungsmaßnahme dar um Ertragseinbußen, die bei einer Kalamität bis zu 50 % betragen können, zu vermeiden (AHLERS 1986, LANDSCHREIBER 2007b). Zu verzeichnende Ertragszuwächse von Blütenbehandlungen bei geringem Befallsauftreten können durch höhere Schotenstabilitäten (HOFFMANN 1990, WOHLLEBEN 2001, KRUSE 2004, MÜLLER 2007), Nebenwirkungen auf andere Pathogene wie z. B. *Alternaria brassicae* (LINDENBERG 2003), eine Synchronisierung der Rapsblüte (DEUKER-ISERMEYER et al. 1991, BROSCHEWITZ und STEINBACH 1999) und verminderte Reduktionsvorgänge an den Ertragsorganen (FISAHN 1993) erklärt werden.

Sclerotinia sclerotiorum war im Untersuchungszeitraum an allen Versuchsstandorten nur mit einem geringen Auftreten nachzuweisen. Fungizidbehandlungen zur Vollblüte (BBCH 65) eliminieren das Pathogen nahezu vollständig. Die deutlich reduzierte Erregerausbreitung an den Rapsstängeln durch eine Fungizidapplikation zur Vollblüte wird durch die Versuchsergebnisse zahlreicher weiterer Untersuchungen (KRUSE 2004, SPINK 1995, ZELLNER et al. 2005, 2006a) bestätigt. Damit sind Bekämpfungsstrategien basierend auf Fungizidapplikationen wirkungsstärker zu bewerten als der Einsatz von Mycoparasiten. In bayerischen Versuchen erzielte das in dem Produkt Contans WG enthaltene *Coniothyrium minitans*, das als Antagonist die Sklerotien im Boden zerstört (MC QUILKEN 2001), nur einen befallsreduzierenden Effekt der weit unter einer Vollblütenbehandlung liegt (ZELLNER et al. 2004).

Grundsätzlich läßt sich konstatieren, dass *Sclerotinia sclerotiorum* neben Schleswig-Holstein (KRUSE 2004, MÜLLER 2007, BREMER 2008) auch in Bayern ohne wirtschaftliche Existenz ist und eine *Sclerotinia*-spezifische Fungizidmaßnahme im Rahmen des derzeitigen Sortenspektrums und Anbausystems (dreigliedrige Fruchtfolgen) ökonomisch wie ökologisch nicht sinnvoll ist.

4.3 *Verticillium longisporum*

In beiden Versuchsjahren konnte das Pathogen *Verticillium longisporum* an allen Versuchsstandorten anhand typischer Mikrosklerotien nachgewiesen werden. Zwischen den einzelnen Standorten waren jedoch deutliche Differenzierungen bezüglich des Befallsniveaus zu verzeichnen. Die durchschnittlich höchsten Befallswerte ließen sich in 2005 und 2006 am unterfränkischen Standort Helmstadt bonitieren. Auch schon in früheren Jahren wurde ein Befall in Nordbayern beobachtet (HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999). Bereits 1989 stellte KRÜGER ein Befallsauftreten regional in Deutschland fest. Ähnlich konnten STEINBACH et al. (2005) in einem bundesweiten *Verticillium*-Monitoring in beinahe allen Bundesländern den Schaderreger nachweisen. Allerdings ist das Ausbreitungspotenzial differenziert zu betrachten. In den nördlichsten Bundesländern Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern ist die Verbreitung am höchsten, während in Mittel- und Süddeutschland ein geringeres Befallsauftreten festzustellen ist. In ihren Untersuchungen wiesen die Art der Bodenbearbeitung, Stickstoffdüngung, Bodenart und pH-Wert nur einen geringen bis gar keinen Einfluss auf Krankheitsentwicklung und Inokulumanreicherung auf. SÖCHTING (2001) hingegen stellte einen erhöhten Befall bei pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen infolge eines erhöhten Ausgangsinokulums dicht an der Bodenoberfläche sowie bei steigender N-Düngung fest.

Der bodenbürtige Schadpilz gilt als typische Fruchtfolgekrankheit (VON TIEDEMANN 2004). Eine Überdauerung in Form von Mikrosklerotien ist bis zu 13 Jahre im Boden möglich (LUCAS 1998). Damit ist mit der in den letzten Jahren vollzogenen Ausweitung des Rapsanbaues und den somit verbundenen engeren Rapsfruchtfolgen in Süddeutschland auch von einer zukünftig größeren phytosanitären Problematik hinsichtlich *Verticillium longisporum* in Bayern auszugehen. Diese These stützen die Auswertungen von AMELUNG et al. (1996), die bei einer Erhöhung der Anbaukonzentration von 17 % auf 33 % eine ansteigende *Verticillium*-Befallshäufigkeit ausgehend von unter 2 % auf über 30 % feststellten. Auch die eigenen Bonituren zeigen einen engen Zusammenhang zwischen dem Winterraps-Fruchtfolgeanteil und dem

Befallsgrad. Die Standorte mit dreigliedriger Fruchtfolge (Helmstadt 2005 und 2006; Offingen 2006) wiesen die höchsten Befallswerte auf.

Auch das sehr späte, erst im Verlauf der Abreife ab Ende Juni/Anfang Juli sichtbar werden charakteristischer Schadsymptome findet in der Literatur Bestätigung. Die mit beginnender Reife einsetzenden Veränderungen im pflanzlichen Stoffwechsel ermöglichen es dem Pilz die Gefäßregionen, auf die er bis dahin beschränkt war, zu verlassen um angrenzendes Gewebe zu besiedeln (ZEISE und STEINBACH 2004). Die Bildung der Mikrosklerotien wird dabei durch die Seneszenzvorgänge der Pflanze initiiert (GÜNZELMANN und PAUL 1990). Aufgrund des späten Erscheinens der Symptome finden sich in den Veröffentlichungen neben der Bezeichnung *Verticillium*-Rapswelke auch eine Zuordnung als Abreifekrankheit (DUNKER und VON TIEDEMANN 2005). Obwohl es durch das Auskeimen der Mikrosklerotien bereits im Herbst zu einer Infektion der Rapspflanze über das Wurzelsystem kommen kann (ZEISE und SEIDEL 1990, GARBE 2000c), bleibt es bis zum Frühsommer weitgehend bei einer latenten Ausbreitung im Leitgewebe der Pflanzen (VON TIEDEMANN 2004). Die späte Bildung der Dauerkörper bewirkt auch einen Einfluss der Standzeit der Rapsbestände auf Vermehrungspotential. So kann bereits die Verlängerung der Vegetation um eine Woche das entstehende Bodeninokulum verdoppeln (STEINBACH et al. 2005). Bei einem zu frühen Boniturtermin ist das Schadbild nur gering sichtbar. Das Ausmaß dieser Krankheit wird unterschätzt, auch spätreife Sorten wirken häufig durch die verzögert einsetzende physiologische Alterung nur optisch länger gesund. Ähnlich sind reifeverzögernde Effekte von einzelnen Fungizidwirkstoffen, wie z. B. von JABS et al. (2004) für den im Produkt Cantus enthaltenen Wirkstoff Boscalid nachgewiesen, zu bewerten. Eine Überschätzung des Befallsauftretens in der landwirtschaftlichen Praxis kann dagegen durch falsche Diagnosen, insbesondere an den Rapswurzeln, entstehen. Nicht jede abgetötete, schwarze Rapswurzel muss kausal auf einen Befall mit *Verticillium longisporum* zurückzuführen sein. Ein Befall durch dieses Pathogen ist nur dann eindeutig gegeben, wenn Mikrosklerotien auf Wurzeln oder Stängelteilen nachzuweisen sind. ZEISE und STEINBACH (2004) verweisen in diesem Zusammenhang auf weitere biotische (Schwärzepilze, sekundäre Besiedlung durch Bodenbakterien) oder abiotische Faktoren (Stress durch Nässe und niedrige Temperaturen), die zu einem vorzeitigen

Absterbeprozess der Rapspflanze und somit zur Zersetzung der Wurzel mit einhergehender Schwarzfärbung führen können.

Ein Sorteneinfluss auf das Befallsgeschehen und den Befallsgrad ist in den eigenen Untersuchungen nicht nachweisbar. Zur Ernte 2005 traten in der unbehandelten Kontrolle die höchsten Befallswerte in der Liniensorte Oase (Helmstadt), zur Ernte 2006 in der Hybridsorte Titan (Helmstadt) auf. Laut VON TIEDEMANN (2004) weisen die derzeit im Anbau befindlichen Sorten keine hinreichende Resistenz gegen diesen Schaderreger auf. Die gegenwärtig zugelassenen Winterrapssorten lassen unter praktischen Anbaubedingungen nur eine geringe Variabilität gegenüber *Verticillium longisporum* erkennen. Für eine Verbesserung der Sortenresistenz lassen sich zwar in neueren Prüfungen eines *Brassica*-Sortiments hoffnungsvolle Ansätze finden, doch bis zur Marktreife entsprechender Neuzüchtungen ist noch mit einem längeren Zeitraum zu rechnen (ZEISE und STEINBACH 2004).

In der vorliegenden Arbeit waren keine eindeutigen Differenzierungen der einzelnen Versuchsglieder bzw. eine fungizide Wirkung gegenüber diesem Pathogen festzustellen. Auch die Untersuchungen von WOHLLEBEN (2001), KRUSE (2004), MÜLLER (2007) und BREMER (2008) kommen zu diesem Ergebnis. Ursache könnte, neben der frühzeitigen Infektion an der Wurzel, unter anderem die mangelnde basipetale Translozierbarkeit von Fungiziden nach einer Blattapplikation sein (HEWITT 1998). Die Beobachtung in den eigenen Versuchen, dass nach dem Einsatz von Fungiziden die Pflanzen geringfügig länger gesund erscheinen, bestätigen ZEISE und STEINBACH (2004). Sie führen dies auf eine leichte Reifeverzögerung durch die Azole, eine bessere Vitalität der Pflanzen sowie eine geringere sekundäre pilzliche Besiedlung zurück. Damit bleiben derzeit als die einzigen nachhaltigen Möglichkeiten zur Eindämmung von *Verticillium longisporum* eine vielgliedrige Fruchtfolge und ein sorgfältig abgewogener Anbau von kruziferen Zwischenfrüchten, um eine schnelle Akkumulation des Erregers im Boden zu unterbinden. Auch eine Bekämpfung der Kohlflye (*Delia radicum*) könnte zur Befallsminderung beitragen, da die durch Verletzungen der Kohlflyenlarven nicht mehr intakte Wurzelrinde gute Infektionsbedingungen bietet (SCHÖNBERGER 2002).

Ertragseinflüsse waren in den eigenen Versuchen aufgrund der gleichmäßig über alle Versuchsglieder auftretenden Befallshöhe und der Vergesellschaftung mit *Phoma lingam*

nicht festzustellen. Die hohe Ertragsrelevanz, mit möglichen Verlusten bis zu 50 % (DAEBELER et al. 1988, SCHÖNBERGER 2000, GARBE 2000), bedarf nach den Ergebnissen der eigenen Arbeit sowie anderer Quellen (KRUSE 2004, DUNKER und VON TIEDEMANN 2005, MÜLLER 2007) weiterer Untersuchungen. Zu Beginn der Abreife sind alle ertragsbildenden Prozesse bereits abgeschlossen, so dass das erst zu Beginn der Abreife sich verstärkt in der Pflanze ausbreitende Pathogen vermutlich nur noch einen begrenzten Schaden, wie z. B. frühzeitiges Aufplatzen der Schoten, anrichten kann (DUNKER 2005).

4.4 *Peronospora parasitica*

Das Auftreten des Erregers von Falschen Mehltau (*Peronospora parasitica*) war in beiden Versuchsjahren an allen Standorten durch hohe Befallshäufigkeiten, jedoch nur sehr geringe Befallsstärken gekennzeichnet. Dieser Pilz parasitierte vor allem auf den unteren, seneszenten Blattetagen. Der Befall ging in beiden Jahren im Verlauf der Herbstmonate zurück und erreichte mit steigenden Temperaturen das höchste Befallsniveau im Frühjahr. Den Einfluss der Temperatur auf die Befallsparameter des Erregers bestätigen METHA et al. (1995) und ACHAR (1998). Temperaturen um 15 °C und eine hohe Luftfeuchtigkeit, vorkommend nach Niederschlag oder auch bei Nebel und längeren Tauperioden, fördern Keimung, Infektion und Sporulation (PAUL 2003).

Eine fungizide Kontrolle bzw. fungizidinduzierte Befallsdifferenzierungen innerhalb der verschiedenen Behandlungsvarianten waren in den eigenen Untersuchungen nicht festzustellen. Der obligate Pilz *Peronospora parasitica* wird durch die derzeit zugelassenen und eingesetzten Fungizide nicht erfasst (SCHACKMANN 2007). Fehlende Fungizideffekte werden auch von WOHLLEBEN (2001) und KRUSE (2004) dokumentiert. Da der Raps bereits im Keimblattstadium befallen und seine Entwicklung sehr stark gehemmt werden kann, sind neben gestressten Beständen (SCHACKMANN 2007) insbesondere Spätsaaten von Raps gefährdet (GARBE 1996). Eine Beizausstattung mit den Wirkstoffen Dimethomorph (SCHÖNBERGER 2002) oder Metalaxyl-M (PETERSEN 2004) kann hier einen Schutz in der Jugendentwicklung geben. Eine Ertragsrelevanz von *Peronospora parasitica* lässt sich aufgrund der sehr geringen Befallsstärken und des

stagnierenden Auftretens in beiden Versuchsjahren ausschließen. Es ist anzunehmen, dass ein später Befall in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien keine wirtschaftlichen Schäden verursacht (GARBE 1996, 2000d). Ein von DAEBELER et al. (1992) künstlich induzierter Blattverlust von 25 % konnte von Rapspflanzen ohne nennenswerte Ertragsreduzierung kompensiert werden. Wirtschaftlicher Schaden kann in erster Linie in frühen Wachstumsstadien an Spätsaaten durch Pflanzenausfälle oder Entwicklungsverzögerungen entstehen (GARBE 2000d, SCHÖNBERGER 2002). Die Aussage von AIGNER (2002) wonach er ein ertragsschädigendes Auftreten unter bayerischen Anbaubedingungen nur bei ungünstigen Auflaufbedingungen bzw. bei verspäteter Saat sieht und eine prophylaktische Beize nur im Einzelfall für gerechtfertigt hält ist durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zu unterstreichen.

4.5 Effekte der Fungizidbehandlungen auf Pflanzenmorphologie

Mit dem Einsatz von Fungiziden in Winterraps können nicht nur fungizide Wirkungen sondern gleichzeitig wachstumsregulatorische Effekte genutzt werden. Im Rahmen einer Fungizidanwendung ist zwischen einer Befallskontrolle auf pilzliche Krankheitserreger und pflanzenphysiologischer Wirkung zu unterscheiden. Zur Beurteilung der Effekte von unterschiedlichen Fungizidvarianten auf die Pflanzenmorphologie wurden in der vorliegenden Arbeit Erhebungen hinsichtlich Sprosslänge, Wurzelhalsdurchmesser, Bestandesdichte, Wuchshöhe und Lagerbildung durchgeführt.

Der wachstumsregulatorische Effekt von Azolwirkstoffen basiert in erster Linie auf der Hemmung der Synthese von Gibberellin, bei der Oxidation von Kauren zur Kaurensäure. Die Pflanzen reagieren mit gestauchtem Wuchs, einer veränderten Blattgröße sowie einer intensiveren Grünfärbung der Blätter (GRAEBE 1987, FISAHN 1993, CHILD et al. 1993). Als weitere wachstumsregulatorische Wirkungen werden von KAHL (2003) eine bessere Ausbildung der Seitentriebe genannt sowie von FISAHN (1993) veränderte Dominanzbeziehungen in der Pflanze, die zu einer stärkeren Schotenbildung an Nebentrieben höherer Ordnung führen. Beim Fungizideinsatz sind die Einkürzungseffekte am deutlichsten ausgeprägt wenn die Präparate bei wüchsigen

Bedingungen appliziert werden (LINDENBERG 2003). Weitere Faktoren die neben der Witterung bei einer auf Wachstumsregulierung abzielenden Fungizidanwendung berücksichtigt werden müssen, sind Bestandesdichte, verfügbares Stickstoffangebot und Sorte (KLINGENHAGEN 2004).

Die Vorwinterentwicklung bei Winterraps ist für das spätere Ertragsvermögen von großer Bedeutung, neben der Festlegung der jeweiligen Konkurrenzbedingungen der Einzelpflanzen im Bestand werden bereits ab Anfang November die Blütenanlagen am Vegetationskegel ausdifferenziert (DIEPENBROCK 2004). Das Ziel einer optimalen Herbstentwicklung beinhaltet vor Eintritt der Winterruhe Einzelpflanzen mit einem tief liegenden Vegetationskegel, d. h. eine Sprosslänge < 2 cm (DIEPENBROCK 2004), sowie einer kräftigen Pfahlwurzel mit einem Wurzelhalsdurchmesser von mehr als 5 mm (SCHULZ 1998) anzustreben. Ein Unterbleiben des vorzeitigen Streckungswachstums reduziert die Gefahr von Auswinterungsverlusten, was insbesondere von Relevanz in Jahren mit Kahlfrösten sowie auf rauen Übergangs- bzw. Höhenlagen ist (SCHULZ 1998, KLINGENHAGEN 2004). Die Winterhärte wird außerdem durch ein im Blattapparat induziertes dichteres Gewebe, infolge einer höheren Anzahl von Zellen verbessert (SCHÖNHAMMER 2007). SCHACKMANN (2007) berichtet zudem, dass im Herbst überwachsene Bestände deutlich stärker von Rehwild geschädigt wurden. Durch die vom Wild abgefressenen Vegetationskegel mussten sich die Rapspflanzen nahezu vollständig aus der Wurzel heraus regenerieren und bildeten nur noch schwache Nebentriebe. Ein Umstand, der durchaus auch im wald- und damit wildreichen Bayern von Bedeutung sein kann.

Schwierigkeiten bereitet in der landwirtschaftlichen Praxis zum Teil die Einschätzung der Notwendigkeit einer wachstumsregulierenden Maßnahme. KLINGENHAGEN (2004) hat diesbezüglich die dem Raps von Mitte September bis Anfang Dezember im Schnitt der Jahre 1995–2003 zur Verfügung stehenden Temperatursummen ausgewertet. Ausgehend von einer Temperatursumme von 90 Gradtagen für die Bildung eines neuen Blattes und in Deutschland je nach Region 580–650 Gradtagen noch verbleibender Vegetationszeit ab Mitte September, können ab diesem Zeitpunkt noch 6–7 Laubblätter gebildet werden. Unter Einbeziehung der bereits oben genannten Faktoren wie Witterung, Bodentemperatur, Bestandesdichte etc. folgert SCHACKMANN (2007) bei Erreichen von

BBCH 14–16 bereits vor Ende September eine wachstumsregulatorische Maßnahme in Betracht zu ziehen.

Alle im Herbst mit Fungiziden behandelten Varianten zeigten in beiden Versuchsjahren im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle signifikante wachstumsregulatorische Wirkungen, d. h. einen einkürzenden Effekt auf die Sprossachsenlänge. Dieser war auch noch bei der Messung im Frühjahr festzustellen. Innerhalb der Herbstanwendungen zog die Behandlung mit 1,0 l/ha Folicur die stärkste Einkürzung nach sich, die im Einzelfall zu einer über 50 % kürzeren Sprosslänge führen konnte. Aufgrund der in der landwirtschaftlichen Praxis bei schwach entwickelten Beständen teilweise vorgenommenen Zumischung einer stark reduzierten Fungizidmenge zu Graminizid- bzw. Insektizidmaßnahmen im Herbst wurde die Herbstapplikation von 0,3 l/ha Folicur in den Versuchsplan aufgenommen. Diese Anwendung sowie auch das nicht mit wachstumsregulatorischen Effekten beschriebene Produkt Harvesan zogen ebenfalls ein vermindertes Wachstum der Sprossachse nach sich, jedoch wurde die nachgewiesene, einkürzende Leistung von 1,0 l/ha Folicur bzw. 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus nicht erreicht.

Mitentscheidend für das weitere Wachstum von Raps im Frühjahr ist die Wurzel Ausbildung im Herbst. Die in der oberirdischen Pflanzenmasse gespeicherten Reservestoffe sind nur eine unzuverlässige Energiequelle, denn häufig können durch Frost- oder Schneeeinwirkung Blätter und Blattstiele über den Winter verloren gehen. Als Energiequelle bleiben dann nur noch das Hypokotyl mit dem Vegetationspunkt und den Anlagen der Seitenknospen sowie das Wurzelsystem (SCHÖNHAMMER 2007). SCHACKMANN (2007) nennt als Richtwert für eine ausreichend ausgebildete Wurzel im Herbst einen Wurzelhalsdurchmesser von 1 mm pro Blatt.

In der vorliegenden Arbeit konnten die Durchmesser des Wurzelhalses in den Kontrollvarianten im Herbst mit Werten von 11,5 mm bis 15,4 mm sehr hohe Werte erreichen. In beiden Jahren konnte an keinem Standort der Wurzelhalsdurchmesser in der unbehandelten Kontrolle von einer fungizidkontaminierten Variante erreicht werden, selbst im Frühjahr waren in der Kontrolle jeweils noch höhere Werte nachzuweisen. Im Mittel der Standorte zeigte in beiden Jahren die Fungizidmischung 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus die höchsten wachstumsregulatorischen Effekte auf den

Wurzelhalsdurchmesser. Somit widersprechen die eigenen Ergebnisse der häufig in der landwirtschaftlichen Praxis vertretenen Auffassung, wonach ein Fungizideinsatz im Herbst mit einer Erhöhung der Wurzelhalsdurchmesser in Verbindung steht und Aussagen in der Literatur, u. a. von BLUMENSCHNEIDER (2007), die eine Wachstumshemmung nur auf den oberirdischen Pflanzenteil beschränkt sehen. Bestätigung erfahren die eigenen Daten durch die Versuche der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft von GRAF et al. (2006), die tendenziell ebenfalls geringere Wurzelhalsdurchmesser in den fungizidbehandelten Varianten zeigten. Allerdings konnten sie in behandelten Varianten intensiver ausgebildete Feinwurzeln feststellen, was bei schwach entwickelten Beständen das Hochfrieren und damit verbundene Abreißen der Wurzeln über den Winter reduzieren kann.

Die Betrachtung des Parameters der Überwinterungsleistung, bemessen anhand der ausgezählten Bestandesdichten im Herbst bzw. Frühjahr, ist in den bayerischen Rapsanbaugebieten trotz der in den letzten Jahren teilweise milderer Winter von großer Relevanz. Durch Pflanzenausfälle während des Winters entstehende lückenhafte Bestände und infolge daraus auftretende Spätverunkrautung sind häufig auf Höhenlagen und exponierten Standorten vorzufinden.

In den eigenen Untersuchungen betrug die Überwinterungsrate in der unbehandelten Kontrolle im Versuchsjahr 2004/2005 zwischen 80 und 89 %, in 2005/2006 lag sie von 77 bis 85 %. Diese wäre vermutlich aufgrund des sehr kalten Winters 2005/2006 noch geringer ausgefallen, wenn nicht die über einen langen Zeitraum liegende Schneedecke bzw. durch die wüchsige Herbstwitterung kräftigen Wurzeln eine weitere Ausdünnung verhindert hätten. Zwischen der Liniensorte und den Hybridsorten waren keine nennenswerten Unterschiede in der Überwinterungsleistung zu diagnostizieren, was auch den Einstufungen in der Beschreibenden Sortenliste (ANONYMUS 2004b) entspricht. Eine Herbstbehandlung ermöglichte es in beiden Versuchsjahren höhere Überwinterungsraten im Vergleich zur Kontrolle sicherzustellen. Beim Vergleich innerhalb der einzelnen Herbstvarianten unterschieden sich die Behandlungen mit 1,0 l/ha Folicur bzw. 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus bezüglich den Pflanzenausfällen nicht eindeutig voneinander, beide lagen jedoch über dem Niveau von 0,8 l/ha Harvesan. Sehr geringe Pflanzenverluste (95–98 % Überwinterungsrate) hatte im zweiten Versuchsjahr das zur

Zulassung anstehende Produkt Toprex zu verzeichnen, was mit der auffallend flachen Blattstellung bei den Pflanzen dieser Variante erklärt werden könnte und weiterer Untersuchungen bedarf.

Die Bedeutung der Wuchshöhenentwicklung im Frühjahr bzw. Frühsommer ist in erster Linie mit der Anfälligkeit für Lagerbildung in Verbindung zu bringen. Nach LINDENBERG (2003) kann aber keine generelle Beziehung zwischen der Pflanzenlänge und der Neigung zu Lager geknüpft werden. Er verweist auf langstrohige Sorten mit sowohl geringer als auch mit erhöhter Lagerneigung. Auch Hybriden sind laut seiner Aussage nicht pauschal stärker für Lager gefährdet als Liniensorten; dies bestätigen auch die Einstufungen des Bundessortenamtes (ANONYMUS 2004b). Die Gründe für die teils deutlichen Unterschiede im Längenwachstum der Pflanzen zwischen den einzelnen Standorten sind im Wesentlichen auf unterschiedliche Bestandesdichten zurückzuführen. Rapsbestände mit höheren Pflanzenzahlen pro m² treiben sich gegenseitig schneller in die Höhe als dünnere Bestände (KLINGENHAGEN 2004).

Statistisch an allen vier Versuchsstandorten abzusichernde Einkürzungseffekte waren in beiden Jahren zur Bonitur in BBCH 69 nur bei den Fungizidvarianten festzustellen, welche Applikationen im Knospenstadium (BBCH 51-55) enthielten. Im Vergleich der beiden Frühjahrsvarianten konnte 1,0 l/ha Folicur stärker einkürzen als die Kombination 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus, allerdings sind die Unterschiede nicht statistisch zu sichern. Auswertungen von LINDENBERG (2003) zeigen bei einer Frühjahrsanwendung der Produkte Folicur bzw. Caramba bei gleicher Aufwandmenge keine Unterschiede im Einkürzungseffekt sowie in der Verbesserung der Standfestigkeit. Der leichte Vorteil bei Tebuconazol (Folicur) in den eigenen Ergebnissen dürfte auf die reduzierte Aufwandmenge von Metconazol (Caramba), infolge der Zumischung des nicht bzw. nur wenig wachstumsregulierenden Wirkstoffes Boscalid (LANDSCHREIBER und KAAK 2007), zurückzuführen sein. Hinzuweisen ist auf die anhaltende Wirkung der Anwendung von 0,5 l/ha Toprex. Dieses im Herbst applizierte Präparat konnte auch noch zur Wuchshöhenbonitur in BBCH 69 deutliche Einkürzungseffekte aufweisen und widerspricht somit den Aussagen von GRAF et al. (2006), KÖHLER (2005) und RADEMACHER et al. (2002), wonach einkürzende Effekte aus dem Herbst nicht bis ins

Frühjahr erhalten bleiben und folglich nur dem Zweck der erhöhten Überwinterung und Frühjahrsvitalität dienen.

Die Lagerbildung in der unbehandelten Kontrolle mit Werten von maximal 25 % im Versuchsjahr 2004/2005 sowie maximal 31 % im Versuchsjahr 2005/2006 lag auf einem verhältnismäßig geringen bzw. noch akzeptablen Niveau. Besonderer Betrachtung bedarf auch bei diesem Parameter das Produkt Toprex. Durch dessen Anwendung (0,5 l/ha) konnte im ersten Versuchsjahr die Lagerbildung am deutlichsten reduziert werden.

Der Zusammenhang zwischen der Lagerbildung und dem Ertrag wurde auf bestehende Korrelation geprüft, eine Beziehung konnte infolge des relativ gering auftretenden Lagers nicht festgestellt werden.

4.6 Effekte der Fungizidbehandlungen auf den Ertrag und monetären Mehrerlös

Die Ertragswirksamkeit der einzelnen Fungizidvarianten ist vor dem Hintergrund eines im Untersuchungszeitraum bereits in der Kontrolle sehr hohen Ertragsniveaus, zurückzuführen auf eine nur mäßige Lagerbildung sowie einen geringen *Sclerotinia sclerotiorum*-Befall bzw. spät auftretenden Wurzelhalsbefall durch *Phoma lingam* zu diskutieren. In beiden Versuchsjahren waren an allen Standorten keine statistisch zur Kontrollvariante abzusichernden Mehrerträge durch Fungizidapplikationen nachzuweisen. Auch innerhalb der einzelnen Fungizidvarianten konnte sich kein Versuchsglied signifikant abheben. Zudem waren Versuchsglieder vorhanden, bei denen ein Fungizideinsatz nicht in Verbindung mit Ertragszuwachs stand, d. h. nicht das Ernteergebnis der Kontrolle erreicht wurde.

Im Mittel der Versuchsjahre erzielte die Gesundvariante (HFB) die größten Effekte, d. h. die höchsten Ertragszuwächse (+2,5 dt/ha). Dies steht in Übereinstimmung zu KRUSE (2004), der in den kombinierten Dreifachanwendungen im Mittel seiner Versuche des Rapsmonitorings ebenfalls die größten ertragssteigernden Wirkungen erzielte und dies auf akkumulierende Effekte hinsichtlich der Erregerkontrolle an Wurzelhals und Blatt sowie Einflüssen auf die Pflanzenmorphogenese zurückführte. Zweifachbehandlungen (HF) erreichten über die Jahre einen mittleren Ertragsanstieg von +1,7 dt/ha (1,0 l/ha

Folicur/1,0 l/ha Folicur) bzw. +1,1 dt/ha (0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus/1 l/ha Caramba). Eine ausschließliche Behandlung im Frühjahr konnte über die Versuchsjahre hinweg nicht einmal eine Dezitonne zusätzlichen Ertrag sicherstellen. Beim Vergleich zwischen einer Applikation im Herbst (BBCH 14-16) und einer Behandlung im Frühjahr (BBCH 51-55), lag die Herbstanwendung bei der im Versuchszeitraum vorherrschenden Witterungssituation und dem Schaderregerauftreten im Vorteil. Die Ertragswirksamkeit, induziert durch eine Verhinderung von Lager nach einer Frühjahrsbehandlung, wie in Versuchen von WOHLLEBEN (2001), HENNE (2003), sowie KREYE und KOCH (2007) bestätigt, kam infolge der geringen Lagerbildung nicht zum tragen. Auch LINDENBERG (2003) sieht die Notwendigkeit und Rentabilität eines Fungizideinsatzes im Frühjahr in entscheidendem Maße vom tatsächlich auftretenden Lager bestimmt und empfiehlt den Einsatz nur in Sorten mit schwacher Standfestigkeit. Trat bis zur Ernte kein nennenswertes Lager auf, konnte in seinen Versuchen lediglich ein Mehrertrag von 1 % erzielt werden und der Einsatz eines wachstumsregulatorischen Fungizides war nicht empfehlenswert. Bildete sich hingegen Lager, konnte die Frühjahrsbehandlung 6 % Mehrertrag realisieren. BROSCHEWITZ und STEINBACH (1999) beschrieben eine gleichmäßigere Rapsblüte nach einer Anwendung von Azolfungiziden und sahen in dem Fungizideinsatz zur Bestandesregulierung eine höhere Konstanz bezüglich Mehrertrag und monetärem Nutzen als im Einsatz zur Pilzbekämpfung. Die Effekte von Fungizidmaßnahmen im Frühjahr in den bayerischen Versuchen beschreibt FABER (2007) als indifferent und nur in annähernd 50 % der Fälle als wirtschaftlich. Er sieht Applikationen daher in erster Linie bei langwüchsigen Hybriden und in Jahren mit ausreichenden Niederschlägen als gerechtfertigt an.

Aufgrund der noch immer unsicheren Prognose und dem überregional nachgewiesenen geringen Befallsauftreten der Weißstängeligkeit ist eine Blütenbehandlung bei langjährigem Rapsanbau und dichten Fruchtfolgen eine Maßnahme zur Ertragsabsicherung; bei geringerem Rapsanteil in der Region sind Maßnahmen weniger wirtschaftlich (KLINGENHAGEN und JOHNEN 2006). Eine Auswertung von 108 Feldversuchen der Pflanzenschutzdienste der Bundesländer aus den Jahren 1994 bis 2005 zeigte einen Anteil von 65 % unwirtschaftlicher Fungizidmaßnahmen zur Blüte (KLEINHENZ et al. 2006). Die Schwankungsbreite sowie die Abhängigkeit der

Ertragsleistung und der damit verbundenen monetären Vorzüglichkeit einer Blütenbehandlung von den witterungsbedingten Einflüssen weist die Analyse der Fungizidversuche der LfL Bayern in den vergangenen Jahren auf. Waren Blütenbehandlungen in BBCH 65 im Versuchsjahr 2003/2004 aufgrund des hohen Befalles mit *Sclerotinia sclerotiorum* zu 100 % wirtschaftlich, so war dies im Folgejahr 2004/2005 nur in 10 % der Fälle gegeben. Im Durchschnitt der Jahre 1999 bis 2006 waren Blütenapplikationen nur in 44 % der Versuche mit fungizidbereinigten Mehrerträgen wirtschaftlich (FABER 2007, ZELLNER et al. 2006b).

Im Mittel der Versuchsjahre zeigte sich in der vorliegenden Arbeit beim Ertragsvergleich der beiden Blütentermine die vorgezogene Blütenbehandlung in BBCH 59 (Ertragsdifferenz zur unbehandelten Kontrolle: +1,2 dt/ha bei 0,7 l/ha Proline bzw. +1,0 dt/ha bei 0,5 kg/ha Cantus) günstiger als die Maßnahme zur Vollblüte in BBCH 65 (Ertragsdifferenz zur unbehandelten Kontrolle: +0,5 dt/ha bei 0,7 l/ha Proline bzw. +0,6 dt/ha bei 0,5 kg/ha Cantus).

Die ökonomische Bewertung in den eigenen Untersuchungen wies infolge der im Versuchszeitraum (2004/2005, 2005/2006) oft nur geringen ertragssteigernden Wirkung der jeweiligen Fungizidmaßnahmen überwiegend negative ökonomische Effekte einer Behandlung auf. Nach STEINBACH (2007b) werden wirtschaftliche Ergebnisse bei einer Herbstbehandlung vor allem in Jahren mit Witterungsstress nach der Aussaat und den damit verbundenen lückigen oder ungleichmäßig entwickelten Beständen sowie bei Auswinterung durch vorzeitige Sprossstreckung erreicht. Somit ist eine Herbstbehandlung in erster Linie auf Standorten mit einer hohen N-Nachlieferung nach organischer Düngung, dichten Beständen, frühen Aussaatterminen, frohwüchsigen Hybridsorten und als Absicherung auf Kahlfrostdlagen in Betracht zu ziehen. Eine Azol-Behandlung im Herbst konnte in mehrjährigen Versuchen in Rheinland-Pfalz zwar durchschnittlich einen Mehrertrag von 1,7 dt/ha erzielen, allerdings war bei Berücksichtigung der Produkt- und Behandlungskosten die Maßnahme nur in Einzelfällen wirtschaftlich (WEIMAR 2007). Bei mehrjährigen Untersuchungen der Sächsischen Landesanstalt (2004 bis 2006) sowie der Bayerischen Landesanstalt (1997 bis 2005) konnten nur in 16 % bzw. 23 % der Herbstanwendungen wirtschaftliche Mehrerlöse erreicht werden (WEIMAR 2007). Dies unterstreicht GRUNDNER (2007) mit

einer Auswertung bayerischer Versuchsergebnisse von 2002 bis 2006. Im Mittel dieser Jahre ergab eine zusätzliche Herbstbehandlung mit 1,0 l/ha Folicur gegenüber einer alleinigen Frühjahrsbehandlung mit 1,0 l/ha Folicur nur ca. 1 dt/ha Mehrertrag, was nach Abzug der Kosten in einem geringen Defizit resultierte. Versuchsserien der LfL Bayern (1997 bis 2006) zeigten beim Vergleich zwischen Azolbehandlungen in BBCH 14 und BBCH 16-17 Vorteile bei der zeitigeren Maßnahme im 4-Blatt-Stadium (BBCH 14: 28 % wirtschaftlich; BBCH 16-17: 13 % wirtschaftlich) (ZELLNER et al. 2006b).

KLINGENHAGEN (2004) verweist aber auch ohne starke Herbstentwicklung und Auswinterungsverlusten auf eine Ertragsreaktion und wirtschaftlichen Fungizideinsatz im Herbst, wenn ein entsprechender Phomabefall reduziert werden kann.

Durch eine Abreifephase ohne Witterungsextreme und problemloser, zeitiger Ernte in beiden Versuchsjahren, wurden die Nebenwirkungen einer Blütenbehandlung in Bezug auf eine erhöhte Platzfestigkeit der Schoten und damit geringere Vorernte- bzw. Ernteverluste (SCHULZ 1999, LINDENBERG 2003, KRUSE 2004, MÜLLER 2007) nicht oder nur in geringem Ausmaß beansprucht und daraus Mehrerträge abgesichert. Auch technologische Vorteile, wie bessere Druschleistung und längere Druschzeiten infolge geringerer Kornfeuchten, können aus den Erhebungen nicht abgeleitet werden, da die Fungizidvarianten keine signifikanten Auswirkungen auf den Parameter TS-Gehalt zeigten.

Steigen die Notierungen für Rapssaat bzw. Rapsöl mit der anwachsenden Nachfrage durch die Ausweitung der Verwertungsmöglichkeiten (Speiseöl, Bemischungsquoten für Biodiesel, etc.) weiter an und bleibt auf absehbare Zeit der Rohölpreis hoch, wovon derzeit auszugehen ist, können positivere monetäre Effekte und damit deutlich bessere Wirtschaftlichkeiten einer höheren Intensität im Rapsanbau erreicht werden. SCHACKMANN (2007) verweist zudem auf die Tendenz zu niedrigeren Bestandesdichten (Reduzierung der Saatgutkosten, Einzelkornsaat); diese erlauben keine nennenswerten Pflanzenausfälle mehr und lassen damit eine Ertragsabsicherung durch Fungizideinsatz an Bedeutung gewinnen.

Anhand der eigenen Ergebnisse dokumentiert, fanden die dargestellten und gesicherten biotischen (Pathogene) und abiotischen (Morphologieeinfluß) Effekte fungizider Anwendungen als Summe biologischer Folgereaktionen auf das Rapsanbausystem keinen

nachweisbaren Ertragsniederschlag. Derzeitige Anbausysteme in Zusammenhang mit existenten Rapssorten zeigen, wie auch in anderen Arbeiten (KRUSE 2004, MÜLLER 2007, BREMER 2008) verdeutlicht, dass bei den beschriebenen Konstellationen eine zwangsmäßige Indikation gegen das dominante Pathogenspektrum (*Phoma lingam*) nicht zielführend ist.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde in zweijährigen Feldversuchen (2004/2005, 2005/2006) das Befallsauftreten von Pathogenen an Winterraps an vier Standorten in Bayern erfasst. Epidemiologische, wachstumsregulatorische und ertragliche Effekte des Einsatzes von Fungiziden zu differenzierten Terminierungen (Herbst, Frühjahr, vorgezogene Blüte, Blüte, Kombinationen) wurden analysiert.

Die dominante Erregerart stellte *Phoma lingam*, der Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule dar; standortspezifische Unterschiede im Befallsauftreten konnten nachgewiesen werden. In beiden Versuchsjahren differierte die Befallshäufigkeit (BHB) zwischen den einzelnen Standorten deutlich geringer als die Befallsstärke. Nach einer progressiven Erregerausbreitung konnte sowohl im Herbst als auch im Frühjahr eine vollständige Bestandesdurchseuchung am Blattapparat mit 100 % BHB bonitiert werden. Eine Herbstbehandlung mit Fungiziden zeigte eine sehr hohe Wirkungspotenz mit einem ausgeprägten, signifikanten Reduktionseffekt auf die als hoch einzustufende Befallsstärke (BSB) an den Rapsblättern; in beiden Jahren war eine Reihung der Wirkungspotentiale 0,7 l/ha Caramba + 0,4 kg/ha Cantus über die Variante 1,0 l/ha Folicur zu 0,8 l/ha Harvesan gegeben. Am Wurzelhals der Rapspflanzen war *Phoma lingam* erst verzögert festzustellen; nennenswerte Schadsymptome waren nicht vor dem Zeitpunkt der Blüte gegeben. Der Befall stieg innerhalb von wenigen Wochen während der Abreife in der unbehandelten Kontrolle auf maximale Befallswerte von 7,2 (2004/2005) bzw. 6,9 (2005/2006) bei der Abschlußbonitur an. Innerhalb der Fungizidvarianten zeigten Strategien mit einer Herbstbehandlung (H/HF/HFB) die stärkste befallsreduzierende Wirkung am Wurzelhals. Der im Herbst auf den Blättern etablierte Primärbefall stand in Zusammenhang mit dem Wurzelhalsbefall im kommenden Sommer. Frühjahrsbehandlungen (F/HF/HFB) gewährleisteten die stärkste fungizide Kontrolle von *Phoma lingam* am Stängel.

Ein Befallsauftreten der Weißstängeligkeit, verursacht durch den Erreger *Sclerotinia sclerotiorum*, wurde nur in geringem Maße festgestellt. Zu BBCH 85 konnten in der unbehandelten Kontrolle maximal nur Werte von 16 % (2004/2005) bzw. 22 %

(2005/2006) BHB dokumentiert werden. Die Quantität der Apothecienbildung erwies sich als ein nur sehr ungenaues Kriterium zur Prognose des späteren Befallsgrades.

Verticillium longisporum war an allen Standorten anhand spezifischer Mikrosklerotien nachzuweisen, zwischen den einzelnen Versuchsorten differierte das Befallsniveau aber deutlich. Standorte mit engerer, d. h. dreigliedriger, Fruchtfolge wiesen die höchsten Befallswerte auf. Fungizide Bekämpfungseffekte auf *Verticillium longisporum* waren nicht festzustellen.

Wachstumsregulatorische Effekte bezüglich der Einkürzung der Sprossachsenlänge waren bei allen im Herbst mit Fungiziden behandelten Varianten nachzuweisen; am stärksten ausgeprägt nach der Applikation von 1,0 l/ha Folicur. In beiden Versuchsjahren führte eine Herbstbehandlung zu höheren Überwinterungsraten.

Aufgrund des spät auftretenden (Wurzelhalsbefall mit *Phoma lingam*) bzw. geringen (*Sclerotinia sclerotiorum*) Pathogenbefalls und eines nur mäßigen Lagerdruckes wurden in beiden Versuchsjahren keine zur Kontrollvariante statistisch abgesicherten Mehrerträge durch Fungizidapplikation erzielt. Die nachgewiesene Befallskontrolle des Hauptschadpathogens *Phoma lingam* stand nicht im Zusammenhang mit der Ertragsleistung; die Wirtschaftlichkeitsprüfung ergab infolge der oft nur geringen ertragssteigernden Wirkung vielfach negative ökonomische Effekte einer Fungizidbehandlung. Die Effizienz fungizider Maßnahmen hinsichtlich der Erregerkontrolle, pflanzenmorphologischer Auswirkungen und der Erregertoleranz von Sorten wird im Zusammenhang der Wirt-Parasit-Interaktion diskutiert.

6 Summary

The occurrence of infestations of pathogens on oilseed rape at four locations in Bavaria in the course of two-year field trials (2004/2005, 2005/2006) was recorded in the present paper. Epidemiological, growth regulating and yield effects of the use of fungicides with a differentiated scheduling (autumn, spring, early flowering, flowering, combinations) were analysed.

The dominant pathogen was *Phoma lingam*, pathogen of the stem and root collar canker; location related differences in the occurrence of infestation were proven. The infestation frequency between the individual locations varied considerably less than the infestation degree. A complete crop rate of infestation of the leaf apparatus was assessed with an infestation frequency of 100 % after a progressive pathogen spread both in autumn and spring. Fungicide treatment in autumn resulted in a high potency with a distinctive and significant reduction effect of the infestation degree of the oilseed rape which was classified high; a sequence of the potential effect of 0.7 l/ha Caramba + 0.4 kg/ha Cantus by means of the version 1.0 l/ha Folicur to 0.8 l/ha Harvesan was given in both years. *Phoma lingam* was only determinable after a comparably delayed period on the root collar of the oilseed rape plant; noteworthy damage symptoms were not given before flowering. Infestation within few weeks during the maturation increased to infestation values of the untreated examination up to 7.2 (2004/2005) and 6.9 (2005/2006) respectively at the final assessment. Strategies with an autumn spraying (autumn/autumn spring/autumn spring flowering) resulted in the best infestation reducing effects on the root collar within the fungicide versions. Primary infestation established on the leaves in autumn was linked with the root collar infestation in the upcoming summer. Spring treatments (spring/autumn spring/autumn spring flowering) guaranteed the best fungicidal control of *Phoma lingam* on the stem.

An occurrence of infestation of stem rot caused by the pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* was only established at a low extent. With regard to BBCH 85, an infestation frequency of only 16 % (2004/2005) and 22 % (2005/2006) respectively at the most could be analysed in the untreated examination. Sclerotia depots proved to be a very inaccurate forecast for the later infestation rate.

Verticillium longisporum was detected on all locations by means of specific microsclerotia, however, infestation grades were explicitly different between the individual trial places. Locations with a narrower crop rotation, e.g. three rows, showed the highest infestation values. Fungicidal control effects on *Verticillium longisporum* could not be established.

Growth regulating effects, e.g. cutting of the axial length of the sprouts, could be detected in all versions which were treated with fungicides in autumn; with the strongest development after treatment with 1.0 l/ha Folicur. The autumn application resulted in higher hibernation rates during both trial years.

No statistically confirmed extra yields were harvested by fungicide application on all locations as examination method during both trial years by virtue of a pathogen infestation occurring delayed (root collar canker with *Phoma lingam*) and minor (*Sclerotinia sclerotiorum*) respectively and a modest bearing pressure. The proven infestation reduction of the main damage pathogen *Phoma lingam* was not linked with the yield performance; the profitability examination often resulted in negative ecological effects of a fungicide treatment due to the yield increasing effects which were often only minor. The efficiency of fungicidal measures with regard to the pathogen control, plant morphological effects and the pathogen margin of varieties is discussed within the scope of the host-parasite-interaction.

7 Literaturverzeichnis

- Abawi, G.S., Grogan R.G. (1979): Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species, *Phytopathology* **69**, 899-903
- Achar, P.-N. (1998): Effects of temperature on germination of *Peronospora parasitica* conidia and infection of *Brassica oleracea*, *Journal of Phytopathology* **146**, 137-141
- Abbot, W.S. (1925): A method of computing the effectiveness of an insecticide, *Journal of Economic Entomology* **18**, 265-267
- Ahlers, D. (1986): Untersuchungen über den Erreger der Weißstengeligkeit *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary an Winterraps – Sortenresistenz – Epidemiologie – Krankheitsverlauf – Prognose, Diss. Universität Bonn
- Aigner, A. (2002): Bringt eine fungizide Zusatzbeizung des Rapssaatgutes gegen Falschen Mehltaus einen Vorteil? - Erfahrungen aus Süddeutschland, *Raps* **20**, 121
- Aigner, A., Rehm, A. (2006): Versuchsergebnisse aus Bayern – Landessortenversuch Winterraps, LfL Bayern, Freising
- Alberts, B. et al. (1997): *Molekularbiologie der Zelle*, 3. Auflage, VCH Weinheim, New York
- Alpmann, L. (2007): <http://www.rapool.de/index.cfm/startid/133/doc/292/cfid/1466506/cftoken/62397577.html>, 27.10.2007
- Amelung, D., Schulz, R.-R., Daebeler, F. (1996): Einfluss der Fruchtfolge auf Rapskrankheiten, *Raps* **14**, 52-56
- Ammermann, E., Stierl, R., Hanke, W., et al. (2002): Nicobifen – The foundation of a new fungicide family, APS Annual Meeting, July 27-31, Milwaukee, Wisconsin
- Allmendinger H. (1991): Methode zur gaschromatographischen Bestimmung von Rückständen der Fungizide Follicur und Bayfidan in Pflanzenmaterial und Boden, *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **44** (1), 5-66
- Anonymus (2002): Gewinner ist immer Ihr Raps, BASF AG, Limburgerhof
- Anonymus (2003a): Proline, Technisches Produktprofil, Bayer CropScience, Langenfeld
- Anonymus (2003b): Cantus, das Premium-Rapsfungizid, Spitzenleistung für mehr Ertrag, BASF AG, Limburgerhof

- Anonymus (2004a): Vorläufige Gebrauchsanleitung, Produkt SYD 21510 F, Syngenta Agro GmbH, Maintal, 14.09.2004
- Anonymus (2004b): BSA –Beschreibende Sortenliste 2004, Bundessortenamt, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH
- Anonymus (2004c): <http://www.biosicherheit.de/de/raps/landwirtschaft/47.doku.html>, 27.10.2007
- Anonymus (2006a): Pflanzenschutzmittel, Blatt- und Spurennährstoffdünger 2007, BASF AG, Limburgerhof
- Anonymus (2006b): Produktliste Pflanzenschutzmittel 2007, Bayer CropScience AG, Langenfeld
- Anonymus (2006c): Sicherheitsdatenblatt, Produkt Folicur, Bayer CropScience AG, Mohnheim, 10.2.2006
- Anonymus (2006d): Sicherheitsdatenblatt, Produkt Caramba, BASF AG, Ludwigshafen, 18.08.2005
- Anonymus (2006e): Sicherheitsdatenblatt, Produkt Proline, Bayer CropScience AG, Mohnheim, 18.06.2004
- Anonymus (2006f): Sicherheitsdatenblatt Produkt Harvesan, DuPont de Nemours GmbH, Bad Homburg, 23.11.2006
- Anonymus (2006g): Sicherheitsdatenblatt Produkt Score, Syngenta Agro GmbH, Maintal, 16.01.2006
- Anonymus (2006h): Formulierungsbeschreibung Produkt Score, Syngenta Agro GmbH, Maintal, 09.10.2006
- Anonymus (2006i): DuPont Pflanzenschutz – Erfolg im System, Produktinformation 2007, DuPont de Nemours GmbH, Bad Homburg
- Anonymus (2006j): Anbauflächen und Ertragsentwicklung Winterraps, Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, München
- Anonymus (2006k): Agrarmärkte Jahresheft 2006, Teilauszug Ölsaaten und Eiweißpflanzen, LfL Bayern, Freising
- Anonymus (2007a): <http://www.uni-muenster.de/Rektorat/Forschungsberichte-1999-2000/fo13ac07.htm>, 9.8.2007
- Anonymus (2007b): <http://www.alanwoodnet/pesticides/index.html>, 20.08.2007

- Anonymus (2007c): Gebrauchsanweisung Produkt Harvesan, DuPont de Nemours GmbH, Bad Homburg,
http://www.dupont.com/PPP/de_DE/productServices/fungizide/harvesan.htm,
14.08.2007
- Anonymus (2007d): <http://www.chemicalland21.com/lifescience/agro/Paclobutrazol.htm>,
12.08.2007
- Anonymus (2007e): http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Ergosterol_structure.svg,
24.08.2007
- Anonymus (2007f): <http://de.wikipedia.org/wiki/Cholesterin>, 24.08.2007
- Anonymus (2007g): <http://www.cma.de/content/rapsoel/rapsoel-herstellung.php>,
27.10.2007
- Anonymus (2007h): http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136206,0_45570467&_dad=portal&_schema=PORTAL, 27.10.2007
- Anonymus (2007i): <http://www.rapool.de/index.cfm/startid/85/doc/269//cfid/720302/cftoken/82594921.html>, 27.10.2007
- Archer, S.A., Mitchell, S.J. und Wheeler, J. (1992): The effects of rotation and other cultural factors on sclerotinia in oilseed rape, peas and potatoes, The Brit. Crop. Protect. Conf., 23.-26. November 1992, Brighton, UK - Pests & Diseases **1**, 99-108
- Baloch, R.I., Mercer, E.I., Wiggins, T.E. & Baldwin, B.C. (1984): Where do morpholines inhibit sterol biosynthesis?, Brit. Crop Protection Conf. – Pests and Diseases, Vol. **3**, 893-898
- Bardinelli, T.R., Ypema, H.L., Barnes, J.S., et al. (2002): Nicobifen (BAS 510 F): A new fungicide for use on vegetables, field crops and turfgrass, APS 2002 Annual Meeting, July 27-31, Milwaukee, Wisconsin
- Barnes, E.H. (1978): Atlas and Manual of Plant Pathology, Plenum Press, New York and London
- Berg, D., Born, L., Büchel, K.-H. et al. (1987): HWG 1608 – Chemie und Biochemie eines neuen Azolfungizides, Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **40** (2), 111-132
- Blankennagel, R. (1998): Erfahrungen mit Caramba als Fungizid und Wachstumsregler in Raps, Mitt.a.d. Biolog. Bundesanst. **357**, 397
- Blumenschein, F. (2007): Besonders für Raps gilt – wie die Saat, so die Ernte, In: http://www.saatbaulinz.at/sor_showArtikel.asp?id=66, 25.10.2007

- Biddulph, J.E., Fitt, B.D.L., Leech, P.K., Gladders, P. (1999): Effect of temperature and wetness duration on infection of oilseed rape leaves by ascospores of *Leptoshaeria maculans* (stem canker), *European Journal of Plant Pathology* **105**, 769-781
- Bockey, D. (2006a): Biodiesel, In: Raps – Anbau und Verwertung einer Kultur mit Perspektive, 27-42, Landwirtschaftsverlag Münster
- Bockey, D. (2006b): <http://www.itas.fzk.de/tatup/061/bock06a.htm>, 27.10.2007
- Bockey, D. (2006c): Rohstoffpotentiale für die Produktion von Biodiesel – eine Bestandsaufnahme, UFOP e.V., Berlin
- Bockey, D. (2007): Biodiesel, In: Christen, O., Friedt, W. Winterraps – Das Handbuch für Profis, 264–267, DLG Verlag, Frankfurt am Main
- Börner, H. (1997): Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 7. neubearbeitete Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Bokor, A., Barbetti, M.J., Brown, A.G.P., McNish, G.C. (1975): Blackleg of rapeseed, *Journal Agric. West. Austr. Series* **16**, 7-10
- Brauer, D. (2007): Die Geschichte des Rapsanbaus, In: Christen, O., Friedt, W. Winterraps – Das Handbuch für Profis, 9-16, DLG Verlag, Frankfurt am Main
- Bremer, H. (2008): Entwicklung eines Prognosemodells zur gezielten Bekämpfung von *Phoma lingam* im Rahmen eines bundesweiten Raps-Monitoring, Diss. Universität Kiel
- Broschewitz, B., Steinbach, P. (1999): Einsatz von Wachstumsreglern im Winterraps, *Raps* **17**, 12-15
- Chan, K.Y., Heenan, D.P. (1996): The influence of crop rotation on soil structure and soil physical properties under conventional tillage, *Soil & Tillage Research* **37**, 113-125
- Child, R.D., Evans, D.E., Allen, J., Arnold, G.M. (1993): Growth responses in oilseed rape (*Brassica napus* L.) to combined applications of the triazole chemicals triapenthenol and tebuconazole and interactions with gibberellin, *Plant Growth Regulation* **13**, 203-212
- Cremlyn, R.J. (1991): Agrochemicals – Preparation and Mode of Action, John Wiley & Sons, Chichester, New York

- Daebeler, F., Amelung, D., Zeise, K. (1988): *Verticillium*-Welke an Winterraps – Auftreten und Bedeutung, Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR **42**, 61-84
- Daebeler, F., Steinbach, P., Amelung, D., Schulz, R.-R. (1992): Auftreten, Epidemiologie, Bedeutung und Möglichkeit einer Bekämpfung von *Cylindrosporium concentricum* Grev. (Teleomorph: *Pyrenopeziza brassicae* Sutton et Rawlinson) am Winterraps, Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **44**, 109-113
- Deimel, H., Schramm, H. (1990): Folicur, Matador und Matador plus Dyrene, neue Fungizide mit breitem Wirkungsspektrum, Gesunde Pflanzen **42** (4), 133-139
- Deuker-Isermeyer, B., Kellner, G., Hoppe, H. (1991): Einsatz von Wachstumsreglern in Winterraps, Gesunde Pflanzen **43**, 294-299
- Diepenbrock, W. (2004): Rekordernte bei Winterraps – Ursachen und Hintergründe, Raps **22**, 148-151
- Dutzmann, S. und Suty-Heinze, A. (2004): Prothiconazole: a broad spectrum demethylation-inhibitor (DMI) for arable crops, Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **57** (2), 249-264
- Dunker, S., Tiedemann von, A. (2004): Befalls-Verlust-Relationen für Pathogene im Winterraps, Mitt. a. d. Biolog. Bundesanst. **396**, 66
- Dunker, S. (2005): Untersuchungen zur Schadwirkung von *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib. de Bary) und *Verticillium longisporum* (comb. nov. Karapapa) in Winterraps (*Brassica napus*), Diss. Universität Göttingen
- Dunker, S., Tiedemann von, A. (2005): Zur Ertragswirkung von Pilzkrankheiten im Raps, Raps **23**, 16-19
- Dunker, S. und Tiedemann von, A. (2006): *Verticillium longisporum* – Eine neue Krankheit im Rapsanbau, Raps **24**, 194-197
- Ehr, R.J., Kemmitt, G., Ouimette, D. (2004): Periodic Table of the Fungicides 2.0, Dow AgroSciences LLC, Indianapolis
- Ellis, M.B. und Waller, J.M. (1974): *Sclerotinia fuckeliana* (conidial state *Botrytis cinerea*), CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 431, Commonwealth Mycological Institute (Edit). Kew, Surrey, England, Set 44
- Elstner, E.F.; Oßwald, W., Schneider, I. (1996): Phytopathologie, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin

- Faber, M. (2007): Raps: Worauf es im Süden ankommt, Top Agrar, Januar 2007, 76-79
- Fort, T.M. and Moberg, W.K. (1984): DPX-H 6573, a new broad spectrum fungicide candidate, Proc. Brit. Crop. Protect.Conf. **2**, 413-419
- Feser, M. (1992): Die Integration chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen gegen *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. et de Not. (Imperfektstadium *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm.), dem Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule an Winterraps, Diss. TU München
- Fishan, J. (1993): Beeinflußbarkeit der Ontogenese von Raps (*Brassica napus* L.) durch exogen applizierte Wachstumsregulatoren (Gibberelline – Dominanzbeziehungen – Ertragsstrukturen), Diss. Universität Giessen
- Franke, W. (1989): Nutzpflanzenkunde, 4. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Garbe (1996): Krankheiten im Raps – Was tun?, Raps **14**, 156-159
- Garbe, V. (1999): Krankheiten im Winterraps in Europa – Wo steht der integrierte Pflanzenschutz? Raps **17**, 68-71
- Garbe, V. (2000a): Wurzelhals- und Stängelfäule, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt, **373**, 44-45
- Garbe, V. (2000b): Weißstängeligkeit, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt, **373**, 47-48
- Garbe, V. (2000c): Rapswelke oder Verticillium-Stängelfäule, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt, **373**, 46-47
- Garbe, V. (2000d): Effekte unterschiedlicher Saatgutbehandlung zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus (*Peronospora parasitica*) in Winterraps, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt, **376**, 195-196
- Gilgenberg-Hartung, A. (1999): Metconazol - Ein neues Fungizid zur Bekämpfung von Getreide- und Rapskrankheiten, Gesunde Pflanzen **51** (2), 55-57
- Gladders, P., Musa, T.M. (1979): The development of *Leptosphaeria maculans* in winter oilseed rape and its implications for disease control, Proc. Brit. Crop. Conf. Pests and Diseases, 129-136
- Gladders, P., Fitt, B.D.L, Turner, J.A. (1999): Improving strategies to control canker in the UK, Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, September 26-29, Canberra, Australia

- Graebe, J.E. (1987): Gibberellin biosynthesis and control, *Ann. Rev. Plant Physiol.* **38**, 419-465
- Graf, T., Biertümpfel, A., Heydrich, R., Rudel, H. (2006): Möglichkeiten zur Verbesserung der Überwinterungsfähigkeit bei Winterraps, *Raps* **24**, 180-185
- Grundner, M. (2007): Fungizide im Raps selten rentabel, *Bayrisches Landwirtschaftliches Wochenblatt* **36**, 25-26
- Günzelmann, H., Paul, V.H. (1990): Zum Auftreten und zur Bedeutung der *Verticillium*-Welke an Raps in der Bundesrepublik Deutschland 1989, *Raps* **8**, 23-25
- Haas, M. and Justus, K. (2004): Metabolism of Prothioconazole (JAU 6476) in animals and plants, *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **57** (2), 207-224
- Häuser-Hahn, I., Baur, P. und Schmitt, W. (2004): Prothioconazole – a new dimension DMI Biochemistry, mode of action, systemic effects, *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **57** (2), 237-248
- Hallmann, J., Quadt-Hallmann & Tiedemann von, A. (2007): *Phytomedizin*, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- Hammond, K.E., Lewis, B.G., Musa, T.M. (1985): A systemic pathway in the infection of oilseed rape plants by *Leptoshaeria maculans*, *Plant Pathology* **34**, 557-565
- Hawksworth, D.L., Talboys (1972): *Verticillium dahliae*, CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 256, Commonwealth Mycological Institute (Edit.) Kew, Surrey, England, Set 26
- Heinemann, O. (2004): Analytical method for the determination of residues of Prothioconazole in/on cereals and oilseed rape by HPLC with electrospray ionization and MS/MS-detection, *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **57** (2), 181-206
- Heitefuss, R. (2000): *Pflanzenschutz, Grundlagen der praktischen Phytomedizin*, 3. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York
- Heitefuss, R., König, K., Obst, A., Reschke, M. (2000): *Pflanzenkrankheiten und Schädlinge im Ackerbau*, 1. Nachdruck, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
- Hellpointer, E. und Borchers, H. (2004): Behaviour of Prothioconazole (JAU 6476) in the environment, *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **57** (2), 163-180

- Henne, U. (2003): Bestandesentwicklung von Raps – Einflüsse unterschiedlicher Bodenbearbeitungsvarianten und Wechselwirkungen von Herbst- und Frühjahrsbehandlungen, *Raps* **21**, 164-169
- Henry, M.J. (1990): Mode of Action of the Fungicide in *Ustilago maydis*, *Pesticide Science* **28**, 35-42
- Hewitt, H.G. (1998): Fungicides in Crop Protection, CAB international, Oxon and New York, 144-147
- Hiroyuki, I., Harukazu, Hiroshi, O. und Hideo, T. (2001): Synthesis and Fungicidal Activities of Silicon-Containing Derivates of 2-Acryl-3-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)propanenitriles, *Chem. Pharm. Bull.* **49** (7), 909-911
- Hock, B., Elstner, E. F. (1995): Schadwirkungen auf Pflanzen, 3. überarbeitete Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin
- Hoffmann, G. (1990): Use of plant growth regulators in arable crops: Survey and outlook. In: Karrssen, C.M., L.C. van Loon & D. Vreugdenhil (Hrsg.): *Progress in Plant Growth Regulation*, Kluwer Academic Publishers, 798-808
- Hoffman, G.M., Nienhaus, F., Poehling, H.-M. et al. (1994): Lehrbuch der Phytomedizin, 3. neubearbeitete Auflage, Blackwell Wissenschaftsverlag Berlin
- Hoffmann, G. und Schmutterer, H. (1999): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, 2. erweiterte und ergänzte Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Hornig, H. (1983): Zur Epidemiologie und Bekämpfung der Weißstengeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) – Einige Feststellungen, Resultate und ungelöste Fragen, *Raps* **1**, 31-34
- Hornig, H. (1990): Krankheiten und Schädlinge im Rapsanbau aus norddeutscher Sicht, *Raps* **8**, 202-206
- Hutson, D., Miyamoto, J. (1998): Fungicidal Activity, Wiley-VCH Verlag Weinheim, New York
- Jabs, T., Gunkel, C., Pfirrmann, J., Scherer, M., Ypema, H.L. (2004): Physiological effects of the new fungicide boscalid on crop quality, *Phytopathology* **94**, 45
- Jautelat, M., Elbe, H.-L., Benet-Buchholz, J. und Etzel, W. (2004): Chemistry of Prothioconazol (JAU 6476), *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **57** (2), 145-162

- Johansson, A., Goud, J.-K., Dixelius, C. (2005): Plant host range of *Verticillium longisporum* and microsclerotia density in Swedish soils, *European Journal of Plant Pathology*, **114**, 139-149
- Kaspers, H. und Siebert, R. (1989): Folicur (Tebuconazole – Einsatzmöglichkeiten gegen Rapskrankheiten, *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **42** (2+3), 131-148
- Kahl, R. (2003): Was tun mit schwachen Winterrapsbeständen?, *Raps* **21**, 4-9
- Kleffmann, B. (2007): Deutscher Pflanzenschutzmarkt - Paneldaten, Kleffmann Group Marktforschung, Lüdinghausen
- Kleinhenz, B., Koch, S., Tiedemann von, A., Sander, R. (2006): Prognose der Weißstängeligkeit mit SkleroPro, *Raps* **24**, 68-72
- Klingenhagen, G. (2004): Mit der richtigen Größe in den Winter, *Raps* **22**, 156-159
- Klingenhagen, G., Johnen, A. (2006): Lohnt die Blütenbehandlung im Raps?, *Raps* **24**, 64-67
- Köhler, T. (2005): Angepaßte Empfehlungen und Strategien des Pflanzenschutzes zur Winterrapsproduktion in Thüringen, 10. Thüringer Rapstag, Schriftenreihe **5**, 54-60
- König, K., Steck, U., Zellner, M. (1996): Integrierter Pflanzenschutz – Rapskrankheiten, Bayrische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising
- König, K., Klein, W., Grabler, W. (1999): Sachkundig im Pflanzenschutz, 6. überarbeitete Auflage, BLV Verlagsgesellschaft München, Wien
- Krause, U., Koopmann, B., Ulber, B. (2007): *Phoma lingam* an Winterraps, Eiablage des Rapsstängelrüsslers begünstigt frühe Stängelinfektionen, *Raps* **25**, 32-34
- Kreimeier, M. (2004): Anwendung und Analyse der Blütenblatttests zur Prognose der Weißstängeligkeit (*Sclerotinia Sclerotium* (Lib.) de Bary) an Winterraps, Bachelor-Arbeit, Universität Kiel
- Kreimeier, M. (2006): Analyse des Zusammenhanges von Blütenblatt- und Stängelbefall induziert durch den Erreger der Weißstängeligkeit (*Sclerotinia Sclerotium* (Lib.) de Bary) in Winterraps, Schleswig-Holstein, 2004, 2005, Master Arbeit, Universität Kiel
- Kreye, H. (2003): Auftreten von Krankheiten im Raps, Welche Rolle spielen Fruchtfolge und Bodenbearbeitung? *Raps* **21**, 66-69

- Kreye, H., Koch, S. (2007): Welchen Pflanzenschutz benötigen Winterraps-Halbzwerghybriden?, Raps **25**, 24-28
- Kropf, U. (1996): Frühdiagnose von Krankheitserregern in Getreide, Raps und Zückerrüben mittels Saatgutuntersuchung und Sporenanalyse, NU Agrar GmbH, Flensburg
- Krüger, W. (1974): Die Beeinflussung der Apothecien- und Ascosporen-Entwicklung des Rapskrebses *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary durch Umweltfaktoren, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **82**, 101-108
- Krüger, W. (1976): Untersuchungen zur Beeinflussung der Apothecienentwicklung von *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienst **28**, 129-135
- Krüger, W. (1982): Die Wurzelhals- und Stängelfäule des Rapses verursacht durch *Phoma lingam* (stat. gen. *Leptosphaeria maculans*), eine schwer bekämpfbare Krankheit, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **89**, 498-507
- Krüger, W. (1983): Raps, Krankheiten und Schädlinge, Semundo Saatzucht GmbH, Hamburg
- Krüger, W. (1986): *Verticillium dahliae* Kleb., Auftreten und Beurteilung bei Raps in Schleswig-Holstein, Raps **4**, 14-16
- Krüger, W. (1989): Untersuchungen zur Verbreitung von *Verticillium dahliae* Kleb. und anderen Krankheits- und Schaderregern bei Raps in der Bundesrepublik Deutschland, Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **41**, 49-56
- Kruse, T. (2004): Epidemiologie, Bedeutung und integrierte Bekämpfungsmöglichkeiten von *Leptosphaeria maculans* (*Phoma lingam*) sowie pilzlicher Krankheitserreger im schleswig-holsteinischen Winterrapsanbau (*Brassica napus* L. var. *napus*), Diss. Universität Kiel
- Kruse, T., Verreet, J.-A. (2005): Epidemiological studies on winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *napus*) infected by *Phoma lingam* (Teleomorph *Leptosphaeria maculans*) and the effects of different fungicide applications with Folicur[®] (tebuconazole), Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **112**, 17-41
- Kuck, K.-H. und Mehl, A. (2004): Sensitivity profile and anti-resistance strategy, Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **57** (2), 225-236
- Lamey, A. und Bradely, C.A. (2003): Sclerotinia Stem Rot of Canola, Biology and Management, http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/crops/pp1201_w.htm, 01.11.2007

- Landschreiber, M. (2004): Weißstängeligkeit – Nach wie vor eine ernst zu nehmende Krankheit, Raps **22**, 12-15
- Landschreiber, M. (2005): Wichtige Krankheiten, die den Raps gefährden können, Raps **23**, 52-57
- Landschreiber, M. (2007a): Bekämpfung der Weißstängeligkeit – ein Muss oder Chance zum Verzicht?, Landpost 14. April 2007, 30-34
- Landschreiber, M. (2007b): Pilzkrankheiten im Winterraps, Raps **25**, 56-60
- Landschreiber, M., Kaak, J. (2007): Kontrollieren Sie zeitig die Rapsbestände, Top Agrar, Januar 2007, 74-76
- Lange, H. (1986): Agrarchemie, Verlag Harri Deutsch Thun, Frankfurt/Main
- Lever, B.G., Shearing, S.J., Batch, J.J. (1982): PP 333 – a new broad spectrum growth retardant, Proc. Brit., Crop Protect. Conf. – Weeds **1**, 3-10
- Lindenberg, H. (2003): Fungizid- und Wachstumsreglereinsatz im Frühjahr, Raps **21**, 60-65
- Lucas, J.A. (1998): Plant pathology and Plant Pathogens, 3rd Edition, Blackwell Science, Oxford, London, Edinburgh,
- Mauler-Machnik, A., Rosslenbroich, H.-J., Dutzmann, et al. (2002): JAU 6476 – a new dimension of DMI fungicide, The Brit. Crop. Protect. Conf., 18.-21. November 2002, Brighton, UK - Pests & Diseases **1**, 389-394
- Maylandt, M., Bothe, C.H. (2006): Biologie, Diagnose und Bekämpfung pilzlicher Krankheiten im Raps, In: Raps – Anbau und Verwertung einer Kultur mit Perspektive, 72-81, Landwirtschaftsverlag Münster
- McGee, C. (1977): Black leg (*Lepthospaeria maculans* (Desm.) Ces. et de Not.) of rapeseed in Victoria: sources of infection and relationships between inoculum, environmental factors and disease severity, Australian Journal Agric. Res. **28**, 53-62
- McQuilken, M. (2001): In: BSPP News Autumn 2001- Online Edition, International Sclerotinia Workshop 8-12 July 2001, The Newsletter of the Brit. Crop Prot. Soc. For Plant Pathology **40**
- Meier, U., Bleiholder, H. (2006): BBCH Skala, Phänologische Entwicklungsstadien wichtiger landwirtschaftlicher Kulturen, einschließlich Blattgemüse und Unkräuter, Agrimedia GmbH, Bergen/Dumme

- Metha, N., Saharan, G.S., Sharma, O.P. (1995): Influence of temperature and free moisture on the infection and development of downy mildew on mustard, *Plant Disease Research* **10**, 114-121
- Mielke, T. (2006): Die überragende Bedeutung des Weltmarktes für die Preisentwicklung für Raps für die Europäischen Union, In: *Raps – Anbau und Verwertung einer Kultur mit Perspektive*, 72-81, Landwirtschaftsverlag Münster
- Moberg, W.K., Basarab, G.S., Cuomo, J. Liang, P.H. (1987): Biologically active organosilicon compounds: silicon-containing triazole fungicides, *Pesticide Science and Biotechnology Proceedings of the Sixth International Congress of Pesticide Chemistry*, Ottawa, 10-15 August, 1986, 57-60
- Müller, M., Bremer, H. (2005): IPS-Modell Raps, Integriertes Pflanzenschutzmodell für Raps, *Raps* **23**, 162-165
- Müller, M. (2007): Epidemiologische, wachstumsregulatorische und ertragliche Effekte von Fungiziden gegenüber *Phoma lingam* ([Tode ex. Fr.] Desm.) im Winterraps (*Brassica napus L. var. napus*), Diss. Universität Kiel
- Nultsch, W. (1996): *Allgemeine Botanik*, 10. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- Paul, V.H. (2003): *Raps – Krankheiten, Schädlinge, Schadpflanzen*, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer
- Petersen, H.H. (2004): Die neue Powerbeize Cruiser[®] OSR - ein wichtiger Beitrag zur Gesundheit. In: *Raps spezial – Antworten auf Ihre Fragen*, Syngenta Agro GmbH, Maintal
- Pouzet, A. (1995): *Agronomy*, In: Kimber, D.S., McGregor, D.I. *Brassica oilseeds, production and utilization*, CAB International, Wallingford UK
- Punithalingam, E., Holliday P. (1972): *Leptosphaeria maculans*, CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 331, Commonwealth Mycological Institute (Edit.) Kew, Surrey, England, Set 34
- Pschyrembel, W. (1998): *Klinisches Wörterbuch*, 258. neu bearbeitete Auflage, Walter de Gruyter Verlag, Berlin
- Rademacher, W. (2000): Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways, *Annual review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* **51**, 501 – 531
- Rademacher, W., Grossmann, K., Günther, S. (2002): Bestandesführung im Herbst, *Raps* **20**, 132-135

- Ruess, W.H., Riebli, P., Herzog, J. et al. (1988): CGA 169374, a new systemic fungicide with a novel broad-spectrum activity against disease complexes in a wide range of crops, The Brit. Crop. Protect. Conf., 21.-24. November 1988, Brighton, UK - Pests & Diseases **2**, 543-550
- Ruess, W.H. (1990): CGS 169374, a synthetic broad-spectrum fungicide for improved disease management in tropical crops, 3rd International Conference on Plant Protection in the Tropics, Genting Highlands, Pahang, Malaysia, 20-23 Mar 1990
- Sadowski, C., Musnicki, C., Lemanczyk, G., Drozdowska, L. (1998): Effect of different nitrogen fertilization and absence of pest control on health status of rapeseed, Integrated Control in Oilseed crops, Proceedings of a meeting held at Poznan, Poland, Bulletin OILB SROP **21**, 221-226
- Sampson, A.J., Cazenave, A., Laffranque, J.-P., Glyn Jones, R. (1992): Metconazole, an new advance in disease control in cereals and other crops, The Brit. Crop. Protect. Conf., 23.-26. November 1992, Brighton, UK - Pests & Diseases **1**, 419-426
- Sattler, U. und Gleißl, W. (2006): SYD 21510 F – ein neues Produkt zur *Phoma*-Bekämpfung und Wachstumsregulierung in Raps, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, 55. Deutsche Pflanzenschutz-Tagung in Göttingen, 25.-28. September 2006, 389
- Scarisbrick, D.H., Addo-Quaye, A.A., Daniels, R.W. und Mahamud, S. (1985): The effect of paclobutrazol on plant height and seed yield of oil-seed rape (*Brassica napus L.*), J.agric.Sci., Camb. **105**, 605-612
- Schackmann, N. (2007): Herbsteinsatz von Fungiziden im Winterraps, Raps **25**, 160-162
- Scheinflug, H. und Kaspers, H. (1986): Verbesserte Bekämpfungsmöglichkeiten von Pflanzenkrankheiten durch ein neues Azolfungizid, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, 45. Deutsche Pflanzenschutz-Tagung in Kiel, 6.-10. Oktober 1986, 193-194
- Schlegel, H.G. (2006): Allgemeine Mikrobiologie, Fuchs, G. (Hrsg.), 8. überarbeitete und erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York
- Schönberger, H. (2000): Warum werden keine 6 Tonnen je Hektar geerntet? Raps **18**, 179-184
- Schönberger, H. (2002): Rapskrankheiten und Strategien der Bekämpfung, Raps **20**, 60-65

- Schönhammer, A. (2007): In der Wurzel liegt Kraft, In: TopInfo Bayern September 2007, BASF AG, Limburgerhof
- Schramm, H. (1989): Zur Epidemiologie von *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. et de Not. (Imperfektstadium *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm.), dem Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule an Winterraps als Grundlage eines integrierten Pflanzenschutzes, Diss. TU München
- Schramm, H., Hoffmann, G.M. (1991): Biologische Grundlagen zur integrierten Bekämpfung von *Phoma lingam* (Teleomorph: *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. et de Not.), dem Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule an Winterraps, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **98**, 581-596
- Schramm, H., Hoffmann, G.M. (1992): Der Einfluß von Fungizidapplikationen auf die Entwicklung des Befalls durch *Phoma lingam* an Winterraps, Journal of Plant Diseases and Protection **99**, 145-158
- Schulz, R.R. (1998): Möglichkeiten zur Vermeidung einer vorzeitigen Sproßstreckung, Raps **16**, 98-101
- Schulz, R.R. (1999): Verringerung von Vorernte- und Ernteverlusten durch Fungizideinsatz, V. Rapskolloquium Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, 24.-25. November 1999, Futterkamp, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
- Sievert, M., Garbe, V., Hoppe, H. (2000): Das Auftreten und die Bekämpfung von Schadorganismen in Winterraps bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung, Protokolle des DPG-Arbeitskreises „Integrierter Pflanzenschutz – Projektgruppe Raps“ BBA-Braunschweig 2000
- Söchting, H.-P. (2001): Auswirkungen von Produktionssystemen auf pilzliche Krankheitserreger im Winterraps, Dissertation, Kiel
- Spink, J.H. (1995): Evaluation of fungicides for control of *Sclerotinia sclerotiorum* on winter oilseed rape, Test of Agrochemicals and Cultivars 16, Annals of Applied Biology **126**, 18-21
- Steinbach, P.; Kreye, H., Wolf, G.A. (2005): Bundesweites „*Verticillium*-Monitoring“ Bewertung von Diagnosesicherheit und Risikofaktoren, Raps **23**, 20-26
- Steinbach, P. (2007a): Ertragsrelevanz von Pilzkrankheiten im Winterraps, In: Raps Spezial 2007 – Neue Perspektiven, Syngenta Agro GmbH, Maintal
- Steinbach, P. (2007b): Der Herbst bringt den Ertrag, DLG-Mitteilungen, 8/2007, 42-44

- Stark, G., Reisenweber, J., Renner, A., Zimmermann, S. (2001): Marktfruchtbericht Bayern - Daten, Fakten, Analysen und Schlagkarteiergebnisse 2000/2001, Arbeiten der LBA **26**, 6. Auflage, November 2001, München
- Strasburger, E. et al. (2002): Lehrbuch der Botanik, 35. Auflage, neubearbeitet von P. Sitte, E. Weiler, J. Kadereit, A. Bresinsky, C. Körner. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin
- Stryer, L. (1999) : Biochemie, 4. Auflage 1996, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin
- Thürwächter, F., Garbe, V., Hoppe, H.H. (1995): Zum Auftreten und zur Bedeutung verschiedener Rapskrankheiten in Norddeutschland und zu Wirtschaftlichkeit von Fungizidmaßnahmen in Winterraps (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), Gesunde Pflanzen **47**, 217-221
- Tiedemann von, A., (2004): Aktuelle Krankheiten, Welche Lösungen zeichnen sich ab?, Raps **22**, 56-59
- Tiedemann von, A., Steinbach, P. (2007): Krankheiten durch pilzliche Pathogene, In: Christen, O., Friedt, W. Winterraps – Das Handbuch für Profis, 9-16, DLG Verlag, Frankfurt am Main
- Tomlin, C.D.S. (2000): The pesticide manual, 12th edition, Farnham, Surrey, British Crop Protection Council
- Tomlin, C.D.S. (2003): The pesticide manual, 13th edition, Farnham, Surrey, British Crop Protection Council
- Turkington, T.K., Clayton, G.W., Klein-Gebbinck, H., Woods, D.L. (2000): Residue decomposition and blackleg of canola: influence of tillage practices, Canadian Journal of Plant Pathology, **22**, 150-154
- Urban, K.I. (2007): Biologie, Bedeutung und Bekämpfung von *Verticillium longisporum*, Bachelor-Arbeit, Universität Kiel
- Verreet, J.-A. (1995): Das IPS-Modell Weizen, Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **48**, Bayer AG Leverkusen
- Volkens, F., Warnecke, R. (2007): Ökonomische Faktoren in der Fruchtfolgegestaltung, In: Christen, O., Friedt, W.: Winterraps – Das Handbuch für Profis, 75-80, DLG Verlag, Frankfurt am Main
- Ware, G. W. (2000): The Pesticide Book, 5th Edition, Thomson Publications, Fresno, California

- Webster, J. (1983): Pilze, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Weimar, S. (2007): Winterraps – Optimale Bestandesführung im Herbst, Raps **25**, 120-126
- West, J.S., Biddulph, J.E., Fitt, B.D.L., Gladders, P. (1999): Epidemiology of *Leptosphaeria maculans* in relation to forecasting stem canker severity on winter oilseed rape in the UK, Ann. Appl. Biol. **135**, 535-546
- Wilhelm, S. (1995): Longevity of *Verticillium*-wilt fungus in the laboratory and in the field, Phytopathology **45**, 180-181
- Wittern, I. (1984): Untersuchungen zur Erfassung der Resistenz von Winterraps (*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzger) gegenüber *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm. und zu der durch den Erreger verursachten Wurzelhals- und Stengelfäule, Diss. Universität Göttingen
- Wohlleben, S. (2001): Epidemie- und Schadensdynamik von pilzlichen Krankheitserregern (*Leptosphaeria maculans*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Verticillium dahliae*) an Winterraps (*Brassica napus* L. var. *napus*) in Schleswig-Holstein, Diss. Universität Kiel
- Zeise, K., Steinbach, P. (2004): Schwarze Rapswurzeln und der Vormarsch der *Verticillium*-Rapswelke, Raps **22**, 170-174
- Zeise, K., Seidel, D. (1990): Zur Entwicklung und Schadwirkung der *Verticillium*-Welke am Winterraps, Raps **8**, 20-22
- Zellner, M., Wagner, S., Weber, B. (2002): Versuchsjahr 2001 und 2002, Pflanzenschutz – Blattfrüchte und Mais – Krankheits- und Schädlingsbekämpfung, Ergebnisse für die Beratung aus Versuchen in Zusammenarbeit mit den Landwirtschaftsämtern (Amtsbereich Bodenkultur und Pflanzenbau) und staatlichen Versuchsgütern, LBP Bayern, Freising
- Zellner, M., Wagner, S., Weber, B., Beyer, F. (2004): Versuchsergebnisse aus Bayern – Gezielte Bekämpfung von Rapskrankheiten (Blattfrüchte und Mais), LfL Bayern, Freising
- Zellner, M., Wagner, S., Weber, B., Beyer, F. (2005): Versuchsergebnisse aus Bayern – Versuch zur gezielten Bekämpfung der Weißstängeligkeit in Winterraps (Entwicklung und Praxiseinführung eines Prognoseverfahrens), LfL Bayern, Freising

Zellner, M., Wagner, S., Weber, B., Hofbauer, H. (2006a): Versuchsergebnisse aus Bayern – Versuch zur gezielten Bekämpfung der Weißstängeligkeit in Winterraps (Entwicklung und Praxiseinführung eines Prognoseverfahrens), LfL Bayern, Freising

Zellner, M., Wagner, S., Weber, B., Hofbauer, H. (2006b): Versuchsergebnisse aus Bayern – Fungizid- und Wachstumsreglereinsatz in Winterraps – Versuch zur Beurteilung der Notwendigkeit, der Terminierung und der Mittelwahl, LfL Bayern, Freising

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Joseph-Alexander Verreet für die vertrauensvolle Überlassung des Themas, den gewährten Freiraum, die engagierte Betreuung sowie die fruchtbaren Diskussionen rund um das Thema.

Für die Übernahme des Korreferates bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Daguang Cai.

Bei Herrn Dr. Michael Zellner (LfL Bayern) möchte ich mich für die Bereitstellung von Versuchsflächen und Datenmaterial sowie die konstruktive Zusammenarbeit und die stete Unterstützung bei Fragen zu Bonitur und Auswertung herzlich bedanken.

Mein Dank gilt auch Herrn Steffen Wagner (LfL Bayern) für seine große Unterstützung bei der Auswertung der Versuchsergebnisse sowie Herrn Josef Rupprecht (ALF Regensburg), Herrn Konrad Rüdinger (ALF Würzburg) und Herrn Josef Mayr (ALF Augsburg) für die fortwährende, angenehme Zusammenarbeit und geduldige Hilfe bei den vielen Anfragen über die einzelnen Versuchsstandorte. Den beteiligten Landwirten für die zur Verfügung gestellten Flächen und allen Mitarbeitern der LfL Bayern bzw. der involvierten Ämter für Landwirtschaft und Forsten, die durch das Anlegen und die Ernte der Versuche an dieser Arbeit mitgewirkt haben, gebührt ebenfalls mein Dank.

Allen Angehörigen des Instituts für Phytopathologie möchte ich für ihre Hilfsbereitschaft und das sehr gute Arbeitsklima danken. Besonders Hagen, Mathis und Claudia danke ich für die Unterstützung sowie den offenen und konstruktiven Gedankenaustausch.

Frau Dr. Haike Brüggemann danke ich für die Kontaktaufnahme mit dem Institut und ihr Entgegenkommen und Verständnis während der gesamten Arbeit.

Clarissa und Birgit für das Korrekturlesen und die Hilfe bei der Dateneingabe, sowie allen anderen die zum Zustandekommen und Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, möchte ich an dieser Stelle ebenfalls herzlich danken.

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name	Johann Bachmeier
Geburtsdatum	15.05.1977
Geburtsort	Landshut
Staatsangehörigkeit	deutsch

Schulbildung

1983 – 1989	Volksschule Hohenthann
1989 – 1993	Staatliche Realschule Ergolding
1993 – 1995	Staatliche Fachoberschule Schönbrunn, Ausbildungsrichtung Agrarwirtschaft

Studium/Wehrdienst/Promotion

1995 – 1996	Fachhochschule Weihenstephan, Studiengang Landwirtschaft, Grundstudium
1996 – 1997	Grundwehrdienst in Bayreuth und Rottenburg/L.
1997 – 2001	Fachhochschule Weihenstephan, Studiengang Landwirtschaft, Hauptstudium
2004 – 2008	Promotion am Institut für Phytopathologie, Christian-Albrechts- Universität zu Kiel mit dem Dissertationsthema: Befallsauftreten und Kontrolle pilzlicher Pathogene unter Bemessung des Fungizidpotentials in Bayern

Berufliche Tätigkeit

Seit 2001	Kundenberater bei Dow AgroSciences GmbH
-----------	---

