

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

Vergleich der Winterweizenproduktion ökologisch und konventionell
wirtschaftender Betriebe in Schleswig-Holstein

–

COMPASS
(Comparative Assessment of Land Use Systems)

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

vorgelegt von

M.Sc. Hinrich Hüwing

aus Uelzen

Kiel, 2008

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

Vergleich der Winterweizenproduktion ökologisch und konventionell
wirtschaftender Betriebe in Schleswig-Holstein

—
COMPASS
(Comparative Assessment of Land Use Systems)

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

vorgelegt von

M.Sc. Hinrich Hüwing

aus Uelzen

Kiel, 2008

Dekan:	Prof. Dr. J. Krieter
Erster Berichterstatter:	Prof. Dr. J.-A. Verreet
Zweiter Berichterstatter:	Prof. Dr. F. Taube
Tag der mündlichen Prüfung:	18. Juli 2008

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

Meinem Vater in Dankbarkeit gewidmet

Abbildungsverzeichnis.....	I
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII

1 Einleitung und Literaturübersicht	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Literaturübersicht	4
1.2.1 Ertrag und Qualität von Winterweizen.....	4
1.2.2 Sortenwahl.....	4
1.2.3 Stickstoff und Ertragsbildung.....	5
1.2.4 Bedeutende Krankheiten in Winterweizen.....	6
1.2.4.1 Halmbasiserkrankungen	7
1.2.4.2 <i>Septoria tritici</i>	7
1.2.4.3 <i>Blumeria graminis</i>	8
1.2.4.4 <i>Puccinia</i> spp.	8
1.2.4.5 <i>Fusarium</i> befall und Mykotoxine.....	9
1.2.5. Unkrautregulierung	10
1.2.6. Einfluss von Pflanzenschutzmitteln (PSM) auf die Umwelt.....	11
1.2.6.1 PSM-Rückstände im Sickerwasser als potenzielle Gefahr für das Grundwasser	12
1.2.6.2 Einfluss von Pflanzenschutzmittelrückständen in Nahrungsmitteln.....	12
2 Material und Methoden.....	14
2.1 Versuchsanlage.....	14
2.2 Sortenwahl.....	15
2.3 Standortbeschreibung	17
2.4 Versuchsdurchführung	18
2.5 Datenerhebung und Datenanalyse des Pathogen-, Unkrautspektrums und phänologischer Parameter	19
2.6 Diagnose von Weizenpathogenen	19
2.6.1 <i>Helgardia</i> syn. <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>	20
2.6.2 <i>Septoria tritici</i>	21
2.6.3 <i>Blumeria graminis</i> , syn. <i>Erysiphe graminis</i>	22
2.6.4 <i>Puccinia recondita</i> , <i>Puccinia striiformis</i>	23
2.6.5 <i>Drechslera tritici-repentis</i>	24
2.6.6 <i>Fusarium</i> -Arten.....	25
2.7 Unkräuter.....	26
2.8 Analyse von Mykotoxinbelastungen und von Pflanzenschutzmittelrückständen	28
2.9 Ertrags und Qualitätsuntersuchungen.....	30

2.9.1 Qualitätsparameter	30
2.10 Sickerwasseranalytik	31
2.11 Witterung	32
2.12 Statistische Auswertung	33
3 Ergebnisse	35
3.1 Acker- und pflanzenbauliche Parameter ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise und Pflanzenschutzmaßnahmen.....	35
3.1.1 Bodenbearbeitung.....	35
3.1.2 Aussaatstärken und Saattermine.....	35
3.1.3 Stickstoffdüngung	37
3.1.4 Fruchtfolge	38
3.1.5 Pflanzenschutzmaßnahmen	40
3.1.5.1 Fungizidmaßnahmen	40
3.1.5.2 Insektizidmaßnahmen.....	42
3.1.5.3 Herbizidmaßnahmen	43
3.1.5.4 Mechanische Unkrautbekämpfung.....	44
3.1.5.5 Maßnahmen zur Erhöhung der Standfestigkeit (Wachstumsreglermaßnahmen).....	45
3.2 Witterung.....	47
3.2.1 Die Witterungsverhältnisse des Versuchsjahres 2003 / 2004	47
3.2.2 Die Witterungsverhältnisse des Versuchsjahres 2004 / 2005	48
3.2.3 Die Witterungsverhältnisse des Versuchsjahres 2005 / 2006	49
3.3 Krankheiten im Winterweizen.....	51
3.3.1 <i>Helgardia (syn. Pseudocercospora) herpotrichoides</i> (Halmbruch).....	51
3.3.1.1 Befallsverlauf	51
3.3.1.2 Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit <i>Helgardia herpotrichoides</i>	60
3.3.2 <i>Septoria tritici</i>	61
3.3.2.1 <i>Septoria tritici</i> - Befall in 2004	61
3.3.2.2 <i>Septoria tritici</i> - Befall in 2005-2006	65
3.3.2.2.1 Herbstbefall	65
3.3.2.2.2 Frühjahrsbefall	67
3.3.2.2.3 Befallsverlauf über die Vegetation.....	69
3.3.2.2.4 <i>Septoria tritici</i> Endbefall EC75.....	73
3.3.3 <i>Blumeria graminis</i> (Echter Mehltau)	79
3.3.3.1 Befall im Versuchsjahr 2004.....	79
3.3.3.2 Herbstbefall in den Versuchsjahren 2004/05 und 2005/06	79
3.3.3.3 Auftreten von <i>Blumeria graminis</i> über die Vegetationsperioden	81
3.3.4 <i>Puccinia recondita</i> (Braunrost).....	85

3.4 Unkräuter	89
3.4.1 Unkrautvorkommen im Herbst.....	89
3.4.1.1 Monokotyle Arten	89
3.4.1.2 Dikotyle Unkräuter und Gesamtartenzahl.....	89
3.4.1.3 Einordnung in die Systematik	92
3.4.1.4 Kulturdeckungsgrad und Unkrautdeckungsgrad.....	92
3.4.1.5 Stetigkeiten der Unkräuter im Herbst.....	93
3.4.2 Unkrautbonitur Frühjahr (April/Mai).....	94
3.4.2.1 Einfluss mineralischer Düngung auf das Arteninventar konventioneller Bewirtschaftung.....	97
3.4.2.2 Relationen von Kultur- und Unkrautdeckungsgraden.....	98
3.4.3 Unkrautkontrolle	100
3.5 Erträge, Qualitäten und Mykotoxingehalte	102
3.5.1 Versuchsjahr 2004.....	102
3.5.1.1 Erträge und Qualitäten	102
3.5.1.2 Fusariumbefall und Mykotoxingehalte	103
3.5.2 Versuchsjahre 2005 und 2006	103
3.5.2.1 Ertragsleistungen.....	103
3.5.2.2 Mykotoxingehalte.....	110
3.5.2.3 Qualitäten	110
3.5.3 Einfluss des Anbausystems auf die Proteinqualität des Weizen (Ernährungsphysiologische Qualität).....	113
3.5.4 Rückstandsanalytik.....	116
3.5.4.1 Ganzpflanzen und Erntegut (Korn) der Versuchsjahre 2005 und 2006	116
3.5.4.2 Sickerwasseranalytik.....	124
4 Diskussion	126
5 Zusammenfassung.....	147
6 SUMMARY	149
7 Literaturverzeichnis.....	151
ANHANG	163
Danksagung	167
CURRICULUM VITAE.....	168

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Indikatorgestützte Analyse der Weizenproduktion (ökologisch, konventionell) in Schleswig-Holstein, 2004-2006 (COMPASS: Comparative Assessment of Land Use Systems).....	3
Abb. 2: Geographische Lage der Naturräume (Schwerpunktregionen Winterweizenanbau) und der zugehörigen Versuchsstandorte (Schleswig-Holstein Karte: Anonym 2007, Statistik Amt Nord, abgeändert)	18
Abb. 3: Medaillonfleckensymptom ab EC 37 (links) und Myzelkissen (rechts) von <i>H. herpotrichoides</i>	20
Abb. 4: Blattsymptome (links) und Fruchtkörper (Pyknidien) (rechts) von <i>S. tritici</i>	21
Abb. 5: Blattsymptome (links) und Konidienträger (rechts) von <i>B. graminis</i>	22
Abb. 6: Uredosporenlager von <i>P. recondita</i> (links) und <i>P. striiformis</i> (rechts).....	23
Abb. 7: Blattsymptome (links) und Konidienträger (rechts) von <i>Drechslera tritici-repentis</i> .	24
Abb. 8: Partielle Taubährigkeit verursacht durch <i>Fusarium culmorum</i> und <i>F. graminearum</i>	25
Abb. 9: Dreifaktorielle Split-Plot-Anlage	33
Abb. 10: Aussaatstärken von Winterweizen konventionell und ökologisch wirtschaftender Betriebe in Anhängigkeit vom Aussaatzeitpunkt (Day of year = DOY).....	37
Abb. 11: Anteile unterschiedlicher Fruchtarten an der Fruchtfolge der konventionellen (links) und ökologischen Anbausysteme.....	40
Abb. 12: Niederschlag und Lufttemperatur (Monatssummen bzw. –mittel) des Anbaujahres 2003 / 2004 im Vergleich zum langjährigen Mittel (DWD, Schleswig 1991-2006)....	47
Abb. 13: Niederschlag und Lufttemperatur (Monatssummen bzw. –mittel) des Anbaujahres 2004 / 2005 im Vergleich zum langjährigen Mittel (DWD, Schleswig 1991-2006)....	48
Abb. 14: Niederschlag und Lufttemperatur (Monatssummen bzw. –mittel) des Anbaujahres 2005 / 2006 im Vergleich zum langjährigen Mittel (DWD, Schleswig 1991-2005)....	49
Abb. 15: Vergleich des Ausgangsbefalls (BHB) von <i>Helgardia</i> (syn. <i>Pseudocercospora</i>) <i>herpotrichoides</i> an den sechs Untersuchungsstandorten ökologischer (links) und konventioneller Wirtschaftsweise (rechts) in den Versuchsjahren 2004 bis 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM/mech. Unkrautbekämpfung; Kontrolle 2 = mit Düngung, ohne Fungizide; Praxis = Düngung / Pflanzenschutz betriebsüblich) ...	52
Abb. 16: Befallsverlauf (Befallsstärke – BSB- von 0-4 und Befallshäufigkeit – BHB %) von <i>Helgardia</i> (syn. <i>Pseudocercospora</i>) <i>herpotrochoides</i> am Standort Fehmarn in der Sorte Dekan im Jahr 2005.....	54
Abb. 17: Befallsverlauf (Befallsstärke von 0-4 und Befallshäufigkeit) von <i>Helgardia</i> (syn. <i>Pseudocercospora</i>) <i>herpotrochoides</i> am Standort Kiel in der Sorte Dekan im Jahr 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM / mech. Unkrautbekämpfung; Praxisvariante = Düngung/Pflanzenschutz betriebsüblich)	54

Abb. 18: Befallsverlauf (Befallsstärke von 0-4 und Befallshäufigkeit) von <i>Helgardia</i> (syn. <i>Pseudocercospora</i>) <i>herpotrochoides</i> am Standort Plön in der Sorte Dekan im Jahr 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM / mech. Unkrautbekämpfung; Praxisvariante = Düngung/Pflanzenschutz betriebsüblich)	55
Abb. 19: Befallsverlauf (Befallsstärke von 0-4 und Befallshäufigkeit) von <i>Helgardia</i> (syn. <i>Pseudocercospora</i>) <i>herpotrochoides</i> am Standort Heide in der Sorte Dekan im Jahr 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM / mech. Unkrautbekämpfung; Praxisvariante = Düngung/Pflanzenschutz betriebsüblich)	55
Abb. 20: Vergleich des Endbefalls (BHB) von <i>Helgardia</i> (syn. <i>Pseudocercospora</i>) <i>herpotrichoides</i> an allen Untersuchungsstandorten ökologischer (links) und konventioneller (rechts) Wirtschaftsweise in den Versuchsjahren 2004 bis 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM/mech. Unkrautbekämpfung; Kontrolle 2 = mit Düngung, ohne Fungizide; Praxis = Düngung / Pflanzenschutz betriebsüblich) ...	56
Abb. 21: Befallsstärke von <i>Helgardia</i> (syn. <i>Pseudocercospora</i>) <i>herpotrichoides</i> zu EC 75 an Standorten ökologischer (links) und konventioneller (rechts) Wirtschaftsweise 2004 bis 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM/mech. Unkrautbekämpfung; Kontrolle 2 = mit Düngung, ohne Fungizide; Praxis = Düngung / Pflanzenschutz betriebsüblich).....	57
Abb. 22: Gemittelter Endbefall über die ökologischen und konventionellen Varianten durch <i>Helgardia</i> (syn. <i>Pseudocercospora</i>) <i>herpotrichoides</i> im Stadium EC 75 in Abhängigkeit von der Saatzeitklasse: Frühsaat: bis 20.September, Normalsaat: 21.Sept.- 7.Okt., Spätsaat: ab 8.Okt. in der unbehandelten Kontrolle 1	61
Abb. 23: Ausgangsbefall mit <i>Septoria tritici</i> im unteren Blattapparat (Blattetagen F-4 bis F-6), EC 31, 2004	62
Abb. 24: Befallsverlauf von <i>Septoria tritici</i> in der konventionellen, fungizidunbehandelten Kontrolle 2 (mit Düngung) am Standort Plön 2004 in der Sorte Dekan	64
Abb. 25: Endbefall mit <i>Septoria tritici</i> im oberen Blattapparat (Blattetagen F-2 bis F) zu.....	65
Abb. 26: Summe der Gesamtbefallsstärke von <i>Septoria tritici</i> im Herbst (November) der Versuchsjahre 2004/05 (Aussaat 2004) und 2005/06 (Aussaat 2005) in der ökologischen (links) und konventionellen (rechts) Kontrolle	66
Abb. 27: Ausgangsbefall von <i>Septoria tritici</i> auf dem unteren Blattapparat (Blattetagen F-4 bis F-6) zu Vegetationsbeginn in EC 31; 2005, 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM/mech. Unkrautbekämpfung; Kontrolle 2 = mit Düngung, ohne Fungizide; Praxis = Düngung / Pflanzenschutz betriebsüblich)	68
Abb. 28: Befallsverlauf von <i>Septoria tritici</i> in der konventionellen (rechts) und ökologischen (links) Kontrolle 1 am Standort Nordfriesland (NF) 2005 in der Sorte Dekan bei gleichen Saatzeiten (konv.: 11.10.2004; ökol.: 09.10.2004)	71

Abb. 29: Befallsverlauf von <i>Septoria tritici</i> in konventionellen (rechts) und ökologischen (links) Kontrolle 1 am Standort Fehmarn (FE) 2006 in der Sorte Bussard bei unterschiedlichen Saatzeiten (konv.: 13.09.2005; ökol.: 20.10.2005).....	72
Abb. 30: Endbefall von <i>Septoria tritici</i> auf dem oberen Blattapparat (Blatttagen F-2 bis F) in EC 75, 2005 (oben) und 2006 (unten)	74
Abb. 31: Befallsverlauf von <i>Septoria tritici</i> in konventionellen Kontrolle 2 (links) und der Praxisvariante (↓ Fungizidapplikationen: 15.5.2005 -EC 32 - 0,7l/ha Opus Top; 17.6.2005 - EC 65 - 0,4 l/ha Proline + 0,3 l/ha Impulse), Standort Nordfriesland (NF) 2005, Sorte Bussard	75
Abb. 32: Endbefall (SUM BSB) mit <i>Septoria tritici</i> auf dem oberen Blattapparat (Blatttagen F-2 bis F) zu EC 75, Mittelwert aller Standorte der Jahre 2005 und 2006	76
Abb. 33: Durchschnittliche Nekrotisierung des oberen Blattapparats des Weizens (F-2 bis F), EC 75, Durchschnitt der Betriebe und Versuchsjahre 2005 und 2006	78
Abb. 34: Auftreten von <i>Blumeria graminis</i> (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten sowie praxisüblich behandelten Varianten 2004	79
Abb. 35: Herbstbefall (Ges BSB) mit <i>Blumeria graminis</i> auf dem gesamten Blattapparat der Pflanze (November) 2004, (Kontrolle 1)	80
Abb. 36: Auftreten von <i>Blumeria graminis</i> (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten Kontroll- und praxisüblich behandelten Varianten 2005	81
Abb. 37: Befallsentwicklung mit <i>Blumeria graminis</i> auf der gesamten Pflanze (Blatttagen F-4 bis F) am Standort Fehmarn 2005 (Sorte Bussard, Varianten: konventionell: Kontrolle 1, Kontrolle 2, Praxisvariante; ökologisch: Kontrolle 1, Praxisvariante).....	83
Abb. 38: Auftreten von <i>Blumeria graminis</i> (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten und praxisüblich behandelten Varianten 2006	84
Abb. 39: Auftreten von <i>Puccinia recondita</i> (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten sowie praxisüblich behandelten Varianten 2004	85
Abb. 40: Auftreten von <i>Puccinia recondita</i> (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten sowie praxisüblich behandelten Varianten 2005	86
Abb. 41: Auftreten von <i>Puccinia recondita</i> (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten sowie praxisüblich behandelten Varianten 2006	87
Abb. 42: Befallsentwicklung mit <i>Puccinia recondita</i> auf der gesamten Pflanze (Blatttagen F-4 bis F) am Standort Fehmarn 2006 (Varianten: konventionell: Kontrolle 1, Kontrolle 2, Praxisvariante; ökologisch: Kontrolle 1, Praxisvariante)	88
Abb. 43: Unkrautdeckungsgrad in der Kontrolle 2b (+ Düngung) in Abhängigkeit vom Weizendeckungsgrad (Anfang Juni, EC 39-51)	99
Abb. 44: Relativertrag des Weizens in der Kontrolle 2b (+ Düngung, konv.) in Abhängigkeit vom Unkrautdeckungsgrad (Ø Ertrag Kontrolle 2: 79,56 dt/ha = 100 %).....	99

Abb. 45: Reduktion der Unkrautpopulationen im Weizen mittels chemischer bzw. mechanischer Bekämpfungsmaßnahmen; Praxisvariante vergleichend zur unbehandelten Kontrolle (Mittelwert konventioneller und ökologischer Betriebe und der Jahr 2005, 2006)	100
Abb. 46: Unkrautreduktion durch chemische (konventionell) und mechanische (ökologisch) Unkrautbekämpfungsmaßnahmen, Juni/Juli 2006.....	101
Abb. 47: Erträge der ökologischen und konventionellen Varianten, Mittelwert über die Jahre 2005, 2006 und Standorte, Fehlerbalken = SE; n=36 (Ausnahme Kontrolle 2b: 2006, n=17).....	104
Abb. 48: Über die Betriebe und Jahre gemittelter Kornertrag, Rohproteingehalt (RP), Rohproteinertrag, Lysin- und Threoninertrag der ungedüngten Kontrolle1 und betriebsüblicher Praxisvariante ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise	114
Abb. 49: Lysinmenge in der Trockensubstanz (TS) von Weizen in Abhängigkeit vom Rohproteingehalt (B=Bussard, D=Dekan, 1=Kontrolle, 3=Praxis k=konv., ö=ökol.)	115
Abb. 50: Lysinmenge von Winterweizen pro g Rohprotein in Abhängigkeit vom Rohproteingehalt (B=Bussard, D=Dekan, 1=Kontrolle, 3=Praxis k=konv., ö=ökol.)	115
Abb. 51: Abbauverhalten der Wirkstoffe in der Pflanze, Praxisvariante der konventionellen Standorte, Sorte Dekan, Einzelwerte, 2005	117
Abb. 52: Abbauverhalten der Wirkstoffe in der Pflanze, Praxisvariante der konventionellen Standorte, Sorte Dekan, Einzelwerte, 2006	118
Abb. 53: Abbauverhalten von Prothioconazol (n= 12) in der konventionellen Praxisvariante nach der letzten PSM-Applikation, Sorte Dekan, gemittelt über Standorte & Jahre..	120
Abb. 54: Abbauverhalten von Spiroxamine (n=12) in der konventionellen Praxisvariante nach der letzten PSM-Applikation, Sorte Dekan, gemittelt über die Standorte und Jahre .	120
Abb. 55: Abbauverhalten von Chlothalonil (n=10) in der konventionellen Praxisvariante nach der letzten PSM-Applikation, Sorte Dekan, gemittelt über Standorte & Jahre..	121
Abb. 56: Abbauverhalten von λ -Cyhalothrin (n=6) in der konventionellen Praxisvariante nach der letzten PSM-Applikation, Sorte Dekan, gemittelt über die Standorte und Jahre .	121
Abb. 57: Aufsummierte Wirkstoffgehalte (mg/kg) eines Beprobungstermins des oberirdischen Aufwuchses (Ganzpflanzen) und des Korns (n.n. = nicht nachgewiesen) 2005, Sorte Dekan	122
Abb. 58: Aufsummierte Wirkstoffgehalte (mg/kg) eines Beprobungstermins des oberirdischen Aufwuchses (Ganzpflanzen) und des Korns (n.n. = nicht nachgewiesen) 2006, Sorte Dekan	122
Abb. 59: Chlormequatgehalte in mg/kg TM im Erntegut der konventionellen Praxisvariante aller Standorte und Sorten, 2005, 2006.....	123

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Sorteneigenschaften der in den Versuchsjahren 2005 und 2006 auf allen Betrieben etablierten Weizensorten „Dekan“ und „Bussard“ (Anonym, BSA 2004, abgeändert; Anonym, Lochow-Petkus 2006, abgeändert).....	16
Tab. 2: Standortcharakteristika der Praxisbetriebe	17
Tab. 3: Befallsklassen nach Sichtbonitur von <i>Helgardia herpotrichoides</i>	21
Tab. 4: Boniturparameter für <i>Septoria tritici</i>	21
Tab. 5: Boniturparameter für <i>B. graminis</i> f. sp <i>tritici</i>	22
Tab. 6: Boniturparameter für <i>Puccinia recondita</i> und <i>Puccinia striiformis</i>	23
Tab. 7: Boniturparameter für <i>Drechslera tritici-repentis</i>	24
Tab. 8: Boniturparameter für <i>Fusarium</i> spp.....	25
Tab. 9: Bonitierte Unkräuter und Ungräser.....	27
Tab. 10: Grenzwerte für Mykotoxine in Lebensmitteln.....	28
Tab. 11: Übersicht bei der LUFA-Kiel analysierter Qualitätsparameter und PSM-Wirkstoffe im oberirdischen Aufwuchs (Ganzpflanze) und Korn mit Einheiten und Nachweisgrenzen	29
Tab. 12: Qualitätsanforderungen an Backweizen unterschiedlicher Produktionsweisen	31
Tab. 13: Analytierte PSM-Wirkstoffe im Sickerwasser	32
Tab. 14: Bodenbearbeitung vor der Aussaat	35
Tab. 15: Aussaatstärken und Saattermine der Betriebe, Sorte Dekan.....	36
Tab. 16: Mineralische und organische Stickstoffzufuhr der Praxisvariante (ökologisch, konventionell)	38
Tab. 17: Fruchtfolgeglieder und Winterweizenanteile in der Fruchtfolge ökologischer und konventioneller Vergleichsbetriebe	39
Tab. 18: Fungizidmaßnahmen der konventionellen Betriebe in Schleswig-Holstein 2004 - 2006.....	41
Tab. 19: Insektizidmaßnahmen der konventionellen Betriebe in Schleswig-Holstein 2004 - 2006.....	42
Tab. 20: Herbizidmaßnahmen der konventionellen Betriebe in Schleswig-Holstein 2004 - 2006.....	44
Tab. 21: Mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben 2004-2006.....	45
Tab. 22: Wachstumsreglermaßnahmen der konventionellen Betriebe in Schleswig-Holstein 2004 - 2006	46
Tab. 23: Varianzanalyse der Befallsstärke (BSB) von <i>Helgardia</i> (syn. <i>Pseudocercospora</i>) <i>herpotrichoides</i> zur Endbonitur (EC 75) über die Jahre 2005 und 2006 der Praxisvariante und Kontrolle 1 (n=96)	59

Tab. 24: Mittlere Befallsstärke (BSB) von <i>Helgardia</i> (syn. <i>Pseudocercosporella</i>) <i>herpotrichoides</i> und Unterschiede zwischen den Varianten in den beiden Betriebstypen ökologisch und konventionell (n=120) zur Endbonitur (EC 75) über die Jahre 2005 und 2006.....	60
Tab. 25: Varianzanalyse für die SUM BSB der Herbstbonitur.....	67
Tab. 26: Varianzanalyse für die SUM BSB zum ersten Boniturtermin auf dem Blattapparat F- 6 bis F-4	67
Tab. 27: Varianzanalyse für die SUM BSB zum letzten Boniturtermin (EC 75-77) auf dem oberen Blattapparat F-2 bis F.....	70
Tab. 28: Vergleich der mittleren Befallswerte (SUM BSB der Blattetagen F-6 bis F) der Anbauperioden 2005 und 2006 anhand eine ANOVA mit anschließendem Simulate- Test.....	76
Tab. 29: Artenzahlen je Betrieb sowie überregional (Artenzahl total) auf den ökologischen und konventionellen Flächen im Herbst der Versuchsjahre 2005 und 2006	90
Tab. 30: Die 15 häufigsten Unkräuter im Herbst unterteilt nach Bewirtschaftungsform (Mittelwert aller Standorte und Jahre)	91
Tab. 31: Stetigkeiten der häufigsten Unkräuter im Herbst gemittelt über beide Wirtschaftungsformen.....	93
Tab. 32: Artenzahl je Betrieb und gemittelt über die Betriebe in ökologisch und konventioneller Wirtschaftsweise, Frühjahr der Versuchsjahre 2005 und 2006	94
Tab. 33: Anzahl der 16 am häufigsten nachgewiesenen Unkräuter im Frühjahr, unterteilt nach Bewirtschaftungsform (Mittelwert aller Standorte und Jahre)	95
Tab. 34: Stetigkeiten der häufigsten Unkräuter im Frühjahr in ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise.....	97
Tab. 35: Kornerträge (dt/ha) ökologisch u. konventionell wirtschaftender Betriebe, 2004..	102
Tab. 36: Qualitäten, Mykotoxingehalte, Korn, 2004	103
Tab. 37: Varianztabelle für das vollständige statistische Modell unter Berücksichtigung der Praxisvariante und Kontrolle 1	105
Tab. 38: Mittelwertvergleich zwischen den Erträgen der Praxisvariante und Kontrolle 1, Sorten Dekan, Bussard, ökologische (Ö) und konventionelle (K) Wirtschaftsweise. 105	105
Tab. 39: Varianztabelle für das vollständige statistische Modell unter Berücksichtigung aller Varianten konventioneller und ökologischer Intensitäten	106
Tab. 40: Mittelwertvergleich zwischen den Erträgen der Praxisvariante, Kontrolle 1, 2, 1b und 2b in den Sorten Dekan und Bussard ökologischer und konventioneller Intensität ...	107
Tab. 41: Nettoertragsleistung , Standort, Wirtschaftsweise, Variante, 2005 (dt/ha).....	108
Tab. 42: Nettoertragsleistung, Standort, Wirtschaftsweise, Variante, 2006 (dt/ha).....	109
Tab. 43: Qualität , Mykotoxingehalt des Korns, ökologische (Ö) und konventionelle (K) Wirtschaftsweise, Sorten Dekan, Bussard, Praxisvariante 2005	111

Tab. 44: Qualität , Mykotoxingehalt des Korns, ökologische (Ö) und konventionelle (K) Wirtschaftsweise, Sorten Dekan, Bussard, Praxisvariante 2006	112
Tab. 45: Nachgewiesene Wirkstoffkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) von Pflanzenschutzmitteln im Sickerwasser und errechnete PSM-Frachten (Auswaschung) in g/ha.	125

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
%	Prozent
µm	Mikrometer
Abb.	Abbildung
ANOVA	A nalysis of V ariance (Varianzanalyse)
BBCH	B BA, B SA, chemische Industrie
BHB	B efallshäufigkeit im B estand
BSA	B undessortenamt
BSB	B efallsstärke im B estand
°C	Grad Celsius
CCC	Chlormequatchlorid (Wachstumsregler)
cm	Zentimeter
Den DF	denominator degrees of freedom
DF	D egree of F reedom (Freiheitsgrade)
dt	Dezitonnen
DWD	D eutscher W etter d ienst
et al.	et alii (und andere)
h	Stunde
ha	Hektar
IPS	I ntegrierter P flanzenschutz
Kap	Kapitel
kg	Kilogramm
L	Lehm
m	Meter
Mean SQ	Mittlere Abweichungsquadrate
mm	Millimeter
n.n.	nicht nachgewiesen
NS	Niederschlag
Num DF	Numerator degrees of freedom
PSM	P flanzenschutz m ittel
R ²	Bestimmtheitsmaß
rel.	relativ
sL	sandiger Lehm
t	Tonne
Tab.	Tabelle
TKM	T ausend k orn m asse
tL	toniger Lehm
uL	schluffiger Lehm

1 Einleitung und Literaturübersicht

1.1 Einleitung

Die Anforderungen der EU-Agrarumweltpolitik stellen die Landwirtschaft in Deutschland vor große Herausforderungen. Verschiedenste Richtlinien der Europäischen Union müssen umgesetzt werden. Hauptaugenmerk liegt dabei auf dem Schutz der natürlichen Ressourcen und wild lebender Tier- und Pflanzenarten bei gleichzeitiger Sicherung einer hohen Qualität der erzeugten Nahrungsmittel, ohne unerwünschte Substanzen (z.B. Pflanzenschutzmittelrückstände oder Mykotoxine). Die Qualität des Managements auf den landwirtschaftlichen Betrieben ist die Grundlage für eine der Natur gegenüber schonenden, aber trotzdem sehr leistungsfähigen Nahrungsmittelproduktion. Prinzipiell werden in Deutschland zwei grundlegende Wege in der Landwirtschaft beschritten:

- die konventionelle Landwirtschaft, die einen Einsatz von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln nach guter fachlicher Praxis präferiert, sowie
- der ökologische Landbau, der ohne synthetisch erzeugte Produktionsmittel auskommt.

Konventioneller und ökologischer Landbau unterscheiden sich grundsätzlich durch die Art des Düngereinsatzes und des Pflanzenschutzes. Anbautechnische Faktoren wie Fruchtfolge, Bodenbearbeitung sowie Saat- und Ernteverfahren sind in gewissen Teilbereichen unterschiedlich, die technische Ausstattung ist jedoch nahezu als gleich zu bezeichnen. Der konventionelle Landbau ist nach KERKHOF (1996) weitgehendst durch eine nach ökonomischen Gesichtspunkten gerichtete Bewirtschaftung gekennzeichnet. Der Dünger- sowie Pflanzenschutzmitteleinsatz erfolgt im Rahmen der guten fachlichen Praxis unter Berücksichtigung des integrierten Pflanzenschutzes, aber zum Teil auch noch prophylaktisch. Eine Reduzierung von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln auf ein notwendiges Maß ist kennzeichnend für den integrierten Landbau. Dieses standort- und umweltgerechte Landbewirtschaftungssystem entspricht sowohl ökologischen als auch ökonomischen Anforderungen (KERKHOF 1996). Die ökologische Bewirtschaftungsform ist durch einen hohen Anspruch im Umgang mit Boden, Pflanzen und Tieren gekennzeichnet. Weitere Charakteristika sind die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, geschlossene Nährstoffkreisläufe, artgerechte Tierhaltung, Schonung von Energie- und Rohstoffvorräten sowie Natur-, Arten- und Umweltschutz.

Der Anteil der ökologisch bewirtschafteten landwirtschaftlichen Fläche und die Anzahl der ökologisch wirtschaftenden Betriebe sind in den letzten 10 Jahren deutlich angestiegen. 2005 bewirtschafteten 17.020 (4,29 %) ökologisch wirtschaftende Betriebe ca. 807.000 ha (4,74 %) landwirtschaftliche Fläche (RIPPIN 2007). Der ökologische Winterweizenanteil an der

Gesamtproduktion lag 2005 in Deutschland mit 50.000 ha bei 1,58 %. Weizen stellt, insbesondere in Schleswig-Holstein, sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau eine dominierende Kultur dar.

Um Produkte aus ökologischer Produktion von konventionell erzeugter Ware abzugrenzen, erließ der Europäische Rat 1991 die Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel, die nach mehreren Ergänzungen 1999 auch die ökologische Tierhaltung einbezog. Die Begriffe „biologische“, „ökologische“, „naturnahe Erzeugung“ bzw. andere eindeutige Kennzeichnungen für ökologisch erzeugte Produkte dürfen nur für Waren verwendet werden, die im Sinne der EU-Verordnung produziert wurden.

Eine Vielzahl von Veröffentlichungen befasst sich mit pflanzenbaulichen Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Kulturpflanzen, Krankheitserreger und den daraus resultierenden Qualitätseigenschaften. Direkte Vergleiche von ökologischen und konventionellen Anbausystemen in Schleswig-Holstein in Bezug auf die Entwicklung von Weizenkrankheiten und der aus dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln resultierenden Effekte auf Qualität und Umwelt nehmen hierbei nur eine sekundäre Stellung ein. Zudem fanden die bisherigen Forschungsarbeiten hauptsächlich auf Parzellenebene unter kontrollierten Versuchsbedingungen statt. Eine Übertragung von Vergleichsstudien ökologischer und konventioneller Produktionsweisen in die landwirtschaftliche Praxis konnte unter Berücksichtigung der individuellen Anbaugestaltung bisher kaum überprüft werden.

Die vorliegende Arbeit zielt auf eine vergleichende Analyse der pflanzlichen Produktion auf Praxisbetrieben Schleswig-Holsteins unter Berücksichtigung der einzelbetrieblichen Spezialisierung (Ackerbau), der Intensität der Produktion (konventionell/ökologisch) und der naturräumlichen Gegebenheiten ab.

Die Erhebungen (COMPASS (Comparative Assessment of Land Use Systems)) konzentrieren sich auf die Erfassung von Pflanzenschutzmittel-Rückständen (Herbizide, Insektizide, Fungizide) in Sicker- und oberflächennahem Grundwasser sowie im Erntegut; ferner auf die Analyse von Rückständen biotischen Ursprungs (Fusarien-Mykotoxine) im Erntegut. Die als Folgereaktion der Anbausysteme und Witterung entstehenden Dynamiken von Krankheitsepidemien und Schaddepressionen einschließlich ihrer Qualitätsminderungen sind ebenfalls für die Bewertung von Bedeutung. Darüber hinaus ist die Erfassung der Ackerbegleitflora, die in der Praxis nicht erwünscht ist, vor allem aus pflanzenbaulicher Sicht

relevant (Ertragseffekte, Beeinflussung des Mikroklimas im Bestand und damit der Befallsdynamiken pilzlicher Pathogene), lässt jedoch gleichzeitig Rückschlüsse zur Artenvielfalt der Wildkräuter zu (Abb. 1).

Die Untersuchungen in unterschiedlichen Wirtschaftsweisen hatten zum Ziel, die praxisrelevanten Anbausysteme (konventionell / ökologisch) im Rahmen ihrer Produktionskette zu analysieren, Positiv- sowie Negativwirkungen der unterschiedlichen Produktionssysteme zu detektieren und eine vergleichende Bewertung hinsichtlich der Effizienz unterschiedlicher Faktoren (Abb. 1) herbeizuführen. Aufgrund der Verteilung der Betriebe in unterschiedlichen Naturräumen (Marsch, Geest, östliches Hügelland) mit den gegebenen Bodenverhältnissen und anderen Faktoren, welche die pflanzliche Produktion beeinflussen (regionaler Krankheitsdruck, klimatologische Parameter) ist das vorliegende Projekt für schleswig-holsteinische Betriebe repräsentativ.

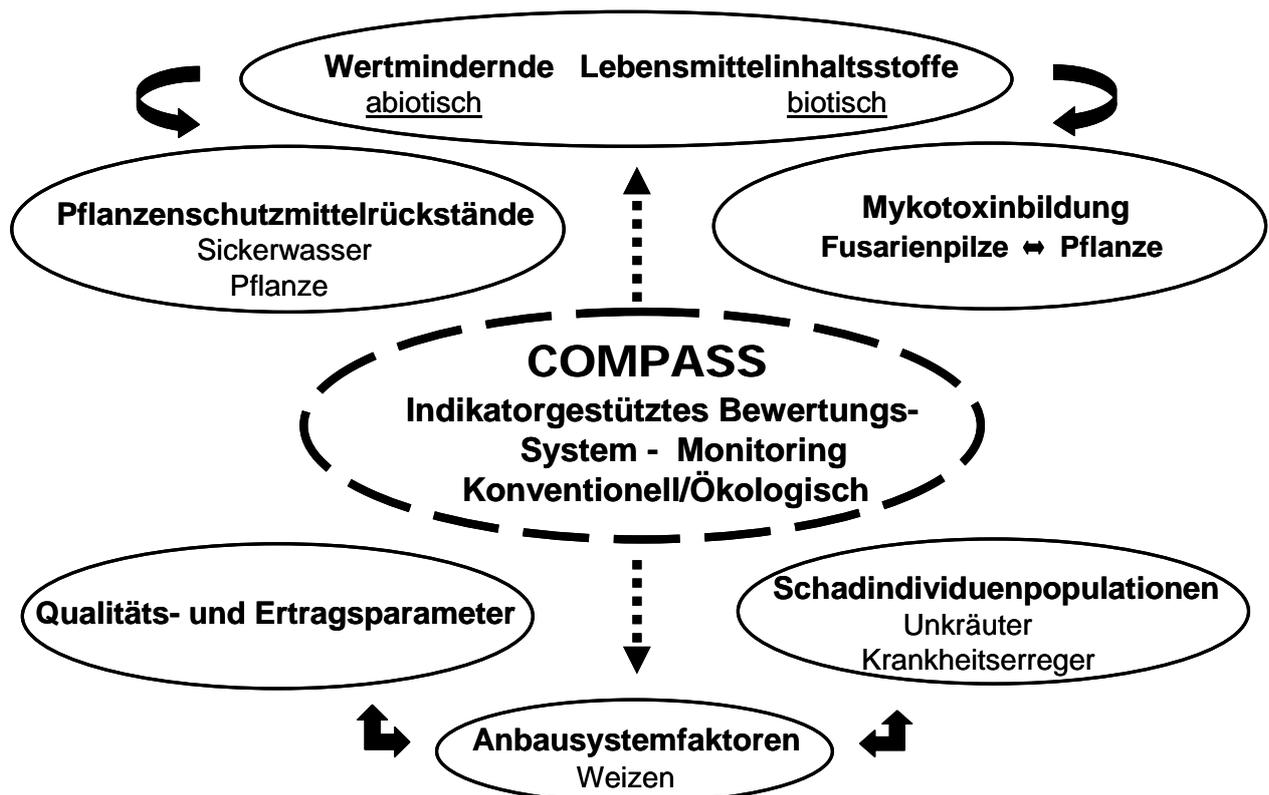


Abb. 1: Indikator-gestützte Analyse der Weizenproduktion (ökologisch, konventionell) in Schleswig-Holstein, 2004-2006 (COMPASS: Comparative Assessment of Land Use Systems)

1.2 Literaturübersicht

1.2.1 Ertrag und Qualität von Winterweizen

Neben dem Ertrag stellt die Qualität einen wichtigen Parameter bei der Beurteilung der Anbauverfahren dar. Die technische Qualität zur Bestimmung der weiteren Verarbeitung im Nahrungsmittelsektor ist bei konventionell erzeugtem Weizen häufig erheblich höher als bei ökologisch erzeugtem Weizen. Begründet wird dies maßgeblich durch das höhere Stickstoff-Düngungsniveau und der damit einhergehenden höheren Rohprotein- und Glutengehalte sowie einer veränderten Glutenzusammensetzung (LINNEMANN 2001; SEIBEL 1996). Neben der N-Versorgung zur Ausbildung der Backqualität übt der Befall mit obligat biotrophen Krankheitserregern wie *Blumeria graminis* und *Puccinia* spp. sowie Fusariosen auf der Ähre eine herausragende Rolle aus. Die obligat biotrophen Pathogene reduzieren durch die Aufnahme von für das Korn bestimmten Nährstoffen aus den befallenen Blättern direkt den Proteingehalt, während bei Fusariumbefall die Glutenqualität erheblich beeinträchtigt wird (PAWELZIK et al. 1998). Durch die Ausschüttung von Enzymen, die Inhaltstoffe im Getreidekorn abbauen, um sie für den Pilz verfügbar zu machen, kann der Fusarienbefall neben der Toxinbelastung weitere Qualitätsveränderungen im Ernteprodukt zur Folge haben (BECHTEL et al. 1985; DEXTER et al. 1996; SEITZ et al. 1986). Der Feuchtglutengehalt nimmt ab und die Zusammensetzung der Gluten bildenden Proteinfractionen verändert sich, indem sowohl Gliadin- als auch Gluteningehalte in geringeren Konzentrationen vorliegen (PERMADY 1999). Der Rohproteingehalt stellt einen der wichtigsten Einflussparameter auf die Backqualität dar. Geringe Rohproteingehalte, kurze Teigeigenschaften, die sich in einer zu festen Teigstruktur niederschlagen und eine geringe Volumenausbeute von Getreidepartien aus ökologischer Erzeugung sind für viele Sorten, die im ökologischen Anbau Verwendung finden, kennzeichnend (KÜHLSSEN 2001). Im konventionellen Landbau kann neben einer geeigneten Sortenwahl die mineralische Stickstoffdüngung erheblichen Einfluss auf die Qualitäten ausüben.

1.2.2 Sortenwahl

Da sich konventionelle und ökologische Anbausysteme erheblich in der Intensität unterscheiden, haben sie auch unterschiedliche Anforderungen an die Sorten, auch wenn es hierbei in einigen Bereichen zu Überschneidungen kommt. Beide Systeme haben im Winterweizenanbau primär die Realisierung eines möglichst hohen Ertrags mit für die Vermarktung ausreichenden Backqualitäten zum Ziel. Die Winterweizensorte stellt einen

entscheidenden Einflussfaktor dar. Sorten mit hoher Proteinbildung sind bei den extensiven Anbaubedingungen des ökologischen Anbaus notwendig, um die geforderten Backqualitäten zu erreichen.

Neben dem Aneignungsvermögen für limitiert vorliegende Nährstoffe ist die Resistenz gegenüber pilzlichen Schaderregern von erheblicher Bedeutung. Zwar können diese im konventionellen Anbau durch den Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln (PSM) in ihrer Ausbreitung begrenzt werden, von Vorteil sind dennoch sortenspezifisch vorliegende Resistenzeigenschaften, durch die der Einsatz von PSM aufgrund des geringeren Befalls reduziert werden kann. Dieser Einsatz von gesunden Sorten ist ebenfalls im ökologischen Landbau für die Ausnutzung der Ressourcen wichtig.

1.2.3 Stickstoff und Ertragsbildung

Die Stickstoffversorgung nimmt in der Reihe der Wachstumsfaktoren von der biochemischen Prozessbeeinflussung bis zur Ausbildung der Gesamtpflanze und damit für die Ertragsbildung eine zentrale Rolle ein.

Die Analyse des Pflanzenwachstums und des resultierenden Ertrages kann beispielsweise durch die Abhängigkeit zwischen der Trockenmasse und der photosynthetisch aktiven Strahlung des Lichts (PAR) bestimmt werden (TOLLENAAR & BRUULSEMA 1988, MONTEITH 1977). Die Trockenmasseproduktion (W_{sh}) wird als das Produkt von drei Faktoren beschrieben:

$$W_{sh} = I \cdot \varepsilon \cdot f_i(LAI)$$

W_{sh} = oberirdische Trockenmasse; I = PAR pro m^2 ; ε = Transformationskoeffizient;
 $f_i(LAI)$ = Anteil der von Pflanzen aufgenommenen Lichtmenge in Abhängigkeit vom LAI.

Während I von den Witterungsbedingungen abhängt, sind ε und f_i insbesondere in der Stickstoffdüngung sowie in pflanzenphysiologischen und genetischen Merkmalen begründet.

ε ist dabei von der N-Konzentration im Blatt, f_i vom Blattflächenindex (LAI) abhängig.

Der Ertrag einer Pflanze kann aufgrund dieses Zusammenhangs und unter Berücksichtigung des Harvest Index (HI) folgendermaßen beschrieben werden (EVANS 1993; LEMAIRE 1997):

$$Y = HI \cdot \int I \cdot \varepsilon \cdot f_i(LAI)$$

Y = Ertrag; HI = Harvest Index; I = PAR pro m^2 ; ε = Transformationskoeffizient;
 $f_i(LAI)$ = Anteil der von Pflanzen aufgenommenen Lichtmenge in Abhängigkeit vom LAI

Der 'Harvest Index' ist die nutzbare Biomasse (Korn) im Verhältnis zur gesamten oberirdischen Biomasse. Beim Weizen wurde er in den letzten Jahrzehnten durch Züchtungsfortschritte stark erhöht und beträgt zurzeit 0,5 bis 0,55 (EVANS 1993).

Andere Autoren beschreiben den Kornertrag als eine Größe, die von verschiedenen Ertragskomponenten abhängig ist (BAEUMER 1992; FISCHBECK et al. 1992; GEISLER 1988; OEHMICHEN 1986):

- Bestandesdichte definiert als Anzahl fruchtstandtragender Halme/Fläche
- Kornzahl/Ähre (Kornzahl je Fruchtstand)
- Tausendkornmasse (TKM)

Durch die Einteilung der Ertragsbildung in die Perioden der Organanlage, maximale Organzahl, Organreduktion, endgültige Organzahl und Kornfüllung, ist es möglich, Zeiträume innerhalb der Vegetationsperiode abzuleiten, in denen über die Stickstoffdüngung Einfluss auf die Ertragsstruktur genommen werden kann (HÄNSEL 1955). Neben der Ermittlung der richtigen Gesamtdüngermenge ist auch die bedarfsgerechte Aufteilung der gesamten Düngermenge zu kalkulieren (HANUS 1978). Grundsätzlich orientiert sich die Gesamtdüngermenge bei konventioneller Bestandesführung am Ertrags- und Qualitätsniveau des Standortes, um ein möglichst ausgeglichenes Saldo zwischen Stickstoffabfuhr und Stickstoffdüngung zu erreichen (DIEPHOLDER et al. 1992; BAUMGÄRTEL 1993). Da die beschriebenen Ertragskomponenten aber als Funktion der Trockenmasseproduktion zu sehen sind, ist diese Beschreibung der Ertragsbildung und der Düngungsbestimmung ungenauer als die oben genannte Beschreibung von MONTEITH (1977) oder EVANS (1993).

1.2.4 Bedeutende Krankheiten in Winterweizen

Die von ODÖRFER (1995) durchgeführten Untersuchungen zum Auftreten pilzlicher Schaderreger im Winterweizenanbau konventioneller und ökologischer Anbausysteme in Bayern ergeben Fruchtfolgeeffekte für alle untersuchten Erreger außer bei *Septoria tritici*. *Septoria nodorum*, *Drechslera tritici repentis*, *Fusarium spp.* und *Pseudocercospora herpotrichoides* nehmen durch die ein- bis mehrjährige Unterbrechung des Weizenanbaus ab. Dabei tragen pilzliche Schaderreger nur einen geringen Anteil zu fruchtfolgebedingten Ertragsunterschieden bei. Durch einen Fungizideinsatz sind Verlustminderungen in Form eines Ertragszuwachses zu verzeichnen, wobei dieser Effekt bei Weizen in mehrgliedrigen Fruchtfolgen stärker zum Tragen kommt als bei Monokultur. Bei den fungizidunbehandelten Varianten ist die Stickstoffversorgung Haupteinflussfaktor auf die Ertragshöhe. Mit

steigender Stickstoffversorgung wird der Befall mit *Blumeria graminis* erhöht, der Befall mit *Drechslera tritici-repentis* vermindert. WOHLLEBEN (2002) bewertet stickstoffakkumulierende Vorfrüchte wie Klee gras als befallsfördernd für die obligat biotrophen Erreger *Blumeria graminis* und *Puccinia recondita*. *Septoria tritici* zeigt in seinen Untersuchungen keine Abhängigkeit von der Vorfrucht, jedoch von der Sorte. Die Sorte Ludwig weist mit 75 % Befallshäufigkeit (BHB) den höchsten Befall auf, Bussard und Magnus sind mit 50-55 % BHB auf deutlich niedrigerem Niveau.

1.2.4.1 Halmbasiserkrankungen

Erkrankungen der Halmbasis mit *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides*, *Rhizoctonia cerealis* und *Fusarium* spp. schädigen die Weizenpflanzen am unteren Teil des Halmes. *Helgardia herpotrichoides* (Teleomorph: *Occulimacula herpotrichoides*), der Erreger der Halbruchkrankheit, zerstört die Leitbündel und führt durch die Unterbrechung des Nährstoffs- und Wassertransportes zu Notreifeerscheinungen, die ihre Ausprägungen von leicht reduzierten Tausendkornmassen bis zur totalen Weißährigkeit haben können. Durch die Vermorschung des Halmgrundes kommt es zu einer Verringerung der Stabilität des Halmes und somit zu einem parasitären Lager (WITTRÖCK 2001). Die Ausprägung der Krankheit ist insbesondere von den anbautechnischen Maßnahmen abhängig. Ein früher Saattermin und ein hoher Weizenanteil in der Fruchtfolge fördern den Befall.

1.2.4.2 *Septoria tritici*

Septoria tritici (Teleomorph: *Mycosphaerella graminicola*) stellt das Hauptschadpathogen im Winterweizenanbau in Schleswig-Holstein dar (HENZE 2007; WITTRÖCK 2001). *Septoria tritici* wird vornehmlich durch die Witterung beeinflusst. Durch Niederschlagsereignisse >3 mm mit folgender Blattnässe >98 % für >48 Stunden infiziert der Erreger höher liegende Blattetagen (KLINK 1997). Mit dem Einsatz von Fungiziden in konventionellen Anbausystemen werden das Auftreten der Krankheitserreger minimiert und die Erträge erhöht (HENZE 2007; KLINK 1997; ODÖRFER 1995; VERREET 1995; WITTRÖCK 2001). Der Einfluss von *Septoria tritici* auf Ertrag und Ertragskomponenten liegt nach SIMON et. al. (2002) in der geringeren Entwicklung neuer Triebe und in der verstärkten Reduktion von vorhandenen Trieben bei einem frühen Befall mit dem Erreger begründet. Fungizide haben bei hoher Stickstoffversorgung einen stärkeren Effekt auf die Ertragshöhe (höhere Verlustminderung) als unter ungedüngten Bedingungen (LEITCH & JENKINS 1995). Dies lässt sich auch aus

Untersuchungen von KÜHL (1991) ableiten, die besagen, dass gleiche Befallswerte bei höherer Ertragsersparnis auch zu höheren Ertragsverlusten führen.

VERREET (1985) führt die schädigende Wirkung von *Septoria tritici* auf dem Blattapparat auf die Bildung des Phytotoxins Septorin und der damit verbundenen Nekrotisierung der am Ertragsaufbau beteiligten Organe mit zusätzlichem Verlust an Chlorophyll einhergehend mit einer verfrühten Abreife zurück.

1.2.4.3 *Blumeria graminis*

Der Echte Mehltau (*Blumeria graminis*) ist in seiner Befallsausprägung regions- und schlagabhängig sehr unterschiedlich. In Schleswig-Holstein tritt er hauptsächlich im Binnenland (östliches Hügelland) und im Osten auf (WITTROCK 2001; BUSSE 2001). Die Westküstenstandorte sind vorwiegend befallsfrei, da aufgrund der ausgeprägten Westwindlage ein Befallsaufbau verhindert wird (BUSSE 2001). Der obligat biotrophe Parasit wird in seiner Entwicklung durch dichte Bestände und insbesondere durch eine hohe Stickstoffversorgung des Bodens gefördert. Der Befall führt bei den Pflanzen zu einer verminderten Photosyntheseleistung und damit zu einer Reduktion von Wurzel- und Sprosswachstum. Weiterhin wird die Stickstoffaufnahme gemindert, einhergehend mit einer geringeren Bestockung, Bestandesdichte und Einlagerung von Assimilaten in die Ähre, wodurch der Ertrag gemindert wird (HOFFMANN & SCHMUTTERER 1999). Im ökologischen Landbau kommt der Wahl mehltaresistenter Weizensorten daher eine besondere Bedeutung zu.

1.2.4.4 *Puccinia* spp.

In Schleswig-Holstein kommen zwei Erreger von Rostkrankheiten beim Weizen vor. *Puccinia recondita* und *Puccinia striiformis* erlangen jedoch nur in Einzeljahren einen Befall höheren Ausmaßes (WITTROCK 2001). Kennzeichnend für die obligat biotrophen Erreger ist die „explosionsartige“ Ausbreitung in befallsstarken Jahren. Gefördert wird der Erreger durch eine erhöhte N-Düngung und, bedingt durch seine höheren Temperaturansprüche, durch eine warme Fröhsommerwitterung. Daher weisen konventionelle Bestände mit hoher N-Versorgung tendenziell höhere Befallsstärken auf. Dass neben den genannten Parametern auch eine frühe Saatzeit einen bedeutenden Einfluss auf die Befallswerte hat, zeigen die Erhebungen von ODÖRFER (1995). Weiterhin befallsfördernd wirkt sich neben der

eingesetzten Winterweizensorte Klee gras als Vorfrucht im ökologischen Landbau aufgrund der Stickstoffakkumulation auf den Braunrostbefall aus (WOHLLEBEN 2002).

1.2.4.5 *Fusarium*befall und Mykotoxine

Wertmindernde Inhaltstoffe natürlichen Ursprungs im Getreide (Pilzgifte, Mykotoxine, u.a. Deoxynivalenol, Zearalenon), induziert durch Schadpilze aus der Gruppe der *Fusariosen*, stellen aufgrund ihrer hohen chronischen Toxizität und den damit verbundenen negativen Wirkungen auf die Ernährung von Mensch und Tier eine nicht zu vernachlässigende Größe dar (DÄNICKE & OLDENBURG 2000). Die Erkrankung, die bei Getreidearten hauptsächlich durch *Fusarium graminearum* (Teleomorph: *Gibberella zea*) Schwabe und *F. culmorum* (W.G. Smith) Sacc. verursacht wird, stellt ein weltweites Problem dar (KLIX 2005; OFFENBÄCHER 2001). In Europa wird der Erkrankung eine steigende Bedeutung zugemessen. Durch einen vermehrten Anbau von Mais und Getreide sowie veränderter und reduzierter Bodenbearbeitung kann die Bedeutung bei Weizen (ZINKERNAGEL et al. 2000) auch im Rahmen des ökologischen Landbaus zunehmen. Die bisher zur Verfügung stehenden Sorten bieten keine vollständigen Resistenzen und es kann daher nur auf Sorten mit geringerer Anfälligkeit zurückgegriffen werden. Die Produktionsrichtlinien des ökologischen Landbaus führen aufgrund des veränderten Produktionsablaufs im Vergleich zum konventionellen Anbau zu veränderten äußeren Bedingungen für die angebauten Feldfrüchte. Aufgrund fehlenden Pflanzenschutzmitteleinsatzes sind insbesondere in den humiden Klimaten Schleswig-Holsteins Auswirkungen auf die Bildung von relevanten Mykotoxinen zu erwarten. Die vorhandenen Untersuchungen zum mykotoxikologischen Status ökologisch und konventionell erzeugten Weizens liefern unterschiedliche Ergebnisse. So fand DROCHNER (1989) keinen Unterschied zwischen beiden Anbaumethoden bezüglich Fusarientoxinen. MARX (1995) hingegen konnte in Getreideproben aus ökologischer Erzeugung höhere Zearalenon- und Deoxynivalenolbelastungen nachweisen. LÜCKE et al. (2003) beschreibt die gegenteilige Situation. Der Anteil der mit *Fusarium culmorum* und *Fusarium graminearum* kontaminierten Körner waren in mehrjährigen Beobachtungen in Mecklenburg-Vorpommern im ökologischen Anbau nicht höher; in befallsstarken Jahren sogar niedriger als im konventionellen Landbau. Insgesamt betrachtet kann also nicht von einem eindeutigen Bild gesprochen werden. Nach EBERLE (2006) ist allenfalls ein Trend bei der Belastung von Getreide durch *Fusarientoxine* erkennbar. Neben vereinzelt überdurchschnittlich hohen *Fusarium*-Toxingehalten, scheint vor allem die Deoxynivalenolbelastung in Getreide aus ökologischer Produktion, sowohl in der Kontaminationsrate, als auch in der Belastungshöhe

gegenüber konventionell erzeugtem Getreide niedriger zu liegen (EBERLE 2006; LÜCKE 2003). Sorten-, Jahres-, Standort und Vorfruchteinfluss stellen dominierende Parameter für den Befall dar. In Schleswig-Holstein ist ein Einfluss des Anbauortes messbar, der mit der Ausprägung der hygrischen Ozeanität in Einklang steht (BEYER 2005).

1.2.5. Unkrautregulierung

Unkräuter beeinflussen seit Beginn des Ackerbaus das Wachstum der Kulturpflanze. Die Kulturpflanzen stehen mit ihnen auf der begrenzten Anbaufläche in Konkurrenz um die limitierten Wachstumsfaktoren Nährstoffe, Licht und Wasser (KOCH & HURLE 1978; ALSTROM 1990). Die Konkurrenz fällt je nach Pflanzendichte mehr oder weniger stark aus, wobei auch das jeweilige Entwicklungsstadium der jeweiligen Pflanzenart das Maß der gegenseitigen Beeinflussung bestimmt (ALSTROM 1990). Die Minimierung der Konkurrenz durch die Bekämpfung des Unkrauts stellt daher eine Maßnahme dar, vorhandene Wachstumsressourcen der Kulturpflanze gezielt zu sichern (SCHENKE 1993).

Man unterteilt die Unkräuter in Apophyten, Archaeophyten und Neophyten. Unter dem Begriff Apophyten werden alle Arten zusammengefasst, die bereits vor der Besiedlung des Menschen hier in Mitteleuropa heimisch waren und bis heute noch hier anzutreffen sind (z. B. *Chenopodium* spp., *Polygonum* spp.) Archaeophyten sind solche Pflanzen, die im Altertum durch den Menschen nach Europa transportiert wurden (z. B. *Ranunculus arvensis*) und Neophyten sind schließlich Arten, die erst in den letzten 200 Jahren hier heimisch geworden sind. Dazu gehören beispielsweise *Galinsoga parviflora* und *Veronica persica* (ZWERGER 2002). Nach Einführung der chemischen Unkrautbekämpfungsmittel ergab sich eine massive Verschiebung des Artenspektrums. Mehrjährige Arten und solche, die besonders empfindlich auf die Herbizide reagieren, verschwanden von den Äckern. Umgekehrt reicherten sich solche Arten an, welche die Wirkstoffe schnell abbauen können oder Resistenzen entwickeln. Auch Arten mit geringer Wuchshöhe haben sich durch geringere Bestandeshöhen aufgrund kurzstrohiger Weizensorten und dem Einsatz von Wachstumsregulatoren zu Halmstabilisierung stärker ausgebreitet.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, in welchem Maße die Wirtschaftsweise (konventionell vs. ökologisch) die Artenzahl sowie die Artenhäufigkeit (Abundanz) verändert. Betrachtet werden unter anderem die unterschiedlichen Erfolge der Bekämpfungsmaßnahmen; des ein- oder mehrmaligen Herbizideinsatzes im konventionellen Landbau gegenüber mechanischen Verfahren mit Striegel und Hacke. Die Hauptwirkung des Striegels liegt dabei im Verschütten von Unkräutern bzw. Unkrautkeimlingen. Zudem wird

ein geringer Teil der Pflanzen herausgerissen (KOCH 1964; BRÄUTIGAM 1990). Der Einsatz der Hackmaschine hat zum Ziel, die Unkräuter in der Reihe zu verschütten und zwischen den Kulturreihen den überwiegenden Teil der Unkräuter abzuschneiden und herauszureißen (KOCH 1975). Für den Einsatz der Hackmaschine ist daher der Anbau der Kulturpflanzen in weit auseinander stehenden Reihen eine notwendige Voraussetzung. Die Unkrautregulierung ist nach RUHE (2000) in der Kombination von Striegel und Hacke am erfolgreichsten. Alleiniges bzw. mehrfaches Striegeln reduziert den Unkrautbesatz nur unzureichend. Ermittelt werden die Reduktion der Unkrautzahlen, des Unkrautdeckungsgrades sowie die Ertragsunterschiede behandelter und unbehandelter Varianten. Außerdem werden die unterschiedlichen Abundanzen der Unkrautarten in den beiden Wirtschaftssystemen aufgezeigt und die Unterschiede in der Unkrautunterdrückung zwischen den beiden Weizensorten Bussard und Dekan nachgewiesen, da im extensiven Anbau die sortenspezifische Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern genutzt werden muss. Kurzstrohige Sorten unterdrücken dabei Unkräuter unzureichend (KLEIBER 2000). Der Einfluss auf den Ertrag ist nicht auf die positive Wirkung der mechanischen Unkrautbekämpfung in Bezug auf die Stickstoffmineralisation im Boden durch eine bessere Belüftung zurückführbar, sondern beruht nur auf der Abnahme der Konkurrenz durch die Unkräuter (RUHE 2000). Aber auch im konventionellen Anbau ist die Etablierung konkurrenzstarker Weizenbestände für die Wirksamkeit der Herbizide wichtig. Kräftige, geschlossene Bestände sind Voraussetzung für die Regulierung des Unkrautbesatzes durch die gesteigerte Sensibilität der Unkräuter gegenüber Herbiziden, den eingeschränkten Regenerationsmöglichkeiten geschädigter Unkräuter durch verminderten Lichteinfall und der durch den Bestandeseinfluss früher eintretenden natürlichen Mortalität. Somit wird eine bessere Ausschöpfung des Wirkungspotenzials der Herbizide erreicht (MEINLSCHMIDT 1997).

1.2.6. Einfluss von Pflanzenschutzmitteln (PSM) auf die Umwelt

In der vorliegenden Arbeit wird neben dem Wirkungsgrad der im praktischen Betrieb Schleswig-Holsteins eingesetzten Pflanzenschutzmittel (Insektizide, Herbizide, Fungizide) das Abbauverhalten in der Pflanze, die Auswaschung in das oberflächennahe Sickerwasser sowie das Rückstandsverhalten im Erntegut untersucht.

1.2.6.1 PSM-Rückstände im Sickerwasser als potenzielle Gefahr für das Grundwasser

Die Trinkwasserverordnung (LIEBFELD et al. 2001) schreibt für PSM einschließlich ihrer toxischen Hauptabbauprodukte einen Grenzwert von 0,1 µg/l für den einzelnen Wirkstoff bzw. 0,5 µg/l für die Summe aller Wirkstoffe vor. Dieser Grenzwert ist als reiner Vorsorgewert aufzufassen und nicht toxikologisch begründet. Er wird jedoch auch zur Beurteilung der Grundwasserbeschaffenheit herangezogen. Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen erfolgt der Eintrag von PSM mit dem Sickerwasser in das oberflächennahe Grundwasser in deutlicher Abhängigkeit von physikalischen wie chemischen Eigenschaften von Wirkstoff und Boden. Für den fehlenden Nachweis eines applizierten Wirkstoffes im Boden bzw. in einer Bodenschicht können unter Feldbedingungen verschiedene Ursachen dafür verantwortlich sein: biotischer oder abiotischer Abbau, Verdampfen, Abtrag durch Wind- und Wassererosion sowie die Verlagerung in tiefere Bodenschichten oder auch die Aufnahme durch die Pflanze sind einige Beispiele (HURLE 1982). Demnach spielen neben Klima und Phänologie des Bestandes (Aufwuchs, Wurzelwachstum), die Eigenschaften des Wirkstoffes (Persistenz, Metabolisierung, physikalische und chemische Konstitution) wie auch des Bodens im Rahmen der Verlagerung von PSM in das Grundwasser eine entscheidende Rolle. Die Verlagerung von PSM erfolgt besonders rasch in den Untergrund, wenn die Deckschichten über dem Grundwasser geringmächtig und gut wasserdurchlässig sind. In Schleswig-Holstein wurden im Rahmen der Beobachtung der Grundwasserbeschaffenheit (Trendmessnetz Schleswig-Holstein 1995-2000) neben einem Fungizid überwiegend Herbizide nachgewiesen (STEINMANN 2002).

1.2.6.2 Einfluss von Pflanzenschutzmittelrückständen in Nahrungsmitteln

Pflanzenschutzmittelrückstände bzw. deren Metaboliten können bei Überschreitung von Grenzwerten im Erntegut ein Risiko für die Nahrungsmittelqualität darstellen. Eine PSM-Menge von 0,01 mg/kg gilt als allgemeine Höchstmenge der Rückstands-Höchstmengen-Verordnung (Anonym 2008). In einer Zusammenstellung nationaler Monitoring-Programme durch die EU-Kommission wurden für Deutschland bei Getreide in 24 % aller Proben PSM-Rückstände oberhalb der technischen Nachweisgrenze (>0,02 mg/kg) vorgefunden, jedoch lagen die Werte lediglich bei 2,1 % der Proben oberhalb der zulässigen Grenzwerte (European Commission 2004 a, 2004 b). Ähnliche Beobachtungen werden von STOLZ et al. (2002) dokumentiert. Unabhängig von nationalen und EU-weit festgesetzten Grenzwerten, die in erster Linie als Vorsorgewerte anzusehen sind, zeigt dies, dass eine Rückstandsproblematik

gegeben ist. An moderne Pflanzenschutzmittel wird ein schneller und vollständiger Abbau der Wirksubstanzen gefordert. Obwohl bis 2006 ein Rückgang von Verstößen gegenüber dem Vorjahr 2005 gegen das Pflanzenschutz- und Lebensmittelrecht festgestellt wurden, sind dennoch in 5,3 % der Fälle Rückstandshöchstmengen überschritten worden (Anonym 2007). Daher werden auf EU-Ebene weitere Maßnahmen zur gesetzlichen Regelung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes getroffen. Das Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutzmittel stellt hierbei die nationale Umsetzung von Forderungen der EU-Kommision nach einem verminderten Pflanzenschutzmitteleinsatz mit dem Ziel dar, die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel stärker als bisher auf das notwendige Maß zu begrenzen. In der vorliegenden Arbeit werden Untersuchungen zum Pflanzenschutzmitteleinsatz in Praxisbetrieben Schleswig-Holsteins in der Weizenkultur durch Proben des Sickerwassers, des pflanzlichen Aufwuchses und der reproduktiven Organen mit dem Ziel durchgeführt, inwieweit Rückstände eingesetzter PSM in den Ernteproben existent sind und demnach die Landwirte konventioneller Wirtschaftsweise die Anwendung von PSM nach guter fachlicher Praxis im eigenen Verantwortungsbereich realisieren.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsanlage

Auf zwölf Ackerbaubetrieben (Betriebspaare ökologisch/konventionell, sechs Standorte) wurden im Winterweizen (WW) Parzellen unterschiedlicher Varianten mit je drei Wiederholungen angelegt. Die Parzellen bestanden aus einem Probenahmebereich sowie einem Erntebereich, in dem ein Kerndrusch mittels eines Parzellenmähdreschers zur Ertragsermittlung durchgeführt wurde. Die Versuchsfaktoren umfassten neben der Sorte die Stickstoffdüngung, Fungizid- und Herbizideinsatz bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben sowie die organische Stickstoffdüngung und mechanische Unkrautbekämpfung bei den Betrieben mit ökologischer Wirtschaftsweise. Die Varianten setzten sich in den Jahren 2005 und 2006 wie folgt zusammen:

Ökologische Wirtschaftsweise:

- (1) Kontrolle 1: ohne Düngung, ohne mechanische Unkrautbekämpfung (völlig unbehandelt)
- (2) Praxisvariante: mit organischer Düngung (betriebsspezifisch, Abschnitt 3.1.3, Tab. 16), mit mechanischer Unkrautbekämpfung (betriebsspezifisch)

Konventionelle Wirtschaftsweise:

- (1) Kontrolle 1: ohne Düngung; ohne Herbizid-, Insektizid- und Fungizidapplikation (völlig unbehandelt)
- (2) Kontrolle 2: mit mineralischer und organischer Düngung (betriebsspezifisch, Abschnitt 3.1.3, Tab. 16), mit Herbizidapplikation, ohne Insektizid- und Fungizidapplikation
- (3) Praxisvariante: mit mineralischer und organischer Düngung (betriebsspezifisch, Abschnitt 3.1.3, Tab. 16), mit chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen (betriebsspezifisch)
- (4) Kontrolle 1b: ohne Düngung; ohne Insektizid- und ohne Fungizidapplikation, mit Herbizidapplikation (betriebsspezifisch, ausgewählte Betriebe)
- (5) Kontrolle 2b: mit mineralischer und organischer Düngung (betriebsspezifisch, Abschnitt 3.1.3, Tab. 16), ohne Insektizid- und ohne Fungizidapplikation, ohne Herbizidapplikation (nur Versuchsjahr 2006, ausgewählte Betriebe)

Im ersten Versuchsjahr (2004) konnten aufgrund des späten Projektbeginns im Frühjahr 2004 nicht alle Varianten angelegt werden, da auf bereits etablierte Weizenbestände zurückgegriffen werden musste. PSM-Applikationen und Düngungsmaßnahmen sowie mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen waren zu diesem Termin schon durchgeführt worden. Somit setzte sich im Jahr 2004 das Versuchsprogramm mit folgenden Varianten zusammen:

Ökologische Wirtschaftsweise:

- (3) Praxisvariante: mit organischer Düngung (betriebspezifisch, Abschnitt 3.1.3, Tab. 16), mit mechanischer Unkrautbekämpfung

Konventionelle Wirtschaftsweise:

- (2) Kontrolle 2: mit mineralischer und organischer Düngung (betriebspezifisch, Abschnitt 3.1.3, Tab. 16), ohne Insektizid- und Fungizidapplikation, mit Herbizidapplikation,
- (3) Praxisvariante: mit mineralischer und organischer Düngung (betriebspezifisch, Abschnitt 3.1.3, Tab. 16) und mit betriebspezifischen chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen

Die Bonitur von Unkräutern konnte aufgrund des Fehlens entsprechender Kontrollen 2004 nicht durchgeführt werden. Das Versuchsprogramm beschränkte sich in 2004 auf die Bonitur der Krankheiten sowie die Analyse von PSM-Rückständen im Aufwuchs und der Qualitäten und wertmindernden Lebensmittelinhaltstoffen im Erntegut.

2.2 Sortenwahl

Im ersten Versuchsjahr 2004 wurde auf die in den Betrieben bereits etablierten Winterweizenbestände zurückgegriffen. Auf allen konventionellen Betrieben war die Sorte Dekan vorhanden. Auf den Betrieben ökologischer Wirtschaftsweise wurde ein heterogenes Sortenspektrum vorgefunden. Dieses umfasste die Sorten Achat, Bussard, Capo und Ökostar. In den Versuchsjahren 2005 und 2006 wurden auf allen Betrieben zwei Sorten gedrillt. Sorten der Wahl stellten auf beiden Betriebsformen der B-Weizen 'Dekan' (konventionelle Präferenz) und der E-Weizen 'Bussard' (ökologische Präferenz) dar. Es wurde in jedem Fall auf zertifiziertes Saatgut zurückgegriffen, wobei das ökologisch erzeugte Saatgut grundsätzlich ungebeizt war. Das konventionelle Saatgut war mit einer Saatgutbeizung versehen.

Die Sorten wurden entsprechend ihrer Verbreitung im konventionellen und ökologischen Anbau ausgewählt (Tab. 1).

Die Sorte Dekan (B-Weizen), die schon 2004 überregional eine große Verbreitung im konventionellen Anbau aufwies, wurde 1999 zugelassen. Diese Sorte ist durch eine hohe Ertragsstabilität und eine geringe Lagerneigung gekennzeichnet. Die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten ist, mit Ausnahme gegenüber Braunrost, gering bis mittel (Tab. 1). Bussard ist eine E-Weizensorte, gekennzeichnet durch überdurchschnittlich hohe Rohproteingehalte, potenziell gute bis sehr gute Teigeigenschaften und geringer Anfälligkeit für Ährenfusariosen (Anonym, Bundessortenamt (BSA) 2004; Anonym, LOCHOW-PETKUS 2006) (Tab. 1). Durch diese Eigenschaften ist diese Sorte eine bewährte und stark verbreitete Sorte im ökologischen Landbau (HEYDEN 2004; JAHRSTORFER 2001).

Tab. 1: Sorteneigenschaften der, in den Versuchsjahren 2005 und 2006 auf allen Betrieben etablierten Weizensorten „Dekan“ und „Bussard“ (Anonym, BSA 2004, abgeändert; Anonym, Lochow-Petkus 2006, abgeändert)

	Dekan	Bussard	
Qualitätsgruppe	B	E	
Fallzahl	hoch	mittel bis hoch	
Rohproteingehalt	niedrig bis mittel	hoch bis sehr hoch	
Ährenschieben	mittel	mittel	
Reife	mittel	mittel	
Pflanzenlänge	kurz bis mittel	lang	
Auswinterung	gering bis mittel	mittel bis stark	
Lager	gering	stark bis sehr stark	
Resistenz	Mehltau	fehlend oder sehr gering	gering bis mittel
	Gelbrost	gering bis mittel	gering
	Braunrost	stark bis sehr stark	stark
	Blattseptoria	gering bis mittel	mittel bis stark
	DTR	mittel	mittel bis stark
	<i>Septoria nodorum</i> (Spelz)	gering bis mittel	gering bis mittel
	<i>Fusarien</i> (Ähre)	gering bis mittel	gering
	Halmbruch	gering bis mittel	mittel
	Ertrags-eigen-schaften	Kornzahl/Ähre	hoch bis sehr hoch
Tausendkorngewicht		niedrig bis mittel	niedrig bis mittel
Kornertrag		hoch	niedrig
Bestandesdichte		mittel	mittel
Besonderheiten		Einzelähren-Kompensationstyp	zügige Jugendentwicklung

2.3 Standortbeschreibung

Die Wahl der Standorte für das Projekt spiegeln zum einen die repräsentativen Naturräume Schleswig-Holsteins (Marsch, Geest, Östliches Hügelland) wider, zum anderen berücksichtigten sie die Regionen mit den höchsten Weizenanbauintensitäten. Zur vergleichenden Analyse wurden jeweils zwei Betriebe unterschiedlicher Produktionsweise als Wertepaare an einem Standort gewählt, um annähernd vergleichbaren geografischen und meteorologischen Voraussetzungen zu entsprechen (Tab. 2, Abb. 2).

Zur Vereinfachung werden im Folgenden die Standorte als Landkreis- bzw. Regionsname (Nordfriesland (NF), Heide (HE), Kiel (KI), Plön (PLÖ), Fehmarn (FE) und Dänischer Wohld (DW)) mit dem Zusatz (Ö) für ökologisch und (K) für konventionell dargestellt.

Tab. 2: Standortcharakteristika der Praxisbetriebe

Standort	Wirtschafts- weise	Landkreis	Naturraum	Bodentypen	Bodenart/ Ackerzahl	jährl. Nieder- schlag
Hauke-Haien- Koog	konventionell	Nordfries- land (NF)	Nordfriesische Marsch	Marschen	tL / 80-88	853
Sönke-Nis- sen-Koog	ökologisch				tL / 84-92	
Reinsbüttel	konventionell	Heide, Dithmar- schen (HE)	Dithmarscher Marsch	Marschen	sL / 65-70	864
Hedwigen- koog	ökologisch				sL / 70-75	
Hohenschulen	konventionell	Rendsburg- Eckernförde Kiel (KI)	Naturraum Westensee, Dänischer Wohld	Parabraunerde	sL / 50-55	754
Schinkel	ökologisch				sL / 50-56	
Lehmkuhlen	konventionell	Plön (PLÖ)	Ost- holsteinische Hügel- und Seenlandschaft	Pseudogley, Parabraunerde/ Podsolgly	sL / 50-53	741
Tröndel	ökologisch				sL / 50-55	
Ostermar- kelsdorf	konventionell	Ostholstein, Fehmarn (FE)	Nordoldenburg und Fehmarn	Schwarzerde	sL / 78-84	590
Lütjenbrode	ökologisch				sL / 68-72	
Borghorst	konventionell	Rendsburg- Eckernförde Dänischer Wohld (DW)	Dänischer Wohld	Braun- u. Para- braunerden	IS-sL / 40-45	753
Lindhöft	ökologisch				IS-sL / 40-45	

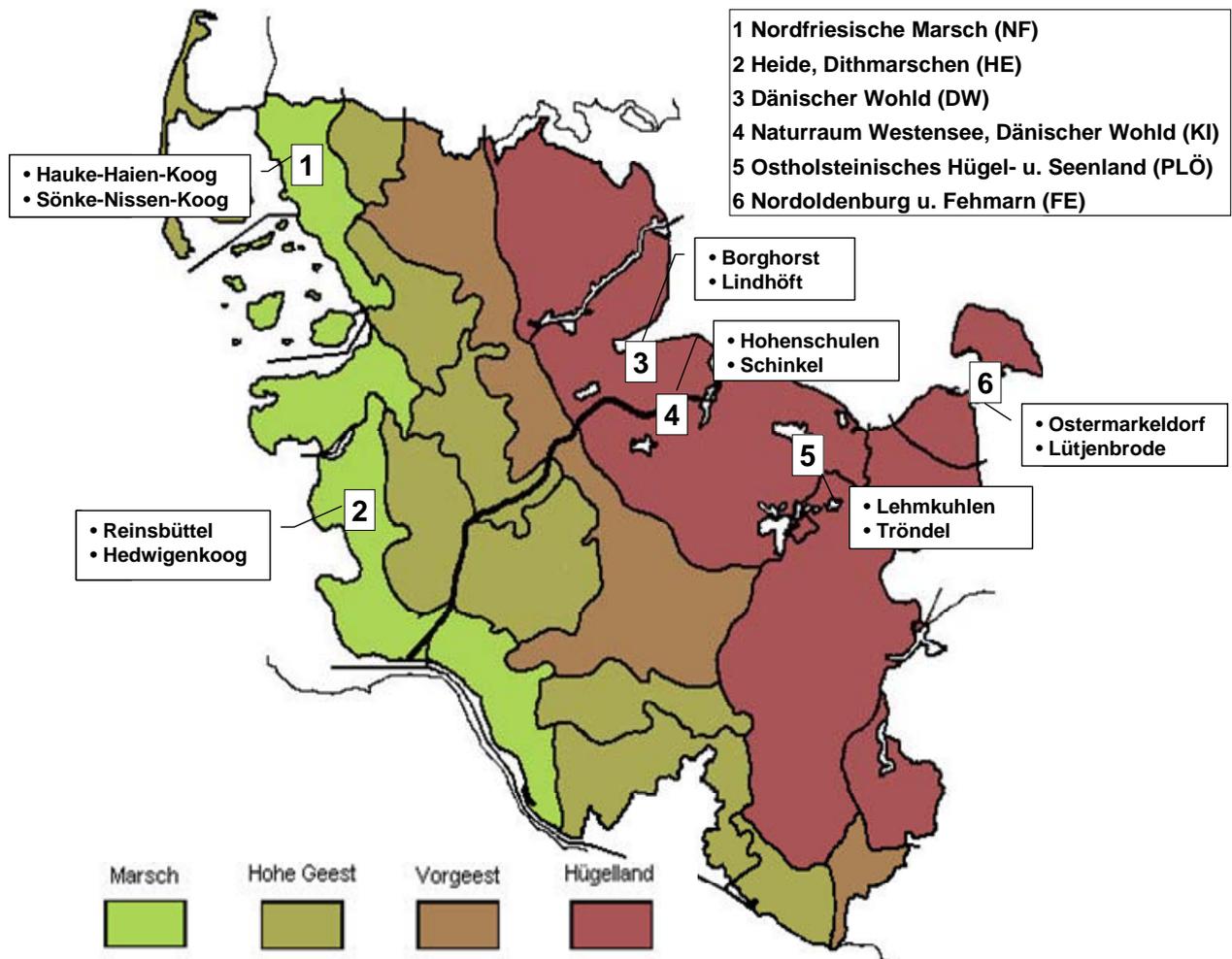


Abb. 2: Geographische Lage der Naturräume (Schwerpunktregionen Winterweizenanbau) und der zugehörigen Versuchsstandorte (Schleswig-Holstein Karte: Anonym 2007, Statistik Amt Nord, abgeändert)

2.4 Versuchsdurchführung

Die Aussaat erfolgte mit der Drilltechnik der jeweiligen Betriebe. Durch unterschiedliche betriebsspezifische Arbeitsbreiten von 21 m bis 24 m und Drilltechniken (3 m bis 4,5 m) führte dies zu Schwankungen in der Größe der Versuchsfläche zwischen den Betrieben. Das Saatgut wurde, bis auf die ökologisch erzeugte Sorte Bussard, von der Firma Lochow-Petkus, Wohlde zur Verfügung gestellt. Das Saatgut der Sorte Bussard wurde von ökologischen Saatguterzeugern zur Verfügung gestellt. Nach der Aussaat wurden die entsprechenden Flächen sofort markiert und die einzelnen Varianten mit einer, je nach Fahrgassenbreite, Ausdehnung von 20 × 20 m bis 20 × 24 m in Großparzellen abgesteckt. Die Großparzellen wurden in kleinere Parzellen mit dreimaliger Wiederholung unterteilt. Auf den Betrieben Hohenschulen, Lindhof und Borghorst wurde die Aussaat mit einer Parzellendrillmaschine

durchgeführt, um eine randomisierte Blockanlage zu realisieren. Die Bestandesführung wurde praxisüblich durch die beteiligten Landwirte durchgeführt.

2.5 Datenerhebung und Datenanalyse des Pathogen-, Unkrautspektrums und phänologischer Parameter

In der Vegetationsperiode wurden Unkräuter und Krankheiten sowie die Bestandesentwicklung der Weizenkultur nach der erweiterten BBCH-Skala zur einheitlichen Codierung (EC) der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen analysiert (HACK et al. 1992). Die Bonitur von pilzlichen Schadpathogenen erfolgte vor Winter zu einem und während der Vegetationsperiode zu sechs Boniturterminen. Hierbei wurden die Erreger qualitativ und quantitativ nach der Häufigkeit und Stärke des Befalls anhand typischer Pilzstrukturen mittels Stereo- und Mikroskop erfasst. Die detaillierten Analysen erlauben die epidemiologische Bewertung von Einzelerregern und Pathogenkomplexen im Rahmen der Kulturart. Die Erfassung der Unkräuter erfolgte jeweils einmal im Herbst, im Frühjahr sowie während der Hauptwachstumszeit. Parallel zur Krankheitsbonitur erfolgte die Bestimmung des Entwicklungsstadiums (EC).

2.6 Diagnose von Weizenpathogenen

Der Befallsgrad der Pflanzen wurde im Abstand von zwei Wochen an je zehn Haupttrieben pro Variante und Wiederholung ermittelt.

Zuerst wurde die Halmbasis der Pflanzen vorsichtig unter fließendem Wasser gesäubert, um eine zweifelsfreie Diagnose von Halmbasiserkrankungen zu ermöglichen. Die Identifizierung und Quantifizierung erregerspezifischer Krankheiten erfolgte mithilfe eines Binokulars bei 25–40-facher Vergrößerung. Unspezifische Schadsymptome konnten mittels Quetschpräparaten unter dem Mikroskop zweifelsfrei zugeordnet werden. Hierbei konnte anhand der spezifischen Sporen der Fruchtkörper eine eindeutige Bestimmung erfolgen.

Der prozentuale Anteil nekrotisierter Blattfläche wurde zu jedem Boniturtermin als prozentualer Anteil an der Gesamtblattfläche geschätzt. Die Untersuchungen wurden für alle Blattetagen getrennt durchgeführt, beginnend mit dem untersten boniturfähigen Blatt und endend mit der zum jeweiligen Boniturtermin obersten, vollständig entwickelten Fahnenblatt. War eine Blattetage durchschnittlich zu mehr als 95 % nekrotisiert, wurde sie beim nächsten Boniturtermin nicht mehr berücksichtigt.

2.6.1 *Helgardia* syn. *Pseudocercospora herpotrichoides*

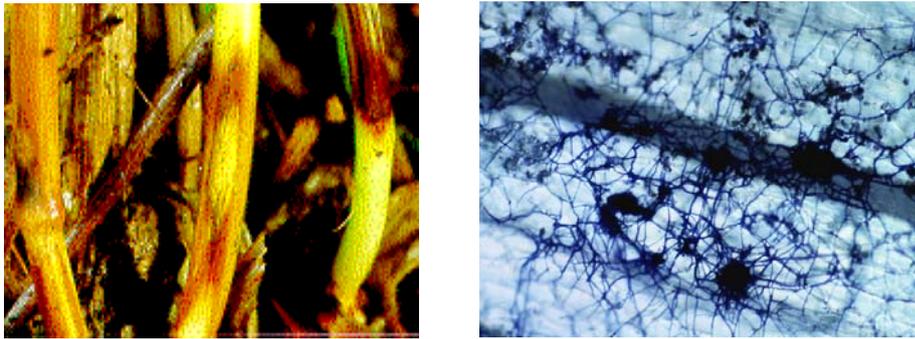


Abb. 3: Medaillonfleckensymptom ab EC 37 (links) und Myzelkissen (rechts) von *Helgardia herpotrichoides*

Helgardia herpotrichoides ist die wirtschaftlich bedeutendste Halmbasiserkrankung in Winterweizen. Hohe Ertragseinbußen bis zu 30 %, je nach Befallsschwere, sind auf Weißährigkeit und Lager als Folge der Vermorschung der Halmbasis zurückzuführen. Die Diagnose dieser Krankheit ist im bekämpfungsrelevanten Zeitraum (EC 30-37) anhand makroskopischer Symptome nur schwer möglich. Aufgrund dessen wurde in diesem Entwicklungsabschnitt die Anfärbemethode nach MAULER-MACHNIK & NAB (1990) angewendet. Hierzu wurde die zweite Blattscheide vor dem Halm für ca. 15 Minuten in eine 5-%ige Tinten-Essigessenz-Lösung eingelegt. Im Anschluss daran konnten mithilfe des Binokulars bei Durchlicht und 40facher Vergrößerung die dunkelblau angefärbten erregerspezifischen Myzelkissen zweifelsfrei zugeordnet und Verwechslungen mit Erregern anderer Halmbasiserkrankungen wie *Fusarium* spp. oder *Rhizoctonia cerealis* ausgeschlossen werden (Abb. 3).

Mit fortschreitender Vegetation weisen die Blattscheiden an der Halmbasis ovale bis lang gestreckte, augenförmige Flecken mit hellem Zentrum und rötlich-braunem Rand ohne scharfe Begrenzung auf. Im Bereich dieser Flecken bildet sich im Stängel ein watteartiges Myzel.

Durch die deutliche Unterscheidbarkeit der Symptome war es möglich, bei der visuellen Bonitur auch die Erreger von *Rhizoctonia cerealis* (Nekrosen am Halm durch scharfen Rand vom gesunden Gewebe abgegrenzt) und *Fusarium*-Arten (unspezifische Verbräunungen an Blattscheide und Halm) zu erfassen. Die Ausprägung dieser Schadsymptome wurde in fünf Befallsklassen eingeteilt (Tab. 3):

Tab. 3: Befallsklassen nach Sichtbonitur von *Helgardia herpotrichoides*

Befallsklasse	Befallsgrad
gesund	Symptomfrei
Klasse 1 (25 %)	Symptom ¼ stängelumfassend
Klasse 2 (50 %)	Symptom ½ stängelumfassend
Klasse 3 (75 %)	Symptom ¾ stängelumfassend
Klasse 4 (100 %)	Symptom stängelumfassend

2.6.2 *Septoria tritici*

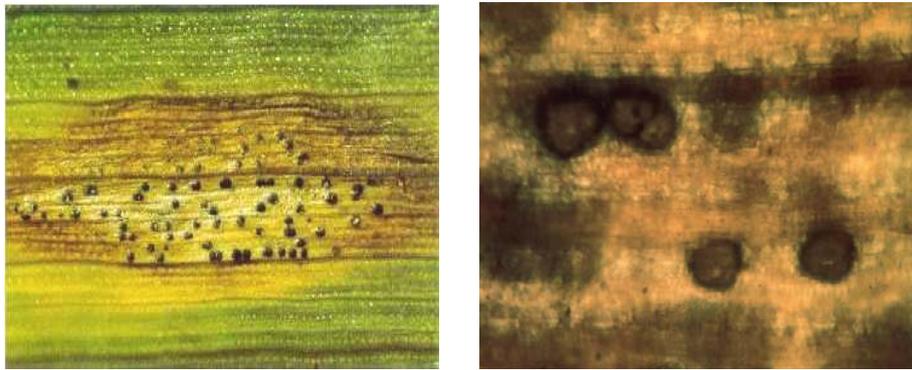


Abb. 4: Blattsymptome (links) und Fruchtkörper (Pyknidien) (rechts) von *S. tritici*

Der Erreger befällt fotosynthetisch aktive Pflanzenteile und ist somit auf Blättern, Halmen und Blattscheiden zu finden. Auf den Blättern bilden sich zunächst hellgrüne, dann gelblich werdende, später braune, unregelmäßig runde bis oval geformte Läsionen. Die Blattflecken fließen zu unregelmäßig geformten Nekrosen zusammen, die Blätter sterben ab und vertrocknen. Es entsteht die typische Blattdürre. In den *Septoria*-Blattflecken sind bereits mit bloßem Auge die typischen, stets in Reihe angeordneten schwarzen Pyknidien erkennbar. Für die Identifizierung wurden die einzelnen Blätter der Blattetagen in Schalen mit Wasser gelegt, was ein Quellen der Fruchtkörper (Abb. 4) herbeiführte und somit die erregerspezifische Diagnose erleichterte.

Tab. 4: Boniturparameter für *Septoria tritici*

Boniturparameter	Definition
BHB	Befallene Blätter je Blattetage in Prozent
BSB	Anzahl Pyknidien pro Blattetage
GES BSB	Summe der Befallsstärken aller bonitierten Blattetagen zu einem Boniturzeitpunkt
SUM BSB	Summe aus GES BSB und der BSB aller Blattetagen, die aufgrund starker Nekrotisierung (> 95 %) nicht mehr bonitierbar waren.

Die typischen Fruchtkörper von *Septoria tritici*, die Pyknidien, sind unter dem Binokular an ihrer kugeligen bis elliptischen Form mit heller, ovaler Öffnung (Ostium) zu erkennen. Mit zunehmender Reife wechselt die Farbe der Pyknidien von grün über hellbraun bis zu schwarz. Die Bonitur (Parameter siehe Tab. 4) erfolgte durch Auszählen der Pyknidien auf den Blättern einer jeweiligen Blatttete.

2.6.3 *Blumeria graminis*, syn. *Erysiphe graminis*



Abb. 5: Blattsymptome (links) und Konidienträger (rechts) von *Blumeria graminis*

Bei dem Erreger des Echten Mehltaus handelt es sich um einen obligat biotrophen Pilz. Ertragseinbußen beruhen auf einer Verringerung der Kornzahl/Ähre sowie des Tausendkornmasse (TKM), vor allem bei Befall der oberen drei Blattteten. Makroskopisch äußert sich der Befall durch weiße, watteähnliche, an der Oberfläche von Blättern und Blattscheiden sitzenden Pusteln, die leicht abstreifbar sind. Ältere Pusteln werden zu weiß- bis graubraunen Belägen, in denen gegen Vegetationsende dunkelbraune bis schwarze Fruchtkörper (Kleistothecien) erkennbar werden.

Der Befallsgrad wurde an allen Blattteten der Haupttriebe prozentual nach dem Boniturschema von VERREET (1995) geschätzt.

Tab. 5: Boniturparameter für *B. graminis* f. sp. *tritici*

Parameter	Definition
BHB	Befallene Blätter je Blatttete in Prozent
BSB	Mit Pusteln bedeckte Blattfläche je Blatttete in Prozent
GES BHB	Befallene Pflanzen im Bestand in Prozent
GES BSB	Summe der BSB über die Blattteten zu einem Boniturzeitpunkt, deren Nekrotisierungsgrad unter 50 % liegt.

2.6.4 *Puccinia recondita*, *Puccinia striiformis*

Die zweifelsfreie Diagnose und Differenzierung der beiden Rostarten *Puccinia recondita* (Braunrost) und *Puccinia striiformis* (Gelbrost) (Abb. 6) kann zu Beginn ihres Auftretens zu Schwierigkeiten führen, da Verteilung und Färbung der Uredosporenlager kurz nach dem Durchbrechen der Epidermis noch nicht charakteristisch ausgeprägt sind. Mit zunehmendem Populationsaufbau wird eine exakte Differenzierung durch typische, erregerspezifische Anordnung der Sporenlager auf der Blattspreite möglich. Die Pusteln des Braunrosterregers sind bräunlich und unregelmäßig über das Weizenblatt verteilt, während die gelben Uredosporenlager des Gelbrosterregers immer parallel zu den Blattnerven in Streifen verlaufen.

Bei der Bonitur der beiden Erreger (Parameter siehe Tab. 6) wurde die Anzahl der Uredosporenlager für jedes Blatt auf ihren prozentualen Anteil an der Gesamtblattfläche geschätzt.



Abb. 6: Uredosporenlager von *P. recondita* (links) und *P. striiformis* (rechts)

Tab. 6: Boniturparameter für *Puccinia recondita* und *Puccinia striiformis*

Boniturparameter	Definition
BHB	Befallene Blätter je Blatttage in Prozent
BSB	Prozent der mit Rostpusteln bedeckten Blattfläche pro Blatttage
GES BHB	Befallene Pflanzen im Bestand in Prozent
GES BSB	Summe der BSB über die Blatttagen zu einem Boniturzeitpunkt

2.6.5 *Drechslera tritici-repentis*

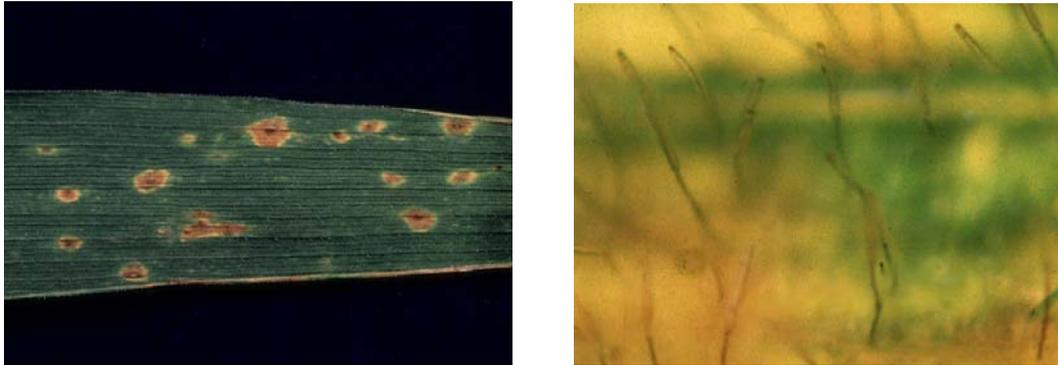


Abb. 7: Blattsymptome (links) und Konidienträger (rechts) von *Drechslera tritici-repentis*

Erstinfektionen ab April/Mai durch den Erreger *Drechslera tritici-repentis*, ausgehend von Stroh- und Stoppelresten, verursachen auf bodennahen Blättern junger Saaten rundliche, hellbraune Flecken. Erst die Sekundärinfektionen bilden die typischen, dunkelbraunen Infektionspunkte, die von einem chlorotischen Hof umgeben sind. Auswirkung des Befalls ist vor allem der Verlust von fotosynthetisch aktivem Blattgewebe. Folge hiervon sind Ertragsverluste beruhend auf einer Verringerung der Kornzahl / Ähre sowie der Tausendkornmasse. Zweifelsfrei identifizieren lässt sich der Erreger durch den Nachweis erregerspezifischer Pilzstrukturen. Dies sind einzeln stehende, dunkelbraune bis schwarze, aus den Epidermiszellen herauswachsende Sporenträger mit Konidien, die unter dem Binokular bei 40-facher Vergrößerung deutlich zu erkennen sind.

Tab. 7: Boniturparameter für *Drechslera tritici-repentis*

Boniturparameter	Definition
SHB	befallene Blätter je Blatttage in Prozent
BSB	Befallene Blattfläche pro Blatttage in Prozent
GES BSB	Summe der BSB über die Blatttagen zu einem Boniturzeitpunkt
GES BHB	Befallen Pflanzen im Bestand in Prozent

2.6.6 *Fusarium*-Arten



Abb. 8: Partielle Taubährigkeit verursacht durch *Fusarium culmorum* und *Fusarium graminearum*

Tab. 8: Boniturparameter für *Fusarium* spp.

Parameter	Definition
GES BSB	Anzahl befallener Körner/ Ähre in %
GES BHB	Anzahl befallener Ähren im Bestand

Wichtigstes Schadsymptom ist der Ährenbefall. Ein frühzeitiges Erreichen der Ährchenanlage durch die Schadpilze *Fusarium culmorum* und *Fusarium graminearum* führt zum Absterben der Kornanlage oder des ganzen Ährchens. Das Eindringen des Pilzes in die zentrale Ährenspindel bewirkt eine Unterbrechung der Nährstoffversorgung aller darüber liegenden Kornanlagen und bildet so das typische Schadbild der partiellen Weiß- oder Taubährigkeit aus. Die Befallsstellen bleichen zunächst aus, bei feuchter Witterung bilden sie an den Spelzen oftmals rosa gefärbte Sporenlager.

Die Bonitur erfolgte visuell, im Zweifelsfall anhand einer Sporenanalyse unter dem Mikroskop, als Ährchenbonitur im Entwicklungsstadium EC 83/85. Erfasst wurde neben der Anzahl der befallenen Ährchen im Bestand auch die Anzahl der tauben Körner je Ähre.

2.7 Unkräuter

An drei Terminen (November, April/Mai, Juni/Juli) wurden die Pflanzenzahlen/m² und Deckungsgrade der Unkräuter erfasst. Die Schätzung der Deckungsgrade sowohl der Kultur als auch der Unkräuter entspricht den Richtlinien der European and Mediterrerranean Plant Protection Organisation (EPPO): PP 1/93: „Unkräuter in Getreide“ (Anonym 1993). Bei den Bonituren im Herbst (November) und im Frühjahr (April/Mai) wurden die absoluten Unkrautzahlen pro Quadratmeter sowie die Deckungsgrade ermittelt. Am Termin im Juni/Juli wurden von jeder Unkrautart die Deckungsgrade bonitiert, da die Verschachtelung der Pflanzen (insbesondere *Galium aparine*, *Stellaria media*, *Veronica spp.* und *Vicia cracca*) eine Zählung unmöglich machte. Der Deckungsgrad ist definiert als die Fläche, die bedeckt würde, wenn man alle oberirdischen Pflanzenteile der zu bestimmenden Arten auf den Boden projizierte (HOFMEISTER & GARVE 1986). Das Auszählen der Unkräuter erfolgte vor Ort. Zusätzlich wurde bei den Unkräutern die Stetigkeit ermittelt. Bei einzelner Betrachtung der Wirtschaftsweisen ergäbe ein Vorkommen auf allen sechs Standorten eine Stetigkeit von 100 %, während die Bonitur an einem Standort einer Stetigkeit von etwa 17 % gleichkäme.

Da sich zum ersten Boniturtermin Ende November viele Pflanzen noch im Keimblattstadium befanden, konnte teilweise nur der Gattungsname bemessen werden. Dies galt insbesondere für die Bonitur der Ungräser in frühen Stadien (EC 9-10), da viele Keimblätter erst zur Hälfte die Oberfläche durchbrochen hatten und weder Blatthäutchen noch Blattöhrchen ausgebildet waren. Daher wurden diese Pflanzen zusammenfassend als Ungras eingeordnet. Die Kulturarten Raps und Wintergerste wurden als Unkraut aufgeführt, wenn sie als Fremdbesatz im Weizenbestand auftraten. Bestimmt wurden die Arten nach BEHRENDT UND HANF (1979), EGGBRECHT (1964), HANF (1982), sowie KLAABEN & FREITAG (2002). In Tabelle 9 sind die Unkräuter und Ungräser in alphabetischer Reihenfolge des lateinischen Namens, ergänzt durch die offizielle Abkürzung nach der EPPO und der deutschen Bezeichnung, dargestellt.

Tab. 9: Bonitierte Unkräuter und Ungräser

<i>Lateinischer Name</i>	EPPO	Deutscher Name	<i>Lateinischer Name</i>	EPPO	Deutscher Name
Unkräuter:			<i>Ranunculus repens</i>	RANRE	Kriechender Hahnenfuß
<i>Aethusa cynapium</i>	AETCY	Hundspetersilie	<i>Raphanus raphanistrum</i>	RAPRA	Hederich
<i>Anthriscus sylvestris</i>	ANRSY	Wiesenkerbel	<i>Rumex crispus</i>	RUMCR	Krauser Ampfer
<i>Aphanes arvensis</i>	APHAR	Acker-Frauenmantel	<i>Rumex obtusifolius</i>	RUMOB	stumpfbblätteriger Ampfer
<i>Bidens tripartita</i>	BIDTR	Dreiteiliger Zweizahn	<i>Senecio vulgaris</i>	SENVU	Gemeines Kreuzkraut
<i>Brassica napus</i>	BRSNA	Winterraps	<i>Sisymbrium loeselli</i>	SYSLO	Löselsrauke
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	CAPBP	Hirtentäschel	<i>Sisymbrium officinale</i>	SSYOF	Wegrauke
<i>Centaurea cyanus</i>	CENCY	Kornblume	<i>Sonchus arvensis</i>	SONAR	Acker-Gänsedistel
<i>Cerastium arvense</i>	CERAR	Ackerhornkraut	<i>Spergula arvensis</i>	SPRAR	Acker-Spörgel
<i>Chenopodium album</i>	CHEAL	Weißer Gänsefuß	<i>Stachys arvensis</i>	STAAR	Acker-Ziest
<i>Cirsium arvense</i>	CIRAR	Acker-Kratzdistel	<i>Stellaria media</i>	STEMA	Vogelmiere
<i>Consolida regalis</i>	CNSRE	Acker-Rittersporn	<i>Taraxacum officinale</i>	TAROF	Löwenzahn
<i>Daucus carota</i>	DAUCA	Wilde Möhre	<i>Thlaspi arvense</i>	THLAR	Acker-Hellerkraut
<i>Equisetum arvense</i>	EQUAR	Acker-Schachtelhalm	<i>Trifolium pratense</i>	TRFPR	Rotklee
<i>Erodium cicutarium</i>	EROCI	Schierlings-Reiherschnabel	<i>Trifolium repens</i>	TFFRE	Weißklee
<i>Fumaria officinalis</i>	FUMOF	Gemeiner Erdrauch	<i>Tussilago farfara</i>	TUSFA	Huflattich
<i>Galeopsis tetrahit</i>	GAETE	Gemeiner Hohlzahn	<i>Veronica arvensis</i>	VERAR	Feldehrenpreis
<i>Galium aparine</i>	GALAP	Klettenlabkraut	<i>Veronica hederaefolia</i>	VERHE	Efeublättriger Ehrenpreis
<i>Geranium dissectum</i>	GERDIS	Schlitzblättriger Storchschnabel	<i>Veronica persica</i>	VERPE	Persischer Ehrenpreis
<i>Geranium rotundifolium</i>	GERROT	Rundblättriger Storchschnabel	<i>Vicia cracca</i>	VICCR	Vogelwicke
<i>Lactuca serriola</i>	LACSE	Kompasslattich	<i>Viola arvensis</i>	VIOAR	Acker-Stiefmütterchen
<i>Lamium amplexicaule</i>	LAMAM	Stängelumfassende Taubnessel			
<i>Lamium purpureum</i>	LAMPU	Rote Taubnessel	Ungräser:		
<i>Matricaria chamomilla</i>	MATCH	Echte Kamille	<i>Agropyron repens</i>	AGGRE	Quecke
<i>Matricaria discoidea</i>	MATMT	Strahllose Kamille	<i>Alopecurus myosuroides</i>	ALOMY	Ackerfuchschwanz
<i>Medicago sativa</i>	MEDSA	Luzerne	<i>Apera spica-venti</i>	APESV	Windhalm
<i>Myosotis arvensis</i>	MYOAR	Acker-Vergissmeinnicht	<i>Digitaria ischaemum</i>	DIGIS	Fingerhirse
<i>Papaver rhoeas</i>	PAPRH	Klatschmohn	<i>Hordeum vulgare</i>	HORVU	Wintergerste
<i>Polygonum aviculare</i>	POLAV	Vogelknöterich	<i>Lolium perenne</i>	LOLPE	Deutsches Weidelgras
<i>Polygonum convolvulus</i>	POLCO	Windknöterich	<i>Poa annua</i>	POAAN	Einjährige Rispe
<i>Polygonum lapathifolium</i>	POLLA	Ampfer-Knöterich	<i>Poa trivialis</i>	POATR	Gemeine Rispe
<i>Polygonum persicaria</i>	POLPE	Flohknöterich	<i>Secale cereale</i>	SECCE	Winterroggen

2.8 Analyse von Mykotoxinbelastungen und von Pflanzenschutzmittelrückständen

Die Analyse auf Pflanzenschutzmittelrückstände (PSM-Rückstände) in vegetativen und generativen Pflanzenorganen des Winterweizens wurde auf den sechs konventionellen Ackerbaubetrieben und zwar nach der letzten PSM-Behandlung (EC 69) in einem viermaligen, wöchentlichen Intervall (vier Probenahmeterminen) durchgeführt. Abschließend wurden die Kornproben der behandelten Variante auf Rückstände der applizierten Wirkstoffe untersucht. Die ökologisch erzeugten Kornproben wurden zur Kontrolle als Mischprobe derselben Analyse unterzogen. Die analysierten Wirkstoffe umfassten alle relevanten, im konventionellen Anbau einsetzbaren Präparate zur Bekämpfung pilzlicher Schaderreger (Fungizide) und von Schadtieren (Insektizide) (Tab. 11). Die PSM-Rückstandsanalytik wurde von der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFÄ) Kiel durchgeführt. Für Prothioconazol war die Analysetechnik der LUFÄ-Kiel 2005 nicht ausreichend ausgereift, sodass die Analysen bei der Herstellerfirma Bayer Crop Science in Monheim durchgeführt werden mussten.

Die Analysen auf Mykotoxine von Fusarienpilzen (vor allem Deoxynivalenol und Zearalenon) erfolgten mittels der High Performance Liquid Chromatography Tandem-Massenspektrometrie (HPLC-MS/MS) Methode an den ökologisch und konventionell erzeugten Kornproben beider Sorten der Praxisvariante zur Ernte durch die LUFÄ. Mit diesem Verfahren ist es möglich, Mykotoxingehalte auch unterhalb der entsprechenden Grenzwerte (Tab. 10) sicher zu bestimmen. Erst unter einer Nachweisgrenze von 0,05 mg (500 µg) für DON und 5 µg (0,0005 mg) für Zearalenon je Kilogramm Probenmaterial lassen sich keine gesicherten Ergebnisse mehr erzielen.

Tab. 10: Grenzwerte für Mykotoxine in Lebensmitteln

Mykotoxin	Lebensmittelgruppe	Grenzwert nach Mykotoxinhöchst-mengenverordnung	Höchstmengen nach Diätverordnung
Deoxynivalenol	Speisegetreide, Getreide- erzeugnisse, Teigwaren	0,5 mg / kg	0,1 mg / kg
	Brot- und Backwaren mit Getreideanteil über 33%	0,35 mg / kg	0,1 mg / kg
Zearalenon	Speisegetreide, Getreide- erzeugnisse, Teigwaren	50 µg / kg	20 µg / kg
	Brot- und Backwaren mit Getreideanteil über 33%	50 µg / kg	20 µg / kg

Tab. 11: Übersicht bei der LUFA-Kiel analysierter Qualitätsparameter und PSM-Wirkstoffe im oberirdischen Aufwuchs (Ganzpflanze) und Korn mit Einheiten und Nachweisgrenzen

Qualitätsparameter	Einheit	Analysiertes Material	Nachweisgrenze	Methode
Rohprotein	%	Korn	-	in Anlehnung ICC Standard
TKM	g	Korn	-	Brautech.I /2.3.2
Sedimentation	ccm	Korn	-	in Anlehnung ICC Standard
Fallzahl	sec	Korn	-	in Anlehnung ICC Standard
Feuchtkleber	%	Korn	-	in Anlehnung ICC 137
Besatz	%	Korn	-	Handauslese
Sortierung <2,2mm	%	Korn	-	Handauslese
DON	mg/kg	Korn	0,05	HPLC-MS/MS
ZEA	µg/kg	Korn	5,0	HPLC-MS/MS
PSM-Wirkstoffe:				
Insektizide:				
λ-Cyhalothrin	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,01	analog §35 LMBG L00.00-34
Cypermethrin	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,01	analog §35 LMBG L00.00-34
Dimethoat	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,01	analog §35 LMBG L00.00-34
Oxydemeton-methyl	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,1	analog §35 LMBG L00.00-34
Fungizide:				
Azoxystrobin	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Chlorothalonil	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Cyproconazol	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Cyprodinil	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Difenoconazol	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Epoxyconazol	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Fenpropidin	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Fenpropimorph	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Fluquinconazol	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Flusilazol	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Kresoxim-methyl	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Metconazol	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Picoxystrobin	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Prochloraz	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Propiconazol	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Prothioconazol	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,01	analog §64 Entwurf HPLC-MS/MS
Pyraclostrobin	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Quinoxifen	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Spiroxamine	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Tebuconazol	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Triademefon	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Triademenol	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Trifloxystrobin	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34*
Herbizide:				
Diflufenican	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Flufenacet	mg/kg	Ganzpflanze & Korn	0,02	analog §35 LMBG L00.00-34
Wachstumsregler:				
Chlormequat	mg/kg	Korn	0,005	§35 LMBG L00.00-76 (LC/MS)
Mepiquat	mg/kg	Korn	0,005	§35 LMBG L00.00-76 (LC/MS)

* = Kapitel 2.9

2.9 Ertrags und Qualitätsuntersuchungen

Der Drusch der Versuchspartzen erfolgte in den Versuchsjahren 2005 und 2006 mit einem Partzenmähdrescher mit einer Schnitbreite von 1,50 m. Die Länge der geernteten Partzen ergab sich aus den Arbeitsbreiten der eingesetzten Geräte auf den Betrieben.

Das Erntegut wurde in einen Trockenschrank bei 45 °C nachgetrocknet, um die Lagerfähigkeit zu gewährleisten. Anschließend wurden die Proben gewogen und gereinigt. Bei den gereinigten Proben wurde durch eine Nahinfrarot-Spektralanalyse (NIRS) der Rohprotein- sowie Feuchtigkeitsgehalt bestimmt. Die Ertragsdaten wurden mit dem Wassergehalt der Körner verrechnet und auf 14 % Wassergehalt standardisiert. Weiterhin wurde die Tausendkornmasse (TKM) nach Auszählung von 1000 Körnern erfasst.

Vor der Reinigung wurde eine ungereinigte Rückstellprobe aller Wiederholungen der Praxisvariante erstellt, die bei der LUFA-ITL Kiel als Mischprobe der Wiederholungen des jeweiligen Betriebes auf relevante Qualitätsparameter, Mykotoxine und PSM-Rückstände untersucht wurden (Tab. 11). Die Qualitätsparameter wurden nach den Standards der International Association for Cereal Science and Technology (ICC) durchgeführt. Grundlage für die Analysen von Wirkstoffrückständen der eingesetzten Pflanzenschutzmittel waren die Methoden der Amtlichen Sammlung nach § 35 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetz (LMBG) (Anonym 2005). Diese Methoden entsprechen denen des § 64 Abs. 1 des Lebensmittel- und des Futtermittelrechts (LFGB), welches mit dem Gesetz zur Neuordnung LFGB vom 07.09.2005 das LMBG ablöste. Die bisherigen Vorschriften des LMBG behalten dabei im LFGB für den Bereich Lebensmittel und sonstige Bedarfsgegenstände sowie für die kosmetischen Mittel weitgehend Geltung.

2.9.1 Qualitätsparameter

Die Einstufung der Weizensorten in den unterschiedlichen Qualitätsgruppen erfolgt in der Beschreibenden Sortenliste (1-9) mit Hilfe von Vergleichssorten (Tab. 12). Diese Bewertung spiegelt jedoch nicht die absoluten Qualitätswerte wider, die bei der Vermarktung des Weizens relevant sind. Dabei sind die Anforderungen an konventionell und ökologisch erzeugten Weizen ähnlich, wobei durch die unterschiedlichen Vermarktungssysteme jedoch dem Umstand Rechnung getragen werden muss, dass ein Weizen aus gleicher Qualitätsgruppe und Sorte im ökologischen Anbau nicht die hohen Qualitätswerte erreichen kann wie ein konventionell erzeugter Weizen. Ebenfalls wird, erweiternd zu den Parametern Proteingehalt, Sedimentationswert und Fallzahl, der Feuchtklebergehalt in der Vermarktung von

ökologischem Weizen herangezogen. Die Einteilung des konventionell erzeugten Weizens erfolgt in den Qualitätsgruppen E, A, B und C, ökologisch erzeugter Weizen in die Qualitätsklassen 1, 2 und 3, wobei die Klasse 3 die Minimumanforderung für Backweizen aus ökologischer Erzeugung darstellt. Weizen, der diese Kriterien nicht erfüllt, muss als Futterweizen vermarktet werden. In der vorliegenden Arbeit wurden diese Parameter anhand der überregionalen Weizenproben der Praxisvarianten durch die LUFA bestimmt.

Tab. 12: Qualitätsanforderungen an Backweizen unterschiedlicher Produktionsweisen

	Konventionell (Quelle: Obenauf, LWK-SH, 2006)		Ökologisch (Quelle: Bioland Vermarktungsgesellschaft; ALF Bayern, 2006)	
	E-Weizen	B-Weizen	Klasse 1	Klasse 3
Protein	14,5	12,5	12	>10,5
Sedimentation	55	35	mind. 25-35	mind. 25-35
Feuchtkleber	-	-	28	>24
Fallzahl	300	220	300	>200

2.10 Sickerwasseranalytik

Die Rückstandsanalytik auf PSM im Sickerwasser von acht Betrieben unter verschiedenen Kulturen (zwei konventionelle Ackerbau- [Raps & Weizen], zwei konventionelle Futterbau- [Mais], zwei ökologische Ackerbau- [Klee gras & Weizen] und zwei ökologische Futterbaubetriebe [Mais]) wurde bei der LUFA Kiel mittels Gaschromatographie (GC)-Multirückstandsanalytik sowie HPLC (sauer) durchgeführt (Tab. 13). Die Beprobungen erfolgten durch die in 80 cm Bodentiefe installierten Saugkerzen während der Sickerwasserperiode von November bis März. Verwendung fanden Glassaugkerzen, da nur diese keine Absorption von PSM-Rückständen an der Saugkerze garantieren können. Aufgrund der vorherrschenden trockenen Witterung im Herbst 2004 und 2005, sowie der unterdurchschnittlich kalten Witterung der jeweils folgenden Winter im Februar und auch noch im März, waren die geförderten Wassermengen sehr gering. Um für die Analyse eine ausreichende Probenmenge (mindestens ein Liter) zu erhalten, mussten daher die Wassermengen mehrerer Wochen (fünf Wochen) zusammengeführt werden. Dadurch konnten nur zwei Analysetermine realisiert werden. Der erste Termin umfasste den Zeitraum Mitte November bis Mitte Dezember, der zweite den Zeitraum Ende Dezember bis Ende Januar. Es wurden Proben unter den verschiedenen Kulturen genommen, die als Hauptfrucht (Weizen) und Vorfrucht (Raps [konv.] und Klee gras [ökol.]) galten sowie unter abgeernteten

Maisflächen der Futterbaubetriebe ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise. Die Proben der ökologischen Wirtschaftsweisen wurden als Mischprobe des Betriebstyps Ackerbau und Futterbau gehandhabt. Die Proben der konventionellen Wirtschaftsweise wurden jeweils getrennt analysiert.

Tab. 13: Analytierte PSM-Wirkstoffe im Sickerwasser

Wirkstoff	Einheit	Analysiertes Material	Nachweisgrenze	Methode
Insektizide:				
Cyhalothrin	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Fungizide:				
Metconazol	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,1	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Tebuconazol	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Herbizide:				
Atrazin	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,01	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Bromoxynil	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,03	DIN 38407-F12 (HPLC, acid)
Clomazone	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Diflufenican	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Flufenacet	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Fluroxypyr	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	DIN 38407-F12 (HPLC, acid)
Flurtamone	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Isoproturon	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,07	EN 12918 F24 (GC-Multi)
MCPA	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,03	DIN 38407-F12 (HPLC, acid)
Mecoprop-P	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,03	DIN 38407-F12 (HPLC, acid)
Metazachlor	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,01	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Metolachlor	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Metribuzin	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Pendimethalin	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Prosulfocarb	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)
Terbuthylazin	µg/l = ppb	Sickerwasser	0,05	EN 12918 F24 (GC-Multi)

2.11 Witterung

Mittels agrarmeteorologischer Messstationen wurden ganzjährig die meteorologischen Konfigurationsparameter (Temperatur, Niederschlag, relative Luftfeuchte, Blattnässefühler nach WEIHOFEN) im Betrieb bestimmt. Die Stationen waren möglichst nahe bei oder in den Versuchsflächen etabliert, um neben dem Makro- (2 m) auch das Mikroklima (0,3 m) im Bestand aufzuzeichnen.

2.12 Statistische Auswertung

Grundlage der statistischen Auswertung ist die Verrechnung des Anbauversuchs als Split-Plot-Design (Spaltanlage). Die Analyse der Daten erfolgt mit der Statistik-Software SAS® Version 9.1.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, Anonym 2004).

Bei Split-Plot-Anlagen wird die für die Versuche zur Verfügung stehende Fläche in Blöcke gegliedert und nach einem der untersuchten Faktoren in Plots unterteilt. Jeder Plot wird in Subplots unterteilt und umfasst alle Stufen der anderen Faktoren. Die Subplots werden bei der dreifaktoriellen Split-Plot-Anlage in Subplots 2. Ordnung (bzw. Sub-Subplots) unterteilt. Die zufällige Aufteilung der Faktorstufen erfolgt zunächst auf die Plots und schließlich auf die Subplots und Sub-Subplots innerhalb der Plots.

	Betriebstyp = konv.				Betriebstyp = ökol.			
Ort = DW	Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante	
Ort = FE	Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante	
Ort = HE	Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante	
Ort = KI	Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante	
Ort = PL	Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante	
Ort = NF	Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Dekan Kontrolle 1 Praxisvariante		Sorte = Bussard Kontrolle 1 Praxisvariante	

Abb. 9: Dreifaktorielle Split-Plot-Anlage

Jeder Standort stellt einen Block dar. Es ergeben sich entsprechend der Standortanzahl für jeden Betriebstyp jeweils sechs Wiederholungen. Mainplots innerhalb der Blöcke stellen die Betriebstypen dar, Subplot 1. Ordnung ist die Sorte und Subplot 2. Ordnung die Variante, wobei im Vergleich „ökologisch“ zu „konventionell“ nur die Varianten „Kontrolle 1“ und „Praxisvariante“ direkt vergleichbar sind (Abb. 9). Innerhalb des Betriebstyps „konventionell“ werden weiterhin die Varianten Kontrolle 2, Kontrolle 1b und Kontrolle 2b untereinander verglichen.

Das den Auswertungen zu Grunde liegende lineare gemischte Modell lautet wie folgt:

$$\begin{aligned}
 Y_{ijklm} &= \mu + O_i + J(O)_{j(i)} + T_k + T*O_{ik} + T*J(O)_{jk(i)} && \text{(Mainplot)} \\
 &+ S_l + S*O_{li} + S*T_{lk} + T*S*O_{kli} + S*T*J(O)_{ljk(i)} && \text{(Subplot 1. Ordnung)} \\
 &+ V_m + V*S_{lm} + V*T_{km} + V*S*T_{klm} + V*O_{im} + E_{ijklm} && \text{(Subplot 2. Ordnung)}
 \end{aligned}$$

Darin ist:

μ	= Gesamteffekt
O_i	= Standort i, $i=\{1, \dots, 6\}$
$J(O)_{j(i)}$	= Jahr j innerhalb des i-ten Standorts (random), $j=\{2005, 2006\}$
T_k	= Betriebstyp k, $k=\{k, \ddot{o}\}$
$T*O_{ki}$	= Interaktion zwischen Betriebstyp k und Ort i
$T*J(O)_{jk(i)}$	= Restfehler (random) für den Mainplot
S_l	= Sorte l, $l=\{\text{Dekan, Bussard}\}$
$S*O_{li}$	= Interaktion zwischen der Sorte l und Standort i
$S*T_{lk}$	= Interaktion zwischen der Sorte l und Betriebstyp k
$S*T*O_{lki}$	= Interaktion zwischen der Sorte l und des Betriebstyps k und des Standorts i
$S*T*J(O)_{lkj(i)}$	= Restfehler (random) für den Subplot 1. Ordnung
V_m	= Variante m, $m=\{\text{Kontrolle 1; Praxisvariante}\}$
$V*S_{ml}$	= Interaktion der Variante m und der Sorte l
$V*T_{mk}$	= Interaktion zwischen Variante m und Betriebstyp k
$V*S*T_{mlk}$	= Interaktion zwischen Variante m und Sorte l und Betriebstyp k
$V*O_{mi}$	= Interaktion zwischen Variante m und Standort i
E_{ijklm}	= Restfehler für den Subplot 2. Ordnung

Für Aussagen über Unterschiede zwischen den Betriebstypen (Ö/K) sind, nach globalem F-Test der Varianzanalyse (SAS Prozedur Proc Mixed), multiple paarweise Mittelwertvergleiche mit Hilfe der Option Adjust = SIMULATE (EDWARDS & BERRY, 1987) als Unteroptionen des SAS-Statements LSMEANS herangezogen worden. Die Option Adjust = SIMULATE hat gegenüber anderen Testverfahren den Vorteil einer höheren Trennschärfe der simultanen Vertrauensintervalle (SCHUMACHER & WEIMERS 2006).

Für die Spezifizierung des Effekts innerhalb einer Interaktion zwischen Effekten wird die Option SLICE verwendet. Das heißt, dass bei signifikanten Interaktionen zwischen z.B. $T*S_{kl}$ oder $T*V_{km}$ der Effekt S_l bzw. V_m durch die Option SLICE konstant gesetzt wird und T innerhalb der Stufe des anderen Faktors verglichen wird.

3 Ergebnisse

3.1 Acker- und pflanzenbauliche Parameter ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweisen und Pflanzenschutzmaßnahmen

3.1.1 Bodenbearbeitung

Die Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung erfolgte unmittelbar zur Saat. Zwischen ökologischen und konventionellen Vergleichsbetrieben gab es nur geringe Unterschiede. Das vornehmliche Verfahren in beiden Wirtschaftsweisen war die Kombination Pflug – Kreiselegge - Sämaschine. In zwei konventionellen Betrieben (PLÖ (K), DW (K)) wurde eine pfluglose Minimalbodenbearbeitung, mittels Vorarbeit durch einen Grubber, mit anschließender Einsaat durch eine Drillkombination bestehend aus Scheibenegge und Säaggregat durchgeführt (Tab. 14). Durch den Einsatz des Pfluges in 83 % der Betriebe wurden die Erntereste der Vorfrucht vollständig in den Boden eingearbeitet und ein optimales Saatbett geschaffen. Bei der pfluglosen Bodenbearbeitung der verbleibenden 17 % der Betriebe wurden die Erntereste der Vorfrucht Raps nur zum Teil eingearbeitet, insbesondere Stängelreste blieben auf der Bodenoberfläche zurück.

Tab. 14: Bodenbearbeitung vor der Aussaat

Standort	konventionell		ökologisch	
	1. Arbeitsgang	2. Arbeitsgang	1. Arbeitsgang	2. Arbeitsgang
NF	Pflug	Kreiselegge	Pflug	Kreiselegge
HE	Pflug	Kreiselegge	Pflug	Kreiselegge
KI	Pflug	Kreiselegge	Pflug	Scheibenegge
PLÖ	pfluglos (Grubber)	Scheibenegge	Pflug	Grubber
FE	Pflug	Kreiselegge	Pflug	Kreiselegge
DW	pfluglos (Grubber)	Scheibenegge	Pflug	Kreiselegge

3.1.2 Aussaatstärken und Saattermine

Die Aussaattermine variierten in der konventionellen Wirtschaftsweise von Anfang September bis Anfang Oktober, in der ökologischen Wirtschaftsweise von Ende September bis Ende Oktober und waren damit im Mittel um drei Wochen verzögert (Tab. 15). Im Versuchsjahr 2004/2005 kam es aufgrund der ungünstigen Witterung Ende August bis Mitte September (siehe Abschnitt Witterung) bei den meisten konventionellen Betrieben zu einer im Mittel um zwei Wochen verzögerten Aussaat. Daraus resultierten um ca. 15 % erhöhte Aussaatstärken im Herbst 2004. Der mittlere Saattermin im konventionellen Anbausystem war der 20. September und lag bei einer mittleren Aussaatstärke von 272,5 Körnern / m²; in

der ökologischen Wirtschaftsweise wurde der 11. Oktober bevorzugt mit einer mittleren Aussaatstärke von 341,1 Körnern / m² in der Sorte Dekan. Die Sorte Bussard wurde aufgrund der sortenspezifisch stärkeren Bestockungsneigung mit einer um 10 % verminderten Aussaatstärke ausgesät.

Tab. 15: Aussaatstärken und Saattermine der Betriebe, Sorte Dekan.

Standort	Wirtschafts- weise	Saatstärke (Körner / m ²)			Saattermin		
		2003	2004	2005	2003	2004	2005
NF	(K)	300	320	310	22.09.	11.10.	06.10.
	(Ö)	330	330	300	25.09.	09.10.	30.09.
HE	(K)	360	390	350	25.09.	04.10.	21.09.
	(Ö)	250	350	350	17.09.	22.10.	20.10.
KI	(K)	175	320	300	05.09.	06.10.	26.09.
	(Ö)	350	350	350	30.09.	08.10.	27.09.
PLÖ	(K)	200	300	200	08.09.	06.10.	09.09.
	(Ö)	350	350	350	15.10.	24.10.	22.10.
FE	(K)	230	260	260	16.09.	19.09.	13.09.
	(Ö)	360	360	360	21.10.	26.10.	20.10.
DW	(K)	210	220	200	11.09.	14.09.	06.09.
	(Ö)	350	350	350	12.10.	13.10.	11.10.
Ø Betriebe	(K)	245,8	301,7	270	14.09.	30.09.	18.09.
	(Ö)	331,7	348,3	343,3	5.10.	17.10.	11.10.
Ø Jahre u. Betriebe	(K)	272,5			20.09.		
	(Ö)	341,1			11.10.		

Die Aussaatstärke richtete sich primär am Aussaattermin aus, unabhängig von der Bewirtschaftungsintensität. Durch die im Mittel um drei Wochen verzögerte Aussaat bei ökologischer Wirtschaftsweise weist diese jedoch eine insgesamt größere Anzahl der höheren Aussaatstärken auf als die der konventionellen Betriebe (Abb. 10).

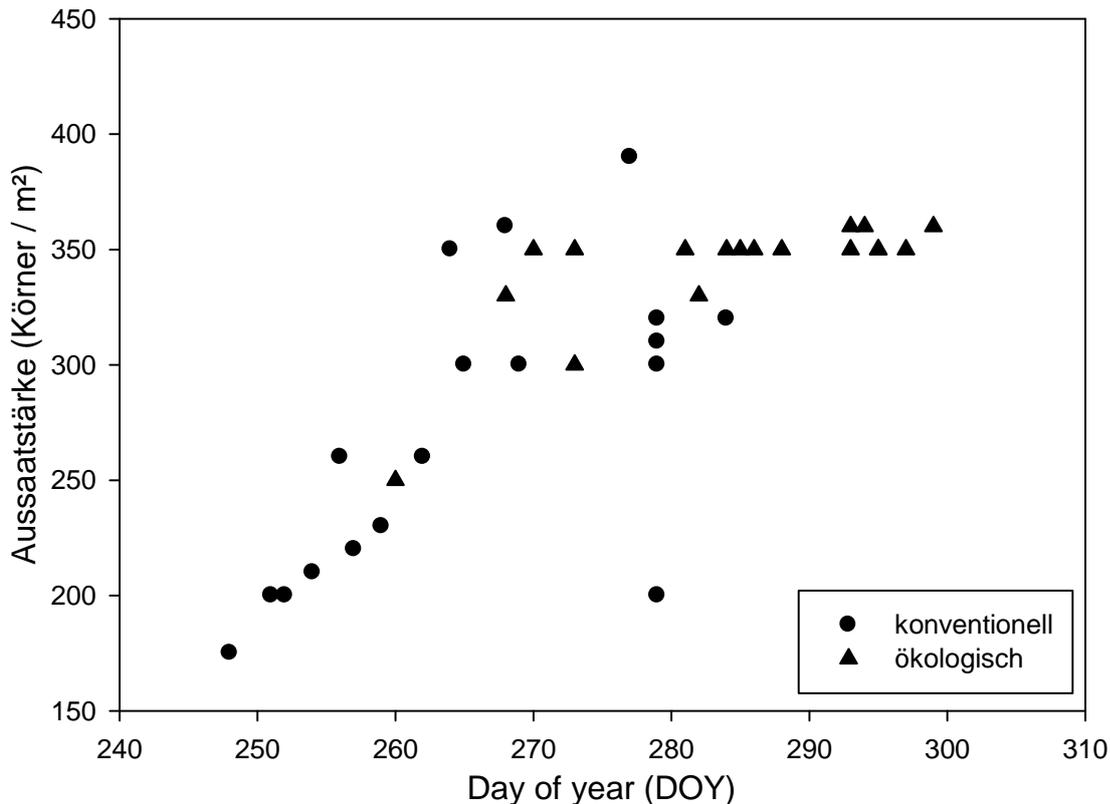


Abb. 10: Aussaatstärken von Winterweizen konventionell und ökologisch wirtschaftender Betriebe in Anhängigkeit vom Aussaatzeitpunkt (Day of year = DOY; 1 = 1. Januar; 365 = 31. Dezember)

3.1.3 Stickstoffdüngung

Die Stickstoffdüngung (N-Düngung) (Tab. 16) variierte in den konventionellen Betrieben geringfügig und lag durchschnittlich bei 224 kg N / ha. Eine organische Düngung (Tab. 16) erfolgte nur vereinzelt im ökologischen wie konventionellen Betrieb, da insbesondere die ökologischen Betriebe mit Klee grasbeständen ihre Fruchtfolge so ausrichteten, dass eine möglichst hohe Stickstoffnachlieferung für die Nachfolgekultur (hier: Weizen) resultierte (vgl. Kap. 3.1.4, Tab. 17). Alle konventionellen Betriebe wiesen somit eine wesentlich höhere Stickstoffzufuhr gegenüber den ökologischen Betrieben auf. In den einzelnen Versuchsjahren ergab sich für die konventionellen Betriebe eine mittlere mineralische Stickstoffzufuhr von 232,7 kg N / ha in 2004, 224,8 kg N / ha in 2005 und 209,5 kg N / ha in 2006; für die ökologischen Betriebe lag das organische Düngungsniveau (Gülle, Mist) bei 5 kg N / ha in 2004, 15 kg N / ha in 2005 sowie 18,3 kg N / ha in 2006. Tendenziell war im Untersuchungszeitraum somit bei den konventionellen Betrieben eine leichte Abnahme der Stickstoffzufuhr zu beobachten, bei den ökologischen Betrieben hingegen eine Zunahme.

Tab. 16: Mineralische und organische Stickstoffzufuhr der Praxisvariante (ökologisch, konventionell)

Standort	Wirtschaftsweise	N-Düngung mineralisch (kg/ha)			N-Düngung organisch (kg/ha)		
		2003/04	2004/05	2005/06	2003/04	2004/05	2005/06
NF	(K)	213	167	170	30	23	30
	(Ö)	-	-	-	0	0	0
HE	(K)	230	257	247	0	0	0
	(Ö)	-	-	-	0	0	0
KI	(K)	222	240	210	0	0	0
	(Ö)	-	-	-	0	60	0
PLÖ	(K)	211	229	210	35	0	0
	(Ö)	-	-	-	0	0	60
FE	(K)	285	230	220	0	0	0
	(Ö)	-	-	-	30	30	50
DW	(K)	235	226	200	0	0	0
	(Ö)	-	-	-	0	0	0
Ø Betriebe	(K)	232,7	224,8	209,5	10,8	3,8	5
	(Ö)	-	-	-	5	15	18,3
Ø Jahre u. Betriebe	(K)	224			4,9		
	(Ö)	-			12,8		

Die eingesetzten mineralischen Düngemittel im konventionellen Bereich waren hauptsächlich Harnstoff (46 % N) und SSA (21 % N, 24 % S). Die organischen Düngemittel setzten sich aus Sauengülle (NF-(K)), Schweinegülle (PLÖ-(K)), Haarmehlpellets (KI-(Ö)), Rindermist (FE-(Ö)) und Knochenmehl (PLÖ-(Ö), FE-(Ö)) zusammen. Die N-Mengen der organischen Düngung umfassten maximal 60 kg N/ha.

3.1.4 Fruchtfolge

Die bevorzugte Vorfrucht konventioneller Betriebe für Weizen stellte die Kultur Winterraps dar (Tab. 17). Lediglich auf dem konventionellen Betrieb in Heide bildete die Kartoffel die Vorfrucht zur Weizenkultur. In den ökologischen Betrieben stellte überregional Klee gras die bevorzugte Vorfrucht dar. Diese Vorfrucht ist durch ein hohes Maß an Stickstoffbindungskapazität (bis zu 500 kg N/ ha) gekennzeichnet (DREYMAN 2005; LOGES 1998) und liefert für die Folgefrucht neben einer möglichen organischen Zusatzdüngung den Hauptanteil an verfügbaren Stickstoff. Die Stickstoffmenge, die durch die Folgefrucht aufgenommen wurde, umfasst, je nach Qualität des zuvor etablierten Klee grasbestandes, nach DREYMAN (2005) im Mittel 62 kg N /ha. Durchschnittlich besteht die Fruchtfolge im konventionellen Anbau aus drei, im ökologischen Anbau aus fünf Fruchtfolgegliedern. Zwei

der sechs konventionellen Betriebe wiesen einen Weizenanteil von 33 %, einer von 50 % und drei von 66 % auf. Bei den ökologischen Betrieben schwankte der Weizenanteil in der Fruchtfolge von 17 % bis 25 %. Im Mittel der Betriebe lag der Weizenanteil bei 21% in der ökologischen und 52% in der konventionellen Wirtschaftsweise (Tab. 17).

Tab. 17: Fruchtfolgeglieder und Winterweizenanteile in der Fruchtfolge ökologischer und konventioneller Vergleichsbetriebe

Standort	Wirtsch. - weise	Fruchtfolge	Anzahl FF- Glieder	WW- Anteil %
NF	(K)	(1) W-Raps – (2) W-Weizen – (3) W-Weizen	3	66
	(Ö)	(1) Klee gras – (2) W-Weizen – (3) Sommerung m. Untersaat - (4) Möhren	4	25
HE	(K)	(1) Kartoffeln – (2) W-Weizen – (3) Hafer – (4) W-Weizen	4	50
	(Ö)	(1) Klee gras – (2) W-Weizen – (3) Kohl – (4) S-Weizen – (5) Erbsen – (6) S-Weizen	6	17
KI	(K)	(1) W-Raps – (2) W-Weizen – (3) W-Gerste	3	33
	(Ö)	(1) Klee gras – (2) W-Weizen – (3) W-Dinkel – (4) Hafer – (5) Klee gras oder W-Dinkel	5	20
PLÖ	(K)	(1) W-Raps – (2) W-Weizen – (3) W-Weizen	3	66
	(Ö)	(1) Klee gras – (2) W-Weizen – (3) W-Gerste – (4) Körnerle- guminose – (5) Hafer	5	20
FE	(K)	(1) W-Raps – (2) W-Weizen – (3) W-Weizen	3	66
	(Ö)	(1) Klee gras – (2) W-Weizen – (3) Hafer – (4) Triticale	4	25
DW	(K)	(1) W-Raps – (2) W-Weizen – (3) W-Gerste	3	33
	(Ö)	(1) Klee gras – (2) W-Weizen – (3) Kartoffeln – (4) Körnerle- guminose – (5) W-Dinkel	5	20
Mittel	(K)		3	52
	(Ö)		5	21

Vergleichend ist das Kulturpflanzenpektrum im ökologischen Anbausystem deutlich erweitert. Zusammengefasst fanden auf den untersuchten konventionellen Betrieben maximal fünf unterschiedliche Kulturen Anwendung, wogegen auf den ökologischen Betrieben mindestens acht verschiedene Kulturen angebaut wurden (Abb. 11).

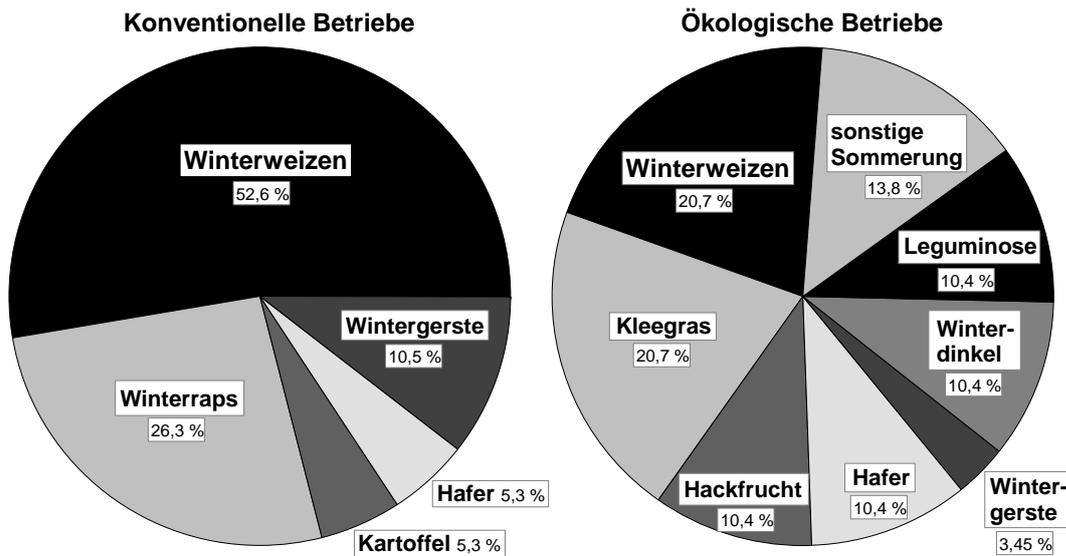


Abb. 11: Anteile unterschiedlicher Fruchtarten an der Fruchtfolge der konventionellen (links) und ökologischen Anbausysteme (rechts)

3.1.5 Pflanzenschutzmaßnahmen

3.1.5.1 Fungizidmaßnahmen

Die praxisüblichen Fungizidmaßnahmen (Tab. 18, Anhangtab. A1) umfassten durchschnittlich 2,33 bis 3,17 Behandlungen in den einzelnen Versuchsjahren. Im Jahr 2004 wurden die ersten Behandlungstermine überregional in der ersten Hälfte des Monats Mai durchgeführt. Die Wahl der eingesetzten fungiziden Mittel war wirkstoffbedingt primär auf den Erreger *Septoria tritici* ausgerichtet. Hauptsächlich kamen Triazole (Epoconazol [Opus Top], Tebuconazol [Matador]) und Strobilurine (Pyraclostrobin [Opera], Kresoxim-methyl [Juwel Top], Azoxystrobin [Amistar]) zum Einsatz. Da das Frühjahr 2004 durch unterdurchschnittliche Niederschläge gekennzeichnet war, betrug im Mittel der konventionellen Betriebe die Applikationsfrequenz 2,33 Behandlungen,

Im Versuchsjahr 2005 lag mit durchschnittlich 3,17 Behandlungen eine deutlich höhere Applikationshäufigkeit vor. Neben den schon im Vorjahr eingesetzten Wirkstoffen kam auf allen konventionellen Betrieben zusätzlich der Wirkstoff Chlorthalonil [Bravo 500] zum Einsatz. Zum Teil wurden Anfang April schon sehr frühe Fungizidspritzungen durchgeführt (Fehmarn, 12.4.05 [EC 25] 1,0 l/ha Bravo). Auf den restlichen Betrieben (Ausnahme Nordfriesland) wurden die ersten Fungizidbehandlungen in der letzten Aprilwoche durchgeführt.

Durch den späten Vegetationsbeginn 2006, bedingt durch die lang anhaltende Schneedecke bis Mitte März (vgl. Kap. 3.2.3) wurden primär die ersten Fungizidbehandlungen in der ersten Maiwoche durchgeführt. Die nachfolgend feuchte Frühjahrswitterung veranlasste alle

Ergebnisse

(Ausnahme Nordfriesland) Betriebsleiter mindestens drei Fungizidbehandlungen (Applikationsfrequenz 3,17) durchzuführen. Die eingesetzten Wirkstoffe waren wiederum hauptsächlich Triazole (Epoconazol, Fluquinconazol, Prothioconazol, Propiconazol, Tebuconazol) in Ergänzung mit dem Wirkstoff Chlorthalonil. Zudem war erkennbar, dass die Landwirte auf neueste Fungizide bei der Winterweizenbehandlung zurückgriffen. Beispiel dafür war das neu zugelassene Präparat Input (bzw. Input Set = Proline (Wirkstoff Prothioconazol) + Impulse (Wirkstoff: Spiroxamine)), welches als sehr leistungsfähig bezüglich des Wirkungsgrades zur Bekämpfung von *Septoria tritici* angesehen wurde.

Tab. 18: Fungizidmaßnahmen der konventionellen Betriebe in Schleswig-Holstein 2004 - 2006

Ort	2004				2005				2006					
	Termin	EC	Mittel	l/ha bzw. kg/ha	Termin	EC	Mittel	l/ha bzw. kg/ha	Termin	EC	Mittel	l/ha bzw. kg/ha		
FE	01.05.	32	Opus Top	0,65	12.04.	27	Bravo	1,0	03.05	31	Gladio Bravo	0,5 1,0		
	29.05.	45	Juwel Top	0,52	28.04.	32	Bravo Pronto Plus	1,0 1,25	21.05.	37	Flamenco Bravo	1,58 1,0		
	20.06.	65	Juwel Top+ Opera	0,4 0,6	24.05.	39	Juwel Top Fortress	0,6 0,15	18.06.	65	Proline Impulse Acanto	0,55 0,55 0,29		
					15.06.	65	Amistar Proline Impulse	0,4 0,6 0,45						
PLÖ	06.05.	32	Matador	0,6	02.05.	33	Opus Top	0,75	02.05.	31	Proline Impulse Flexity	0,3 0,4 0,2		
	03.06	61	Opera+ Juwel Top	0,4 0,4	17.05.	33	Proline Impulse	0,4 0,15	15.05.	33	Bravo	0,75		
					07.06.	61	Opus Top Opera	0,5 0,5	26.05.	39	Input	0,6		
									18.06.	65	Input	0,5		
KI	13.05	37	Matador	0,75	28.04.	31	Opus Top Flexity	1,0 0,3	08.05	31	Opus Top Bravo	0,75 1,0		
	08.06	61	Amistar+ Matador	0,5 0,5	26.05	39	Opus Top Bravo	0,6 1,0	26.05	39	Opus Top Bravo	0,7 0,75		
					17.06.	65	Input Set	0,5	19.06.	65	Input	0,8		
DW	12.05.	37	Matador	0,75	26.04.	31	Input Set	0,8	11.05.	32	Bravo	1,0		
	08.06	61	Amistar+ Matador	0,5 0,5	06.05.	33	Proline	0,4	27.05.	39	Input	0,6		
					07.06.	59	Proline Fandango	0,2 0,6	15.06.	61	Amistar Bravo	0,35 1,0		
					20.06.	69	Amistar	0,3	06.07.	75	Folicur	0,5		
HE	01.05.	33	Opus Top	0,75	30.04.	31	Input Set	0,4+ 0,4	05.05.	32	Flamenco Bravo	1,0 1,0		
	17.05.	41	Opera StarPack	0,55+ 0,33	25.05.	39	Amistar Opus Top	0,4 0,9	22.05.	37	Input	0,6		
					16.06.	65	Input Set	0,6+ 0,6	19.06.	65	Input	0,5		
NF	10.05.	37	Opus Top	0,7	15.05.	33	Opus Top	0,7	15.05.	32	Flamenco Bravo	1,2 1,0		
	01.06.	49	Opus Top	0,5	17.06.	65	Proline Impulse	0,4 0,3	02.06.	49	Input	0,8		
	18.06	65	Amistar+ Taspä	0,4 0,4										
Ø Behandlungsanzahl				2,33					3,17					3,17

In allen Versuchsjahren war ein Wirkstoffwechsel bei Folgebehandlungen auffällig; selten kam ein Wirkstoff zur Mehrfachbehandlung. Die Abschlussbehandlung erfolgte bei allen Betrieben Mitte Juni, zur Zeit der Blüte des Weizens (EC 61-65). Durch diese Maßnahme wurde die Bekämpfung des Erreger *Fusarium* spp. prophylaktisch in die Maßnahme eingeschlossen, um einer eventuellen Infektion mit einhergehender Belastung des Ernteguts durch Mykotoxine vorzubeugen.

3.1.5.2 Insektizidmaßnahmen

Neben pilzlichen Schaderregern spielt in einigen Jahren auch der Befall mit tierischen Schaderregern eine wichtige Rolle. Insbesondere nach dem Ährenschieben zum Zeitpunkt der Kornfüllung kann ein Befall mit tierischen Schadinsekten, vor allem mit Blattläusen, eine Ertragsreduktion zur Folge haben. Durch die Saugtätigkeit der Blattläuse an der Ähre kommt es zu einem Abfluss von Kohlenhydraten aus der Pflanze in die Laus, wodurch diese Energie der Pflanze für die Kornausbildung nicht mehr zur Verfügung steht. Daher kamen auf der Mehrzahl der Betriebe nach dem Erscheinen der Ähre (BBCH 51) Insektizide zum Einsatz (Tab. 19, Anhangtab. A2). Mittel der Wahl stellten Perfekthion (Dimethoat), Metasystox R (Oxydemeton-methyl), sowie Karate Zeon (λ -Cyhalothrin) dar (Tab. 19).

Tab. 19: Insektizidmaßnahmen der konventionellen Betriebe in Schleswig-Holstein 2004 - 2006

2004					2005				2006			
Ort	Termin	EC	Mittel	l/ha bzw. kg/ha	Termin	EC	Mittel	l/ha bzw. kg/ha	Termin	EC	Mittel	l/ha bzw. kg/ha
FE	20.06.	65	Meta-systox R	0,5	15.06.	65	Perfekthion	0,5	02.06.	59	Karate Zeon	0,075
							Meta-systox R	0,5	18.06.	65	Perfekthion	0,6
									23.06.	69	Karate Zeon	0,075
PLÖ	-				05.07.	75	Perfekthion	0,5	18.06.	65	Karate Zeon	0,075
KI	13.05.	39	Dimethoat	0,4								
	22.06.	61	Meta-systox R	0,4								
DW	12.05.	37	Dimethoat	0,4	26.04.	31	Dimethoat	0,5	15.06.	65	Meta-systox R	0,5
	08.06.	61	Meta-systox R	0,5			Meta-systox R	0,2				
HE	07.06.	61	Karate Zeon	0,075	16.06.	65	Karate Zeon	0,075	19.06.	65	Karate Zeon	0,075
NF	18.06.	65	Dimethoat	0,6	17.06.	65	Karate Zeon	0,075	15.06.	61	Karate Zeon	0,075

3.1.5.3 Herbizidmaßnahmen

Auf allen sechs konventionellen Betrieben wurde im Herbst eine Unkrautbekämpfung mit Hilfe von Herbiziden (Tab. 20, Anhangtab. A2) durchgeführt. Eingesetzt wurde größtenteils das über den Boden und das Blatt wirkende Mittel Herold (Flufenacet + Diflufenican) im Nachauflauf (EC 9-10) ca. 14 Tage nach der Saat. Das Wirkungsspektrum dieses Präparats umfasst die Gräser *Alopecurus myosuroides*, *Apera spica-venti* und *Poa annua* sowie die meisten dikotylen Unkräuter. Zur Absicherung der Ungraswirkung wurde häufig als Mischungspartner das Mittel Cadou (Wirkstoff: Flufenacet) zugesetzt. Andere Mischungspartner waren Treflan (Trifluralin), Stomp (Pendimethalin), Malibu (Pendimethalin + Flufenacet), Starane (Fluroxypyr), Biathlon (Tritosulfuron), Gropper (Metsulfuron), Husar (Iodosulfuron-methyl-natrium + Safener: Mefenpyr-diethyl), Primus (Florasulam) und Pointer (Tribenuron). Die Ausbringung nachgewiesener Mischpräparate soll zur Erweiterung des Wirkungsspektrums beitragen bzw. die Wirkung gegen bestimmte Leitunkräuter absichern. Das Präparat Atlantis gilt derzeit wirksamstes Herbizid gegen *Alopecurus myosuroides* und wurde auf Standorten mit hohem Ackerfuchsschwanzbesatz (NF, FE) eingesetzt. Die im Herbst eingesetzten Herbizide Herold, Cadou, Treflan und Stomp sind mit einer bodenwirksamen Wirkung eingestuft, während die sulfonylharnstoffhaltigen Präparate Atlantis, Biathlon, Gropper, Husar, Pointer und Primus ausschließlich blattaktive Präparate darstellen und die Anwendung sich daher hauptsächlich auf Nachauflaufbehandlungen im Frühjahr beschränkt, wenn eine ausreichende Blattmasse der Unkräuter vorhanden ist. Gegenüber dem breiten Präparatspektrum der Gruppe der Fungizide, ist die Wirkstoffwahl bei den herbiziden Präparaten stärker eingeschränkt und unterliegt daher in den unterschiedlichen Versuchsjahren einer nicht so starken Fluktuation wie bei den Mitteln für die Bekämpfung von pilzlichen Schaderregern. In der folgenden Tabelle 20 sind die eingesetzten Herbizide mit ihren jeweiligen Einsatzzeitpunkt (Herbst / Frühjahr) der Applikation aufgeführt.

**Tab. 20: Herbizidmaßnahmen der konventionellen Betriebe in Schleswig-Holstein
2004 - 2006**

Versuchsjahr		2004		2005		2006	
Ort	Termin	Mittel	l/ha bzw. kg/ha	Mittel	l/ha bzw. kg/ha	Mittel	l/ha bzw. kg/ha
FE	Herbst	Malibu Pack	2,487	Cadou Stomp	0,4 2,0	Cadou Stomp	0,4 2,0
	Frühjahr	(I.) Primus (II.) Topik + Oleo Öl	0,075 0,51 1,02	Primus	0,08	Atlantis FHS	0,5 1,0
PLÖ	Herbst	Herold Cadou	0,25 0,2	Herold Cadou Pointer	0,2 0,2 0,007	Herold Cadou Pointer	0,2 0,25 0,005
	Frühjahr	-	-	Primus	0,06	Primus	0,06
KI	Herbst	Bacara Herold	0,2 0,2	-	-	Herold	0,3
	Frühjahr	Pointer	0,007	Primus	0,05	Biathlon	0,07
		Starane U46M	0,25 0,75	Oratio Ralon Super	0,02 0,8	Gropper Husar	0,02 0,07
DW	Herbst	Bacara Herold	0,2 0,2	Cadou Herold	0,1 0,2	Herold Cadou	0,25 0,05
	Frühjahr	Pointer Starane U46M	0,007 0,25 0,75	Starane	0,25	Starane	0,35
HE	Herbst	Cadou Treflan	0,35 1,8	Cadou Treflan	0,35 2,0	Cadou Treflan	0,35 1,5
	Frühjahr	Starane 180	0,6	Pointer	0,02	Pointer	0,02
NF	Herbst	Stomp Cadou Treflan	2,5 0,4 2,0	-	-	Malibu Treflan	4,0 2,0
	Frühjahr	Atlantis FHS	0,5 1,0	Atlantis FHS	0,5 1,0	Atlantis FHS	0,5 1,0

3.1.5.4 Mechanische Unkrautbekämpfung

Die Unkrautbekämpfung auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben wurde durch Striegel- bzw. Hackmaßnahmen realisiert (Tab. 21). Mit dem Beginn der Vegetation Ende März bis Anfang April und dem damit verbundenen verstärkten Auflaufen bzw. beginnenden Wachstum vorhandener Unkräuter wurden die ersten Unterdrückungsmaßnahmen mittels Striegel im Weizenbestand durchgeführt. Auf den meisten Betrieben wurde in einem zwei- bis dreiwöchigen Abstand nach der ersten Maßnahme eine weitere mechanische Bekämpfung durchgeführt, um neu aufgelaufene Unkräuter erneut zu schwächen bzw. zu eliminieren. Auf

einigen ökologischen Betrieben (FE, NF, KI) wurde bei der zweiten Maßnahme auf die Hacke oder Reihenfräse zurückgegriffen. Dies war möglich, da der Weizen in weiterer Reihe (25 – 30 cm Reihenabstand) angebaut wurde.

Das Jahr 2006 war durch ein sehr kühles, feuchtes Frühjahr, gefolgt von einem sehr heißen und trockenen Sommer gekennzeichnet. In diesem Jahr waren widrige Bearbeitungsbedingungen für einen geeigneten Termin der mechanischen Unkrautbekämpfung gegeben, da der Boden zunächst sehr nass und nur schwierig mit Striegel bzw. Hacke zu bearbeiten war. Zudem war der Boden ab Ende Mai / Anfang Juni sehr stark ausgetrocknet sowie verhärtet, wodurch eine effektive Bodenbearbeitung nicht durchgeführt werden konnte. Letztlich liefen die Unkräuter auch in geringerem Maße auf als unter normalen Bedingungen, wodurch z. T. eine Unkrautbekämpfung unterblieb (PLÖ, 2006).

Tab. 21: Mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben 2004-2006

Jahr	2004		2005		2006	
Standort	Termin	Maßnahme	Termin	Maßnahme	Termin	Maßnahme
FE	Ende März	Striegel	Ende März	Striegel	Mitte April	Hacke
	Mitte April	Hacke	Mitte April	Hacke	Mitte Mai	Striegel
	Ende Mai	Hacke	Ende Mai	Hacke	Anf. Juni	Hacke
PLÖ	Anf. Mai	Striegel	Anf. Mai	Striegel	-*	-*
KI	Ende März	Striegel	Ende März	Striegel	Anf. April	Striegel
	Mitte April	Hacke	Mitte April	Hacke	Ende April	Striegel
	Ende April	Striegel	Ende April	Striegel	Mitte Mai	Hacke
DW	Anf. Mai	Striegel	Anf. Mai	Striegel	Anf. Mai	Striegel
NF	Anf. Oktober	Striegel	Mitte Oktober	Striegel	Anf. Oktober	Striegel
	Mitte April	Fräse	Mitte April	Fräse	Mitte April	Hacke
	Anf. Mai	Striegel	Ende April	Striegel		
HE	Ende März	Striegel	Ende März	Striegel	Ende April	Striegel
	Mitte April	Hacke	Mitte April	Striegel	Mitte Mai	Striegel

*keine Maßnahme aufgrund Trockenheit und sehr geringem Unkrautdruck

3.1.5.5 Maßnahmen zur Erhöhung der Standfestigkeit (Wachstumsreglermaßnahmen)

Durch den Einsatz mineralischer Stickstoffdünger wird das Wachstum der Pflanzen in erheblichem Maße gefördert. Die Zunahme der oberirdischen Biomasse verbunden mit einem erheblichen Gewicht einzelner Pflanzenorgane, insbesondere der Ähre, üben bei z. B. stärkerem Wind eine hohe Belastung auf den tragenden Halm aus. Um diesen zu festigen und die Last gering zu halten, ist der Einsatz von Wachstumsregulatoren sinnvoll, die durch die

Beeinflussung der phytohormonellen Bedingungen in der Pflanze eine Einkürzung des Halmes und Verstärkung der Zellwände zur Folge haben. Auf den konventionellen Betrieben wurden hauptsächlich die Präparate CCC (Chlormequatchlorid) und Moddus (Trinexapacethyl) in einem zwei- bis dreimaligen Behandlungsintervall eingesetzt (Tab. 22). CCC bewirkt eine Einkürzung des Halmes im Bereich des Bestockungsknotens durch die Beeinflussung der Gibberellinbiosynthese, Moddus vermindert durch Reduktion des internodialen Längenwachstums die Pflanzenhöhe und die Standfestigkeit der Pflanzen wird durch Vergrößerung des Stängel- bzw. Halmdurchmessers sowie Verstärkung der Stängel- bzw. Halmwand erhöht.

Tab. 22: Wachstumsreglermaßnahmen der konventionellen Betriebe in Schleswig-Holstein 2004 - 2006

2004					2005				2006			
Ort	Termin	EC	Mittel	l/ha bzw. kg/ha	Termin	EC	Mittel	l/ha bzw. kg/ha	Termin	EC	Mittel	l/ha bzw. kg/ha
FE	15.04.	29	CCC Moddus	1,0 0,25	12.04.	27	CCC Moddus	2,0 0,2	19.04	29	CCC Moddus	1,5 0,2
	01.05.	31	CCC Moddus	1,0 0,25	28.04.	32	CCC Moddus	1,0 0,15	03.05.	31	CCC Moddus	1,0 0,15
	29.05.	45	CCC	0,5					02.06.	59	CCC Camposan	0,5 0,25
PLÖ	15.04.	29	CCC Moddus	1,5 0,15	15.04.	27	CCC	1,5	02.05.	31	CCC	1,5
	06.05	61	CCC Moddus	0,6 0,15	02.05.	33	CCC Moddus	0,6 0,1	15.05.	33	CCC Moddus	0,6 0,2
KI	09.04.	30	CCC Moddus	1,1 0,15	28.04.	31	CCC Moddus	0,8 0,2	08.05	31	CCC Moddus	0,8 0,15
	22.04.	31	CCC Moddus	1,0 0,2	26.05	39	CCC Moddus	0,6 0,2	26.05	39	CCC Moddus	0,6 0,2
DW	13.04	30	CCC Moddus	1,1 0,1	26.04.	31	CCC Moddus	1,0 0,1	25.04.	30	CCC	1,1
	22.02	61	CCC Moddus	0,75 0,15	06.05.	33	CCC Moddus	1,0 0,15	11.5.	32	CCC Moddus	1,0 0,2
NF	24.04.	31	CCC	1,8	15.05.	33	CCC	1,5	15.05.	32	CCC	2,0
	10.05.	37	CCC Moddus	0,3 0,2								
HE	15.04.	30	CCC Moddus	1,0 0,1	25.05.	37	CCC Moddus	0,5 0,2	05.05.	32	CCC Moddus	1,5 0,15
	01.05.	33	CCC Moddus	0,5 0,2	30.04.	31	CCC Moddus	2,0 0,2				
	17.05.	41	CCC Ethephon	0,5 0,3								

3.2 Witterung

In den nachfolgenden Abschnitten sind die Witterungsverhältnisse der Anbauperioden 2004 bis 2006 beispielhaft am Standort Schleswig dargestellt. Dieser Standort charakterisiert die allgemeine Witterung im jeweiligen Anbaujahr in Schleswig-Holstein. Eine exaktere Darstellung der auf epidemiologische Ausbreitungsmuster Einfluss nehmenden Witterung, findet in der Beschreibung der entsprechenden Krankheiten am definierten Standort Anwendung.

3.2.1 Die Witterungsverhältnisse des Versuchsjahres 2003 / 2004

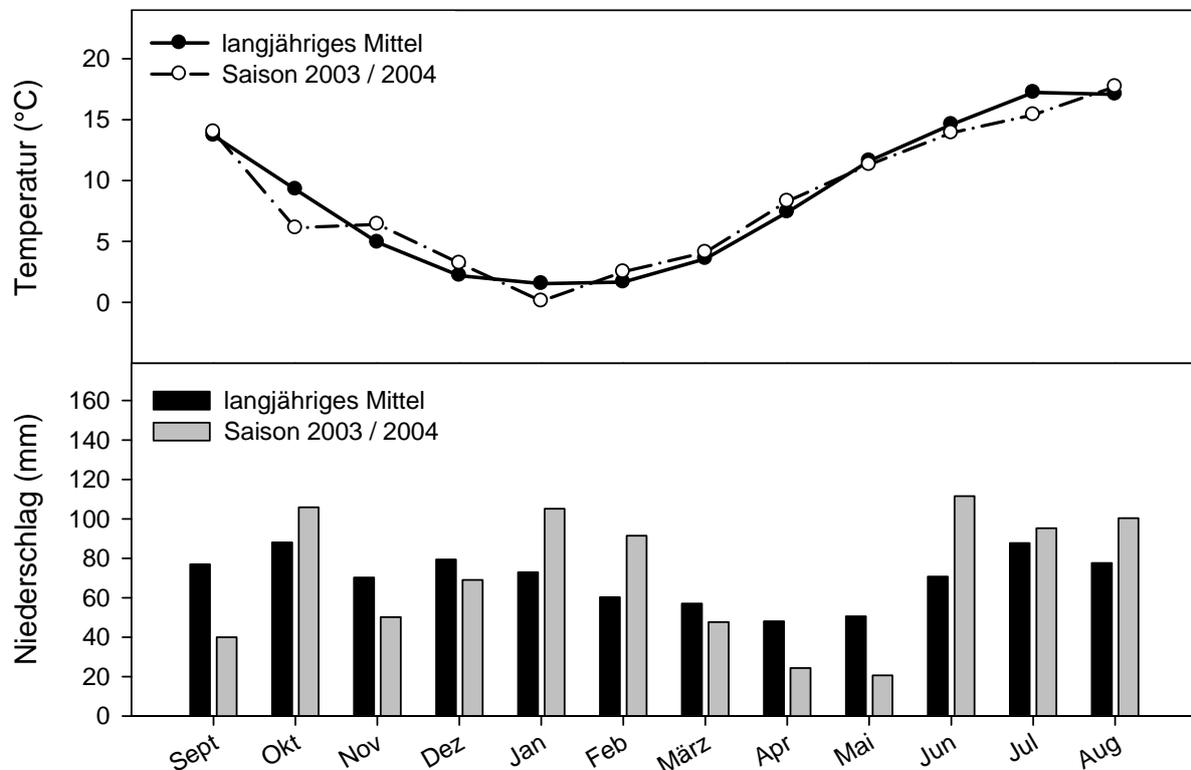


Abb. 12: Niederschlag und Lufttemperatur (Monatssummen bzw. -mittel) des Anbaujahres 2003 / 2004 im Vergleich zum langjährigen Mittel (DWD, Schleswig 1991-2006)

Das Jahr 2003 war, bis zum Beginn der Aussaat im September, insgesamt durch eine zu warme und zu trockene Witterung gekennzeichnet (Abb. 12). Ab September setzten kühlere Temperaturen ein, die sich bis zum Oktober unterdurchschnittlich darstellten. Die Phase unterdurchschnittlicher Niederschläge des Jahres 2003 wurde im Oktober durch leicht über dem langjährigen Mittel liegende Werte unterbrochen, setzte sich dann jedoch bei wiederum

über dem langjährigen Mittel liegenden Temperaturen im November fort und hielt bis zum Dezember an. Im Jahr 2004 begann die Witterung im Vergleich zum langjährigen Mittel niederschlagsreich und kühl. Ende Januar folgte eine Phase mit sehr milder regnerischer Witterung, die Temperaturen stiegen leicht über das Mittel. Der März brachte neben winterlich geprägten Abschnitten insgesamt durchschnittliche Temperaturen und eine unter dem Durchschnitt liegende Niederschlagsmenge. Ebenso waren die Monate April und Mai durch eine trockene Witterung geprägt, wobei der Mai sehr kühl ausfiel. Ab Juni setzte eine nasse Witterung ein, die mit Unterbrechungen von Anfang August bis zum September anhielt. Die im Vergleich niedrigeren Temperaturen, die den Juni und Juli kennzeichneten, glichen sich erst im August wieder dem langjährigen Mittel an.

3.2.2 Die Witterungsverhältnisse des Versuchsjahres 2004 / 2005

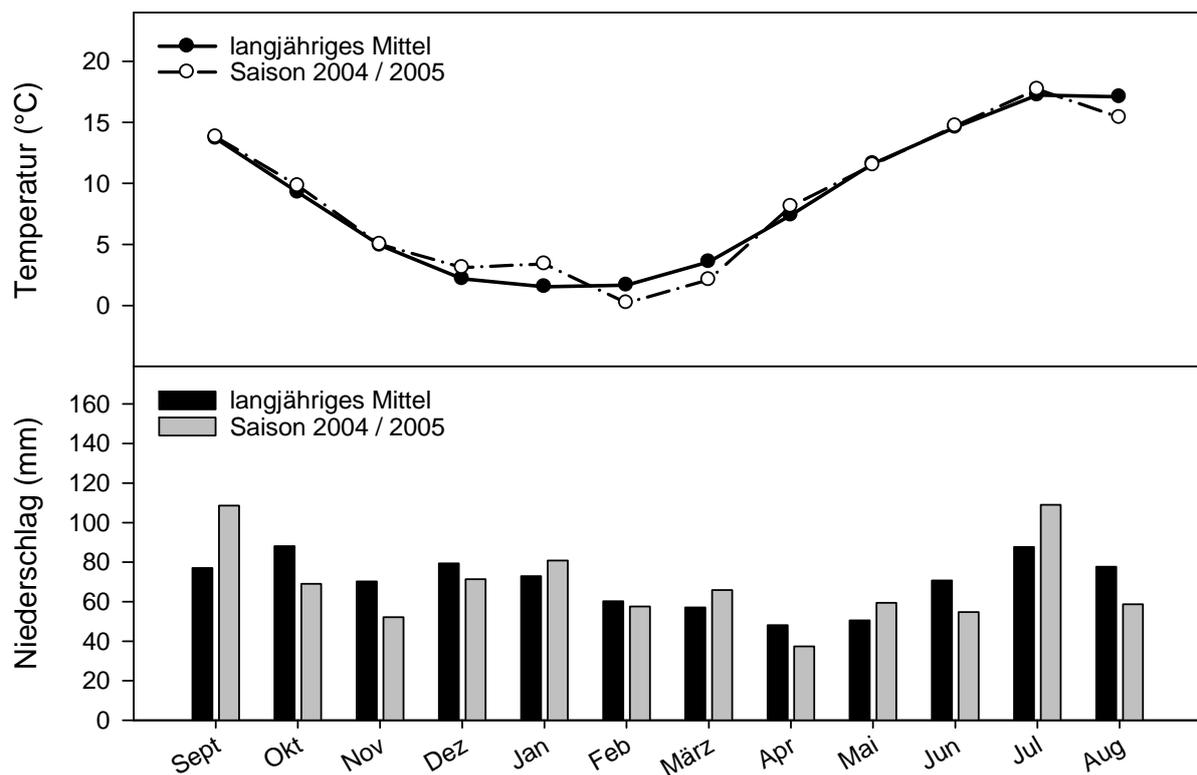


Abb. 13: Niederschlag und Lufttemperatur (Monatssummen bzw. -mittel) des Anbaujahres 2004 / 2005 im Vergleich zum langjährigen Mittel (DWD, Schleswig 1991-2006)

Im Versuchsjahr 2004 / 2005 waren die Monate ab September durch einen Wechsel von warmer und kühler Witterung geprägt, wobei die durchschnittliche Temperatur bis November dem Mittelwert entsprach (Abb. 13). Die Monate Oktober, November und Dezember waren

durch Niederschlagsdefizite gekennzeichnet, wobei im Dezember eine Phase überdurchschnittlicher Temperaturen einsetzte, die sich bis in den Januar 2005 hineinzog. Die Niederschlagsmenge in diesem Monat lag geringfügig über dem Durchschnitt. Ab Februar setzte eine Kälteperiode ein, die sich bis in den März mit niedrigen Temperaturen hinzog. Trotz der überdurchschnittlichen Temperaturen des Monats April konnte Anfang bis Mitte April verbreitet Nachtfrost festgestellt werden und es fielen unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Im Mai hingegen sanken die Temperaturen wiederum ab und glichen sich bei überdurchschnittlichen Niederschlägen dem langjährigen Mittel an. Der Juni begann mit einer relativ kühlen Witterung, in der zweiten Monatshälfte dominierten jedoch hochsommerliche Temperaturen. Der Niederschlag wies in diesem Monat Defizite auf. Der Juli hatte, bei durchschnittlichen Temperaturen, einen starken Niederschlagsüberschuss zu verzeichnen. Diese Witterung wurde im August nicht fortgesetzt, Temperatur und Niederschlag sanken unter das langjährige Mittel. Der nachfolgende Herbst des Jahres 2005 war durch über dem Mittel liegende Temperaturen und Niederschlagsdefizite gekennzeichnet.

3.2.3 Die Witterungsverhältnisse des Versuchsjahres 2005 / 2006

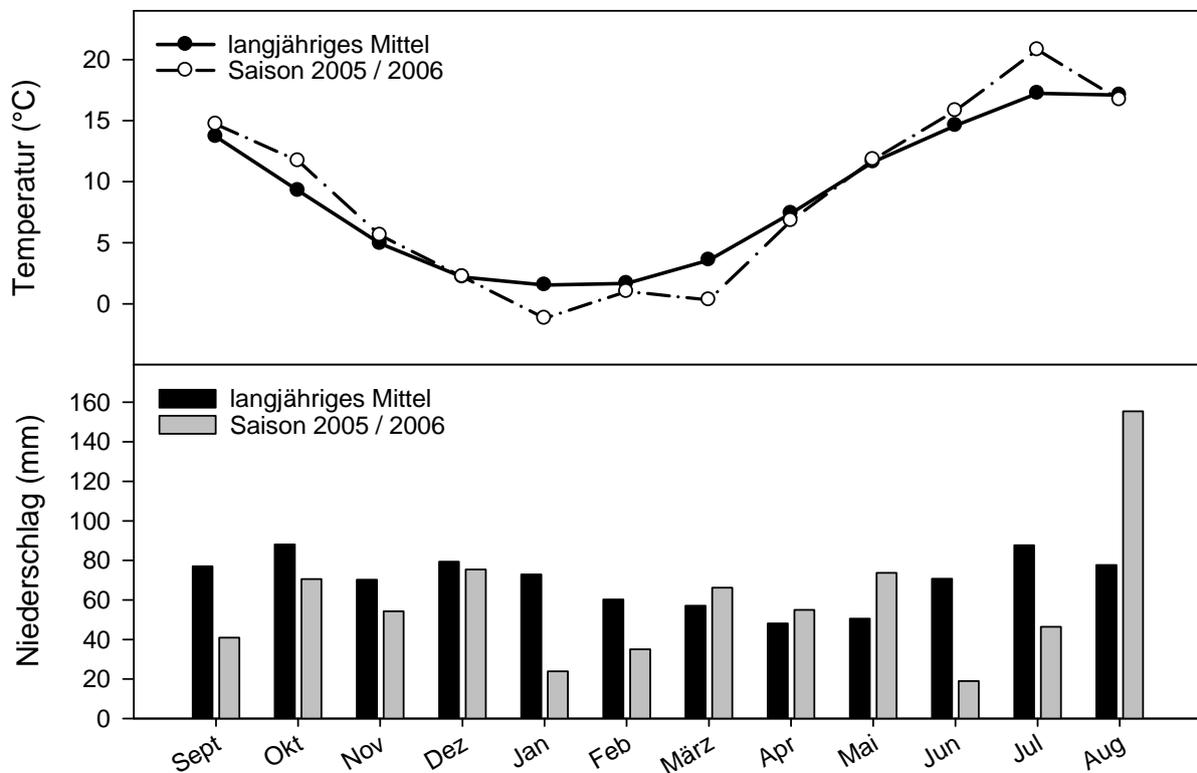


Abb. 14: Niederschlag und Lufttemperatur (Monatssummen bzw. -mittel) des Anbaujahres 2005 / 2006 im Vergleich zum langjährigen Mittel (DWD, Schleswig 1991-2005)

Ab September 2005 setzte eine warme und trockene Periode mit überdurchschnittlichen Temperaturen und z. T. starken Niederschlagsdefiziten ein, die sich bis Anfang Dezember hinzog. Ab Mitte Dezember 2005 sanken die Temperaturen stark ab. Diese Kälteperiode hielt sehr lange an, sodass in den Monaten Januar, Februar und März des Jahres 2006 unterdurchschnittliche Temperaturen zu verzeichnen waren. Vielerorts lag bis Mitte März eine geschlossene Schneedecke, die Mitte Februar entstanden war. Die sehr hohen Niederschlagsdefizite im Januar und Februar wurden durch Niederschlagsüberschüsse von März bis Mai weitestgehend ausgeglichen. April und Mai waren weiterhin durch kühle Temperaturen gekennzeichnet, verbunden mit leicht überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen. Ab Ende Mai setzte eine sehr heiße und trockene Witterung ein, die erhebliche Niederschlagsdefizite in den nachfolgenden zwei Monaten zur Folge hatte. Während die Junitemperatur um 1,2 °C über dem Mittel lag und rund 52 mm weniger Niederschlag fielen, waren im Juli eine um 3,6 °C über dem Mittel liegende Temperatur und weitere 43 mm defizitäre Niederschläge zu verzeichnen. Erst ab Ende Juli, zum Beginn der Weizenernte, setzte eine kühlere Witterung mit einer langen Regenperiode ein, die z.T. ergiebige Niederschläge brachte und mit einer Niederschlagssumme von +155 mm im Monat August doppelt so hoch lag wie das langjährige Mittel, was eine gewisse Kompensation der jahresspezifischen Niederschlagsdefizite darstellte. Die danach folgenden, nicht mehr dargestellten Monate des Jahres 2006 waren hingegen wiederum durch sehr warmes, trockenes Wetter gekennzeichnet.

3.3 Krankheiten im Winterweizen

3.3.1 *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* (Halmbruch)

Der Erreger der Halmbruchkrankheit kann, neben der teilweisen oder auch vollständigen Zerstörung der Leitbündel an der Halmbasis, einhergehend mit einer Unterbrechung des Nährstoffs- und Wassertransportes, mit der Folge unterschiedlich ausgeprägter Notreifeerscheinungen mit Weißährigkeit, zu einer Vermorschung des Halmgrundes und damit zur Verringerung der Stabilität der Halme führen, wodurch ein parasitäres Lager entstehen kann. Allerdings kann eine ungenügende Abstimmung der Anbausystemfaktoren, wie ein zu früher Saattermin mit hohen Saatstärken, eine zu hohe Stickstoffdüngung oder auch der falsch terminierte Einsatz von Wachstumsregulatoren Ursache für eine verminderte Stabilität der Halme sein. Nicht der Halmbrucherreger ist dann der Auslöser für den Bruch und das Lager der Halme, sondern eine physiologisch bedingte Schwächung des Zellgewebes des Halmes (physiologisches Lager).

3.3.1.1 Befallsverlauf

Während der ersten beiden Bonituren wurde der Färbetest nach MAULER-MACHNIK & NAß (1990) durchgeführt und damit die Befallshäufigkeit auf der jeweiligen zweiten Blattscheide vor dem Halm festgestellt. Im Versuchsjahr 2004 lag die Variantenzahl nur eingeschränkt vor und die Sortenverteilung auf ökologischen Betrieben war heterogen. Befallsgrade bis max. 12,5 % BHB in der Praxisvariante und 16,75 % BHB in der Kontrolle 2 war in allen konventionellen Weizenbeständen in EC 32 nachweisbar. Ökologisch bewirtschafteter Weizen wies einen deutlich geringeren Befall auf. Nur an den Standorten Kiel mit 10 % BHB und Plön mit 3,3 % BHB war ein geringer Befall feststellbar (Abb. 15). Der Befall mit dem Erreger des Halmbruchs war im Versuchsjahr 2005 zur ersten Bonitur zu EC 32 sehr heterogen und es war kein einheitliches Muster erkennbar. Sehr spät gedrillte Bestände z. B. FE (Ö) oder HE (Ö) wiesen entgegen der Erwartung einen mindestens gleich hohen Befall auf wie die deutlich früher etablierten Bestände der konventionellen Vergleichsbetriebe (Abb. 15). Im Gegensatz dazu war am Standort Kiel in der ökologischen Variante kein Befall zu dieser frühen Bonitur festzustellen, obwohl der Bestand zum fast gleichen Termin (2 Tage Unterschied) (vgl. Kap., 3.1.2, Tab. 15) ausgesät wurde wie der konventionelle Vergleichsbestand. Diese Beobachtung konnte im Versuchsjahr 2006 bestätigt werden (Abb. 15, 17).

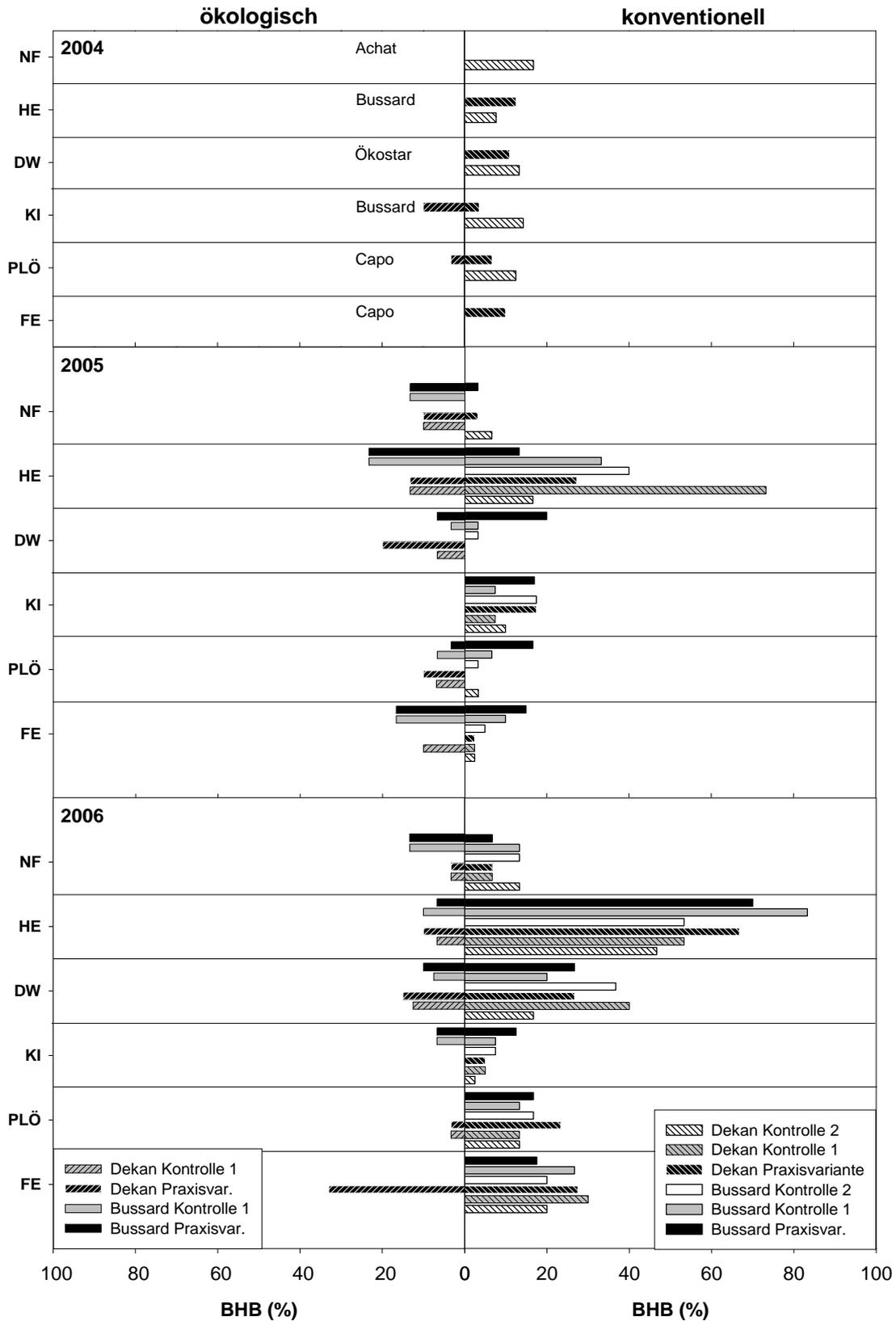


Abb. 15: Vergleich des Ausgangsbefalls (BHB) von *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* an den sechs Untersuchungsstandorten ökologischer (links) und konventioneller Wirtschaftsweise (rechts) in den Versuchsjahren 2004 bis 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM/mech. Unkrautbekämpfung; Kontrolle 2 = mit Düngung, ohne Fungizide; Praxis = Düngung / Pflanzenschutz betriebsüblich)

Beim Übergang zur Sichtbonitur ab EC 37 stiegen an diesem Standort die Befallshäufigkeit und auch die Befallsstärke in den ökologischen Varianten vergleichend zu den konventionellen Betrieben stark an und erreichten einen ca. doppelt so hohen Endbefallswert in der Kontrolle 1 (Abb. 15). Im Vergleich der Praxisvarianten zeigte die ökologische Variante eine neunfach höhere Befallshäufigkeit (10 % (K), 93 % (Ö)) und eine um den Faktor zehn erhöhte Befallsstärke gegenüber der konventionellen auf (Abb. 15). Die Fungizidmaßnahmen, die allerdings nicht primär auf den Erreger *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora herpotrichoides*) ausgerichtet waren, übten dementsprechend eine Nebenwirkung auf den Erreger aus.

Aber auch innerhalb der Varianten eines Betriebes war ebenfalls bis EC 37 keine einheitliche Tendenz zu einer vorwiegend befallenen Variante gegeben. In einigen Fällen wies entgegen der Erwartung die Praxisvariante eine stärkere bzw. mindestens gleich hohe Befallsstärke auf (Abb. 18, 19), in anderen Fällen kam es zu einer signifikanten Befallsreduzierung durch den Fungizideinsatz (Abb. 16, 17). Die Reduktion der Befallsgrade von einem zum nächsten Termin (z. B. Abb. 16, 18) erklärt sich durch das Absterben der äußeren befallenen Blattscheiden. Auf den verbliebenen Blattscheiden konnte sich der Erreger noch nicht etablieren.

In der weiteren Befallsentwicklung wurden mit Beginn der Sichtbonitur ab EC 37 jedoch meist klare Differenzierungen ermittelt. Beispielhaft ist dies in den Abbildungen 16 bis 19 erkennbar. Die konventionelle Kontrolle 1 stellte an den überwiegenden Standorten die am stärksten befallene Variante dar (Abb. 20, 21). Der Fungizideinsatz reduzierte sowohl die Befallsstärke als auch die Befallshäufigkeit signifikant. Dagegen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen ökologischer Praxis- und Kontrollvariante festgestellt werden, zurückzuführen auf die nicht gegebene zielorientierte chemische Bekämpfung.

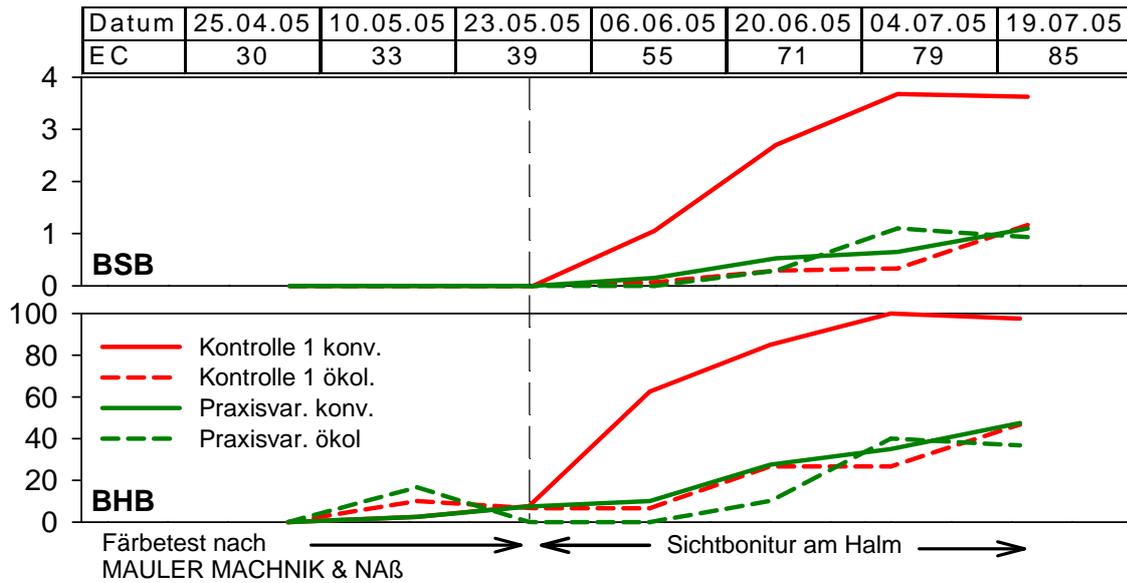


Abb. 16: Befallsverlauf (Befallsstärke – BSB- von 0-4 und Befallshäufigkeit – BHB %) von *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* am Standort Fehmarn in der Sorte Dekan im Jahr 2005 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM / mech. Unkrautbekämpfung; Praxisvariante = Düngung/Pflanzenschutz betriebsüblich)

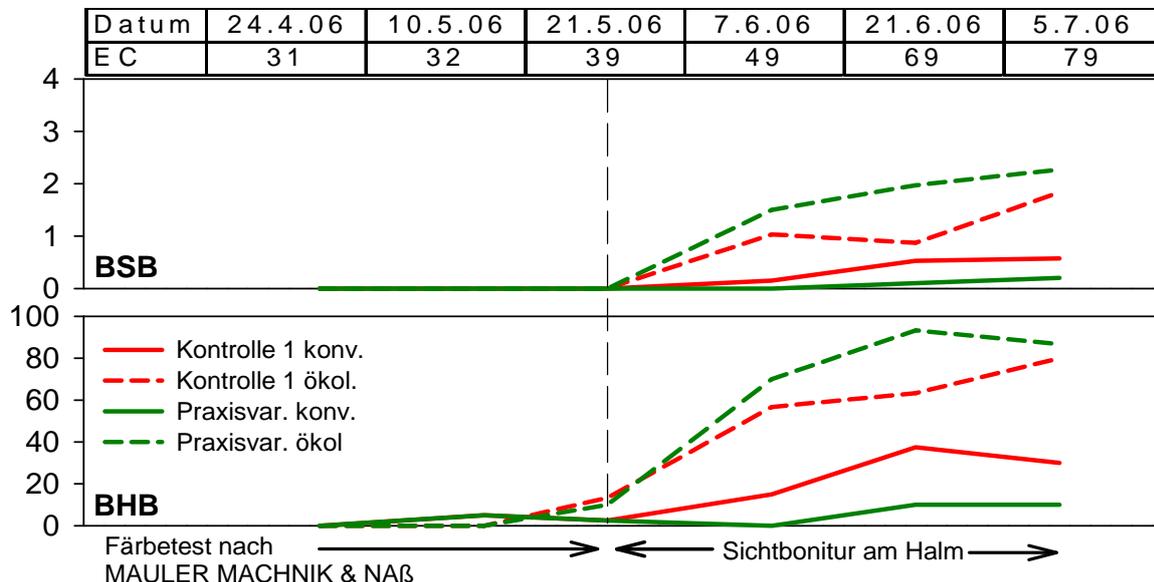


Abb. 17: Befallsverlauf (Befallsstärke von 0-4 und Befallshäufigkeit) von *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* am Standort Kiel in der Sorte Dekan im Jahr 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM / mech. Unkrautbekämpfung; Praxisvariante = Düngung/Pflanzenschutz betriebsüblich)

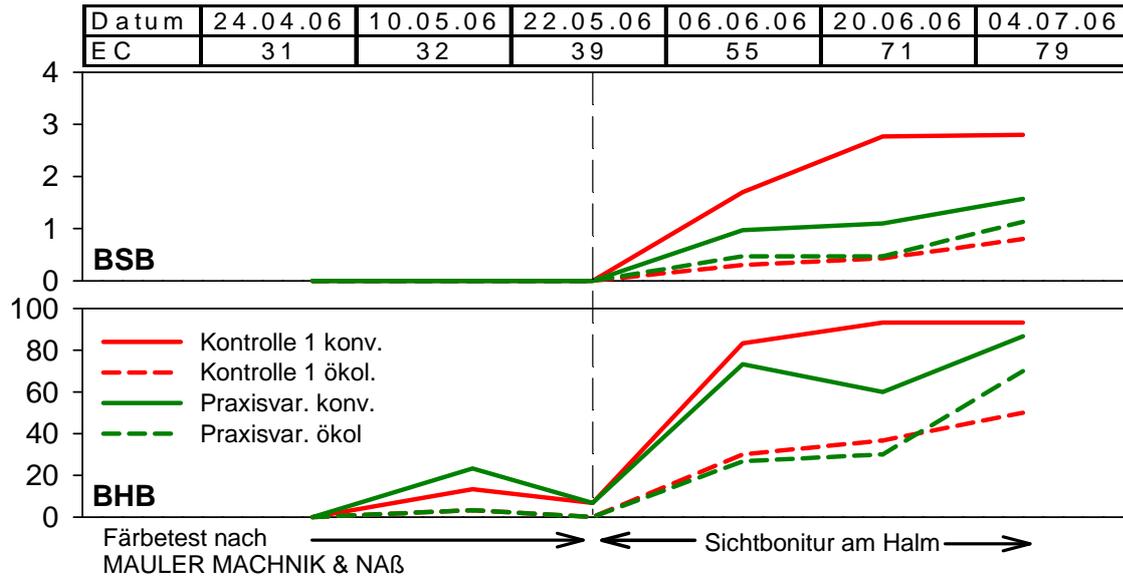


Abb. 18: Befallsverlauf (Befallsstärke von 0-4 und Befallshäufigkeit) von *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* am Standort Plön in der Sorte Dekan im Jahr 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM / mech. Unkrautbekämpfung; Praxisvariante = Düngung/Pflanzenschutz betriebsüblich)

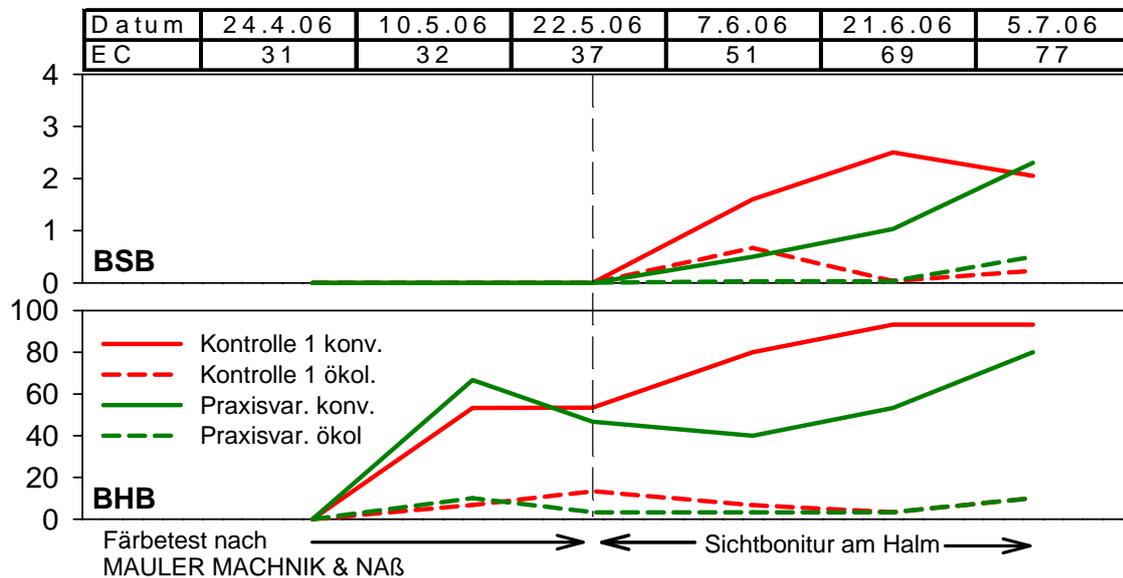


Abb. 19: Befallsverlauf (Befallsstärke von 0-4 und Befallshäufigkeit) von *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* am Standort Heide in der Sorte Dekan im Jahr 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM / mech. Unkrautbekämpfung; Praxisvariante = Düngung/Pflanzenschutz betriebsüblich)

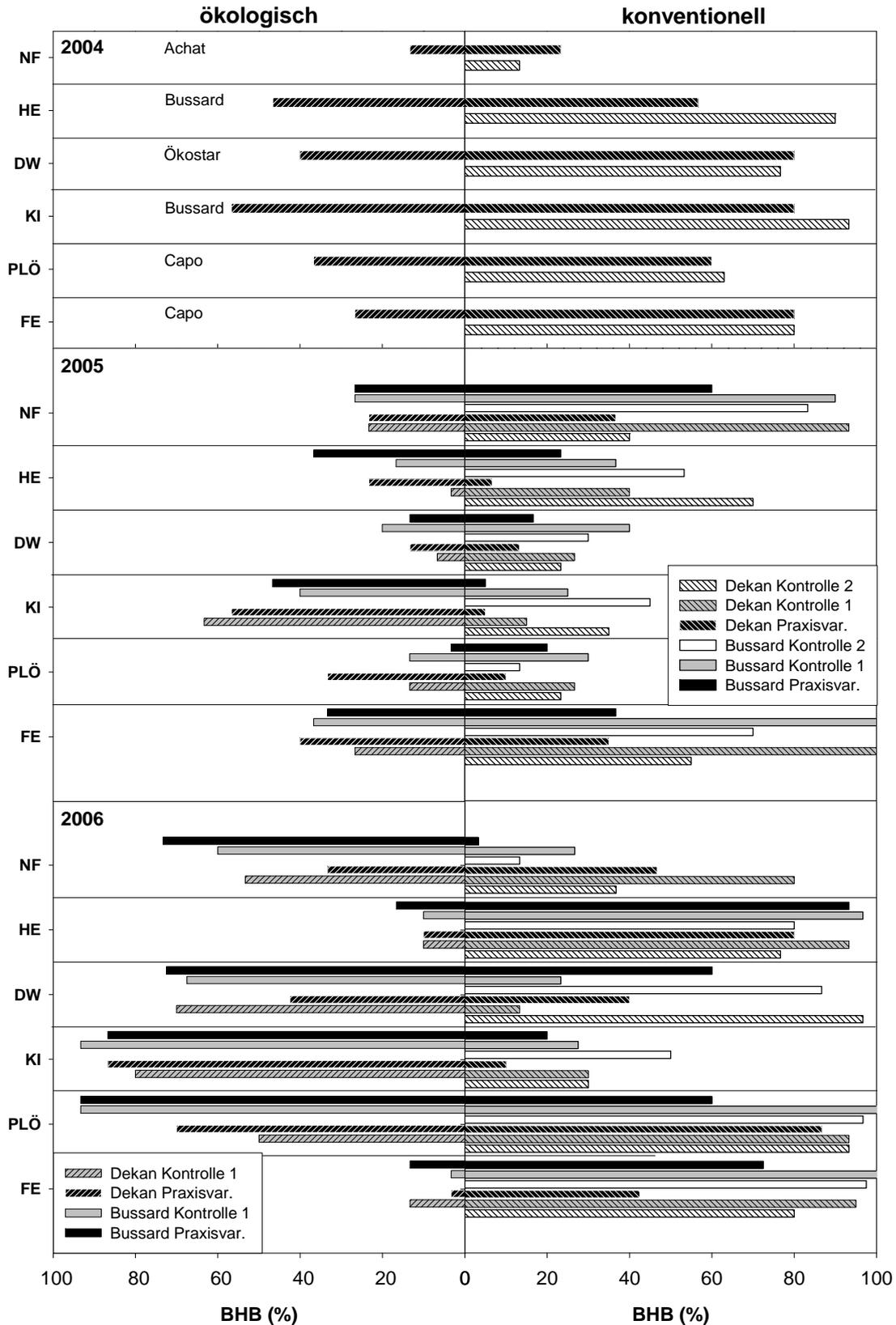


Abb. 20: Vergleich des Endbefalls (BHB) von *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herptrichoides* an allen Untersuchungsstandorten ökologischer (links) und konventioneller (rechts) Wirtschaftsweise in den Versuchsjahren 2004 bis 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM/mech. Unkrautbekämpfung; Kontrolle 2 = mit Düngung, ohne Fungizide; Praxis = Düngung / Pflanzenschutz betriebsüblich)

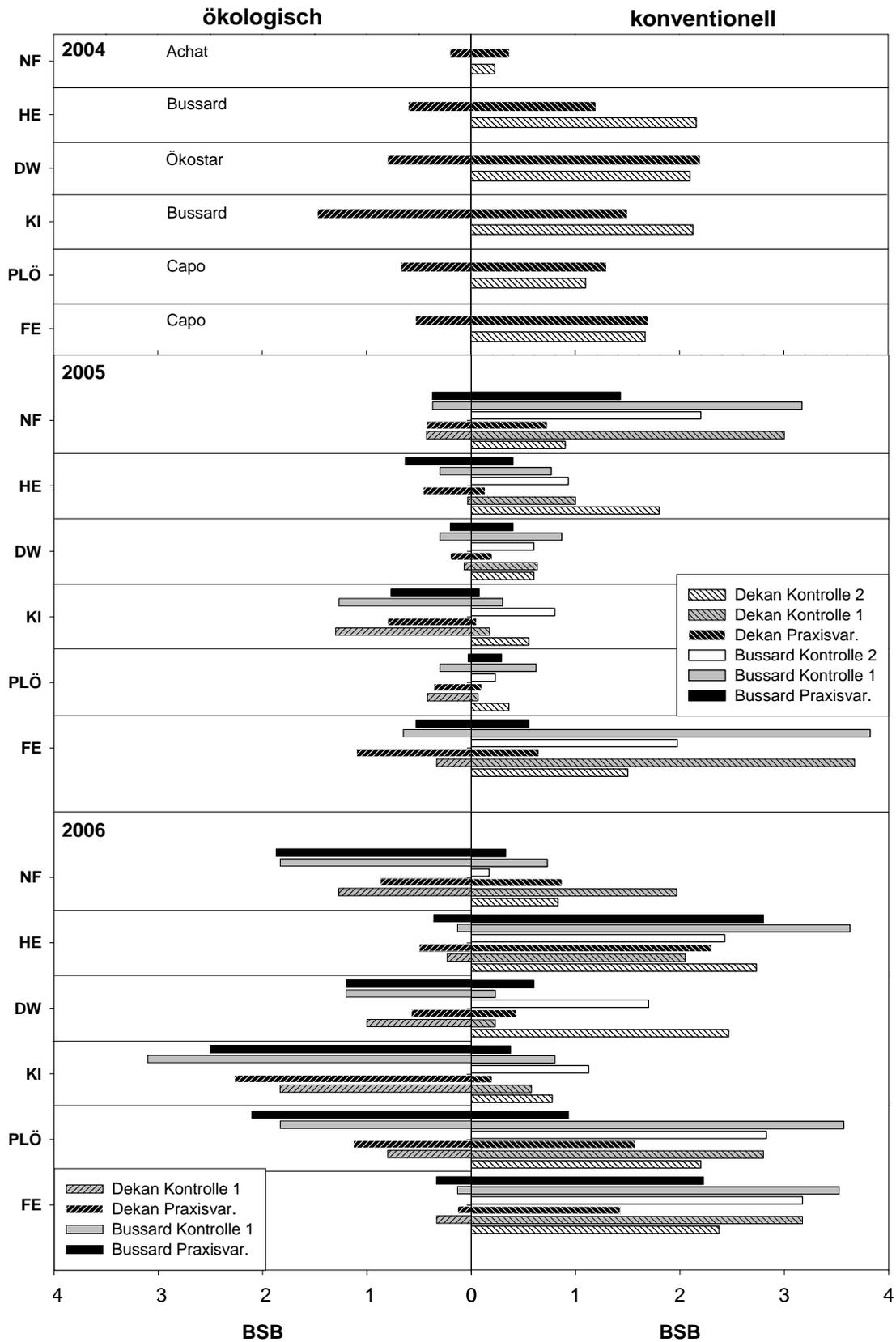


Abb. 21: Befallsstärke von *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* zu EC 75 an Standorten ökologischer (links) und konventioneller (rechts) Wirtschaftsweise 2004 bis 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM/mech. Unkrautbekämpfung; Kontrolle 2 = mit Düngung, ohne Fungizide; Praxis = Düngung / Pflanzenschutz betriebsüblich)

Der Endbefall der Kontrollvarianten beider Sorten an einem Standort wies bei gleicher Saatzeit annähernd die gleichen Befallswerte auf.

Im Versuchsjahr 2006 stellte sich ein geringfügig verändertes Befallsbild dar. Der Halmbrucherreger konnte wiederum an allen Standorten festgestellt werden. Die früh gedrillten konventionellen Varianten waren zur ersten Bonitur erheblich stärker befallen als die ökologischen Varianten. Der Färbetest nach MAULER&MACHNIK wies Befallshäufigkeiten von bis zu 80 % Ausgangsbefall aus. Insbesondere an den Blattscheiden der Pflanzen des Standorts Heide (HE) konnte der Erreger in hohem Maß festgestellt werden. Der Endbefall spiegelte den Ausgangsbefall des Frühjahres wieder: Die konventionellen Varianten wiesen auf fast allen Standorten eine 2-3mal höhere Befallshäufigkeit aus als vergleichbare ökologische Bestände. Durch den Einsatz von Halmstabilisatoren konnte ein Lager gegen Vegetationsende verhindert werden, obwohl auch die Befallsstärke im konventionellen Anbau teilweise um ein Vielfaches höher lag (Abb. 20).

Die Befallsstärken des Versuchsjahres 2006 lagen im Durchschnitt höher als die des Versuchsjahres 2005. Die konventionellen Betriebe wiesen in beiden Jahren vergleichend zu ökologischen Betrieben tendenziell mit einer durchschnittlichen Befallsstärke von 1,6 - 1,8 BSB eine höhere Befallsstärke zu EC 75 auf. Trotzdem konnte ein direkter Einfluss des Bewirtschaftungssystems nicht signifikant nachgewiesen werden (Tab. 23). Die konventionelle Praxisvariante mit Fungizidbehandlung wies signifikant geringere Befallsstärken gegenüber der konventionellen Kontrollvariante 1 auf.

In Tabelle 23 sind die Einflüsse der unterschiedlichen Parameter auf den Endbefall zu EC 75 dargestellt. Einen signifikanten Einfluss üben die Variante und die Wechselwirkung der Variante mit dem Betriebstyp aus. Daraus leitet sich ab, dass sich mindestens eine Variante in Bezug auf die Befallsstärke in den Betriebstypen im halmbruchspezifischen Befallsbild unterschiedlich verhält, was im Vergleich der Praxisvarianten beider Intensitäten zum Ausdruck kommt. Eine signifikante Wechselwirkung besteht ebenfalls zwischen dem Standort und der Variante. Ein Vergleich (Abb. 20, 21) zwischen den Standorten innerhalb einer Variante verdeutlicht die betriebsspezifischen Unterschiede im Ausbreitungsmuster des Pathogens. Eine Teilerklärung dafür ist in den unterschiedlichen Saatzeiten gegeben.

Tab. 23: Varianzanalyse der Befallsstärke (BSB) von *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* zur Endbonitur (EC 75) über die Jahre 2005 und 2006 der Praxisvariante und Kontrolle 1 (n=96)

Effect	Num DF	Den DF	F-Value	Pr > F
Aussaatzeitpunkt	1	44	5,84	0,0199
Standort	5	6	0,17	0,9629
öko/konv	1	6	2,46	0,1676
Standort*öko/konv	5	6	2,77	0,1233
Sorte	1	12	2,75	0,1229
Standort*Sorte	5	12	0,13	0,9822
öko/konv*Sorte	1	12	0,02	0,8902
Standort*öko/konv*Sorte	5	12	0,33	0,8841
Variante	2	56	10,67	0,0001
Variante*Sorte	2	56	0,12	0,8914
öko/konv*Variante	1	56	20,68	<0,0001
öko/konv*Variante*Sorte	1	56	0,00	0,9746
Standort*Variante	10	56	2,46	0,0162

Tabelle 24 verdeutlicht die Befallsunterschiede der unterschiedlichen Varianten und Sorten, zwischen denen insgesamt vier (A-D) unterschiedliche Signifikanzniveaus existieren. Die konventionellen Kontrollen 1 der Sorten Dekan und Bussard unterschieden sich signifikant von den konventionellen Praxisvarianten, was auf den Einfluss von Fungizid- und Herbizidbehandlungen zurückzuführen ist. In Kontrolle 2 kann in der Sorte Bussard kein abgesicherter Unterschied zur Praxisvariante festgestellt werden, obwohl die mittlere Befallsstärke 43 % über der Praxisvariante liegt. Dadurch wird deutlich, dass überregional eine hohe Variabilität der Befallsstärken vorliegt und nur die Kombination aus Verringerung des Unkrautbesatzes (Herbizideinsatz), einhergehend mit einer Veränderung des Bestandesklimas und der zusätzliche Einsatz von Fungiziden die Befallswerte signifikant senken. Innerhalb der ökologischen Varianten konnte keine signifikante Verringerung der Befallswerte durch die mechanische Unkrautbekämpfung (Praxisvariante) ermittelt werden, wobei jedoch vergleichend zu den gleichlaufenden konventionellen Varianten (Kontrolle 1) deutlich geringere (bis -50 %) Befallsstärkegrade vorliegen. Die um drei Wochen verzögerte Aussaat auf den ökologischen Betrieben wirkt sich, neben dem verringernden Einfluss auf den Ausgangsbefall (Abb. 15) in der Konsequenz auch auf den Endbefall reduzierend aus (Abb. 20, 21).

Tab. 24: Mittlere Befallsstärke (BSB) von *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* und Unterschiede zwischen den Varianten in den beiden Betriebstypen ökologisch und konventionell (n=120) zur Endbonitur (EC 75) über die Jahre 2005 und 2006

Typ	Variante	Sorte	BSB Estimate	Std-Error	Alpha	Lower	Upper	Letter Group
konv	Kontrolle 1	Bussard	1,8362	0,2656	0,05	13,041	23,683	A
konv	Kontrolle 1	Dekan	1,6123	0,2656	0,05	10,802	21,444	AB
konv	Kontrolle 2	Bussard	1,5138	0,2656	0,05	0,9817	20,458	ABC
konv	Kontrolle 2	Dekan	1,3942	0,2656	0,05	0,8621	19,263	ABC
ökol	Kontrolle 1	Bussard	0,9339	0,2656	0,05	0,4018	14,660	ABCD
ökol	Praxisvar.	Bussard	0,9075	0,2656	0,05	0,3754	14,396	ABCD
konv	Praxisvar.	Bussard	0,8671	0,2656	0,05	0,3350	13,992	CD
ökol	Praxisvar.	Dekan	0,7354	0,2656	0,05	0,2033	12,675	ABCD
konv	Praxisvar.	Dekan	0,7215	0,2656	0,05	0,1894	12,536	D
ökol	Kontrolle 1	Dekan	0,6702	0,2656	0,05	0,1382	12,023	BCD

3.3.1.2 Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit *Helgardia herpotrichoides*

Um den Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* festzustellen, wurden die Saatzeiten in drei Saatzeitklassen eingeteilt: Frühsaat bis 20. September, Normalsaat 21. September bis 7. Oktober, Spätsaat ab 8. Oktober.

In Abbildung 22 ist die halmbruchspezifische Endbefallsstärke der unbehandelten Kontrolle 1 unabhängig vom Betriebstyp (Ö/K) dargestellt. Signifikante Unterschiede bestehen zwischen Frühsaat und Spätsaat, die Normalsaat nimmt erwartungsgemäß eine Mittelstellung ein. Je später die Saat durchgeführt wurde, desto geringer war der Endbefall durch den Halmbrucherreger. Die Befallswerte der Spätsaaten lagen signifikant 75% unter denen der Frühsaaten. Ein signifikanter Sorteneinfluss besteht nicht (Tab. 23), jedoch lässt sich aufgrund der leicht reduzierten Befallswerte der Sorte Dekan ein tendenzieller Sorteneinfluss erkennen. Somit übt der Aussaatzeitpunkt einen signifikanten Einfluss auf die Befallsstärke aus (Abb. 22). Die Nutzung eines späteren Saatzeitpunktes stellt eine allgemeine phytosanitäre Maßnahme des ökologischen Anbaus dar, woraus sich die, von wenigen Ausnahmen abgesehen, insgesamt geringeren Befallsstärken der ökologischen, vergleichend zu den konventionellen Varianten, erklären lassen.

Da sich jedoch auch innerhalb der konventionellen Betriebe unterschiedliche Saatzeiten eingestellt haben, variieren auch hier die Befallsstärken innerhalb einer Variante von Standort zu Standort. Unterschiede der Befallsgrade zwischen den konventionellen Varianten lassen auf einen Einfluss der Düngung und des Pflanzenschutzes schließen.

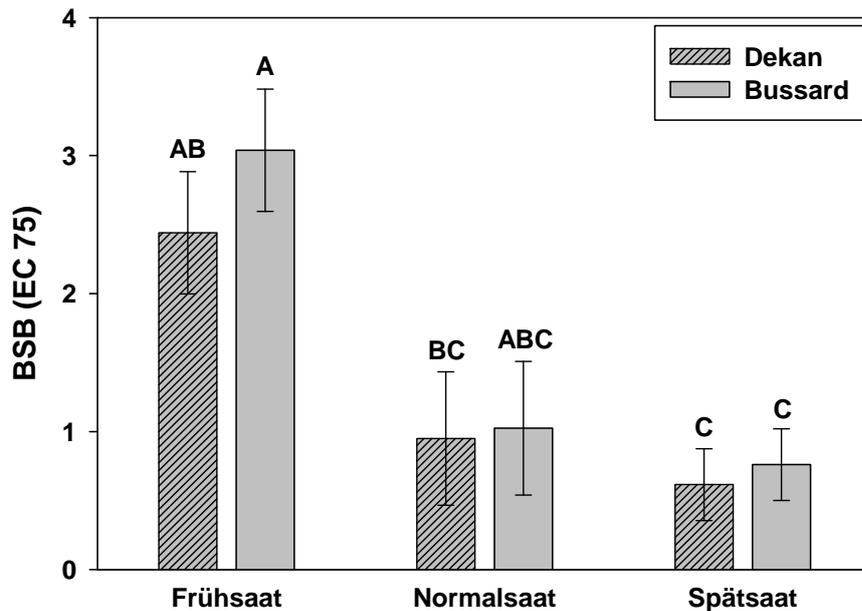


Abb. 22: Gemittelter Endbefall über die ökologischen und konventionellen Varianten durch *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* im Stadium EC 75 in Abhängigkeit von der Saatzeitklasse: Frühsaat: bis 20.September, Normalsaat: 21.Sept.- 7.Okt., Spätsaat: ab 8.Okt. in der unbehandelten Kontrolle 1

3.3.2 *Septoria tritici*

Septoria tritici, der Erreger der *Septoria*-Blattdürre ist unter den maritimen Klimaeinflüssen Schleswig-Holsteins die wichtigste Krankheit im Winterweizenanbau. Entsprechende erregerspezifische Fungizidmaßnahmen finden ausschließlich im konventionellen Anbausystem Anwendung (Tab. 18, Abschnitt 3.1.5.1)

3.3.2.1 *Septoria tritici* - Befall in 2004

Die im Versuchsjahr 2004 ermittelten Ergebnisse dienten als Mittel zur Sondierung der allgemeinen Tendenzen des Krankheitsbefalls. Die statistische Auswertung war durch die verminderte Variantenanzahl und das nicht einheitliche Sortenspektrum auf den ökologischen Betrieben eingeschränkt.

Zur ersten Bonitur war auf den unteren Blattetagen F-6 bis F-4 ein bedeutender Ausgangsbefall feststellbar. Die konventionellen Varianten wiesen summiert auf diesen drei Blattetagen bis zu 606 Pyknidien (Standort: HE) auf (SUM BSB). Die ökologischen Varianten bzw. Sorten zeichneten sich an allen Standorten durch eine geringere Befallsstärke (SUM BSB) bis max. 581 Pyknidien aus (Abb. 23). Eine Differenzierung zwischen der konventionellen Kontroll- und Praxisvariante war aufgrund der zu diesem frühen Zeitpunkt

noch nicht durchgeführten Fungizidapplikationen und einhergehend ungestörten Befallsentwicklung nicht gegeben.

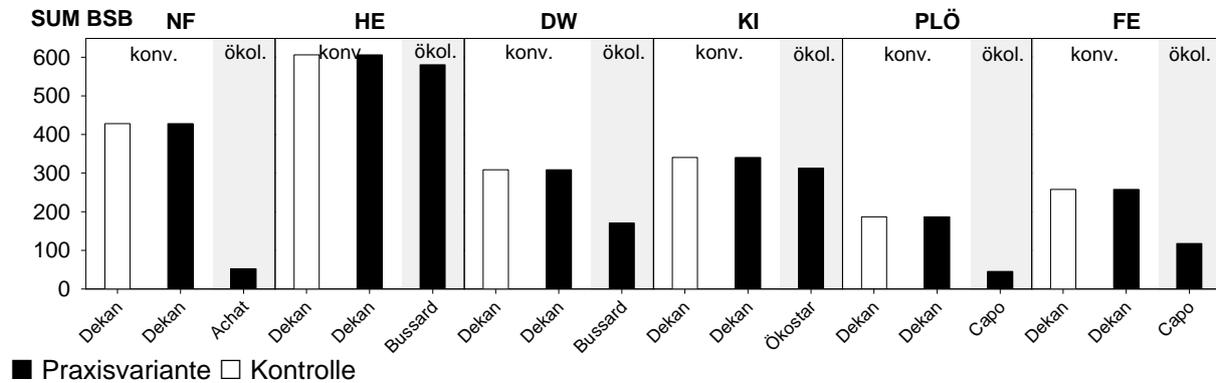


Abb. 23: Ausgangsbefall mit *Septoria tritici* im unteren Blattapparat (Blattetagen F-4 bis F-6), EC 31, 2004

Durch die überregional vorherrschenden Witterungsverhältnisse und der damit verbundenen *Septoria*-Ausbreitung im unbehandelten Bestand über die Vegetationsperiode 2004 kam es, beispielhaft dargestellt am Standort PLÖ (Abb. 24), zu insgesamt vier relevanten Infektionsereignissen (Niederschlagsereignisse >3 mm mit folgender Blattnässebenetzung >98 % für >48 Stunden am I: 6.-8.5.04; II: 12.-14.5.04; III: 20.-28.6.04; IV: 2.-4.7.04), die eine Ausbreitung von *Septoria tritici* auf den oberen ertragsessenziellen Blattetagen F-2 bis F im Rahmen der vierwöchigen Latenzzeit zur Folge hatten. Die Temperaturen variierten in einem für diese Jahreszeit in Schleswig-Holstein normalen Bereich von 8 bis 11 °C. Die ersten stärkeren Niederschläge der Boniturperiode ereigneten sich ab dem 3. Mai. Andauernd bis zum 15. Mai fielen Niederschlagssummen von 20,1 mm, die in Verbindung mit Temperaturen um die 11 °C zwei günstige Infektionsvoraussetzungen für *Septoria tritici* am 6. und 7. Mai sowie vom 11. bis zum 13. Mai nach sich zogen. In den folgenden Wochen traten vereinzelt höhere Niederschläge von 7,7 mm (23. Mai) und 18,5 mm (9. Juni) auf, die aber, bezogen auf die weitere Befallsprogression, ohne Folgen blieben. Ausgehend von kühlen Temperaturen um 8,2 °C am 22. Mai, stiegen die Temperaturen kontinuierlich auf vorsommerliche 16,9 °C am 8. Juni an. Bis zum 20. Juni erfolgte allerdings ein Absinken der Temperaturen auf 9,4 °C, was gepaart mit neuerlichen starken Regenfällen und Niederschlagssummen bis zum 4. Juli von 79,1 mm für zwei weitere Infektionsereignisse sorgte. Zusätzliche Niederschläge bis zum Ende der Datenaufzeichnung blieben ohne Folgen. Nachfolgend werden die Konsequenzen der Infektionsereignisse auf den *Septoria tritici*-Befall dargelegt.

Der Ausgangsbefall der unbehandelten Kontrolle 2 war am Standort PLÖ mit einer GES BSB von 194,2 auf F-5 bis F-3 gering. Nach einem kurzzeitigen Anstieg der Pyknidien auf den einzelnen Blattinsertionen bis zum Entwicklungsstadium EC 37, stagnierte die Ausbreitung im weiteren Vegetationsverlauf (F-4 106,6, vorher 105,3; F-3 15,1, vorher 9,7; F-2 6,5, vorher 3,3). Weil das fünftoberste Blatt (F-4) zu diesem Zeitpunkt abgestorben war, sank der Befallswert von 307,2 GES BSB auf 128,3 GES BSB ab (Abb. 24).

Das viermalige Überschreiten die Mindestvoraussetzungen für eine *Septoria*-Infektion blieb nicht ohne Folgen. Nach einer Latenzzeit von 28 Tagen führte das erste Infektionsereignis zu einem Populationsaufbau von *Septoria tritici* ab EC 59. Die Befallsstärke erhöhte sich von 128,3 Pyknidien / Pflanze (GES BSB, EC 41) (6. Mai) auf 467,7 Pyknidien / Pflanze (GES BSB, EC 59) am 06. Juni. Die Progression der Fruchtkörperzahlen auf den unterschiedlichen Blattetagen erhöhte sich deutlich (F-4: 106,6 auf 312,0; F-3: 15,1 auf 82,7; F-2: 6,5 auf 14,2; F-1: 0,1 auf 57). Das Fahnenblatt erreichte zu diesem Termin eine Befallshäufigkeit von 16,7 %.

Im weiteren Vegetationsverlauf stieg die Befallsstärke „explosionsartig“ auf 766,3 Pyknidien / Pflanze in EC 71 an und es lag ein Befallsstärkegrad (SUM BSB) von 1433 Pyknidien vor. Zu diesem Boniturtermin waren die obersten vier Blattetagen jeweils mit einer Befallshäufigkeit von 100 % BHB befallen; die Anzahl der Pyknidien auf dem Fahnenblatt betrug 406,3.

Durch die applizierten Fungizide (Tab. 18, Kap. 3.1.5.1) konnte in der konventionellen Wirtschaftsweise bis auf eine Ausnahme die Pyknidienanzahl auf dem Blattapparat deutlich reduziert bzw. die Etablierung des Erregers verringert werden.

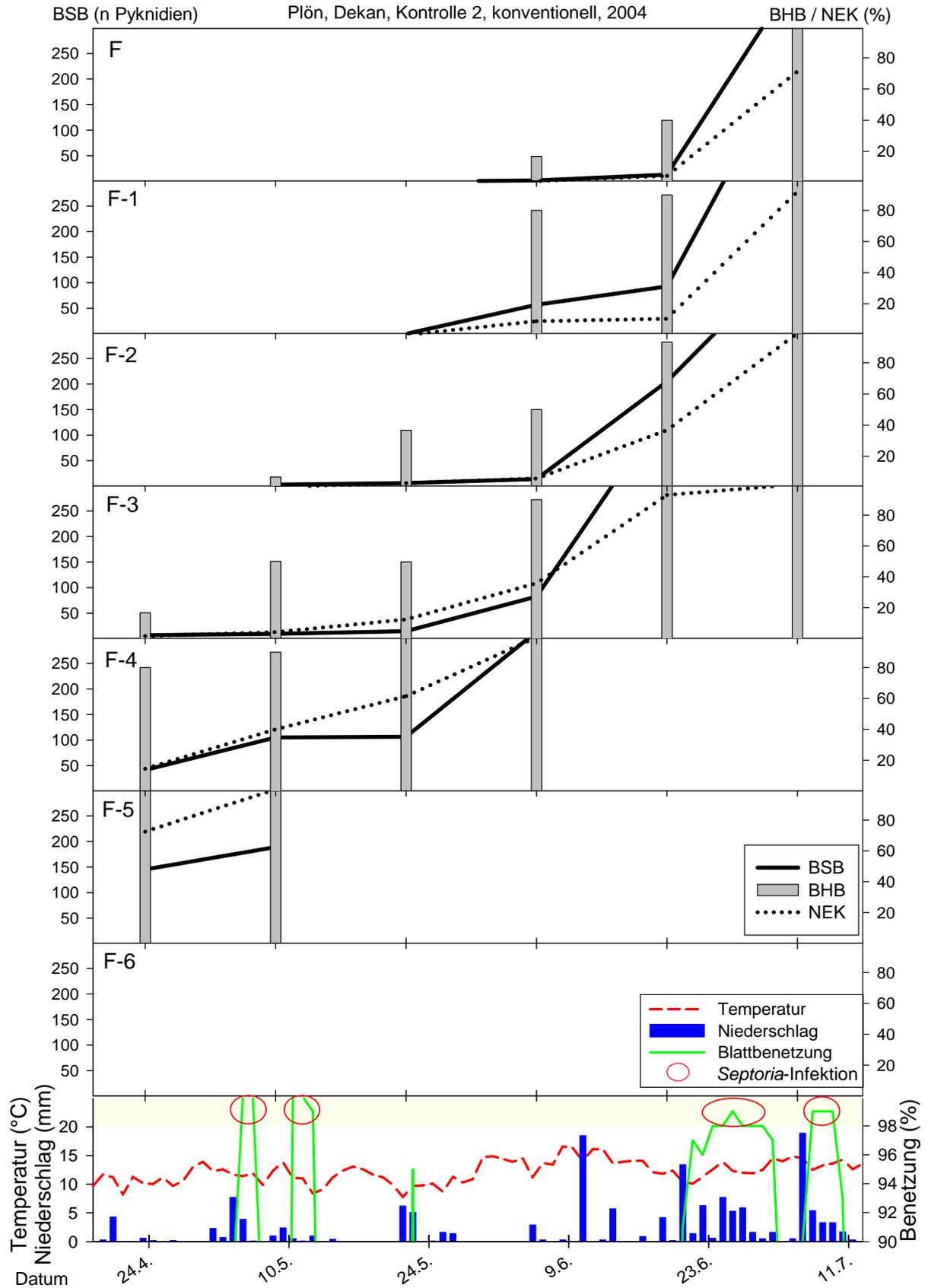


Abb. 24: Befallsverlauf von *Septoria tritici* in der konventionellen, fungizidunbehandelten Kontrolle 2 (mit Düngung) am Standort Plön 2004 in der Sorte Dekan

In EC 75 (12.7.04) wiesen die Kontrollvarianten der konventionellen Wirtschaftsweise vergleichend zur Praxisvariante bis zu vierfach erhöhte Fruchtkörperzahlen auf. Im Mittel konnte durch die Fungizidmaßnahmen eine Befallsreduktion von 1310 Pyknidien (SUM BSB) auf 711 Pyknidien (SUM BSB) bzw. von 54,3 % realisiert werden. Die ökologische Varianten wiesen im Mittel 516 SUM BSB auf, was darauf hindeutet, dass in extensiv bewirtschafteten Beständen das *Septoria tritici*-Inokulumpotential vergleichend zu intensiv und mit hoher mineralischer N-Düngung versorgten Beständen deutlich verringert ist (Abb. 25).

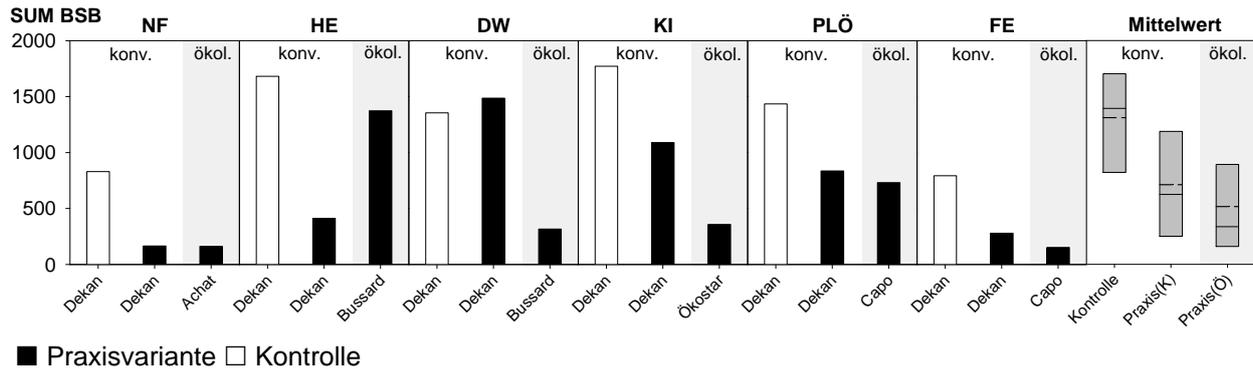


Abb. 25: Endbefall mit *Septoria tritici* im oberen Blattapparat (Blattetagen F-2 bis F) zu EC 31 2004

3.3.2.2 *Septoria tritici* - Befall in 2005-2006

3.3.2.2.1 Herbstbefall

In den Versuchsjahren 2004/05 und 2005/06 wurde der Erreger bereits im Herbst nach der Aussaat nachgewiesen. *Septoria tritici* trat insbesondere auf den konventionellen Betrieben schon wenige Wochen nach der Aussaat auf (Abb. 26). Die vergleichende Darstellung der *Septoria tritici*-Befallsgrade verdeutlicht erhebliche Unterschiede in der Gesamtbefallsstärke (GES BSB) zwischen der ökologischen und konventionellen Wirtschaftsweise.

In früh gesäten konventionellen Beständen war schon vor dem Winter ein bedeutender Ausgangsbefall nachzuweisen. Die um drei Wochen verzögerte Aussaat (siehe Tab. 15, Kap. 3.1.2) der ökologischen Varianten hatte zur Folge, dass sich der Erreger nur vereinzelt auf den jungen auflaufenden Pflanzen vor dem Winter etablieren konnte. Die in konventionellen Betrieben kräftiger entwickelten Bestände, die zur Bonitur im November das Entwicklungsstadium EC 24 erreicht hatten, wiesen deutlich erhöhte Pyknidienzahlen auf.

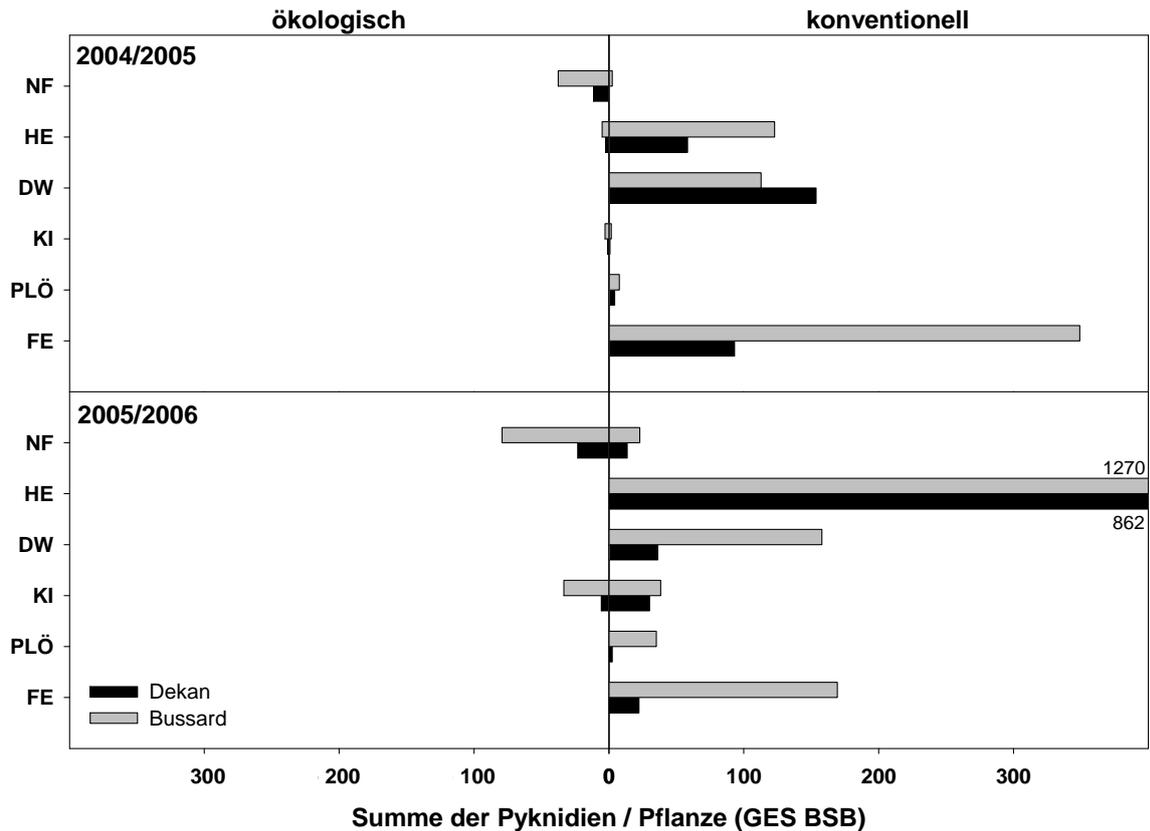


Abb. 26: Summe der Gesamtbefallsstärke von *Septoria tritici* im Herbst (November) der Versuchsjahre 2004/05 (Aussaat 2004) und 2005/06 (Aussaat 2005) in der ökologischen (links) und konventionellen (rechts) Kontrolle

Im Herbst des Versuchsjahres 2004/2005 (Herbst 2004) lag das Maximum an Fruchtkörpern bei 350 Pyknidien/Pflanze (FE: Bussard), in 2005/2006 (Herbst 2005) bei 1270 Pyknidien/Pflanze (HE: Bussard). Die hoch anfällige Sorte Bussard wies signifikant höhere Befallswerte vergleichend zur Sorte Dekan (maximal 852 Fruchtkörper) bei gleicher Saatzeit auf. Eine überdurchschnittlich warme Witterung im Herbst 2005 bot ideale Voraussetzungen für die Entwicklung von *S. tritici* auf den früh gesäten konventionellen Weizenbeständen. Vergleichend hierzu lag in den ökologischen Varianten ein maximaler Befall von 80 Fruchtkörpern pro Pflanze vor; die meisten ökologischen Bestände waren vor dem Winter nahezu befallsfrei (Abb. 26, links). Die konventionellen Betriebe in Heide, Fehmarn und Dänischer Wohld wiesen die höchsten Befallsstärkegarde in 2004/2005 und 2005/2006 auf; Nordfriesland und Kiel die höchsten Befallsstärken im ökologischen Anbau mit deutlicher Abstufung zu den konventionellen Betrieben. Über die Jahre war die Saatzeit der genannten konventionellen und ökologischen Bestände gleichlaufend ohne Unterschiede im September terminiert. In den restlichen Betrieben ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise fand über die Jahre die Aussaat erst im Oktober statt (Tab. 15). Unter Vernachlässigung der Anbauintensität (ökologisch bzw. konventionell) nahm der Aussaatzeitpunkt aufgrund der

variablen zeitlichen Exponierung von Pflanzenorganen und früherer Infektionsmöglichkeit einen signifikanten ($p < 0,05$) Einfluss auf die Etablierung des Erregers *Septoria tritici* im Herbst (Tab. 25). Bei annähernd gleicher Saatzeit (vgl. Tab. 15) waren die Befallsstärken im ökologischen als auch im konventionellen Anbau in ähnlicher Weise geprägt. Dies zeigte sich insbesondere an den Standorten Kiel und Nordfriesland (Abb. 24). Bei späterer Saatzeit ab Oktober war nur ein geringer bis kein *Septoria*-Befall feststellbar. Eine Ausnahme bildet hierbei der Standort Plön. Trotz sehr früher Aussaat im Herbst 2005 (09.09.2005) lag die Befallsstärke mit maximal 35 Pyknidien (Bussard) auf geringem Niveau.

Tab. 25: Varianzanalyse für die SUM BSB der Herbstbonitur

Effect	Num DF	Den DF	F-Value	PR>F
Standort	5	6	0,87	0,5506
Aussaatzeitpunkt	2	18	3,69	0,0454
Aussaatzeitpunkt*Sorte	2	18	0,27	0,7629
Sorte	1	18	0,68	0,4220
Standort*Sorte	5	18	0,1	0,9907

3.3.2.2 Frühjahrsbefall

Die hohen Befallsstärken der konventionellen Varianten im Herbst (Abb. 26) hatten ein erhöhtes Ausgangsinokulum auf den unteren Blattetagen F-6 bis F-4 zu Vegetationsbeginn (EC 31) im Frühjahr zur Folge (Abb. 27). Neben der Sorte hatte der Aussaatzeitpunkt bei der ersten Bonitur (Mitte April) einen hochsignifikanten Einfluss auf die Befallswerte (SUM BSB) des Blattapparats F-6 bis F-4. Ein Einfluss des Bewirtschaftungssystems (öko/konv) war zu diesem Termin nicht abzuschließen (Tab. 26).

Tab. 26: Varianzanalyse für die SUM BSB zum ersten Boniturtermin auf dem Blattapparat F-6 bis F-4

Effect	Num DF	Den DF	F-Value	Pr>F
Aussaatzeitpunkt	1	32	15,09	0,0005
Standort	5	5	0,89	0,5507
öko/konv	1	10	1,08	0,3241
Variante	1	32	1,35	0,2536
öko/konv*Variante	1	32	1,17	0,2869
Sorte	1	22	44,63	<0,0001
öko/konv*Sorte	1	22	4,21	0,0524
Variante*Sorte	1	32	0,71	0,4046
öko/konv*Variante*Sorte	1	32	1,07	0,3078

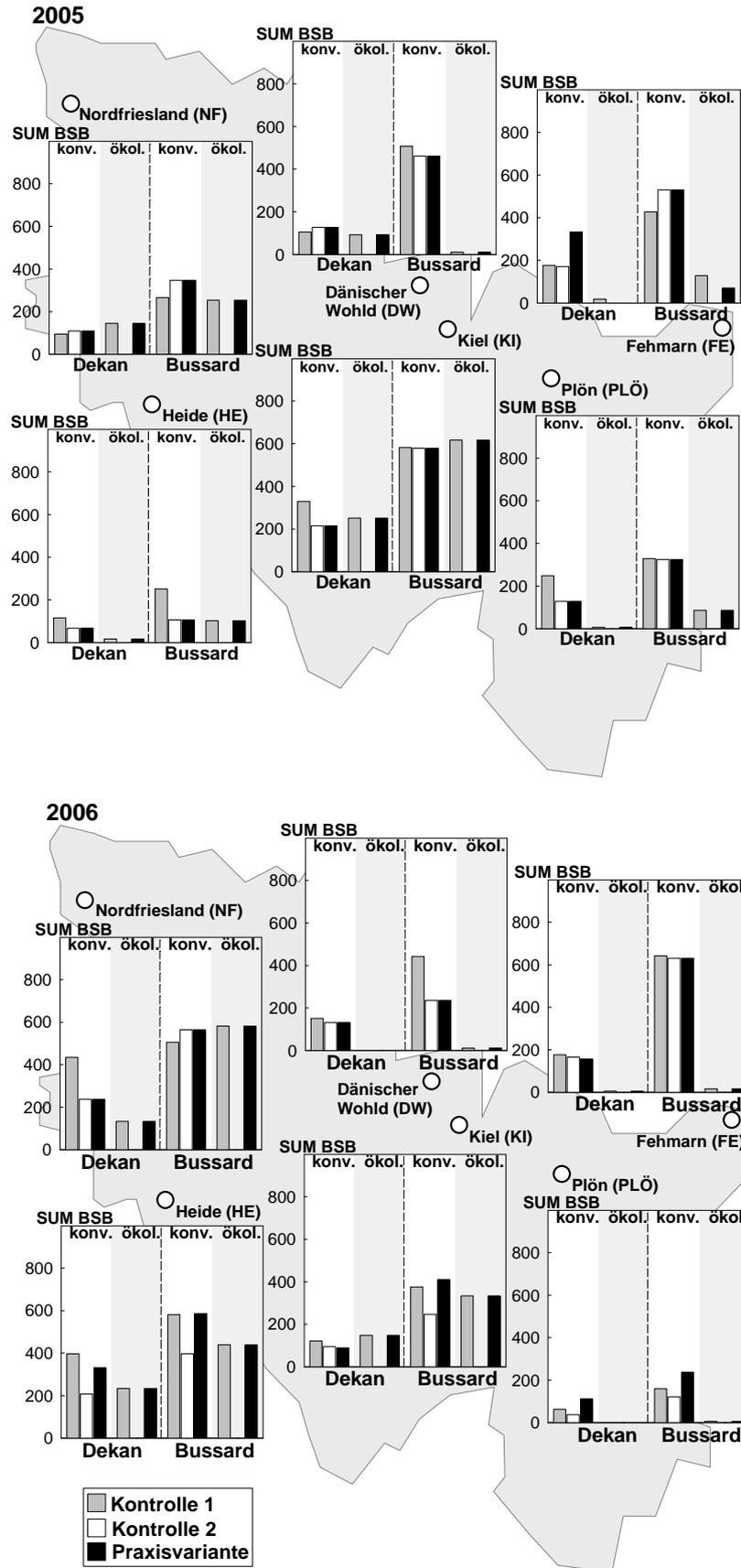


Abb. 27: Ausgangsbefall von *Septoria tritici* auf dem unteren Blattapparat (Blattetagen F-4 bis F-6) zu Vegetationsbeginn in EC 31; 2005, 2006 (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM/mech. Unkrautbekämpfung; Kontrolle 2 = mit Düngung, ohne Fungizide; Praxis = Düngung / Pflanzenschutz betriebsüblich)

Die ökologischen Bestände wiesen tendenziell an den Standorten HE, DW, PLÖ und FE ein niedrigeres Befallsniveau gegenüber den konventionellen Beständen auf. Ausnahmen bildeten in den Versuchsjahren 2005 und 2006 die Standorte KI und NF. Analog zum Herbstbefall dokumentierten sich in den Kontrollvarianten beider Anbausysteme auf diesen Standorten annähernd gleiche Befallsstärken bzw. höhere Befallsstärken bei der ökologischen Kontrollvariante der Sorte Dekan (NF, 2005; KI, 2006) und der Sorte Bussard (NF, 2006; KI, 2005) gegenüber der fungizidunbehandelten Kontrolle 1 (K) auf (Abb. 27). Im Frühjahr 2006 war der Ausgangsbefall mit einem geringfügig höheren Niveau auf den Blattetagen F-6 bis F-4 nachzuweisen. Die Befallswerte der konventionellen Praxisvarianten wiesen noch keine Differenzierung zur unbehandelten Kontrollvariante auf, da entsprechende Fungizidmaßnahmen zu diesem frühen Zeitpunkt noch nicht durchgeführt worden waren (Abb. 27).

3.3.2.2.3 Befallsverlauf über die Vegetation

Durchgehend vom ersten Boniturtermin Mitte April bis zur Endbonitur Anfang Juli ist der Saateinfluss abgesichert (Tab. 26, 27). Der Befall der einzelnen Blattetagen verlief in ökologischen und konventionellen Weizenbeständen bei gleicher Saatzeit annähernd parallel. In Abbildung 28 ist beispielhaft dieser Verlauf am Standort Nordfriesland (NF) im Versuchsjahr 2005 (Saatzeit: konventionell: 11.10.2004, ökologisch: 09.10.2004) dokumentiert. Anhand der Witterung kann die Entwicklung des Blattbefalls nachvollzogen werden. Zu Vegetationsbeginn war das Kriterium für eine *Septoria*-Infektion, Niederschlagsereignis mit 18 mm Niederschlag und einer nachfolgenden Blattnässe von 100 % über mindestens 48 Stunden, erfüllt. Der Erreger *Septoria tritici* war mit Beginn der Probenahme im Stadium EC 30/31 in hohem Maße auf den unteren Blattetagen (F-6, F-5) mit einer Befallshäufigkeit (BHB) von bis zu 100 % (K) bzw. 90 % (Ö) nachzuweisen. Die Blatttage F-4 zeigte keinen Befall (BSB) zu diesem Termin, jedoch zur zweiten Bonitur (EC 32) bereits einen erhöhten Befall in beiden Betriebsarten. Durch die für den Erreger optimalen Niederschlagsverhältnisse im Mai wurde das horizontale und vertikale Populationswachstum des Erregers auf den Blattetagen F-6 bis F-2 in beiden Betriebstypen gleichermaßen gefördert. Die zum Infektionszeitpunkt in der ersten Maiwoche vorhandenen Blattetagen F-3 und F-2 zeigten nach der Infektion (Ende April) in einem zeitlichen Abstand von vier bis fünf Wochen einen stärkeren und sprunghaften Anstieg („sudden outbreak“) der Befallswerte (Pyknidienzahlen, BSB). Der Anstieg der Pyknidienzahlen auf F-4 ist auf die frühe Infektion zu EC 31 (23.-24.4.2005) zurückzuführen. Die Befallshöhe zum letzten Boniturtermin wies auf den oberen zwei Blattetagen (F-1, F) nur geringe Unterschiede zwischen beiden

Betriebstypen auf. Obwohl ab Mitte Juni diverse Niederschlagsereignisse gegeben waren, wirkten sich diese aufgrund abgesunkener Temperaturwerte (Anfang Juni) bis EC 75 nicht mehr auf eine stärkere Erregerentwicklung auf dem zweitobersten (F-1) und obersten Fahnenblatt (F) aus.

Bei unterschiedlicher Saatzeit, beispielhaft am Standort Fehmarn dargestellt (Abb. 29), bewegte sich der Befallsverlauf in der Sorte Bussard der konventionellen Fröhsaatvariante auf den Blattetagen F-6 bis F-5 von Anfang an auf hohem Niveau und erreichte zur letzten Bonitur erheblich höhere Befallsstärken auf dem Fahnenblatt und F-1 als die vergleichbare ökologische Befallsvariante. Auch das Blatt F-4 wies in der konventionellen Wirtschaftsweise zum ersten Boniturtermin einen hohen Befallsgrad vergleichend zur ökologischen Variante auf. Die Blattinsertionen F-6 und F-5 wiesen in der ökologischen Anbauvariante ebenfalls einen nur geringen Befall auf, der zudem in einer erheblich geringeren Nekrotisierung des Blattapparates repräsentiert ist (NEK (Ö): F-6 = 20 %, F-5 = 0 %, F-4 = 0 %; NEK (K): F-6 = 100 %, F-5 = 80 %, F-4 = 10%). Das geringe Populationswachstum im mittleren Blattbereich (F-4, F-3) wurde durch die ab Mitte Mai einsetzenden und bis Ende Mai anhaltenden Niederschlagsereignisse induziert. Bis EC 75 erfolgte eine sukzessive Besiedelung jeweils höher inserierter Blattetagen auf niederem Niveau, zurückzuführen auf ein gering ausgebildetes Pyknidiepotenzial im mittleren Blattbereich.

Ausgehend von einem erheblich höheren Ausgangspotenzial auf den unteren Blattetagen, stellte sich in der konventionellen Vergleichsvariante ein gegenteiliges Bild dar. Die Niederschlagsereignisse Ende April induzierten auf den Blattetagen F-4 und F-3 eine *Septoria*-Infektion, die zum nachfolgenden Infektionsereignis Mitte Mai als Symptome sichtbar wurden und den verstärkten Durchbruch der Epidemie auf den höher inserierten Blättern F-2 und F-1 zur Folge hatte. Die ab Ende Mai einsetzende Trockenperiode verhinderte eine stärkere Besiedelung des Fahnenblattes durch den Erreger.

Tab. 27: Varianzanalyse für die SUM BSB zum letzten Boniturtermin (EC 75-77) auf dem oberen Blattapparat F-2 bis F

Effect	Num DF	Den DF	F-Value	Pr>F
Aussaatzeitpunkt	1	41	5,29	0,0267
Standort	5	5	1,61	0,3070
öko/konv	1	10	5,12	0,0471
Variante	1	41	14,20	0,0005
öko/konv*Variante	1	41	15,20	0,0004
Sorte	1	23	30,96	<,0001
öko/konv*Sorte	1	23	0,16	0,6945
Variante*Sorte	1	41	3,36	0,0741
öko/konv*Variante*Sorte	1	41	6,61	0,0139

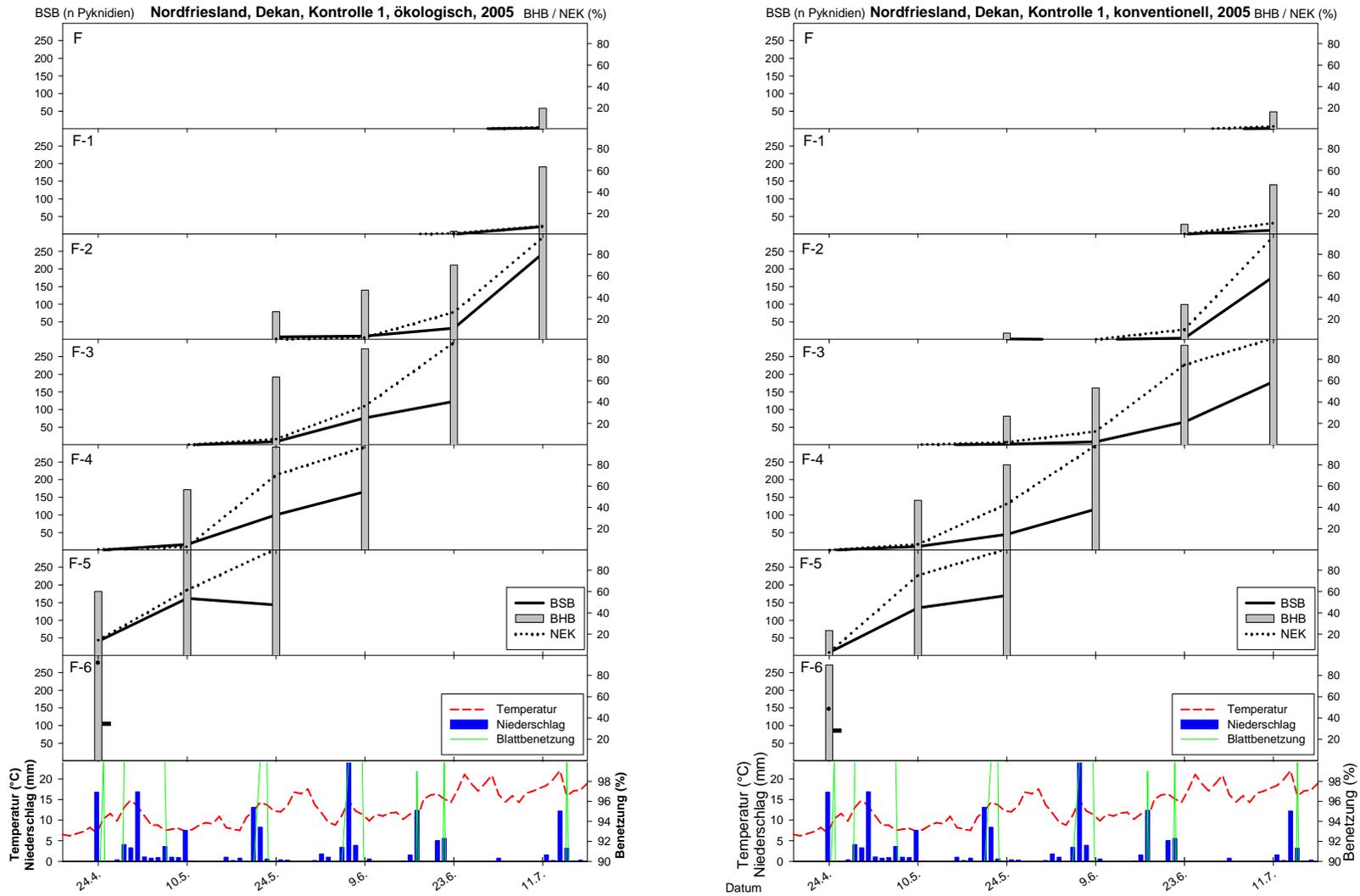


Abb. 28: Befallsverlauf von *Septoria tritici* in der konventionellen (rechts) und ökologischen (links) Kontrolle 1 am Standort Nordfriesland (NF) 2005 in der Sorte Dekan bei gleichen Saatzeiten (konv.: 11.10.2004; ökol.: 09.10.2004)

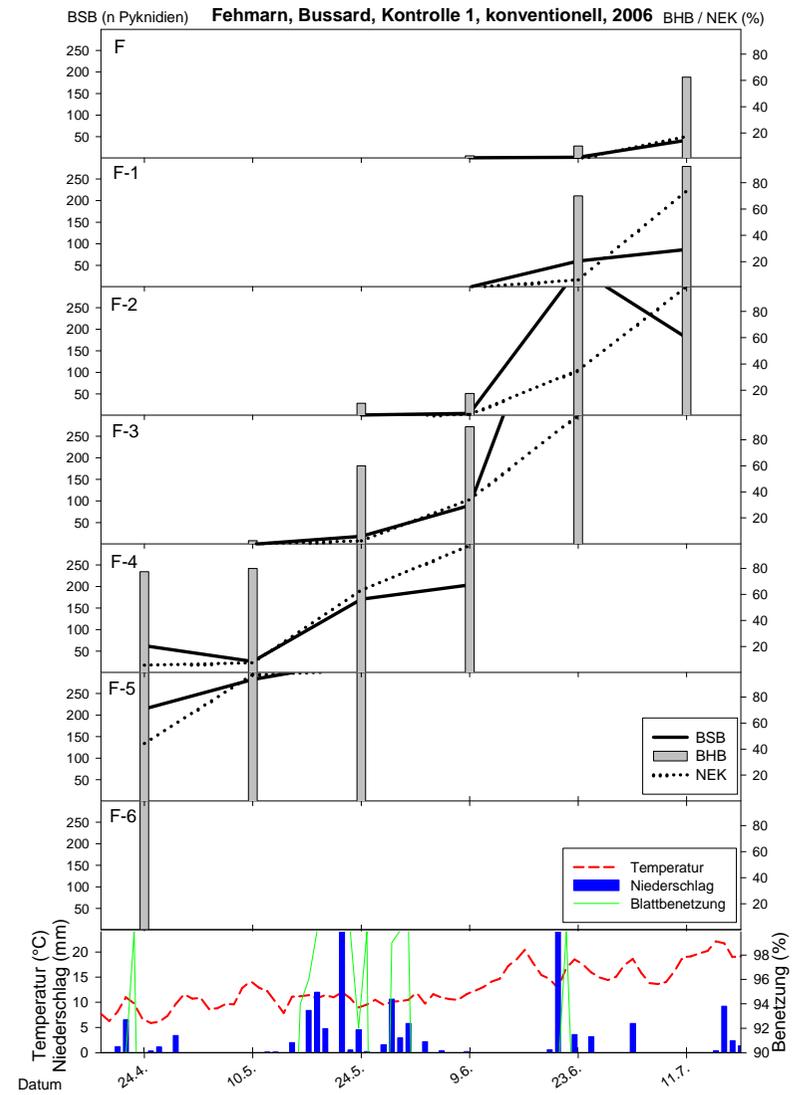
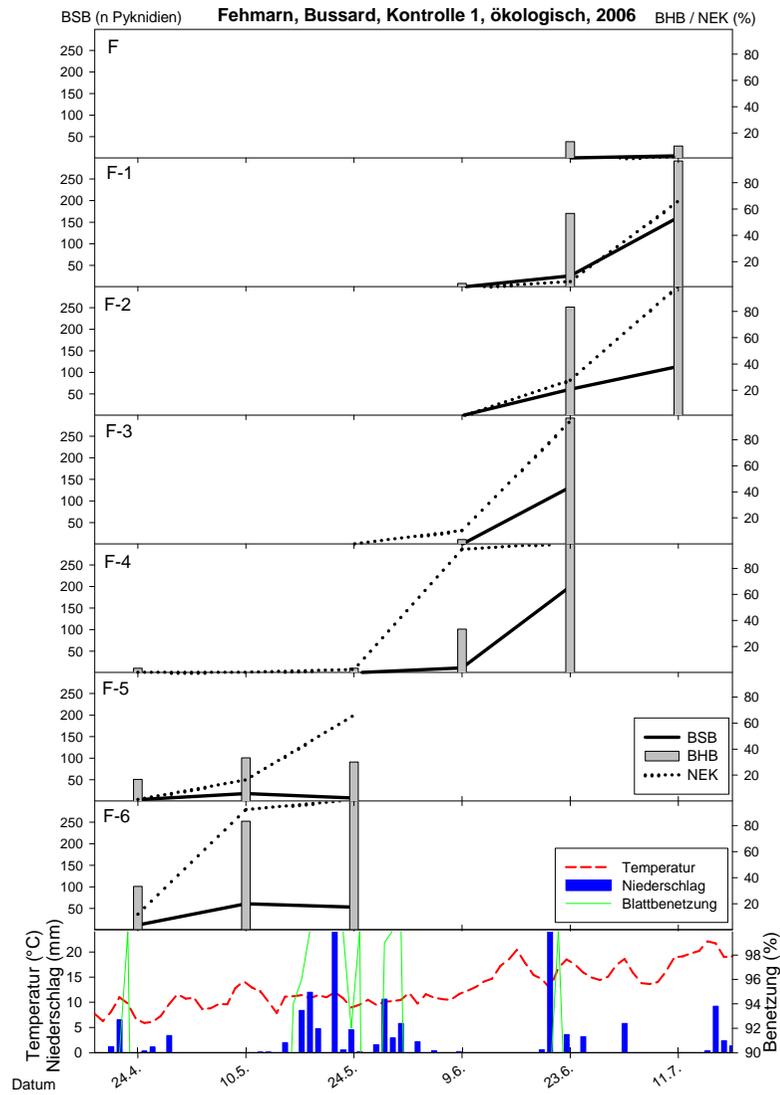


Abb. 29: Befallsverlauf von *Septoria tritici* in konventionellen (rechts) und ökologischen (links) Kontrolle 1 am Standort Fehmarn (FE) 2006 in der Sorte Bussard bei unterschiedlichen Saatzeiten (konv.: 13.09.2005; ökol.: 20.10.2005)

3.3.2.2.4 *Septoria tritici* Endbefall EC75

In Abbildung 30 sind die Befallswerte der ertragsessenziellen oberen Blattetagen (F-2 bis F = Fahnenblatt) im Stadium EC 75 (Endbefall) dargestellt. Durch den Einsatz von Fungiziden wird der Befallsanstieg in seiner Ausprägung signifikant kontrolliert; die oberen Blattorgane sind fast befallsfrei. An den Standorten Kiel und Nordfriesland ist allerdings in 2005 insbesondere in der Sorte Bussard in der konventionellen Praxisvariante ein erhöhter Blattbefall festzustellen. Es besteht die Möglichkeit, dass hier der Fungizideinsatz nicht optimal terminiert war oder dass aufgrund eines sehr hohen Befallsdruckes, ersichtlich aus den extrem hohen Pyknidienzahlen der Kontrollvarianten (konventionell wie ökologisch) die Fungizide in ihrer Wirkung nicht ausreichend waren. Allerdings sind an den genannten Standorten die Wirkungsgrade bei der Sorte Dekan mit der identischen Behandlung erheblich höher, sodass auf einen primären Sorteneinfluss durch die höhere Anfälligkeit der Sorte Bussard geschlossen werden kann. Untermuert wird dies durch Betrachtung der Befallsverläufe von Kontrolle 2 und der Praxisvariante (V3), beispielhaft am Standort Nordfriesland in der Sorte Bussard dargestellt (Abb. 31). Ausgehend von einem hohen Ausgangsinokulum auf F-6 und F-5 stiegen die Pyknidienwerte in der unbehandelten Kontrollvariante 2 bis zur letzten Bonitur (EC 79) auf dem Fahnenblatt (F) im Mittel auf 433 an (F-1 bis 845 Pyknidien).

Durch einen termingerechten Fungizideinsatz, ausgelöst durch Infektionsereignisse der Niederschlagsperiode Mitte Mai, konnte die Erregerausbreitung auf den höheren Blattetagen (F-2 bis F) in hohem Maße kontrolliert werden. Auf die im mittleren Blattbereich (F-4, F-3) etablierten Infektionen hatten diese Fungizidmaßnahmen keine ausreichende kurative Wirkung, sodass eine deutliche Erregerausbreitung die Folge war. Die erste Fungizidmaßnahme am 15.5.2005 (0,7 l/ha Opus Top) führte darüber hinaus zum Schutz vor dem nachfolgenden Infektionsereignis am 22.-24.5.2005, sodass durch die protektive Leistung von annähernd drei Wochen Befallsfreiheit der oberen Blattetagen (F-1, F) gegeben war. Ein erneuter Fungizideinsatz (0,4 l/ha Proline + 0,3 l/ha Impulse) war erforderlich, da die erste Fungizidapplikation annähernd vier Wochen zurücklag und ein ausreichender Schutz der Blattorgane nicht gegeben war. Hierdurch konnte vergleichend zur unbehandelten Kontrolle die Etablierung von *Septoria tritici* auf dem oberen Blattapparat ausgeschlossen werden, was durch niedere Befallswerte auf dem Fahnenblatt (F) von 10,5 Pyknidien und auf dem zweitobersten Blatt (F-1) von 166,5 Pyknidien dokumentiert wird.

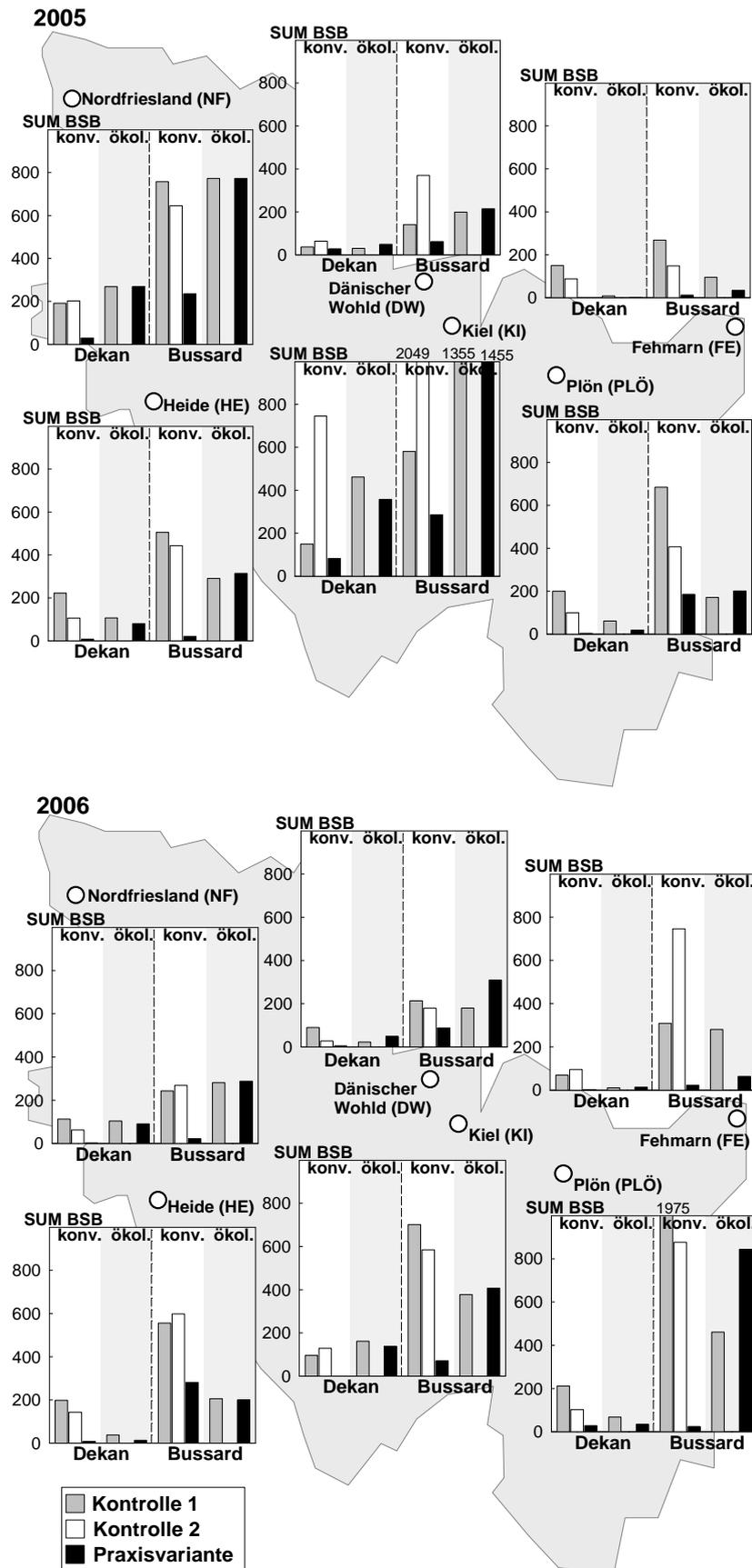


Abb. 30: Endbefall von *Septoria tritici* auf dem oberen Blattapparat (Blattetagen F-2 bis F) zu EC 75, 2005 (oben), 2006 (unten) (Kontrolle 1 = ohne Düngung, ohne PSM/mech. Unkrautbekämpfung; Kontrolle 2 = mit Düngung, ohne Fungizide; Praxis = Düngung / Pflanzenschutz betriebsüblich)

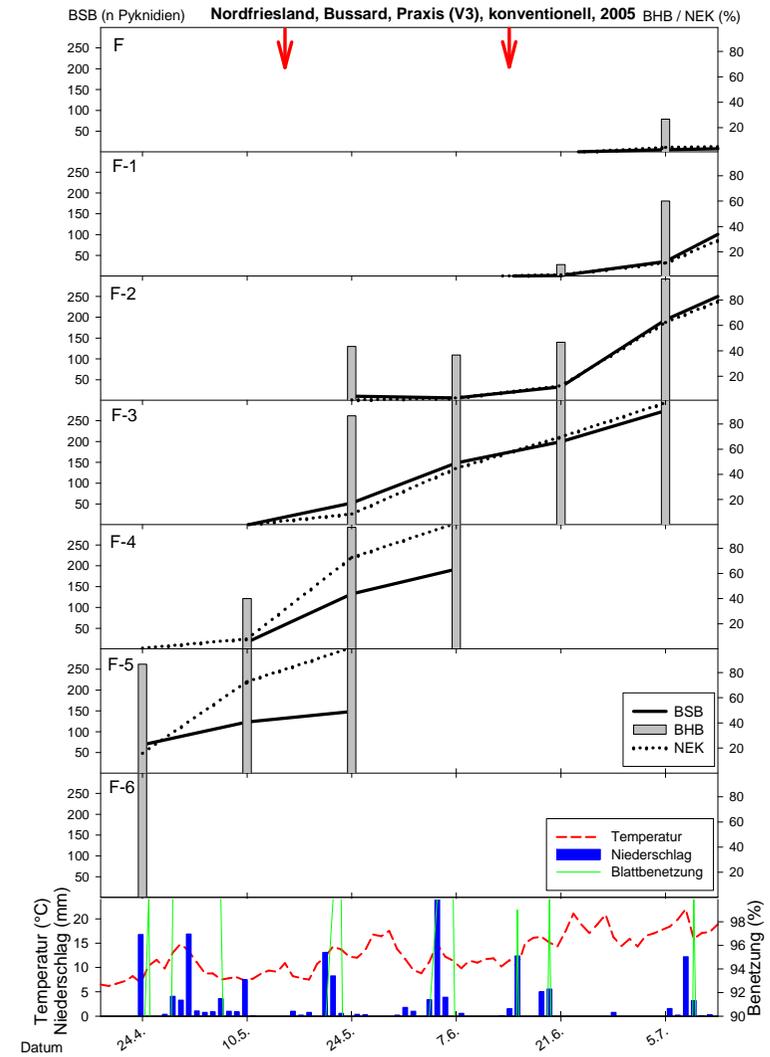
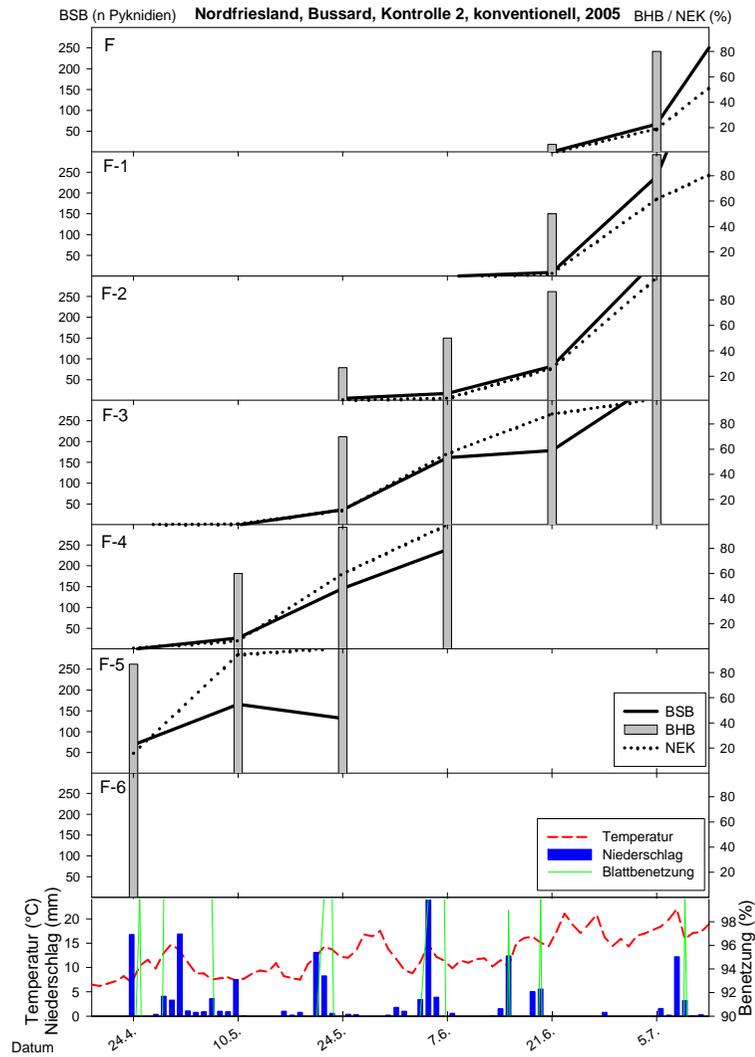


Abb. 31: Befallsverlauf von *Septoria tritici* in konventionellen Kontrolle 2 (links) und der Praxisvariante (↓ Fungizidapplikationen: 15.5.2005 - EC 32 - 0,7l/ha Opus Top; 17.6.2005 - EC 65 - 0,4 l/ha Proline + 0,3 l/ha Impulse), Standort Nordfriesland (NF) 2005, Sorte Bussard

Unterschiede ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise waren bei den fungizidunbehandelten Varianten (Kontrolle 1, Kontrolle 2) zur Endbonitur nicht absicherbar (EC 75) (Abb. 32; Tab. 28). Tendenziell wiesen jedoch die ökologischen Kontrollen einen geringeren Befall auf als die gleichlaufenden konventionellen Kontrollen. Ein Einfluss der mineralischen Düngung auf den Befall durch eine Erhöhung der Bestandesdichte war ebenfalls nur von tendenzieller Art und nicht absicherbar (Abb. 32).

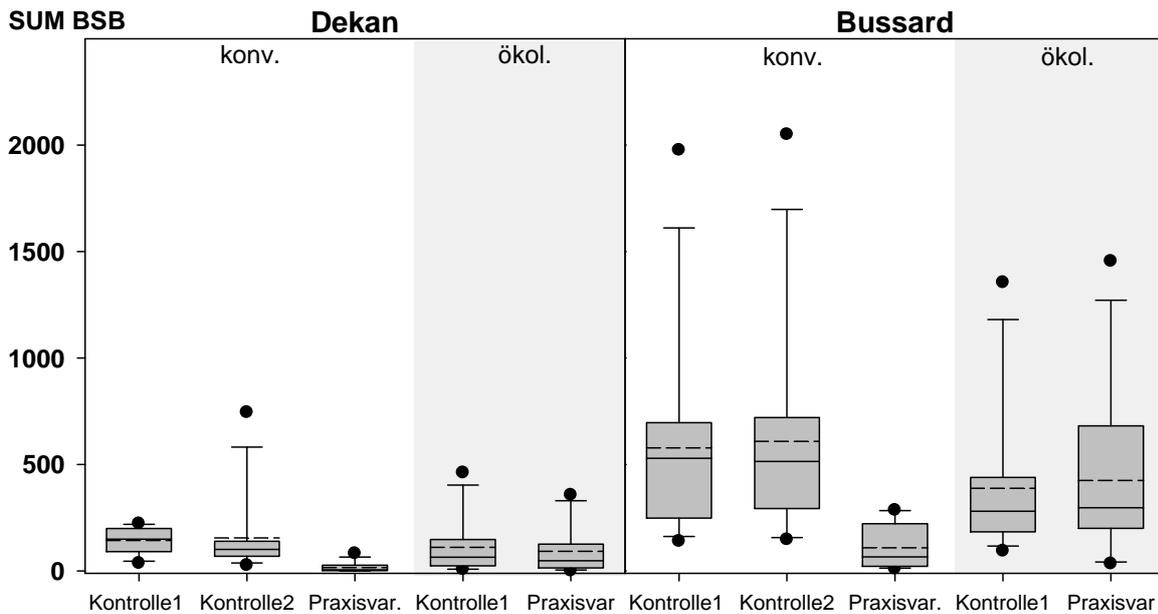


Abb. 32: Endbefall (SUM BSB) mit *Septoria tritici* auf dem oberen Blattapparat (Blattetagen F-2 bis F) zu EC 75, Mittelwert aller Standorte der Jahre 2005 und 2006

Tab. 28: Vergleich der mittleren Befallswerte (SUM BSB der Blattetagen F-6 bis F) der Anbauperioden 2005 und 2006 anhand eine ANOVA mit anschließendem Simulate-Test

Nr.	Typ	Variante	Sorte	SUM BSB	Standard fehler	Signifikanz niveau	Lower	Upper	Sign.
1	K	Kontrolle2	Bussard	609,59	84,9910	0,05	441,16	778,02	A
2	K	Kontrolle1	Bussard	577,90	84,9910	0,05	409,47	746,33	A
3	Ö	Praxisvar.	Bussard	425,25	84,9910	0,05	256,82	593,68	AB
4	Ö	Kontrolle1	Bussard	389,01	84,9910	0,05	220,58	557,44	ABC
5	K	Kontrolle2	Dekan	155,46	84,9910	0,05	-12,9739	323,89	BC
6	K	Kontrolle1	Dekan	143,99	84,9910	0,05	-24,4406	312,42	BC
7	Ö	Kontrolle1	Dekan	111,77	84,9910	0,05	-56,6656	280,20	BC
8	K	Praxisvar.	Bussard	109,15	84,9910	0,05	-59,2823	277,58	BC
9	Ö	Praxisvar.	Dekan	92,8083	84,9910	0,05	-75,6239	261,24	BC
10	K	Praxisvar.	Dekan	16,4667	84,9910	0,05	-151,97	184,90	C

Die über alle Standorte gemittelten Werte der Kontrollen wiesen innerhalb derselben Sorte keine signifikanten Unterschiede zwischen ökologisch und konventionell angebauten Weizen auf. Die Sorte Bussard hatte im Mittel vergleichend zur Sorte Dekan mit bis zu 609 Pyknidien auf dem oberen Blattapparat signifikant, vierfach erhöhte Befallswerte. Der Einsatz von Fungiziden reduzierte die Befallsstärke auf dem oberen Blattapparat signifikant um 82 % (Bussard) bzw. 89,5 % (Dekan). Ein Einfluss der Düngung und der mechanischen Unkrautbekämpfung in der ökologischen Wirtschaftsweise konnte nicht statistisch abgesichert werden und somit besteht zwischen der Praxisvariante und die Kontrolle 1 innerhalb einer Sorte im ökologischen Anbau kein Unterschied.

Mit steigendem *Septoria*-Befall ging eine erhöhte Nekrotisierung der Blätter einher. Zum letzten Boniturtermin wiesen die oberen drei Blattetagen eines frühen Saattermins signifikant höhere Nekrotisierungsgrade auf. Der Einsatz von Fungiziden reduzierte das Erregerpotenzial von *Septoria tritici*, wodurch ein Absterben von chlorophyllhaltigem Pflanzengewebe vermindert wurde und eine höhere assimilationsfähige Blattfläche auf oberen Blattetagen (F-2 bis F) resultierte. Die durch den Pilz hervorgerufene Nekrotisierung der oberen Blattetagen (EC 75) (Abb. 33) lag in den ökologischen und konventionellen Kontrollen bei 30 % bis 60 % und erreichte im Zusammenhang mit den hohen Befallswerten (bis 2500 Pyknidien) in einzelnen Varianten Nekrotisierungsgrade von bis zu 100 %. Die konventionellen Praxisvarianten hatten durch die Wirkung der eingesetzten Fungizide mit 8 % bis 22 % Nekrotisierungsgrad den gesündesten Blattapparat (Abb. 33). Zusätzlich sind neben den Grundvarianten des konventionellen Typs (Kontrolle 1, Kontrolle 2, Praxisvariante) zwei weitere Varianten (Kontrolle 1b, Kontrolle 2b) dargestellt, die ebenfalls fungizidunbehandelt, auf gleichem Nekrotisierungsniveau liegen wie die übrigen Kontrollvarianten. Diese Varianten wurden zur Ermittlung des Einflusses des jeweils vorhandenen Unkrautbesatzes auf die Nekrotisierung etabliert, der jedoch nicht bestätigt werden konnte.

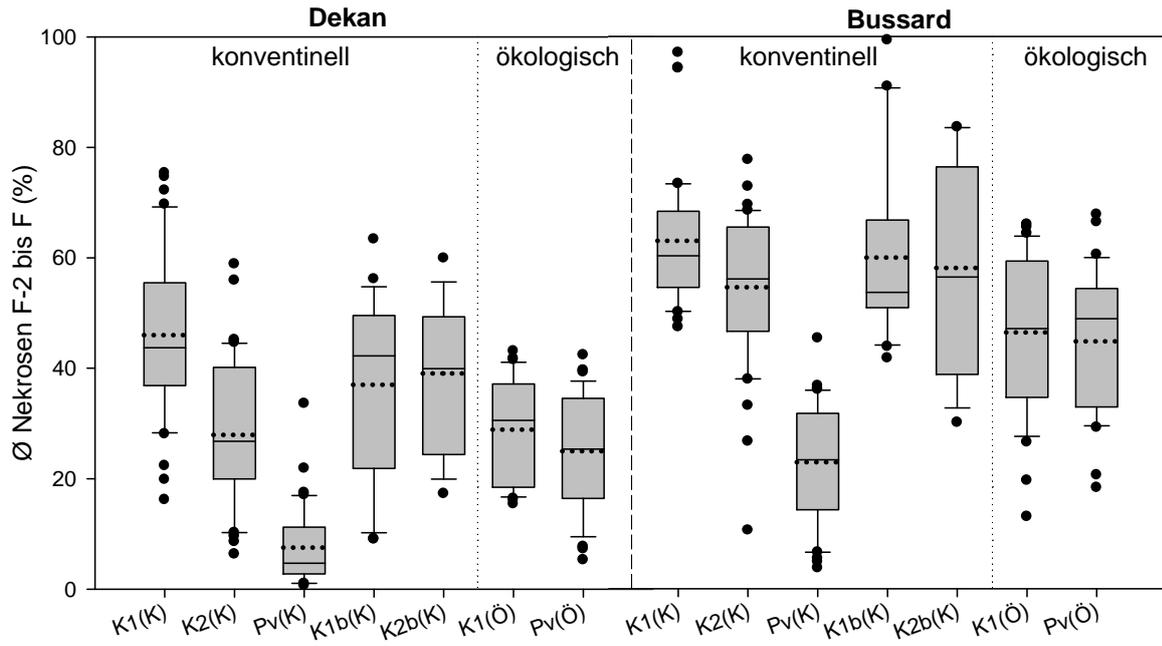


Abb. 33: Durchschnittliche Nekrotisierung des oberen Blattapparats des Weizens (F-2 bis F), EC 75, Durchschnitt der Betriebe und Versuchsjahre 2005 und 2006 (K1=Kontrolle 1, K2=Kontrolle 2, K1b= Kontrolle 1b, K2b=Kontrolle 2b, Pv=Praxisvariante, (Ö)= ökologisch, (K)=konventionell)

3.3.3 *Blumeria graminis* (Echter Mehltau)

3.3.3.1 Befall im Versuchsjahr 2004

Der Echte Mehltau differierte als Krankheit in der Befallsausprägung im Winterweizen kleinräumig. Der Befall mit *Blumeria graminis* stellte sich somit im Versuchsjahr 2004 regional sehr unterschiedlich dar. Die Westküstenstandorte NF und HE waren befallsfrei, während der Befall in Richtung Osten bzw. Binnenland deutlich zunahm. Der höchste Befall war mit 12,8 % SUM (GES BSB) am Standort Plön in der ökologischen Variante in der Sorte Capo zu verzeichnen (Abb. 34). Die konventionellen Varianten (Kontrolle, Praxisvariante) wiesen an allen Standorten, an denen Befall nachweisbar war, einen geringeren Befall als die ökologischen Praxisvarianten, wobei ein Unterschied zwischen Praxisvariante und fungizidunbehandelter Variante nicht absicherbar war.

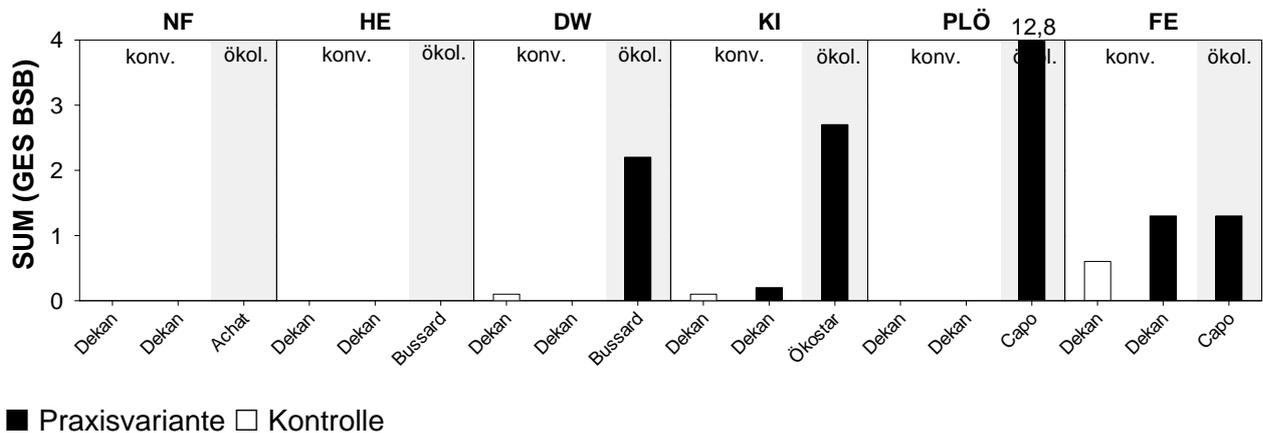


Abb. 34: Auftreten von *Blumeria graminis* (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten sowie praxisüblich behandelten Varianten 2004

3.3.3.2 Herbstbefall in den Versuchsjahren 2004/05 und 2005/06

Im Herbst 2004 (Versuchsjahr 2004/05) stellte sich der Befall mit *Blumeria graminis* regional wieder sehr unterschiedlich dar. Die Westküstenstandorte (NF, HE) blieben befallsfrei, während der Befall in Richtung Osten deutlich zunahm. Am Standort Fehmarn war der höchste Befall zu verzeichnen. Ein früher Saattermin (Mitte September) und die anhaltende warme Witterung förderten den Befall. Der in der Reihung zweithöchste Befall wurde am Standort Dänischer Wohld, ebenfalls in der konventionellen Kontrolle beider Sorten bonitiert. Die Standorte Plön und Kiel wiesen nur einen geringen Mehltaubefall auf (Abb. 35). Die Sorte Bussard wies mit max. 14,4 % GES BSB den höheren Befallsgrad auf.

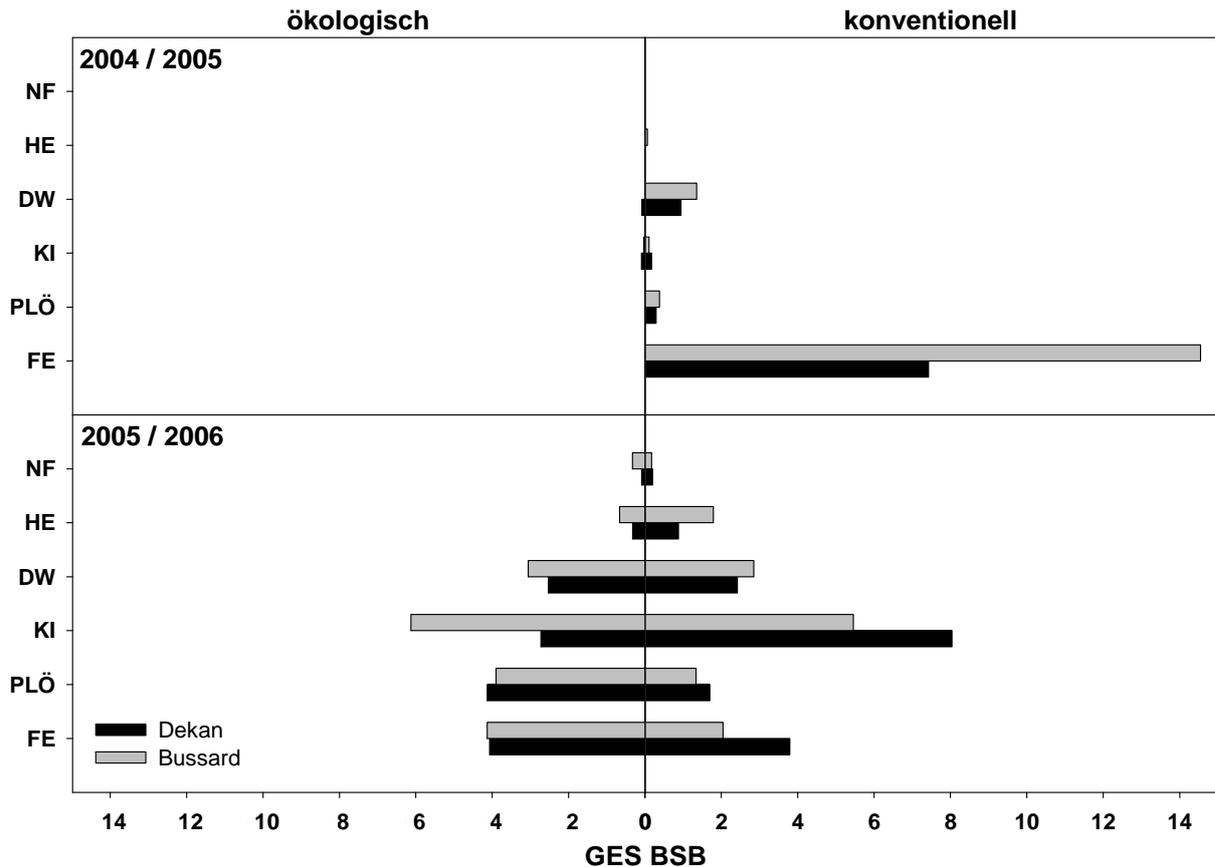


Abb. 35: Herbstbefall (Ges BSB) mit *Blumeria graminis* in der Kontrolle 1 auf dem gesamten Blattapparat der Pflanze (November) 2004

Im Herbst 2005 (Versuchsjahr 2005/06) entwickelte sich aufgrund der milden Witterung auf den jungen Pflanzen aller Standorte ein erheblich stärkerer Befall mit *B. graminis* als im vorangegangenen Versuchsjahr. Die Westküstenstandorte NF und HE wiesen dabei den geringsten Befall auf. Im Binnenland, insbesondere am Standort Kiel waren die höchsten Befallsstärken bonitierbar. Insbesondere ältere Blätter waren bis zu 40 % mit Pilzmyzel bedeckt, wogegen jeweils die jüngeren Blätter befallsfrei waren. Die unterschiedlichen Sorten übten dabei Einfluss auf das Epidemieverhalten von *Blumeria graminis* aus, welcher jedoch nicht immer eindeutig abzugrenzen war. Während aufgrund der Sorteneigenschaften ein durchgehend höherer Befall in der Sorte Bussard zu erwarten gewesen wäre, konnte im Herbst 2005 keine eindeutige Differenzierung diagnostiziert werden.

3.3.3.3 Auftreten von *Blumeria graminis* über die Vegetationsperioden

Über die Wintermonate reduzierte sich ab Februar 2005 der Befall von *Blumeria graminis* an den im Herbst stark mehltauinfizierten Standorten. Zur Erstbonitur waren mit Ausnahme von NF und HE an allen Standorten Ausgangsinokula festzustellen (Abb. 36). Höchste Befallswerte in den konventionellen Varianten wurden am Standort KI bonitiert.

Die über die Boniturtermine aufsummierten Gesamtbefallsstärken (SUM (GES BSB)) wiesen insbesondere am Standort FE und KI einen hohen Befall von max. 7,3 % in der konventionellen Kontrolle 2 der Sorte Bussard auf. Durch den Fungizideinsatz konnte der Befall an allen Standorten reduziert werden. Die Sorte Bussard wies aufgrund der Sorteneigenschaften einen signifikant höheren Befall als die Vergleichssorte Dekan auf. Vergleichend resultierten in den ökologischen Varianten Kontrolle 1 und Praxisvariante im Mittel höhere Befallsstärken. Zurückzuführen ist dies auf den geringeren Befall des pertotrophen Erregers *Septoria tritici* mit einhergehend verringertem Nekrotisierungsgrad des Blattapparates und der hierdurch verbesserten Ausbreitungsmöglichkeit des obligat biotrophen Erregers *Blumeria graminis*. Darüber hinaus trägt die unterlassene Stickstoffdüngung in der konventionellen Wirtschaftsweise zu diesen Effekten bei.

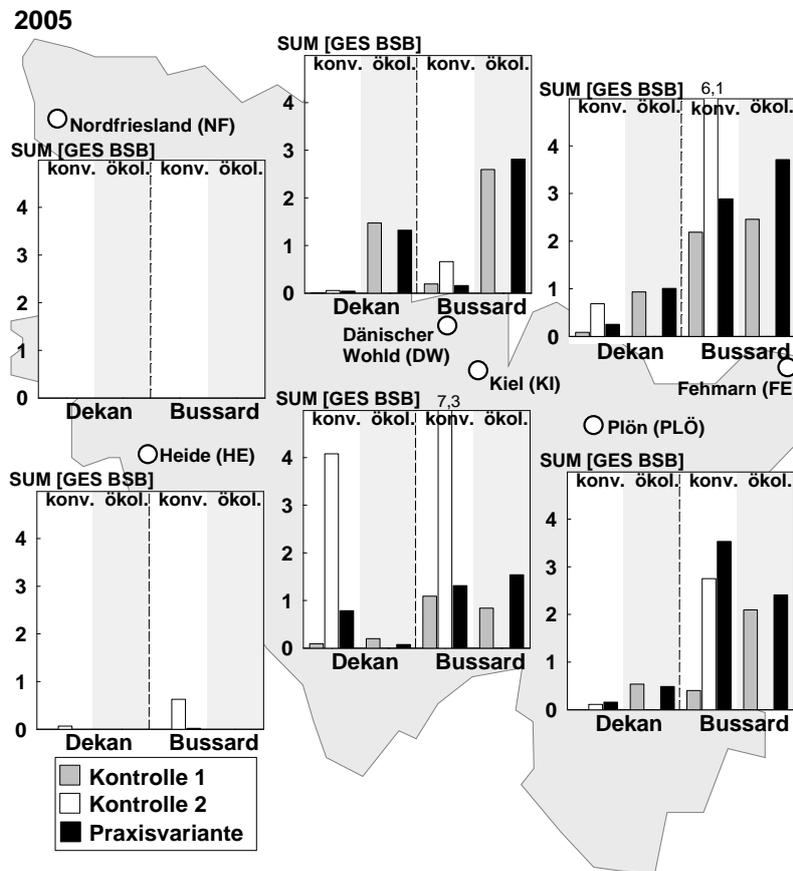


Abb. 36: Auftreten von *Blumeria graminis* (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten Kontrollen und praxisüblich behandelten Varianten 2005

Nachfolgend sind in Abbildung 37 beispielhaft die detaillierten Populationsverläufe der Varianten ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise am Standort FE im Jahr 2005 dargestellt.

Während in der mit 230 kg N/ha hoch gedüngten, fungizidunbehandelten Kontrolle 2 am Standort Fehmarn (K) von Boniturbeginn an ein Befall auf höchstem Niveau (90 % BHB, 0,6 % GES BSB) aufwies, war der Mehлтаubefall in der ungedüngten Kontrollvariante 1 mit 80 % BHB und 0,4 % GES BSB abgestuft nachweisbar. Im Vegetationsverlauf entwickelte sich eine starke Mehлтаuepidemie, die sich von frühesten Stadien, ausgehend vom unteren Blattapparat (F-4 = fünftoberstes Blatt; EC 30/31, 24.04.) bis zum Ende der Beprobung (EC 75/77, 05.07.) auf die oberen Blattetagen (F = Fahnenblatt) fortsetzte. Die Befallsstärke der Gesamtpflanze stieg in der Kontrolle 2 auf max. 1,5 % (EC 75/77) an und bewegte sich damit auf einem ca. zweifach erhöhten Niveau der Kontrolle 1 und der Praxisvariante. Die ökologischen Varianten waren zu Beginn des Beobachtungszeitraumes ähnlich hoch befallen wie die konventionellen Vergleichsvarianten (Kontrolle 1, Praxisvariante). Das geringfügig unterschiedliche Düngungsniveau der ökologischen Praxisvariante (vgl. Tab. 16 Kap. 3.1.3) reichte jedoch aus, um zum Ende der Bonituren eine deutlich Abgrenzung der Kontrolle 1 zur Praxisvariante (+ 30 kg N/ha) erkennen zu lassen, da die Befallshäufigkeit als auch die Befallsstärke in der ungedüngten Variante (Kontrolle 1) abfiel (Abb. 37).

Durch den Fungizideinsatz in der konventionellen Praxisvariante konnte die Ausbreitung des Erregers nicht vollständig unterbunden werden, vergleichend zur fungizidunbehandelten Kontrolle 2 lag jedoch eine um 50 % reduzierte Befallsstärke der Gesamtpflanze zur Endbonitur vor. Die Primärapplikation mittel Pronto Plus (vgl. Tab 18, Kap. 3.1.5) führte zu einer Einschränkung des Populationswachstums, erkennbar an den Befallshäufigkeitswerten der Gesamtpflanze (Abb. 37). Eine Zweitapplikation zu EC 39 am 24.05.2005 (Juwel Top + Fortress) hatte keine weitere Reduktion der Befallshäufigkeiten der Gesamtpflanze zu Folge, verhinderte jedoch einen weiteren Anstieg der Werte bis zur vierten Bonitur (06.06.2005). Der danach einsetzende Befallsanstieg lässt auf eine Wirkungsabnahme der mehлтаukontrollierenden Wirkstoffe Kresoxim-methyl, Fenpropimorph und Quinoxifen schließen. Die primär auf die Bekämpfung von Ährenfusariosen abzielende Fungizidapplikation zu EC 65 am 15.06.2005 resultierte nach einem starken Anstieg der Befallshäufigkeit der Gesamtpflanze in einer geringen Reduktion der Befallswerte.

Damit bestätigt sich im Wesentlichen die in Abbildung 36 dargestellte Abstufung der Befallsausbreitung in 2005 der Varianten vergleichend innerhalb eines Betriebstyps als auch zwischen den Betriebstypen wird.

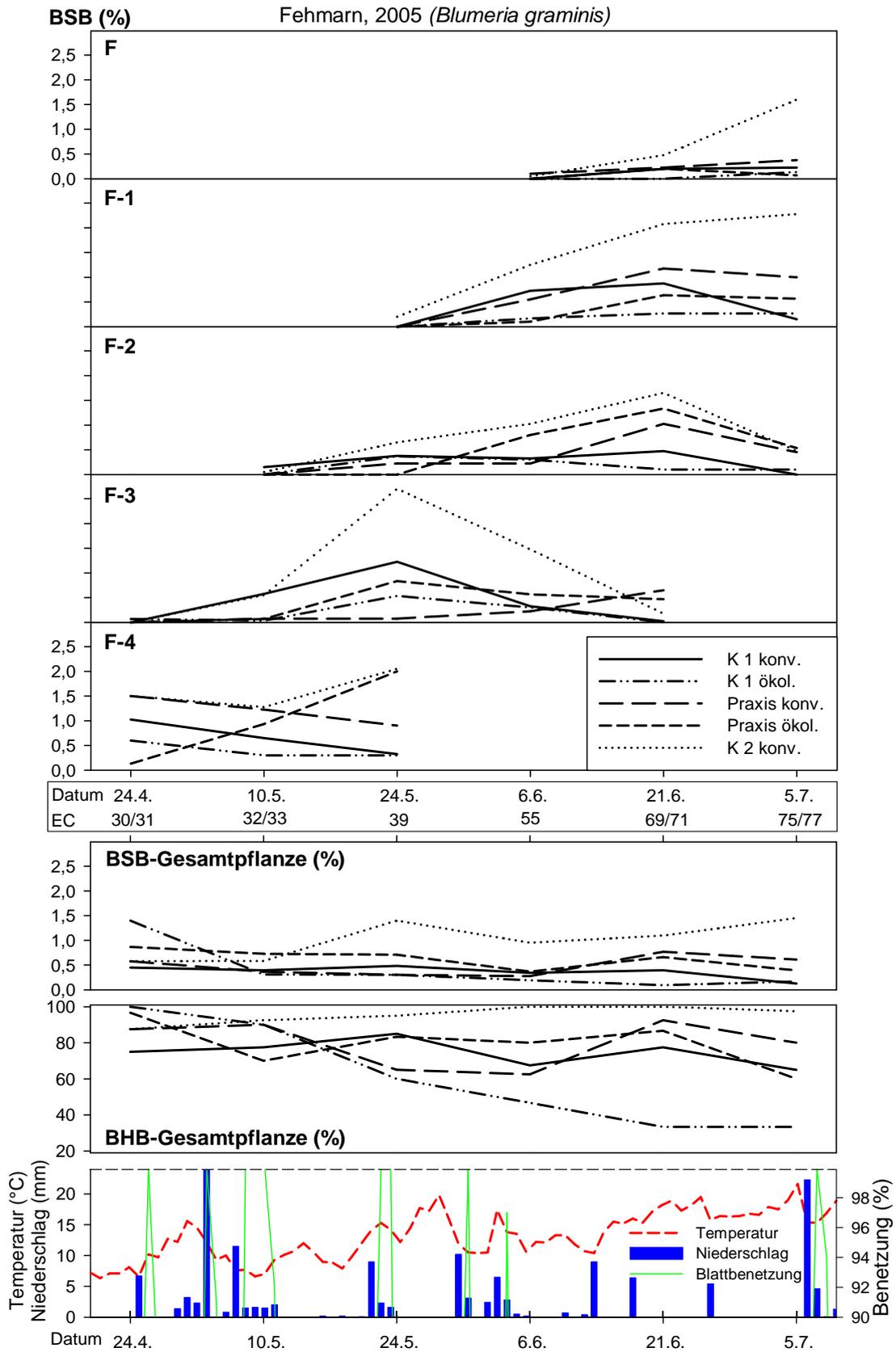


Abb. 37: Befallsentwicklung mit *Blumeria graminis* auf der gesamten Pflanze (Blatttagen F-4 bis F) am Standort Fehmarn 2005 (Sorte Bussard, Varianten: konventionell: Kontrolle 1, Kontrolle 2, Praxisvariante; ökologisch: Kontrolle 1, Praxisvariante)

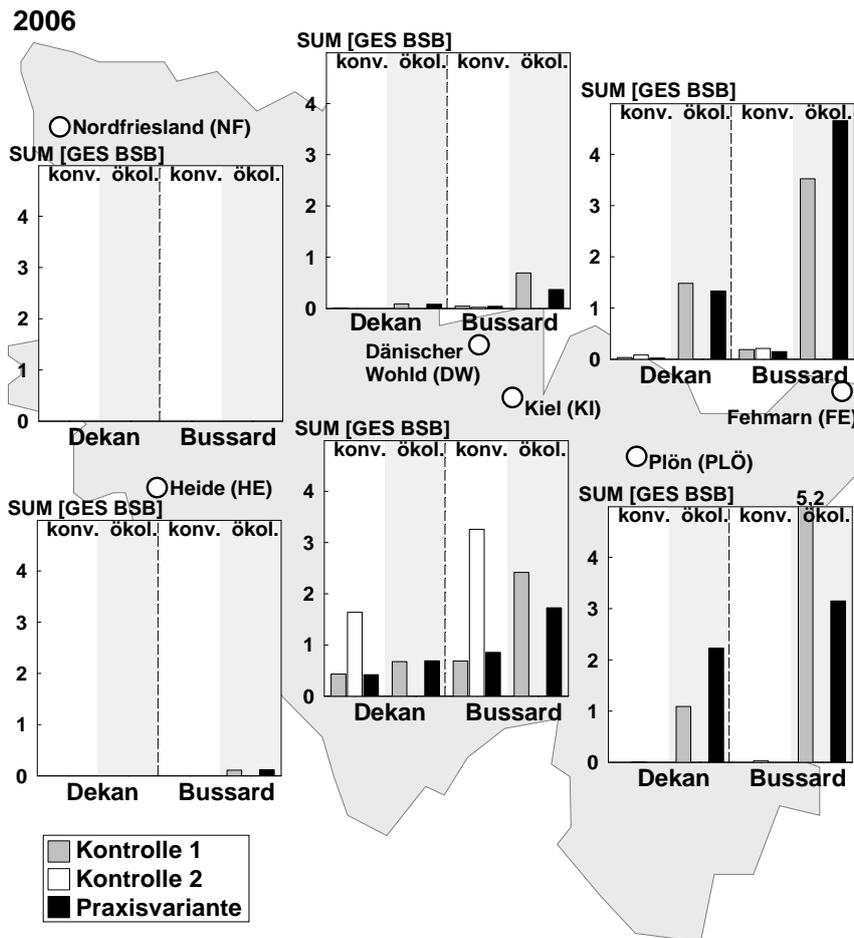


Abb. 38: Auftreten von *Blumeria graminis* (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten und praxisüblich behandelten Varianten 2006

Im Vorfeld der Vegetationsperiode 2006 reduzierte die ab Dezember 2005 einsetzende kalte und trockene Witterung mit unterdurchschnittlichen Temperaturen den Mehлтаubefall an allen Standorten. Daraus resultierte zur ersten Bonitur im Frühjahr 2006 eine visuelle Befallsfreiheit der Pflanzen von *B. graminis* fast aller Standorte. Einzig am Standort FE war ein erhöhter Befall feststellbar (Ö: max. 3,4 % GES BSB; K: max. 0,125 % GES BSB). Während der Vegetationsperiode konnte sich der Erreger aufgrund der befallshemmenden trockenen Sommerwitterung nicht auf den oberen Blattetagen etablieren. Vergleichend zum Vorjahr bewegte sich der Befall auf niedrigerem Niveau. Nur am Standort KI trat zu EC 75 in konventionellen Beständen noch ein bedeutender Befall in der Kontrolle 2 auf. Daneben waren zu diesem späten Termin insbesondere die ökologischen Varianten im östlichen Schleswig-Holstein betroffen. Am Standort Plön war in der ökologischen Variante überregional der höchste Befall mit max. 5,2 % SUM (GES BSB) nachweisbar (Abb. 38).

3.3.4 *Puccinia recondita* (Braunrost)

Der Braunrosterreger *Puccinia recondita* konnte im Rahmen der mehrjährigen Erhebungen jeweils erst spät in der Vegetationsperiode (ab Juni) nachgewiesen werden, zurückzuführen auf die höheren Temperaturansprüche. In 2004 trat *Puccinia recondita* daher vornehmlich in geringem Umfang an den Standorten des östlichen Schleswig-Holsteins auf. Der höchste Befall konnte auf den oberen Blattetagen (F-2 bis F) der fungizidunbehandelten Kontrollvariante am Standort Fehmarn nachgewiesen (1,7 % SUM [GES BSB]) werden (Abb. 39). Die ökologischen sowie konventionellen Praxisvarianten blieben nahezu befallsfrei.

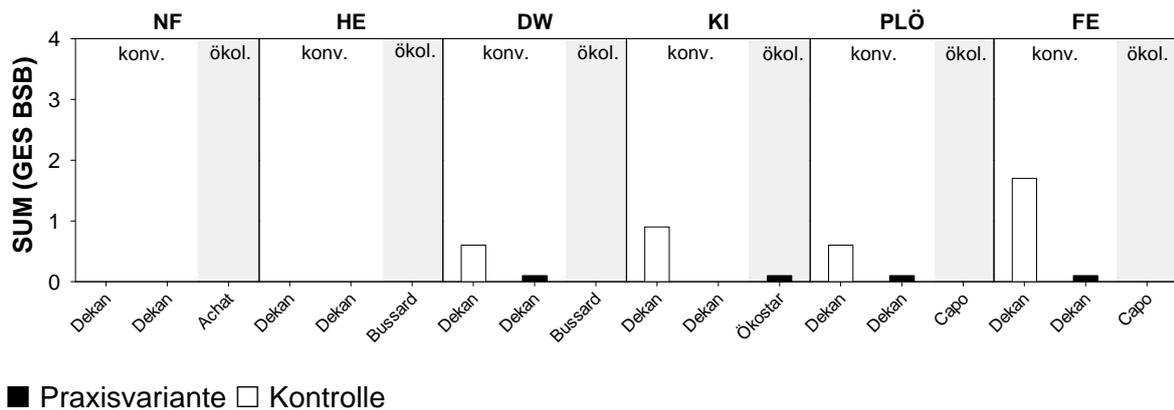


Abb. 39: Auftreten von *Puccinia recondita* (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten sowie praxisüblich behandelten Varianten 2004

Im Versuchsjahr 2004/05 (Abb. 40) konnte der Erreger *Puccinia recondita* weder im Herbst 2004 noch zur ersten Bonitur im Frühjahr 2005 zu EC 31/32 an keinem Standort festgestellt werden. Im Laufe der Vegetationszeit baute sich zum Ende der Vegetationsperiode (ab Ende Juni) ein geringer Befall auf. Insbesondere die ökologischen Varianten der Standorte Kiel, Plön und Fehmarn wiesen Befall auf. Die konventionellen Kontrollvarianten waren hingegen nicht oder nur sehr gering befallen; zurückzuführen auf die erhöhte Nekrotisierung durch *Septoria tritici*. In den Praxisvarianten des konventionellen Anbaus wurde der Erreger vollständig kontrolliert.

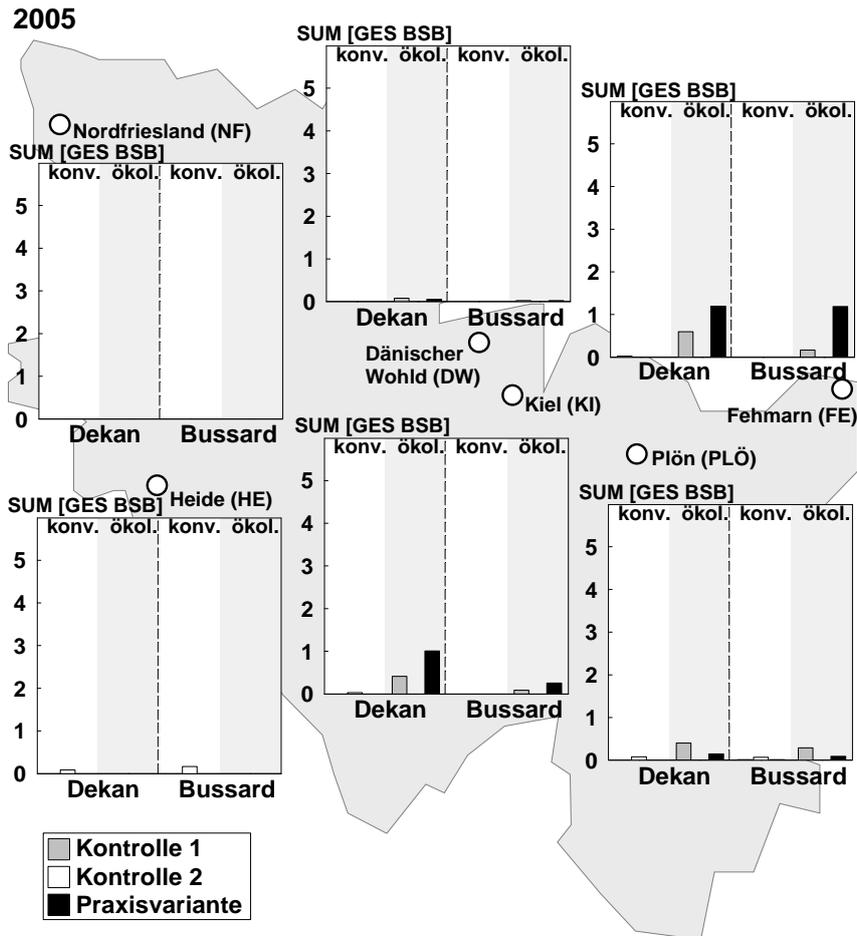


Abb. 40: Auftreten von *Puccinia recondita* (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten sowie praxisüblich behandelten Varianten 2005

In 2006 entwickelte sich bis Vegetationsende gegenüber den Vorjahren 2004 und 2005 ein stärkerer Befall durch *Puccinia recondita*. War im Frühjahr 2006 noch kein Befall mit dem Erreger festzustellen, so erhöhte sich ab Anfang Juni die Progression bis EC 75 an jedem Standort und in nahezu allen Varianten.

In Abbildung 42 ist beispielhaft am Standort Fehmarn die Erregerausbreitung von *Puccinia recondita* in 2006 dargestellt. Der Erreger war erst in späten Phasen der pflanzlichen Entwicklung ab Ende des Ährenschiebens (EC 55) auf den Blattetagen F-3 (viertoberstes Blatt) bis F (Fahnenblatt) nachzuweisen. Nach erster horizontaler Ausbreitung im Pflanzenbestand kam es ab Mitte bis Ende Blüte (EC 65-69/71; 16.6. – 21.6.2006) auf den oberen beiden Blattetagen F-1 und F zu einem starken Anstieg der Befallsstärken in den fungizidunbehandelten Kontrollen sowie den ökologischen Varianten. Die Befallsstärke der Gesamtpflanze erreichte ein maximales Befallsniveau in der konventionellen Kontrolle 2 (gedüngt, fungizidunbehandelt) und der ökologischen Praxisvariante (gedüngt) von 2,5 % bzw. 2,7 % GES BSB. Die Fungizidapplikation in der konventionellen Praxisvariante

(s. Tab. 18) führte zu einer Unterdrückung des Populationsaufbaus und damit zu einer signifikanten Reduktion des Erregers auf der Pflanze.

Die zusammenfassende Darstellung (Abb. 41) verdeutlicht das verstärkte Auftreten des Braunrostes im Versuchsjahr 2006 anhand aufsummierter Befallsstärken (SUM [GES BSB]). Die Sorte Dekan wies höhere Befallsstärken vergleichend zur Sorte Bussard auf, was durch unterschiedliche Anfälligkeitsgrade bedingt ist. Der Befallsgrad variierte standortspezifisch auf hohem Niveau und wurde nicht an allen Standorten durch die praxisüblichen Fungizidmaßnahmen optimal kontrolliert; zurückzuführen auf fehlerhafte Terminierung.

Ein Einfluss des Bewirtschaftungssystems konnte unter Betrachtung der Kontrolle 1 nicht abgeleitet werden. Die Erhöhung der Stickstoffdüngungsintensität in Kontrolle 1 vergleichend zur Kontrolle 2 schlug sich jedoch in höheren Befallsstärken der gedüngten Variante nieder. Die Quantität niedermolekularer N-Verbindungen hatte demnach Einfluss auf die Erregerausbreitung. Der Erreger trat im Osten Schleswig-Holsteins analog zu den Versuchsjahren 2004 und 2005 verstärkt auf. Die konventionellen Praxisvarianten wiesen mit Fungizideinsatz eine signifikant reduzierte Befallsstärke (-90 %) auf.

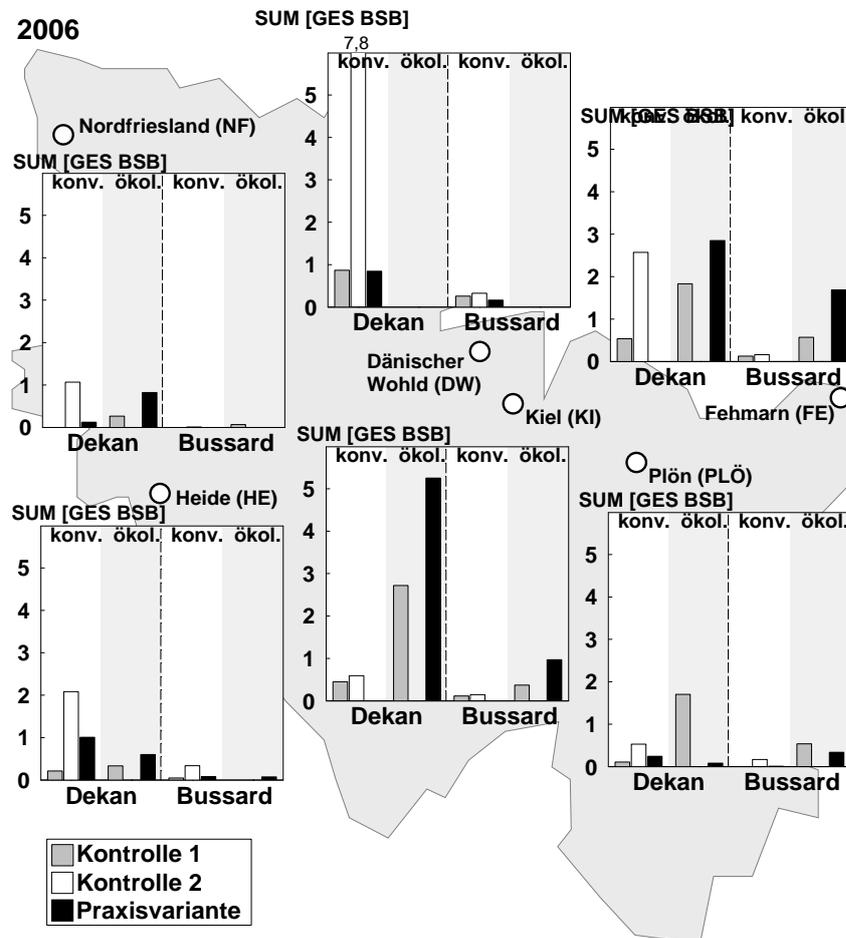


Abb. 41: Auftreten von *Puccinia recondita* (SUM [GES BSB]) zu EC 75 in den unbehandelten sowie praxisüblich behandelten Varianten 2006

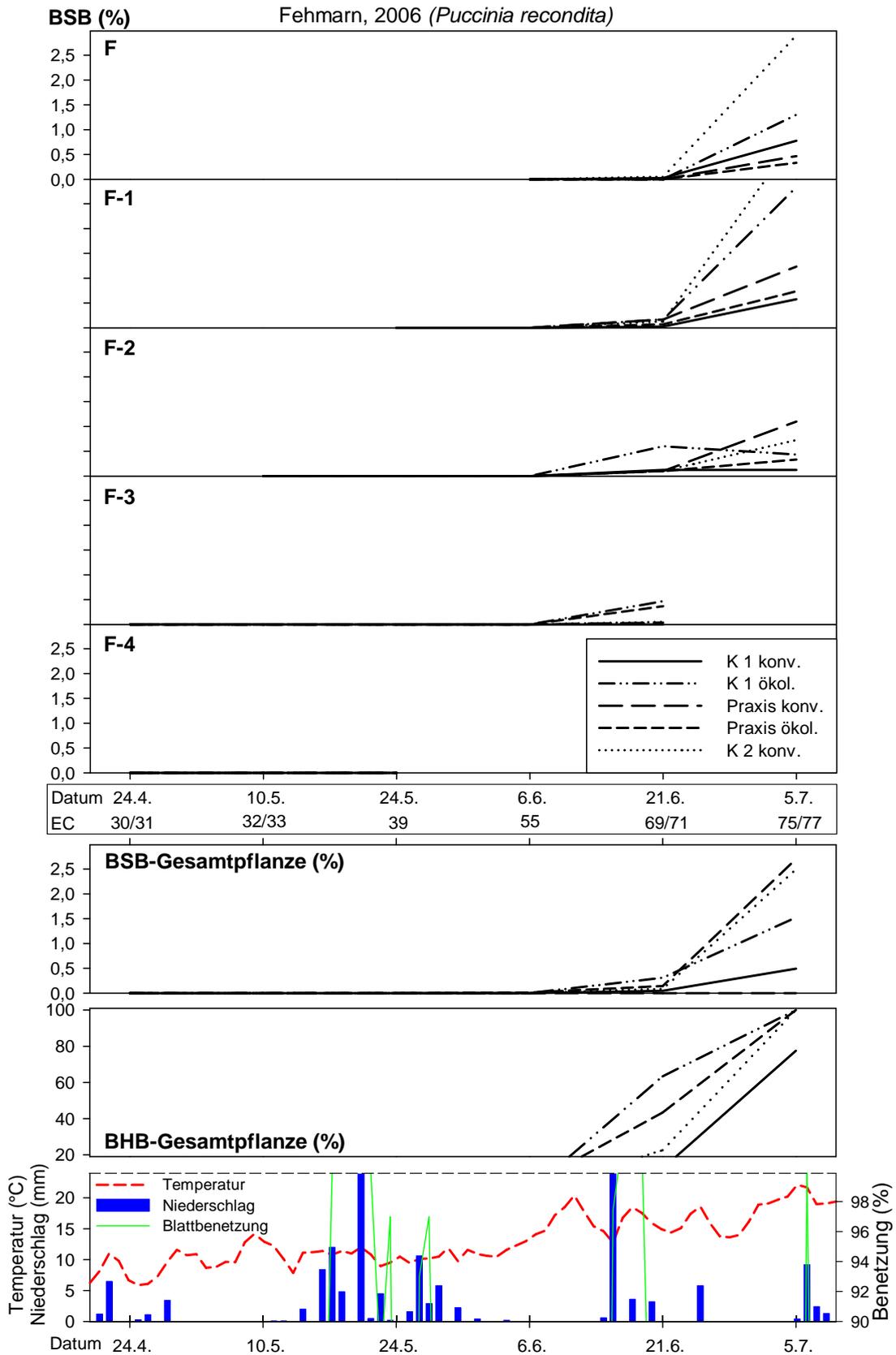


Abb. 42: Befallsentwicklung mit *Puccinia recondita* auf der gesamten Pflanze (Blattetagen F-4 bis F) am Standort Fehmarn 2006 (Varianten: konventionell: Kontrolle 1, Kontrolle 2, Praxisvariante; ökologisch: Kontrolle 1, Praxisvariante)

3.4 Unkräuter

3.4.1 Unkrautvorkommen im Herbst

3.4.1.1 Monokotyle Arten

Bei den Bonituren im Herbst (November) wurden insgesamt vier verschiedene einkeimblättrige Arten festgestellt: *Alopecurus myosuroides*, *Apera spica-venti*, *Poa annua* und *Lolium perenne*. *Alopecurus myosuroides* (Ackerfuchsschwanz) wuchs allerdings lediglich auf den Versuchsflächen der Betriebe in NF, HE und FE. Die höchste mittlere Ackerfuchsschwanzdichte mit 80,4 Pflanzen/m² wies die konventionelle Fläche in Nordfriesland 2005/2006 auf. Auf den anderen Betrieben waren geringere Ackerfuchsschwanzdichten von 21,7 Pflanzen/m² in Heide (konventionell, 2006), 4,4 Pflanzen/m² (2005), 9,1 Pflanzen/m² (2006) auf Fehmarn (konventionell) und 3,9 Pflanzen/m² (2006) auf dem ökologisch wirtschaftenden Betrieb in Nordfriesland festgestellt worden. Die Verunkrautung durch *Apera spica-venti* (Windhalm) spielte auf den untersuchten Flächen lediglich auf den Flächen im Dänischen Wohld (DW) und Kiel (KI) eine größere Rolle. In der unbehandelten Kontrolle 1 wurden 2005 in der konventionellen Variante im Mittel bis zu 7,4 Windhalmpflanzen pro m² (KI, konventionell), in der ökologischen Variante bis zu 64,5 Pflanzen/m² (KI, ökologisch) festgestellt. 2006 lag mit 0,5 Pflanzen / m² (ökologisch) und 0,22 Pflanzen / m² (konventionell) in DW ein geringer Befall vor. Auf vier weiteren Betrieben (KI konventionell), HE (ökologisch), PLÖ (konventionell und ökologisch) lag *Apera spica-venti* in sehr geringer Dichte von maximal 0,06 Pflanzen / m² vor. *Poa annua* (Einjährige Risp) trat im Herbst nur sehr vereinzelt auf den konventionellen Betrieben in DW und KI auf. Fruchtfolgebedingt (Vorfrucht Klee gras) trat auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben Durchwuchs von Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) auf.

3.4.1.2 Dikotyle Unkräuter und Gesamtartenzahl

Bei den zweikeimblättrigen Unkräutern konnten ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben festgestellt werden. Überregional traten auf den ökologischen Betrieben im Herbst 2005 (Versuchsjahr 2006) bis zu 27 (Herbst 2004: 11 Arten) verschiedene Arten auf, während auf den konventionellen Betrieben 20 Arten (Herbst 2004: 9 Arten) festgestellt wurden. Bei allen Betriebspaaren war die dikotyle Artenvielfalt ebenso wie die Gesamtartenvielfalt in den ökologisch wirtschaftenden Betrieben signifikant erhöht (Tab. 29).

Tab. 29: Artenzahlen je Betrieb sowie überregional (Artenzahl total) auf den ökologischen und konventionellen Flächen im Herbst der Versuchsjahre 2005 und 2006

Herbst	2005 (November 2004)				2006 (November 2005)			
	konventionell		ökologisch		konventionell		ökologisch	
	Kontrolle	Praxis	Kontrolle	Praxis	Kontrolle	Praxis	Kontrolle	Praxis
NF	0	0	0	0	9	5	13	13
HE	5	5	5	5	7	5	9	9
DW	7	4	0	0	10	2	10	10
KI	4	4	11	9	13	1	16	13
PLÖ	5	2	0	0	7	3	12	12
FE	6	0	0	0	6	4	14	14
Artenzahl Betrieb	4,5	2,5	2,7	2,3	8,7	3,3	12,3	11,8
Artenzahl total	10	9	11	9	20	8	27	12
Mittlere Pflanzenzahl	114,8	29,2	91,4	92,9	116,7	24,8	124,4	191,0

Im Durchschnitt der Jahre wurden auf den konventionell bewirtschafteten Flächen 6,6 Arten/Betrieb, auf den ökologischen Flächen 7,5 Arten/Betrieb analysiert. Im Herbst 2004 (Versuchsjahr 2005) war gegenüber 2006 eine deutlich verminderte Artenzahl feststellbar. Die unterdurchschnittlichen Temperaturen des Herbstes 2004 verminderten den Auflauf der Unkrautpflanzen. Die höchste Artenvielfalt (16 Arten, davon 15 dikotyle Unkrautarten) wurde auf dem ökologischen Betrieb KI im Herbst 2005 festgestellt. Die geringste Artenzahl mit 5 verschiedenen dikotylen und einer monokotylen Art (*Alopecurus myosuroides*) wurde auf dem konventionellen Betrieb auf Fehmarn gezählt.

Im Durchschnitt keimten auf allen konventionell bewirtschafteten Flächen im Versuchsjahr 2005 in der Kontrolle 114,8, 2006 116,7 Unkrautpflanzen / m² (Mittelwert: 115,8 Pflanzen / m²). Auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen keimten 2005 durchschnittlich 92,9 Pflanzen / m², 2006 191,0 Unkräuter / m² (Mittelwert: 142,25 Pflanzen / m²). Ein nicht statistisch absicherbarer Unterschied zeichnete sich ebenfalls bei den unterschiedlichen Sorten 2006 ab. Während im Mittel der 12 Betriebe in der Kontrolle 1 der Sorte Bussard 114,3 Pflanzen / m² keimten, waren es in der Sorte Dekan 126,7 Pflanzen / m² (+ 10,9%).

Betrachtet man differenziert die 15 häufigsten Unkräuter in ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen, so ergeben sich deutliche Unterschiede in der Artenzusammensetzung (Tab. 30). Die fünf Unkräuter mit dem höchsten Populationsanteil an der Gesamtverunkrautung sind *Viola arvensis*, *Alopecurus myosuroides*, *Stellaria media*, *Matricaria recutita* und *Veronica hederaefolia*.

Tab. 30: Die 15 häufigsten Unkräuter im Herbst unterteilt nach Bewirtschaftungsform (Mittelwert aller Standorte und Jahre)

Herbstbonitur	Kontrolle 1		Praxisvariante		
	konventionell	Anzahl/m ²	rel. Anteil	Anzahl/m ²	rel. Anteil
<i>Viola arvensis</i>		28,281	24,419	2,625	9,717
<i>Alopecurus myosuroides</i>		26,149	22,578	2,050	7,587
<i>Stellaria media</i>		20,927	18,069	11,313	41,875
<i>Matricaria recutita</i>		11,395	9,839	5,118	18,944
<i>Veronica hederaefolia</i>		10,761	9,292	2,917	10,797
<i>Apera spica-venti</i>		5,594	4,830	0,888	3,288
<i>Brassica napus</i>		4,180	3,609	0,669	2,477
<i>Galium aparine</i>		3,677	3,175	0,412	1,525
<i>Senecio vulgaris</i>		2,347	2,026	0,982	3,636
<i>Myosotis arvensis</i>		1,318	1,138	0,000	0,000
<i>Sisymbrium loeselli</i>		0,944	0,815	0,000	0,000
<i>Aphanes arvensis</i>		0,042	0,036	0,000	0,000
<i>Ranunculus repens</i>		0,037	0,032	0,000	0,000
<i>Capsella bursa-pastoris</i>		0,033	0,028	0,000	0,000
<i>Hordeum vulgare</i>		0,028	0,024	0,000	0,000
ökologisch	Anzahl/m²	rel. Anteil	Anzahl/m²	rel. Anteil	
<i>Matricaria recutita</i>	30,921	28,159	33,563	23,594	
<i>Stellaria media</i>	15,762	14,354	21,333	14,997	
<i>Veronica hederaefolia</i>	13,157	11,982	21,049	14,797	
<i>Poa spp.</i>	12,500	11,383	44,444	31,244	
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	9,162	8,344	0,111	0,078	
<i>Apera spica-venti</i>	8,947	8,148	9,792	6,883	
<i>Alopecurus myosuroides</i>	4,741	4,317	4,417	3,105	
<i>Viola arvensis</i>	2,940	2,677	0,889	0,625	
<i>Myosotis arvensis</i>	2,623	2,388	2,389	1,679	
<i>Lamium purpureum</i>	2,074	1,889	2,819	1,982	
<i>Aphanes arvensis</i>	1,917	1,745	0,250	0,176	
<i>Vicia cracca</i>	1,241	1,130	0,056	0,039	
<i>Veronica persica</i>	0,994	0,905	0,000	0,000	
<i>Trifolium pratense</i>	0,891	0,812	0,111	0,078	
<i>Polygonum persicaria</i>	0,458	0,417	0,000	0,000	

Während im konventionellen Ackerbau besonders *Alopecurus myosuroides* einen großen Anteil (Kontrolle 1: 22,6 %) an der Gesamtzahl der Unkrautpopulation darstellt, ist dieses Unkraut im ökologischen Landbau ohne Bedeutung (Kontrolle 1: 4,3 %). Die Position *Poa spp.* (Gräser) bei den ökologischen Flächen setzt sich aus Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*), Wiesenlieschgras (*Phleum pratense*), Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*) und anderen Gräsern zusammen, die fruchtfolgebedingt (Vorfrucht: Klee gras) im Getreide auftreten. Demgegenüber tritt *Brassica napus* (Ausfallraps) ausschließlich auf den konventionellen Flächen auf, da Winterraps im ökologischen Anbau bisher kaum eine Rolle spielt. *Matricaria spp.*, im ökologischen Landbau das häufigste vorkommende Unkraut, stellt im konventionellen Landbau die viert häufigste Art dar, da sie relativ einfach mittels

Herbiziden bekämpfbar ist. *Veronica hederaefolia*, in der ökologischen Wirtschaftsweise die dritt häufigste Art mit einem Gesamtpopulationsanteil von 14,8 % (Praxisvariante), erreicht im konventionellen Landbau maximal 10,8 %. *Galium aparine* (Klettenlabkraut), welches auf den konventionellen Flächen relativ stark vertreten ist (Kontrolle 1: 3,2 %), ist im ökologischen Landbau ohne wesentliche Bedeutung (0,42 %).

3.4.1.3 Einordnung in die Systematik

Die häufigste Unkrautpflanzengesellschaft des Wintergetreides ist in beiden Anbausystemen durch das Auftreten von *Matricaria recutita* (Echte Kamille) gekennzeichnet. Die vorgefundenen Unkräuter lassen sich in die Klasse der einjährigen Ruderal- und Ackerunkrautgesellschaften (*Stellarietea mediae*), in die Ordnung der Windhalm-Gesellschaften (*Aperetalia spicae-ventii*), in den Verband der Ackerfrauenmantel-Gesellschaften (*Aphanion arvensis*) und schließlich in die Echte Kamillen-Assoziation (*Aphano-Matricarietum chamomillae*) untergliedern.

Diese Unkrautgesellschaft findet man generell auf kalkarmen, mindestens mäßig mit Nährstoffen versorgten Lehm-, Ton- und Sandböden sowie auf feuchten und verdichteten Böden. Die Standorte des östlichen Hügellands sind durch diese Assoziation gekennzeichnet. Die Standorte der Marsch mit vier Betrieben in Nordfriesland und Heide werden noch weiter untergliedert in die Subassoziations Ackerfuchsschwanz-Kamillen-Assoziation (*Alopecuro-Matricarietum*), gekennzeichnet durch gute Nährstoffversorgung und die neutralen bis schwach basischen Böden (HOFMEISTER & GARVE 1986).

3.4.1.4 Kulturdeckungsgrad und Unkrautdeckungsgrad

Die Aussagekraft der Deckungsgrade im Herbst ist von der Saatzeit der einzelnen Bestände abhängig. Einige ökologische Flächen wurden sehr spät bestellt, was eine deutliche Verringerung des Unkrautdrucks zur Folge hatte. Auf einigen ökologischen Flächen wurden Kulturdeckungsgrade von lediglich 5 bis 10 % erreicht, hingegen betragen auf den konventionellen Flächen, die teilweise Anfang September bestellt und am 10. bis 15. September aufgelaufen sind, die Deckungsgrade 50 bis 75 %. Als Besonderheit des Versuchsjahres 2005/2006 waren die Deckungsgrade im Herbst 2005 hervorzuheben, in dem bei sehr früh gesäten Beständen teilweise höhere Anzahlen registriert wurden als bei der nachfolgenden Bonitur im Mai. Die Weizenpflanzen bildeten bei überdurchschnittlich hohen Temperaturen bis November 2005 vermehrt Seitentriebe, ohne in die Schoßphase überzugehen, und bedeckten so den Boden fast vollständig. Bei einheitlichem Aussaattermin je Einzelbetrieb erreichte die Sorte Dekan im Durchschnitt der Betriebe einen Kulturdeckungsgrad von 25,3 % in der unbehandelten Kontrolle, wohingegen in der Sorte

Bussard gemittelt über alle Flächen ein signifikant (GD5 %: 4,6 %) verringerter Kulturdeckungsgrad von 20,3 % vorlag.

Der Gesamtunkrautdeckungsgrad lag im Durchschnitt aller konventionellen Betriebe bei 7,9 % (Kontrolle 1), wogegen auf den ökologischen Flächen ein Unkrautdeckungsgrad von 2,4 % resultierte.

3.4.1.5 Stetigkeiten der Unkräuter im Herbst

Die Stetigkeit der Unkräuter beschreibt das überregionale Vorkommen der jeweiligen Pflanzenart. Die nachfolgende Rangliste (Tab. 31) verdeutlicht die Verbreitung der unterschiedlichen Unkräuter in ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben. Die Stetigkeit wird dominiert von *Matricaria spp.* und *Stellaria media*, die sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau weit verbreitet sind und auf fast allen Flächen nachzuweisen waren.

Tab. 31: Stetigkeiten der häufigsten Unkräuter im Herbst gemittelt über beide Wirtschaftsformen

Rang	Unkrautart konventionell	Stetigkeit in %	Unkrautart ökologisch	Stetigkeit in %
1	<i>Matricaria recutita</i>	83	<i>Vicia cracca</i>	83
2	<i>Brassica napus</i>	67	<i>Galium aparine</i>	67
3	<i>Myosotis arvensis</i>	67	<i>Matricaria recutita</i>	67
4	<i>Stellaria media</i>	67	<i>Polygonum persicaria</i>	67
5	<i>Viola arvensis</i>	67	<i>Stellaria media</i>	67
6	<i>Galium aparine</i>	58	<i>Veronica hederaefolia</i>	67
7	<i>Veronica hederaefolia</i>	58	<i>Apera spica-venti</i>	50
8	<i>Alopecurus myosuroides</i>	42	<i>Raphanus spp.</i>	50
9	<i>Apera spica-venti</i>	33	<i>Trifolium pratense</i>	50
10	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	33	<i>Myosotis arvensis</i>	42
11	<i>Poa annua</i>	33	<i>Viola arvensis</i>	42
12	<i>Senecio vulgaris</i>	25	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	33
13	<i>Aethusa cynapium</i>	17	<i>Geranium dissectum</i>	33
14	<i>Aphanes arvensis</i>	17	<i>Lamium purpureum</i>	33
15	<i>Cirsium arvense</i>	17	<i>Lolium perenne</i>	33
16	<i>Hordeum vulgare</i>	17	<i>Ranunculus repens</i>	33
17	<i>Lamium purpureum</i>	17	<i>Rumex crispus</i>	33
18	<i>Ranunculus repens</i>	17	<i>Sonchus arvensis</i>	33
19	<i>Raphanus spp.</i>	17	<i>Aethusa cynapium</i>	17
20	<i>Sisymbrium loeselli</i>	17	<i>Alopecurus myosuroides</i>	17

Abgesehen des fruchtfolgebedingten Durchwuchses von *Brassica napus* auf konventionellen sowie von *Trifolium spp.* auf ökologischen Flächen stellen die restlich analysierten Unkräuter und Ungräser die typischen Leit- und teilweise auch Problemunkräuter in Schleswig-Holstein dar. Das Vorkommen von *Alopecurus myosuroides* war fast ausschließlich auf

konventionellen Flächen, das von *Capsella bursa-pastoris* sowie *Lamium spp.* (Taubnessel) überwiegend auf ökologischen Flächen gegeben.

3.4.2 Unkrautbonitur Frühjahr (April/Mai)

Im Frühjahr konnte ein deutlicher Anstieg der Artenzahlen durch das Auflaufen der Frühjahrskeimer beobachtet werden. Die Arten *Ranunculus repens* und *Raphanus sativa*, die aus einem Zwischenfruchtanbau auf zwei ökologisch wirtschaftenden Betrieben hervorgingen, konnten im Mai nicht mehr festgestellt werden. Die dikotylen Arten *Bidens tripartita*, *Cerastium arvense*, *Chenopodium album*, *Equisetum arvense*, *Erodium cicutarium*, *Fumaria officinalis*, *Galeopsis tetrahit*, *Medicago sativa*, *Papaver rhoeas*, *Polygonum aviculare*, *Raphanus raphanistrum*, *Spergula arvensis* und *Tussilago farfara* konnten primär festgestellt werden. Neben dikotylen Arten wurden zusätzlich die Ungrasarten *Digitaria ischaemum* und *Agropyron repens* nachgewiesen. Bei allen genannten Arten handelt es sich ausschließlich um Frühjahrskeimer, *Polygonum aviculare* keimt bis in den Sommer hinein, *Fumaria officinalis*, *Papaver rhoeas* und *Agropyron repens* bis spät in den Herbst.

Bis auf beide Betriebsformen der Standorte in Nordfriesland und dem konventionellen Betrieb in Eckernförde erhöhte sich die Artenzahl im Frühjahr. Im Durchschnitt wurden auf den konventionell bewirtschafteten Flächen annähernd acht, hingegen auf den ökologischen Flächen mehr als doppelt so viele Arten (17,8) nachgewiesen (Tab. 32).

Tab. 32: Artenzahl je Betrieb und gemittelt über die Betriebe in ökologisch und konventioneller Wirtschaftsweise, Frühjahr der Versuchsjahre 2005 und 2006

Frühjahr	2005				2006				
	konventionell		ökologisch		konventionell			ökologisch	
	Kontr.1	Praxis	Kontr.1	Praxis	Kontr.1	Kontr.2b	Praxis	Kontr.1	Praxis
NF	9	5	15	15	7	6	6	10	10
HE	10	3	17	12	6	7	7	17	13
DW	5	4	8	8	3	-	1	11	8
KI	6	0	9	7	13	14	4	19	19
PLÖ	10	1	13	10	11	11	3	24	24
FE	8	5	16	13	6	4	2	26	18
Artenzahl Betrieb	8,0	3,0	13,0	10,8	7,7	8,4	3,8	17,8	15,3
Artenzahl total	19	10	24	22	20	20	15	41	35
Mittlere Pflanzenzahl	77,0	2,5	52,0	31,8	83,9	12,6	112,7	131,3	70,7

Tab. 33: Anzahl der 16 am häufigsten nachgewiesenen Unkräuter im Frühjahr, unterteilt nach Bewirtschaftungsform (Mittelwert aller Standorte und Jahre)

Frühjahrsbonitur konventionell	Kontrolle 1		Praxisvariante	
	Anzahl/m ²	rel. Anteil	Anzahl/m ²	rel. Anteil
<i>Alopecurus myosuroides</i>	32,945	39,2	1,049	13,5
<i>Stellaria media</i>	15,660	18,6	5,188	66,9
<i>Viola arvensis</i>	11,386	13,6	0,178	2,3
<i>Matricaria recutita</i>	7,027	8,4	0,375	4,8
<i>Myosotis arvensis</i>	4,960	5,9	0,026	0,3
<i>Veronica hederifolia</i>	3,213	3,8	0,494	6,4
<i>Poa annua</i>	1,859	2,2	0,010	0,1
<i>Apera spica-venti</i>	1,782	2,1	0,000	0,0
<i>Galium aparine</i>	1,693	2,0	0,188	2,4
<i>Polygonum convolvulus</i>	1,418	1,7	0,164	2,1
<i>Polygonum aviculare</i>	0,618	0,7	0,014	0,2
<i>Senecio vulgaris</i>	0,593	0,7	0,005	0,1
<i>Brassica napus</i>	0,259	0,3	0,018	0,2
<i>Sisymbrium loeselli</i>	0,155	0,2	0,000	0,0
<i>Galeopsis tetrahit</i>	0,102	0,1	0,000	0,0
<i>Cirsium arvense</i>	0,083	0,1	0,000	0,0
ökologisch	Anzahl/m ²	rel. Anteil	Anzahl/m ²	rel. Anteil
<i>Matricaria recutita</i>	29,567	31,7	19,000	36,4
<i>Veronica hederifolia</i>	10,242	11,0	3,930	7,5
<i>Stellaria media</i>	9,576	10,3	4,202	8,1
<i>Apera spica-venti</i>	7,278	7,8	1,667	3,2
<i>Myosotis arvensis</i>	6,587	7,1	2,409	4,6
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	5,553	5,9	7,502	14,4
<i>Sinapis arvensis</i>	4,601	4,9	1,389	2,7
<i>Viola arvensis</i>	2,255	2,4	0,968	1,9
<i>Agropyron repens</i>	2,037	2,2	0,907	1,7
<i>Alopecurus myosuroides</i>	1,782	1,9	1,010	1,9
<i>Lolium perenne</i>	1,713	1,8	1,167	2,2
<i>Vicia cracca</i>	1,647	1,8	0,019	0,0
<i>Aphanes arvensis</i>	1,583	1,7	0,000	0,0
<i>Poa annua</i>	1,354	1,5	1,275	2,4
<i>Galium aparine</i>	1,161	1,2	0,359	0,7
<i>Veronica persica</i>	1,043	1,1	0,379	0,7

Die am häufigsten im Frühjahr nachzuweisenden Unkräuter (Tab. 33) in der konventionellen Wirtschaftsweise stellten *Alopecurus myosuroides* (39%), *Stellaria media* (19%) und *Viola arvensis* (14%), in der ökologischen Wirtschaftsweise *Matricaria recutita* (32%), *Veronica hederifolia* (11%) und *Stellaria media* (10%) dar. Vergleichend zum Herbst lagen im Frühjahr verringerte absolute Unkrautzahlen je Quadratmeter vor. Zum Vegetationsende der Weizenkultur war insbesondere die Anzahl der Unkräuter im Stadium des Keimblattes reduziert. Auf der ökologischen Fläche des Standortes PLÖ 2006 sank die Anzahl an Kamillenkeimlingen/m² von 398 Pflanzen/m² im Herbst auf ca. 77 Pflanzen / m² im Frühjahr. Im Durchschnitt über alle Betriebe und Jahre sank die Unkrautzahl/m² auf den konventionellen Flächen von 115,8 auf 80,5 Pflanzen / m², auf den ökologischen Flächen von 142,25 deutlich auf 91,6 Pflanzen / m² ab.

Auf allen zwölf Versuchsflächen war *Matricaria spp.* die einzige Unkrautart mit einer Stetigkeit von 100 % (Tab. 34). Mit deutlichem Abstand folgten *Stellaria media* und *Galium aparine* auf den konventionellen Flächen sowie *Cirsium arvense* und *Polygonum convolvulus* auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen. *Poa annua* stellt neben *Alopecurus myosuroides* (nur konventionell) das am häufigsten verbreitete Ungras dar. Erwähnenswert ist weiterhin, dass *Polygonum spp.* nahezu ausschließlich auf den ökologischen Flächen mit Ausnahme des Standortes Kiel (K) nachzuweisen war; an diesem Standort konnte eine Vergesellschaftung mit *Polygonum aviculare* und *Polygonum convolvulus* nachgewiesen werden.

Tab. 34: Stetigkeiten der häufigsten Unkräuter im Frühjahr in ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise

Rang	Unkrautart konventionell	Stetigkeit in %	Unkrautart ökologisch	Stetigkeit in %
1	<i>Matricaria spp.</i>	100	<i>Matricaria spp.</i>	100
2	<i>Stellaria media</i>	75	<i>Cirsium arvense</i>	83
3	<i>Galium aparine</i>	67	<i>Polygonum convolvulus</i>	83
4	<i>Brassica napus</i>	58	<i>Stellaria media</i>	83
5	<i>Veronica hederifolia</i>	58	<i>Myosotis arvensis</i>	75
6	<i>Alopecurus myosuroides</i>	50	<i>Trifolium pratense</i>	75
7	<i>Poa annua</i>	50	<i>Veronica hederifolia</i>	75
8	<i>Viola arvensis</i>	50	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	67
9	<i>Myosotis arvensis</i>	42	<i>Lamium purpureum</i>	67
10	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	33	<i>Poa annua</i>	67
11	<i>Senecio vulgaris</i>	33	<i>Polygonum aviculare</i>	58
12	<i>Aethusa cynapium</i>	17	<i>Viola arvensis</i>	58
13	<i>Apera spica-venti</i>	17	<i>Aphanes arvensis</i>	50
14	<i>Barbarea vulgaris</i>	17	<i>Chenopodium album</i>	50
15	<i>Chenopodium album</i>	17	<i>Galeopsis tetrahit</i>	50
16	<i>Cirsium arvense</i>	17	<i>Galium aparine</i>	50
17	<i>Galeopsis tetrahit</i>	17	<i>Rumex crispus</i>	50
18	<i>Hordeum vulgare</i>	17	<i>Veronica persica</i>	50
19	<i>Lamium purpureum</i>	17	<i>Lolium perenne</i>	42
20	<i>Polygonum aviculare</i>	17	<i>Taraxacum officinale</i>	42
21	<i>Polygonum convolvulus</i>	17	<i>Vicia cracca</i>	42
22	<i>Raphanus raphanistrum</i>	17	<i>Alopecurus myosuroides</i>	33
23	<i>Sisymbrium loeseli</i>	17	<i>Fumaria officinalis</i>	33
24	<i>Veronica persica</i>	17	<i>Geranium dissectum</i>	33
25			<i>Spergula arvensis</i>	33

3.4.2.1 Einfluss mineralischer Düngung auf das Arteninventar konventioneller Bewirtschaftung

In 2006 wurde in den konventionellen Betrieben zusätzlich eine herbizidfreie Variante (Kontrolle 2b) mit betriebsüblicher Stickstoffdüngung in die Versuchsanlage etabliert, um vergleichend zur Kontrolle 1 den Düngungseffekt auf Dominanz und Zusammensetzung der Unkräuter festzustellen. Das Artenspektrum dieser Variante blieb im Vergleich zur Kontrolle 1 nahezu unverändert. Sowohl in der ungedüngten als auch in der gedüngten Kontrolle wurden 20 verschiedene Unkräuter bonitiert. In Kontrolle 2b waren ausschließlich *Cirsium arvense* und *Sonchus arvensis*, in Kontrolle 1 *Galeopsis tetrahit* sowie *Apera spica-venti* dominant.

Unterschiede ergaben sich jedoch beim Vergleich der Unkrautartenpflanzenzahl je Quadratmeter. *Matricaria spp.* keimte mit 12,0 Pflanzen/m² vermehrt in der mit Stickstoff versorgten Variante vergleichend zur ungedüngten Kontrollvariante 1 (5,1 Pflanzen/m²). *Stellaria media*, *Viola arvensis* und *Alopecurus myosuroides* reagierten weniger deutlich auf

die N-Düngung. Ein uneinheitliches Bild stellte sich im Falle von *Alopecurus myosuroides* dar, verursacht durch einen wesentlich höheren Ackerfuchsschwanzbesatz in der Kontrolle 1 gegenüber Kontrolle 2b am Standort NF (Kontrolle 2b 71,1; Kontrolle 1 113,1 Pflanzen/m²). Im Gegensatz hierzu war sowohl am Standort NF (Kontrolle 2b 49,8; Kontrolle 1 15,3 Pflanzen/m²) als auch HE (Kontrolle 2b 47,2; Kontrolle 1 32,1 Pflanzen/m²) eine signifikante Erhöhung des Besatzes mit *Alopecurus myosuroides* durch die Düngung gegeben. Die Mittelwerte der restlichen Unkräuter wiesen keine oder nur geringe Unterschiede in der Bewirtschaftungsintensität auf. Der Unkrautdeckungsgrad stieg jedoch im Mittel über alle Flächen durch die Düngung signifikant an (Kontrolle 1: 12,2 % → Kontrolle 2b: 21,0 %). In gleichem Maße konnte ein Anstieg des Kulturdeckungsgrades ($p < 0,01$) von 28,9 % in der Kontrolle 1 auf 40,3 % in der gedüngten Kontrolle 2b beobachtet werden.

3.4.2.2 Relationen von Kultur- und Unkrautdeckungsgraden

Während sich die Entwicklung der Unkrautdeckungsgrade beider Anbausysteme von Herbst bis Frühjahr annähernd gleich darstellte, bestanden jedoch erhebliche Unterschiede bezüglich der Kulturdeckungsgrade. Während die Weizenkultur ökologischer Bewirtschaftungsform im Herbst das Stadium EC 12-21 erreicht hatte, lag vergleichend auf konventionellen Flächen das morphologische Entwicklungsstadium EC 23-24 vor. Somit war im konventionellen Anbau im Herbst ein Kulturdeckungsgrad von bis zu 75 % nachzuweisen. Spätfrostereignisse im März und April hatten eine verstärkte Reduzierung der Nebentriebe einhergehend mit einer Abnahme der Kulturdeckungsgrade zur Folge. Der geringer entwickelte Weizen der ökologischen Anbausysteme war weniger von der Reduktion der Bestockungstriebe betroffen und erreichte nach dem Winter annähernd die Werte der konventionellen Kulturflächenbedeckung.

Die Unkrautdeckungsgrade lagen im Mittel der Bonituren des Monats Juni bei 21,2 % auf ökologischen und bei 13,9 % auf den konventionellen Flächen. Ein erhöhter Weizendeckungsgrad wirkte sich reduzierend auf den Deckungsgrad der Unkräuter aus (Abb. 43). Die Etablierung konkurrenzstarker Weizenbestände besitzt demnach eine hohe Bedeutung zur vorbeugenden Unkrautregulierung.

Allerdings wurde am Standort NF die durchschnittliche Unkrautdichte in der konventionellen Kontrolle erheblich überstiegen, da Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) ein hohes Vermehrungspotenzial besitzt.

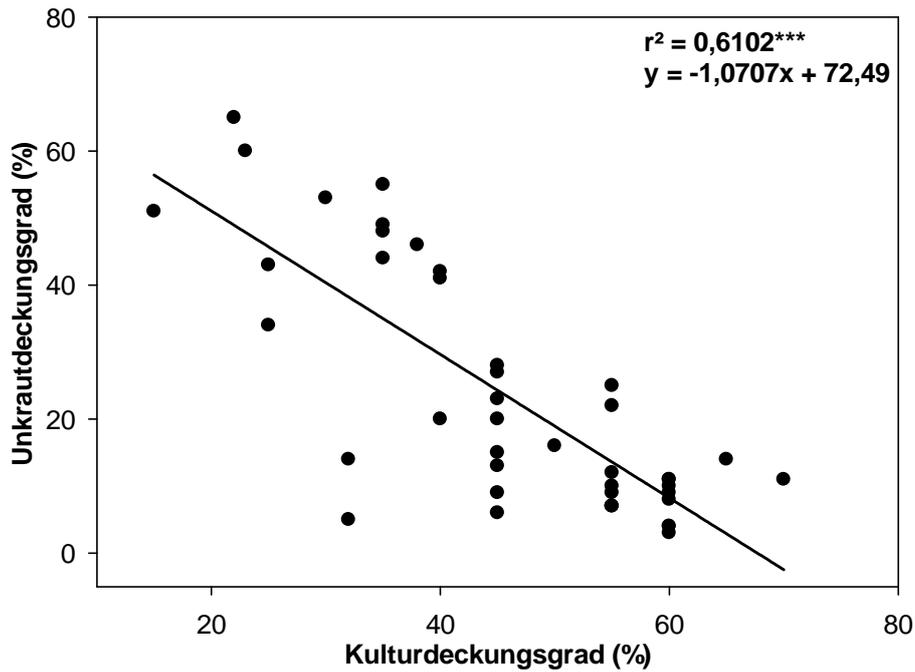


Abb. 43: Unkrautdeckungsgrad in der Kontrolle 2b (+ Düngung) in Abhängigkeit vom Weizendeckungsgrad (Anfang Juni, EC 39-51)

Der Einfluss des Unkrautdeckungsgrades auf den Kornertrag ist in Abbildung 44 (Kontrolle 2b, konventionell) dargestellt. Mit der Zunahme des Unkrautdeckungsgrades um ein Prozent geht eine signifikante Verminderung des relativen Kornertrages von 0,78 % einher (Abb. 44).

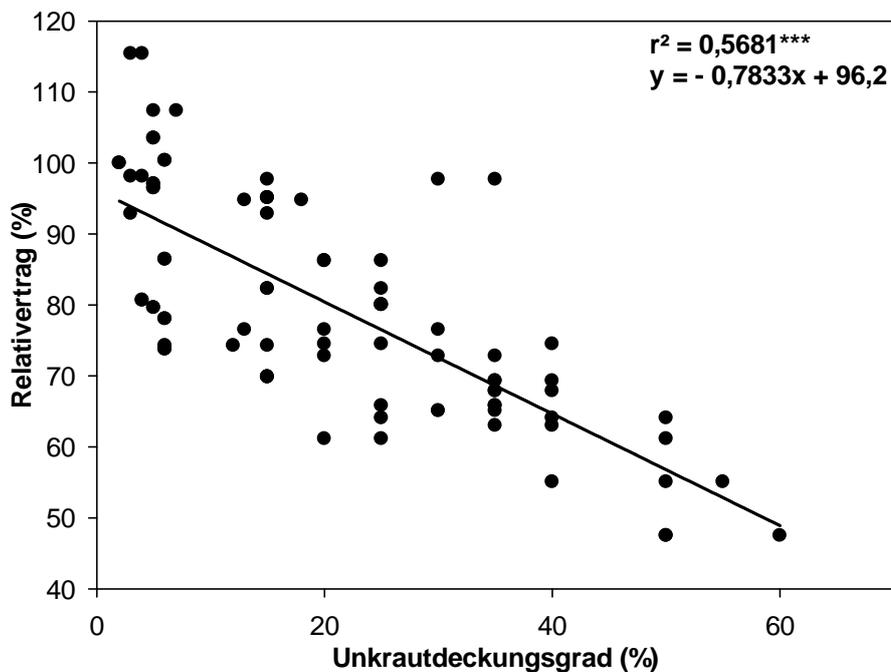


Abb. 44: Relativertrag des Weizens in der Kontrolle 2b (+ Düngung, konventionell) in Abhängigkeit vom Unkrautdeckungsgrad (Ø Ertrag Kontrolle 2: 79,56 dt/ha = 100 %)

3.4.3 Unkrautkontrolle

Die Maßnahmen zur Unkrautregulierung ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise sind unterschiedlich. Der Wirkungsgrad der mechanischen Unkrautregulierung, insbesondere der Einsatz von Striegelgeräten, hängt maßgeblich von den vorherrschenden Witterungsverhältnissen ab. Durch die sehr spät einsetzende Vegetation im Jahr 2006, verbunden mit einer schnellen Austrocknung der oberen Bodenschicht, war die Zeitspanne für einen erfolgreichen Striegeleinsatz begrenzt. Bedingt durch teilweise nicht optimale Bekämpfungsterminierung konnten nur geringe Wirkungsgrade der mechanischen Unkrautbekämpfung erzielt werden. Eine mechanische Unkrautbekämpfung führt einerseits langfristig zu einer Verringerung des Samenpotentials im Boden; andererseits lässt sich durch die Gestaltung des ökologischen Anbausystems ein Populationsdruck von Unkräutern merklich reduzieren (Abb. 45).

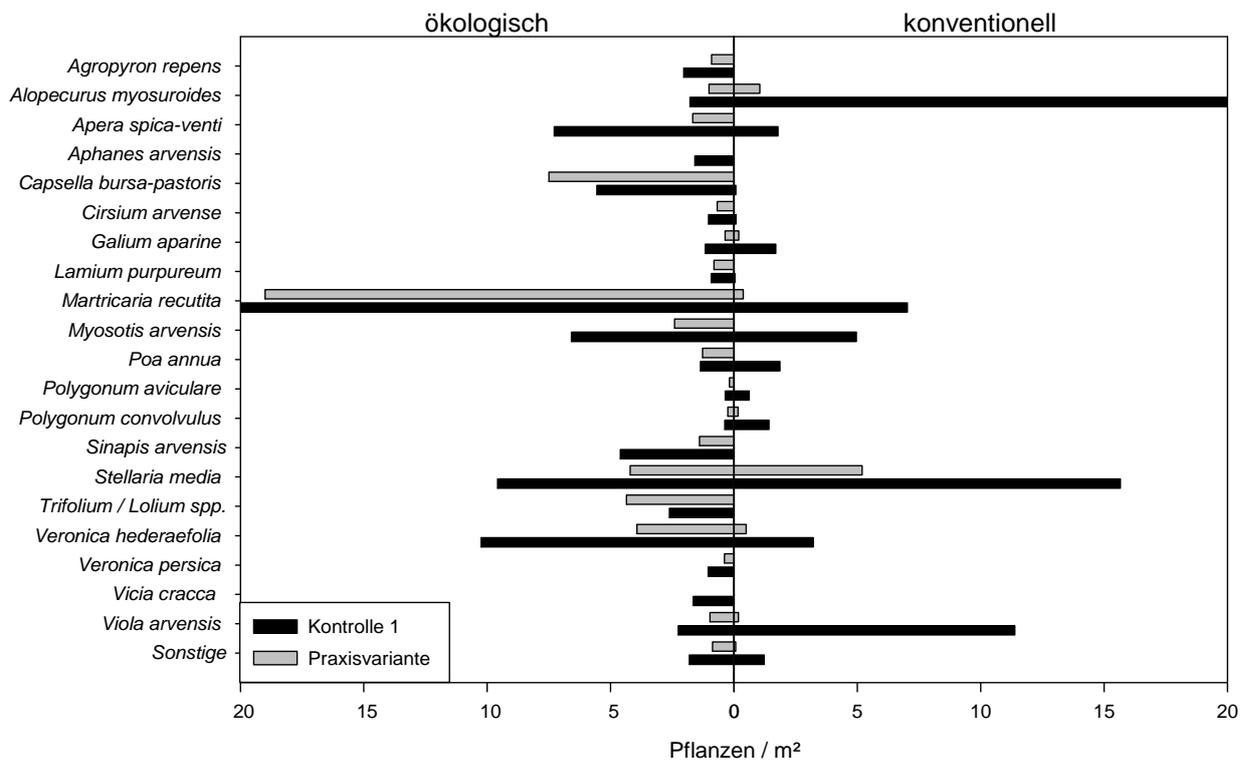


Abb. 45: Reduktion der Unkrautpopulationen im Weizen mittels chemischer bzw. mechanischer Bekämpfungsmaßnahmen; Praxisvariante vergleichend zur unbehandelten Kontrolle (Mittelwert konventioneller und ökologischer Betriebe und der Jahre 2005, 2006)

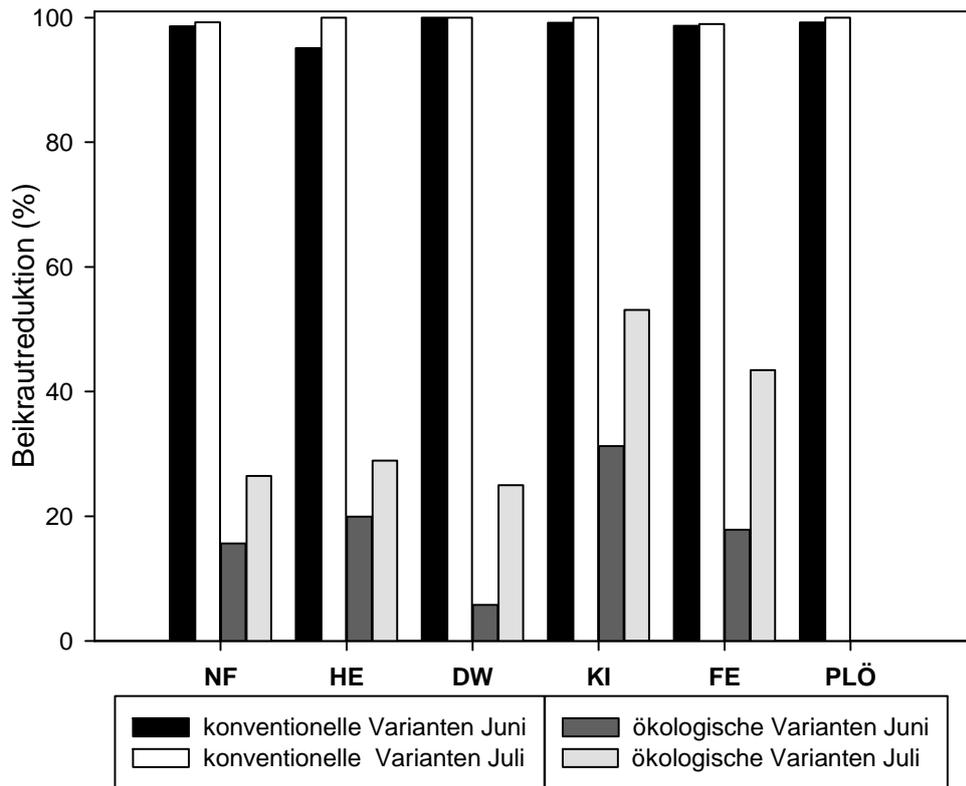


Abb. 46: Unkrautreduktion durch chemische (konventionell) und mechanische (ökologisch) Unkrautbekämpfungsmaßnahmen, Juni/Juli 2006

Die Reduktion der Unkrautdeckungsgrade in den Praxisvarianten betrug im Frühjahr (Mai) (nicht dargestellt) im Mittel über alle Standorte und Jahre im ökologischen Anbau durch die mechanischen Maßnahmen 44,1 %, hingegen resultierte durch die chemische Unkrautregulierung auf den konventionellen Betrieben eine signifikante Reduktion in Höhe von 90,8 %. Im Juni/Juli 2006 betrug der Wirkungsgrad im ökologischen Produktionssystem im Mittel 35,1 % (Variation von 25,0 % bis 53,1 %) und in konventioneller Wirtschaftsweise durch chemische Unkrautbekämpfung 99,5 %. (Abb. 44).

In 2005 konnten ähnliche Wirkungsgrade in beiden Wirtschaftswesen wie in 2006 erzielt werden. Durch den Herbizideinsatz im konventionellen Betrieb wurde das Unkrautvorkommen um durchschnittlich 96,6 %, durch die mechanische Unkrautbekämpfung im ökologischen Betrieb um 39,4 % reduziert. Gemittelt über die Jahre und Standorte lag ein Wirkungsgrad von 98,05 % (konventionell) bzw. von 37,25 % (ökologisch) vor. Die vergleichbar geringeren Wirkungsgrade mechanischer Unkrautbekämpfung sind durch die nicht vollständige Abtötung von Unkräutern und deren erneutem Anwachsen zu erklären.

Die mechanische Unkrautbekämpfung wies über die Jahre und Betriebe trotz einer Unkrautreduktion in Höhe von 37,25 % keine positive Ertragssteigerung auf. Durch den

Einsatz von Herbiziden wurde im Durchschnitt eine Verlustminderung in Form eines Ertragsanstieges in Höhe von 16 dt/ha (+ 27,5 %) erzielt.

3.5 Erträge, Qualitäten und Mykotoxingehalte

3.5.1 Versuchsjahr 2004

3.5.1.1 Erträge und Qualitäten

Die Erträge der ökologischen Varianten lagen deutlich unter denen konventioneller Varianten und erreichten annähernd 48 % der Ertragsleistung der konventionellen Praxisvariante (Tab. 35).

Das Erntegut aller konventionell bewirtschafteten Praxisvarianten erfüllte im Versuchsjahr 2004 alle für die Vermarktung geforderten Qualitäten in der Qualitätsgruppe B. Sowohl die Fallzahlen, als auch die Sedimentationswerte und Rohproteingehalte aller konventionellen Ernteproben lagen deutlich über den erforderlichen Kriterien (Tab. 36).

Die Qualitäten ökologisch wirtschaftender Betriebe unterlagen starken standort- und jahresspezifischen Schwankungen und konnten insbesondere die Rohproteingehalte der konventionellen Varianten nicht erreichen (Tab. 36).

Tab. 35: Kornerträge (dt/ha) ökologisch und konventionell wirtschaftender Betriebe, 2004

			Kontrolle 2	Praxisvariante
2 0 0 4	NF	K (Dekan)	75,3	86,10
		Ö (<i>Achat</i>)	-	65,60
	HE	K (Dekan)	84,1	118,20
		Ö (<i>Bussard</i>)	-	47,10
	DW	K (Dekan)	97,6	118,50
		Ö (<i>Bussard</i>)	-	67,1
	KI	K (Dekan)	95,2	100,40
		Ö (<i>Ökostar</i>)	-	48,2
	PLÖ	K (Dekan)	101,2	118,20
		Ö (<i>Capo</i>)	-	70,5
	FE	K (Dekan)	97,0	121,0
		Ö (<i>Capo</i>)	-	45,1
	Mittel	K (Dekan)	91,7	108,28
		Ö (<i>mix</i>)	-	56,35

3.5.1.2 *Fusarium*befall und Mykotoxingehalte

Am Standort Nordfriesland lagen die Mykotoxingehalte sowohl in der ökologischen als auch in der konventionellen Praxisvariante in erhöhter Form vor. So konnten in der Sorte Dekan (konventionelle Praxisvariante) hier Deoxynivalenolgehalte (DON) in Höhe von 0,61 mg/kg vergleichend zur Sorte Achat (ökologische Praxisvariante) von 0,36 mg/kg im Korn (Rohware) nachgewiesen werden. Die Zearalenongehalte (ZEA) der Körner (Rohware) der Sorte Dekan (konventionelle Praxisvariante) lagen bei 56 µg/kg; in der Sorte Achat (ökologische Praxisvariante) war ZEA zur Ernte nicht nachzuweisen bzw. lag unterhalb der Nachweisgrenze. An allen anderen Standorten lagen die Gehalte an DON und ZEA unterhalb der Nachweisgrenze von < 0,05 mg/kg bzw. < 25 µg/kg (Tab. 36).

Tab. 36: Qualitäten, Mykotoxingehalte, Korn, 2004

Jahr/Standort/Betrieb/Sorte		RP (%)	FZ (sec)	Sedi (ccm)	TKM (g)	DON (mg/kg)	ZEA (µg/kg)	
2004	NF	K (Dekan)	13,3	329	59	39,2	0,61	56
		Ö (Achat)	10,7	357	34	50,0	0,36	n.n.<25
	HE	K (Dekan)	13,1	390	61	51,4	n.n.<0,05	n.n.<25
		Ö (Bussard)	12,1	356	47	42,0	0,09	n.n.<25
	DW	K (Dekan)	12,4	341	62	43,9	0,07	n.n.<25
		Ö (Bussard)	12,5	-	-	48,9	-	-
	KI	K (Dekan)	12,5	352	58	45,4	0,06	n.n.<25
		Ö (Ökostar)	10,6	353	36	41,2	n.n.<0,05	n.n.<25
	PLÖ	K (Dekan)	12,4	296	42	44,9	0,06	n.n.<25
		Ö (Capo)	11,6	300	44	39,0	n.n.<0,05	n.n.<25
	FE	K (Dekan)	12,9	366	60	45,1	n.n.<0,05	n.n.<25
		Ö (Capo)	10	264	30	41,0	n.n.<0,05	n.n.<25
	Mittel	K (Dekan)	12,8	345,7	57	45,0		
		Ö (mix)	11,3	326,0	38,2	42,6		

RP=Rohprotein; FZ=Fallzahl; Sedi=Sedimentation; TKM=Tausendkornmasse

3.5.2 Versuchsjahre 2005 und 2006

3.5.2.1 Ertragsleistungen

In Abbildung 47 sind die Erträge über die Standorte und Jahre (2005, 2006) dargestellt. In konventionellen Betrieben betrug das durchschnittliche Ertragsniveau (Praxisvariante) 114,3 (Dekan) bzw. 98 dt/ha (Bussard), in ökologischen Betrieben 63 (Dekan, - 45 %) bzw. 56 dt/ha (Bussard, -43 %). Die durch Fungizideinsatz (Praxisvariante) gegenüber einer fungizidunbehandelten Kontrolle (2) erzielte Verlustminderung in Form eines Ertragsanstieges lag bei 11 % (Dekan) bzw. 14 % (Bussard). Gegenüber der völlig unbehandelten konventionellen Kontrollvariante 1 (ohne mineralische N-Düngung und chemischen Pflanzenschutz) lag die Ertragsleistung der konventionellen Praxisvariante um

54 % (Bussard) bzw. um 47 % (Dekan) erhöht vor. Der alleinige Herbizideinsatz in der Kontrolle 1b (konventionell) führte vergleichend zur unbehandelten Kontrolle 1 zu einer durchschnittlichen Ertragssteigerung in Höhe von 17 bis 18,4 dt/ha.

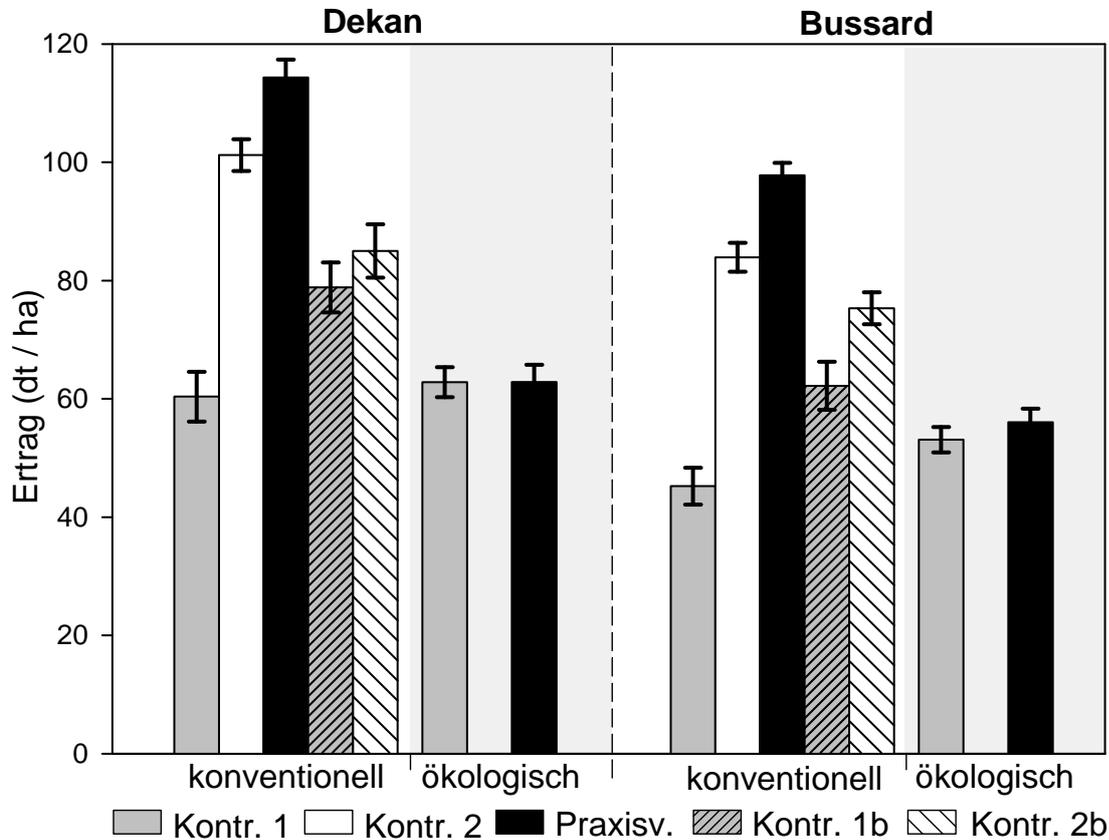


Abb. 47: Erträge der ökologischen und konventionellen Varianten, Mittelwert über die Jahre 2005, 2006 und Standorte, Fehlerbalken = SE; n=36 (Ausnahme Kontrolle 2b: 2006, n=17)

Die im Versuchsjahr 2006 etablierte Variante 2b (fehlende Herbizidbehandlung jedoch mit N-Düngung) dokumentierte vergleichend zur völlig unbehandelten Kontrolle 1 (ohne Düngung, ohne Herbizide, Fungizide und Insektizide) eine Ertragserhöhung von 16 dt/ha (Dekan) bzw. 22,5 dt/ha (Bussard). Innerhalb der ökologischen Betriebe waren keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen der Praxisvariante bzw. der Kontrolle 1 festzustellen (Abb. 47, Tab. 41, 42). Das Ertragsniveau der ökologischen Praxisvariante im Vergleich zur konventionellen lag deutlich niedriger. Die Ertragsunterschiede betragen 52 dt/ha (Dekan) bzw. 42 dt/ha (Bussard). Die Nettoertragsleistungen der Jahre 2005 und 2006 sind für die einzelnen Varianten und Standorte in Tabelle 41 und 42 dargestellt.

Die direkte Vergleichsmöglichkeit ökologischer und konventioneller Anbauintensitäten ist in beiden Betriebspaaren prinzipiell anhand gleichlaufender Varianten (Praxis-, Kontrollvariante 1) möglich. In der nachfolgenden Varianztabelle (Tab. 37) ist erkennbar, dass der

Standorteinfluss (Standort) ohne signifikanten Unterschied bleibt, hingegen die Faktoren Bewirtschaftungsweise (ökologisch/konventionell), Sorte, Variante sowie bestimmte Interaktionen (Standort*ökologisch/konventionell, ökologisch/konventionell*Sorte, ökologisch/konventionell*Variante, Standort*Variante) einen signifikanten Einfluss auf das Ertragsergebnis besitzen (Tab. 37).

Tab. 37: Varianztabelle für das vollständige statistische Modell unter Berücksichtigung der Praxisvariante und Kontrolle 1

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F-Value	Pr>F
Standort	5	6	1,21	0,4043
öko/konv	1	6	67,84	0,0002
Standort*öko/konv	5	6	6,6	0,0199
Sorte	1	12	49,95	<,0001
Standort*Sorte	5	12	0,43	0,8203
öko/konv*Sorte	1	12	5,31	0,0398
Standort*öko/konv*Sorte	5	12	1,9	0,1683
Variante	1	39	318,41	<,0001
Variante*Sorte	1	39	0,03	0,8745
öko/konv*Variante	1	39	275,23	<,0001
öko/konv*Variante*Sorte	1	39	0,6	0,4434
Standort*Variante	5	39	3,65	0,0083

Bei den Erträgen der gleichlaufenden Varianten Kontrolle 1 und Praxisvariante konnten vier unterschiedliche Signifikanzklassen (A-D) ermittelt werden. Die Erträge der Sorten Bussard und Dekan unterscheiden sich in der konventionellen Wirtschaftsweise sowohl innerhalb der Praxisvariante als auch innerhalb der Kontrolle 1 signifikant (Tab. 38). In der ökologischen Wirtschaftsweise können keine signifikanten Ertragsunterschiede sowohl zwischen beiden Sorten als auch zwischen Kontrolle 1 und praxisüblicher Variante ermittelt werden.

Tab. 38: Mittelwertvergleich zwischen den Erträgen der Praxisvariante und Kontrolle 1, Sorten Dekan, Bussard, ökologische (Ö) und konventionelle (K) Wirtschaftsweise

Betriebstyp	Variante	Sorte	Estimate	Standard Error	Alpha	Lower	Upper	Letter-Group
K	Praxis	Dekan	114,37	4,3194	0,05	105,64	123,11	A
K	Praxis	Bussard	97,5924	4,3194	0,05	88,8556	106,33	B
Ö	Praxis	Dekan	62,9121	4,3194	0,05	54,1753	71,6489	C
Ö	Kontr. 1	Dekan	62,4042	4,3194	0,05	53,6674	71,1409	C
K	Kontr. 1	Dekan	58,8806	4,3194	0,05	50,1438	67,6173	C
Ö	Praxis	Bussard	56,3585	4,3194	0,05	47,6217	65,0953	C
Ö	Kontr. 1	Bussard	52,8951	4,3194	0,05	44,1584	61,6319	CD
K	Kontr. 1	Bussard	44,0472	4,3194	0,05	35,3104	52,784	D

Unter Einbeziehung der Varianten Kontrolle 2, Kontrolle 2b und Kontrolle 1b (Tab. 39) in das statistische Modell ist ersichtlich, dass, vergleichend zur Auswertung ohne diese Varianten (vgl. Tab. 37) der Standorteinfluss (Standort) ebenfalls ohne signifikanten Unterschied bleibt und hingegen die Faktoren Bewirtschaftungsweise (ökologisch/konventionell), Sorte, Variante sowie die Interaktionen (Standort*ökologisch/konventionell, Standort*Variante, ökologisch/konventionell*Sorte, ökologisch/konventionell*Variante) einen signifikanten Einfluss auf das Ertragsergebnis besitzen (Tab. 39). Die Signifikanzen verändern sich unter Berücksichtigung von nur fünf Standorten im Vergleich vergleichend zur Auswertung in Tabelle 37 unwesentlich.

Tab. 39: Varianztabelle für das vollständige statistische Modell unter Berücksichtigung aller Varianten konventioneller und ökologischer Intensitäten

Effect	Type 3 Tests of Fixed Effects			
	Num DF	Den DF	F-Value	Pr>F
Standort	4	5	0,48	0,7498
öko/konv	1	5	41,76	0,0013
Standort*öko/konv	4	5	6,45	0,0328
Sorte	1	10	39,24	<,0001
Ort*Sorte	4	10	0,1	0,9788
öko/konv*Sorte	1	10	5,96	0,0347
Standort*öko/konv*Sorte	4	10	1,83	0,1991
Variante	4	62	104,67	<,0001
Variante*Sorte	4	62	1,15	0,3398
öko/konv*Variante	1	62	256,39	<,0001
öko/konv*Variante*Sorte	1	62	0,51	0,4768
Standort*Variante	16	62	3,52	0,0002

Nach Einbeziehung der Varianten Kontrolle 1, 2, 1b, 2b und Praxisvariante in das statistische Modell konnten sieben Signifikanzklassen (A-G) ermittelt werden. Signifikante Unterschiede zwischen den Ertragsniveaus der konventionellen Praxisvariante und Kontrolle 2 innerhalb einer Sorte dokumentieren den verlustmindernden Einfluss der Fungizidapplikation. Das Ertragsniveau differierte dabei in beiden Sorten um 15 dt/ha zugunsten der Praxisvariante. Der signifikante Einfluss der Herbizidapplikation (K) lässt sich aus dem Vergleich Kontrolle 2 (gedüngt, mit Herbizid) mit Kontrolle 2b (gedüngt, ohne Herbizid) herleiten. Eine Verlustminderung in Form eines Ertragsanstieges von 26,8 dt/ha im Dekan und 14,9 dt/ha im Bussard konnte somit in der konventionellen Wirtschaftsweise durch einen Herbizideinsatz nachgewiesen werden (Tab. 40). Die Ergebnisse des Vergleichs der Kontrolle 1 (ungedüngt, ohne Herbizid) und Kontrolle 1b (ungedüngt, mit Herbizid) untermauern dieses Ergebnis mit

einer signifikanten Erhöhung des Ertrages von 14 dt/ha (Dekan) bzw. 14,3 (Bussard) durch die Unkrautreduzierung.

Die mineralische Stickstoffdüngung führte zusätzlich zu einer signifikanten Ertragssteigerung (Kontrolle 2 versus Kontrolle 1b: + 27,8 dt/ha (Dekan); +25,1 dt/ha (Bussard)). Das Ertragsniveau zwischen der konventionellen Praxisvariante (mit Düngung, mit Herbizid, Fungizid und Insektizid) differierte im Vergleich zur vollständig unbehandelten Kontrolle 1 um den Faktor zwei (Tab. 40). Unterschiede in der Ertragsleistung der ökologischen Kontrolle 1 und der Praxisvariante konnten wiederum nicht bestätigt werden. Die mechanische Unkrautbekämpfung blieb ohne signifikanten Effekt und die Ertragshöhe der ökologischen Varianten liegt auf dem Niveau der vollständig unbehandelten konventionellen Variante. Die höhere Effektivität konventioneller Maßnahmen (PSM, Düngung) resultiert somit annähernd in einer Verdoppelung der Ertragsleistung gegenüber der ökologischen Wirtschaftsweise (Tab. 40).

Tab. 40: Mittelwertvergleich zwischen den Erträgen der Praxisvariante, Kontrolle 1, 2, 1b und 2b in den Sorten Dekan und Bussard ökologischer und konventioneller Intensität

Betriebstyp	Variante	Sorte	Estimate	Standard Error	Alpha	Lower	Upper	Letter-Group
K	Praxis	Dekan	117,82	5,4306	0,05	106,96	128,67	A
K	Kontr. 2	Dekan	102,84	5,4306	0,05	91,9866	113,7	B
K	Praxis	Bussard	99,0508	5,4306	0,05	88,1951	109,91	B
K	Kontr. 2	Bussard	83,9833	5,4306	0,05	73,1276	94,839	C
K	Kontr. 2b	Dekan	76,0354	6,0064	0,05	64,0289	88,0419	CDE
K	Kontr. 1b	Dekan	75,0403	5,5307	0,05	63,9845	86,0961	CD
K	Kontr. 2b	Bussard	69,1242	6,0064	0,05	57,1176	81,1307	DEF
Ö	Praxis	Dekan	65,5725	5,4306	0,05	54,7168	76,4282	DEF
Ö	Kontr. 1	Dekan	64,71	5,4306	0,05	53,8543	75,5657	DEF
K	Kontr. 1	Dekan	61,0367	5,4306	0,05	50,181	71,8924	F
Ö	Praxis	Bussard	58,9567	5,4306	0,05	48,101	69,8124	EFG
K	Kontr. 1b	Bussard	58,8983	5,5307	0,05	47,8425	69,954	F
Ö	Kontr. 1	Bussard	55,5967	5,4306	0,05	44,741	66,4524	FG
K	Kontr. 1	Bussard	44,56	5,4306	0,05	33,7043	55,4157	G

Tab. 41: Nettoertragsleistung , Standort, Wirtschaftsweise, Variante, 2005 (dt/ha)

2005		Dekan (dt / ha)				
		Kontrolle 1	Kontrolle 2	Praxis	Kontrolle 1b	Kontrolle 2b
NF	K	18	75,2	97,8	39,2	-
	Ö	43,5	-	43,5	-	-
HE	K	48,7	98,4	114	59,5	-
	Ö	55,8	-	68	-	-
DW	K	39,2	96,9	96,4	-	-
	Ö	52,9	-	49,8	-	-
KI	K	29,4	81,7	98,6	-	-
	Ö	56,9	-	50,1	-	-
PLÖ	K	62,5	102,2	111	61,9	-
	Ö	71,8	-	77,6	-	-
FE	K	97,9	115	126	105,6	-
	Ö	63	-	69,2	-	-
Mittel	K	49,3	94,9	107	66,5	-
	Ö	57,3	-	59,7	-	-
		Bussard (dt / ha)				
NF	K	11	50,7	81,8	25,3	-
	Ö	43,4	-	43,4	-	-
HE	K	29	79,3	99,9	37,6	-
	Ö	57,4	-	68,2	-	-
DW	K	32,5	84,7	85,9	-	-
	Ö	39,5	-	45,9	-	-
KI	K	27,9	73,5	87	-	-
	Ö	37,9	-	35,4	-	-
PLÖ	K	55,7	88	90,8	57,8	-
	Ö	72,1	-	71,4	-	-
FE	K	77,5	93,5	114	93,4	-
	Ö	55,7	-	59,5	-	-
Mittel	K	38,9	78,3	93,1	53,5	-
	Ö	51	-	54	-	-

Kontrolle 1 = ohne Düngung; ohne Herbizid-, Insektizid- und Fungizidapplikation (völlig unbehandelt); **Kontrolle 2** = mit Düngung (betriebsspezifisch), ohne Insektizid- und Fungizidapplikation, mit Herbizidapplikation; **Praxisvariante** = mit Düngung (betriebsspezifisch), mit chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen (betriebsspezifisch); **Kontrolle 1b** = ohne Düngung; ohne Insektizid- und ohne Fungizidapplikation, mit Herbizidapplikation (betriebsspezifisch, jedoch nicht alle Betriebe); **Kontrolle 2b** = mit Düngung (betriebsspezifisch), ohne Insektizid- und ohne Fungizidapplikation, ohne Herbizidapplikation (nicht alle Betriebe sowie nur Versuchsjahr 2006)

Tab. 42: Nettoertragsleistung, Standort, Wirtschaftsweise, Variante, 2006 (dt/ha)

2006		Dekan (dt / ha)				
		Kontrolle 1	Kontrolle 2	Praxis	Kontrolle 1b	Kontrolle 2b
NF	K	59,4	130,6	142	96,4	74,2
	Ö	84,8	-	90,7	-	-
HE	K	45,4	101,4	114	70,7	67,2
	Ö	58,9	-	58,9	-	-
DW	K	56,9	96,4	98	-	-
	Ö	49,5	-	50,6	-	-
KI	K	62	93,2	92,9	65,7	77,9
	Ö	77,3	-	75	-	-
PLÖ	K	81,9	118,2	144	95,6	95
	Ö	85,2	-	82,6	-	-
FE	K	105,3	112,5	138	102,5	106
	Ö	46,5	-	41,6	-	-
Mittel	K	68,5	108,7	122	86,2	84,1
	Ö	67	-	66,5	-	-
		Bussard (dt / ha)				
NF	K	53,2	115,8	105	73,4	80,8
	Ö	73,3	-	70,8	-	-
HE	K	25,7	78,1	93,7	48,4	58,2
	Ö	45,4	-	52,5	-	-
DW	K	50,4	82,2	94,7	-	-
	Ö	41,5	-	41,7	-	-
KI	K	47,6	73,6	89	56,4	76,8
	Ö	57,1	-	67,4	-	-
PLÖ	K	47	101,5	120	61,6	88,4
	Ö	62,5	-	66,6	-	-
FE	K	70,8	85,9	110	88,6	72,7
	Ö	52,2	-	54,4	-	-
Mittel	K	49,1	89,5	102	65,7	75,4
	Ö	55,3	-	58,9	-	-

Kontrolle 1 = ohne Düngung; ohne Herbizid-, Insektizid- und Fungizidapplikation (völlig unbehandelt); **Kontrolle 2** = mit Düngung (betriebsspezifisch), ohne Insektizid- und Fungizidapplikation, mit Herbizidapplikation; **Praxisvariante** = mit Düngung (betriebsspezifisch), mit chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen (betriebsspezifisch); **Kontrolle 1b** = ohne Düngung; ohne Insektizid- und ohne Fungizidapplikation, mit Herbizidapplikation (betriebsspezifisch, jedoch nicht alle Betriebe); **Kontrolle 2b** = mit Düngung (betriebsspezifisch), ohne Insektizid- und ohne Fungizidapplikation, ohne Herbizidapplikation (nicht alle Betriebe sowie nur Versuchsjahr 2006)

3.5.2.2 Mykotoxingehalte

In 2005 (Tab. 43) konnten an vier Standorten geringe Deoxynivalenolkonzentrationen nachgewiesen werden. Die Sorte Dekan wies dabei höhere Werte (0,09 mg/kg bis 0,19 mg/kg Korn) auf als die Sorte Bussard (0,05 mg/kg bis 0,07 mg/kg Korn). Am Standort Heide wurde in der Sorte Dekan der ökologischen Variante neben 0,13 mg DON /kg Korn auch Zearalenon (ZEA) in Höhe von 12,4 µg ZEA /kg Korn festgestellt. Die nachgewiesenen Werte lagen unterhalb der durch die Mykotoxinhöchstmengenverordnung vorgeschriebenen Höchstwerte. Ein signifikanter Einfluss des Bewirtschaftungssystems konnte nicht abgesichert werden. Tendenziell ist jedoch die Häufigkeit eines Befallsauftretens in der ökologischen Wirtschaftsweise höher. Zudem haben die ökologischen Praxisvarianten innerhalb dieser Untersuchungen höhere Werte zu verzeichnen als die konventionellen, zurückzuführen auf die in konventionellen Betrieben durch Fungizideinsatz im Blatt- und Ährenbereich resultierenden Reduktion des Fusarienbefalls einhergehend mit einer Verminderung der Mykotoxinbildung.

In 2006 (Tab. 44) konnte überregional auf keinem Betrieb, weder in der Sorte Dekan noch in Bussard, eine Belastung mit Mykotoxinen oberhalb der Nachweisgrenze (DON: 0,05 mg/kg Korn; ZEA: 5 µg/kg Korn) festgestellt werden (Tab. 44).

3.5.2.3 Qualitäten

In 2005 und 2006 erfüllte das Erntegut der Sorten Dekan und Bussard aller konventionell bewirtschafteten Praxisvarianten die für die Vermarktung geforderten Qualitäten in der Qualitätsgruppe B (Ausnahme: 2005: Sorte Bussard FZ = 166). Wie auch in 2004 lagen nicht nur die Fallzahlen, sondern auch die Sedimentationswerte und Rohproteingehalte aller Ernteproben deutlich oberhalb der Qualitätsansprüche.

Die Qualitäten der ökologisch wirtschaftenden Betriebe konnten die Qualitätsergebnisse, insbesondere die Rohprotein- und Feuchtklebergehalte, der konventionellen Varianten nicht erreichen (Tab. 43). Der Rohproteingehalt lag durchschnittlich um 2,1 - 2,2 % (Dekan) bzw. um 3,5 – 4 % (Bussard) niedriger vor; die mittleren Feuchtklebergehalte waren um 9,5 % (Dekan 2005) bis zu 12,4 % (Bussard, 2006) geringer gegeben. Die Sorte Bussard hatte sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Anbau aufgrund ihrer genetischen Eigenschaften und der damit verbundenen Einordnung in die Qualitätsgruppe E erwartungsgemäß 0,9 - 1,7 % höhere Rohproteinwerte als die Sorte Dekan.

Tab. 43: Qualität , Mykotoxingehalt des Korns, ökologische (Ö) und konventionelle (K) Wirtschaftsweise, Sorten Dekan, Bussard, Praxisvariante 2005

2005		Dekan						
		RP (%)	FK (%)	FZ (sec)	Sedi (ccm)	TKM (g)	DON (mg/kg)	ZEA (µg/kg)
NF	K	12,8	24,6	297	43	47,8	0,09	n.n.<5,0
	Ö	9,2	14,0	259	32	46,6	n.n.<0,05	n.n.<5,0
HE	K	12,3	28,3	265	46	48,2	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	9,6	15,7	278	29	49,8	0,13	12,4
DW	K	12,0	23,3	395	42	46,3	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	9,5	17,8	308	32	46,1	n.n.<0,05	n.n.<5,0
KI	K	12,5	24,4	296	55	43,5	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	10,1	18,8	347	27	44,9	n.n.<0,05	n.n.<5,0
PLÖ	K	12,7	25,1	348	46	46,2	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	9,1	13,4	284	25	48,1	0,19	n.n.<5,0
FE	K	14,1	27,9	343	63	40,1	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	10,1	16,6	346	31	42,8	n.n.<0,05	n.n.<5,0
Mittel	K	12,7	25,6	324	49,2	45,4		
	Ö	9,6	16,1	304	29,3	46,4		
		Bussard						
NF	K	14,5	34,8	291	70	45,6	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	9,9	16,6	314	29	45,4	n.n.<0,05	n.n.<5,0
HE	K	12,7	29,5	166	67	48,8	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	11,3	22,6	240	36	47,9	0,07	n.n.<5,0
DW	K	12,9	28,7	243	70	50,8	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	10,1	22,9	231	38	46,3	0,06	n.n.<5,0
KI	K	14,0	30,4	230	74	46,1	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	10,5	17,5	296	42	44,6	n.n.<0,05	n.n.<5,0
PLÖ	K	13,9	31,6	247	73	47,7	0,05	n.n.<5,0
	Ö	10,5	17,6	303	31	46,8	n.n.<0,05	n.n.<5,0
FE	K	16,7	36,2	251	78	44,7	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	11,2	22,0	301	37	43,1	n.n.<0,05	n.n.<5,0
Mittel	K	14,1	31,9	238	72	47,3		
	Ö	10,6	19,9	281	35,5	45,7		

RP=Rohprotein; FK=Feuchtkleber; FZ=Fallzahl; Sedi=Sedimentation; TKM=Tausendkornmasse; DON=Deoxynivalenol; ZEA=Zearalenon; n.n. = nicht nachgewiesen

Tab. 44: Qualität , Mykotoxingehalt des Korns, ökologische (Ö) und konventionelle (K) Wirtschaftsweise, Sorten Dekan, Bussard, Praxisvariante 2006

2006		Dekan						
		RP (%)	FK (%)	FZ (sec)	Sedi (ccm)	TKM (g)	DON (mg/kg)	ZEA (µg/kg)
NF	K	11,7	26,4	385	35	47,7	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	9,3	17,0	388	23	49,8	n.n.<0,05	n.n.<5,0
HE	K	13,1	30,1	379	55	47,2	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	8,9	n.b.	355	24	49,4	n.n.<0,05	n.n.<5,0
DW	K	10,5	20,1	378	35	49,1	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	9,9	16,9	392	25	45,1	n.n.<0,05	n.n.<5,0
KI	K	13,4	27,9	433	59	44,9	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	8,9	n.b.	369	23	48,3	n.n.<0,05	n.n.<5,0
PLÖ	K	14,3	33,0	402	58	48,4	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	11,3	22,8	402	33	39,2	n.n.<0,05	n.n.<5,0
FE	K	14,5	31,4	414	62	39,8	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	10,1	19,0	426	31	41,0	n.n.<0,05	n.n.<5,0
Mittel	K	12,9	28,2	399	50,7	46,2		
	Ö	9,7	18,9	389	26,5	45,5		
		Bussard						
NF	K	13,8	34,6	388	70	49,1	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	10,5	22,3	383	29	47,9	n.n.<0,05	n.n.<5,0
HE	K	15,1	37,7	326	75	45,3	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	10,1	20,0	297	31	48,3	n.n.<0,05	n.n.<5,0
DW	K	10,9	23,9	381	42	47,5	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	11,1	23,0	350	25	46,3	n.n.<0,05	n.n.<5,0
KI	K	15,1	37,4	383	73	44,9	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	10,1	18,9	359	28	45,7	n.n.<0,05	n.n.<5,0
PLÖ	K	15,3	39,7	401	70	50,2	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	11,2	25,7	389	37	42,1	n.n.<0,05	n.n.<5,0
FE	K	17,1	40,9	443	74	41,4	n.n.<0,05	n.n.<5,0
	Ö	10,8	24,1	342	31	46,1	n.n.<0,05	n.n.<5,0
Mittel	K	14,6	35,7	387	67,3	46,4		
	Ö	10,6	22,3	353	30,2	46,1		

RP=Rohprotein; FK=Feuchtkleber; FZ=Fallzahl; Sedi=Sedimentation; TKM=Tausendkornmasse; DON=Deoxynivalenol; ZEA=Zearalenon; n.n. = nicht nachgewiesen

Die Feuchtklebergehalte und Sedimentationswerte lagen ebenfalls in der Sorte Bussard erhöht vor, wobei wiederum eine hohe Differenz zwischen ökologisch und konventionell erzeugter Ware zu beobachten war. Anhand der Fallzahl und des TKG konnten keine oder nur geringe Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt werden.

Insgesamt wiesen die Proben des Erntejahres 2005 eine geringere Qualität gegenüber 2006 auf. Die konventionell erzeugten Kornproben beider Sorten wiesen die geforderten Qualitätskriterien für Backweizen auf, wogegen die ökologisch erzeugten Proben diese nicht erfüllten. Insbesondere der geforderte Mindest-Feuchtklebergehalt von 20 % konnte 2005 nur auf drei, hingegen 2006 auf fünf ökologisch wirtschaftenden Betrieben ausschließlich in der Sorte Bussard erreicht werden.

3.5.3 Einfluss des Anbausystems auf die Proteinqualität des Weizen (Ernährungsphysiologische Qualität)

Der Wert einer Proteinquelle wird durch den Proteingehalt und die Aminosäurezusammensetzung bestimmt. Eine optimale Proteinsynthese im Stoffwechsel erfordert die gleichzeitige Anwesenheit aller und die spezielle Verfügbarkeit einzelner Aminosäuren in einem Nahrungs- oder Futterprotein für die Bildung unterschiedlicher Proteinsequenzen. Nahrungs- bzw. Futtermittel weisen verschiedene Muster der Aminosäurezusammensetzung auf. Dabei können Gehalte bestimmter Aminosäuren einen limitierenden Faktor darstellen, wenn sie im Verhältnis zu anderen essenziellen Aminosäuren unterrepräsentiert sind. Im Weizen stellt Lysin die limitierende Aminosäure dar. Die Lysinmenge in einem Gramm Weizenprotein deckt nur ca. 50-60 % des durchschnittlichen menschlichen Bedarfs pro Gramm Rohprotein ab.

Im Vergleich weisen die konventionellen Betriebe durchschnittlich 43,5 % höhere Kornerträge (Mittel über die Sorten und Jahre) auf (Abb. 48). In Verbindung mit erhöhten Rohproteingehalten ergibt sich dementsprechend eine Steigerung des Rohproteinertrages von 58 % gegenüber der ökologischen Wirtschaftsweise. Einhergehend mit steigenden Rohproteinträgen ist auch ein höherer Ertrag an essenziellen Aminosäuren (z. B. Lysin, Threonin) als Bestandteil des Proteins feststellbar. Die ungedüngten konventionellen Varianten liegen dabei auf gleichem Niveau wie die ökologischen Varianten. Mit einem Ertrag von 35 kg Lysin /ha (Dekan) bzw. 31 kg Lysin /ha (Bussard) liegen beide Sorten auf ähnlich hohem Niveau. Der geringfügig geringere Kornertrag (-15 %) der Sorte Bussard (Abb. 48, links, Praxisvariante) gegenüber Dekan (Abb. 48, rechts, Praxisvariante) wird durch einen um höheren Rohproteingehalt (Dekan 12,5 %, Bussard 14,35 %) annähernd ausgeglichen (Abb. 48).

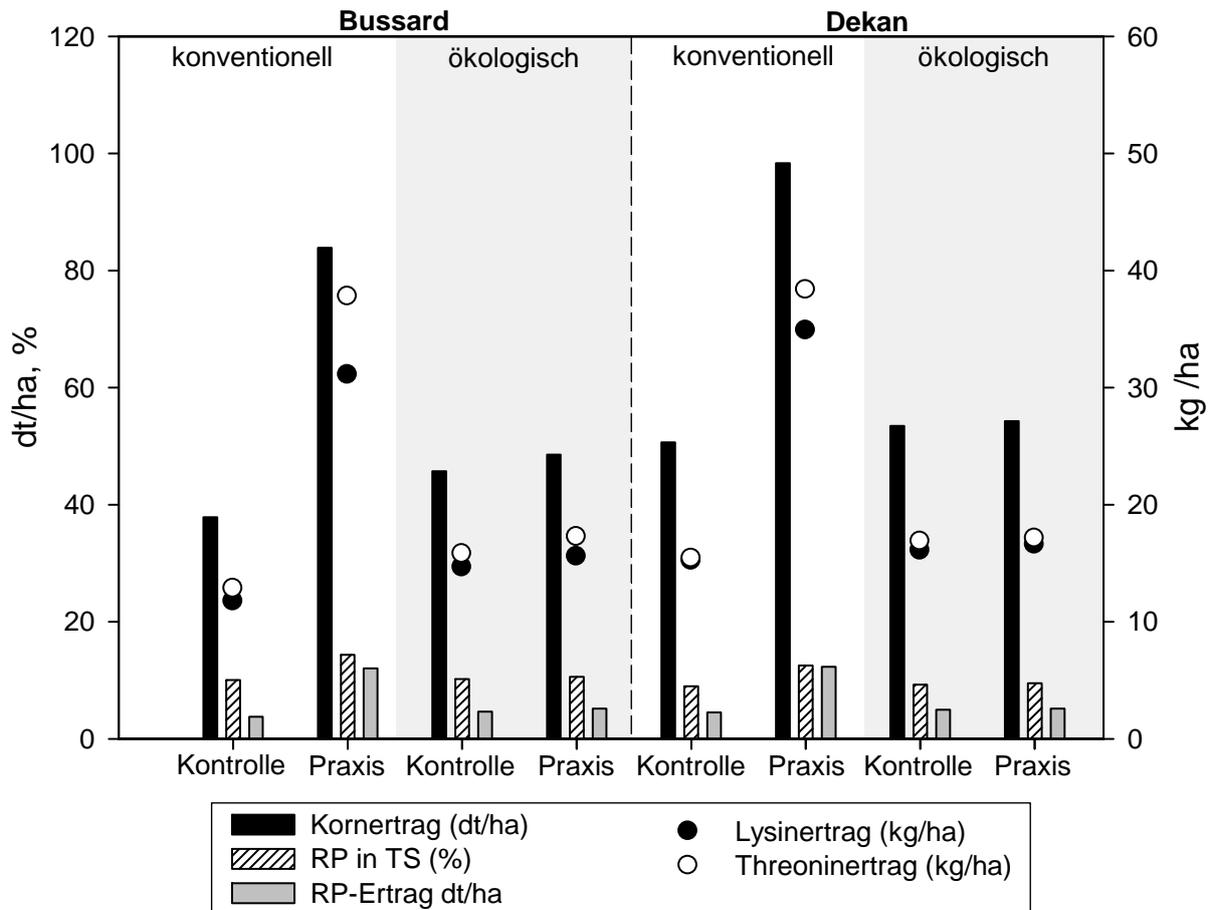


Abb. 48: Über die Betriebe und Jahre gemittelter Kornertrag, Rohproteingehalt (RP), Rohproteinertag, Lysin- und Threoninertrag der ungedüngten Kontrolle¹ und betriebsüblicher Praxisvariante ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise

Mit steigendem Rohproteingehalt im Korn steigt, bezogen auf die Trockenmasse, auch die Menge an Lysin im Korn (Abb. 49), woraus sich letztendlich auch die höhere Lysinabfuhr ergibt. Bezogen auf ein Gramm Rohprotein, sinkt jedoch die Menge (Abb. 50) an Lysin. Da Lysin die erstlimitierende Aminosäure im Weizenprotein darstellt, weist das erzeugte Weizenkorn aus Produktionssystemen mit geringerer Stickstoffdüngung demnach bezogen auf die Lysinmenge je Gramm Rohprotein eine günstigere Aminosäurezusammensetzung auf als ein vergleichsweise intensiv gedüngter Weizen.

Die Auswahl der Sorte hat ebenfalls einen Einfluss auf das Verhältnis der Aminosäuren. Sorten mit potenziell hohen Rohproteingehalten wie z. B. die Sorte Bussard (E-Weizen) weisen bei gleicher Düngungsstufe höhere Rohproteingehalte auf, die aber mit einer geringeren Lysinmenge bezogen auf ein Gramm Rohprotein korrelieren (Abb. 50).

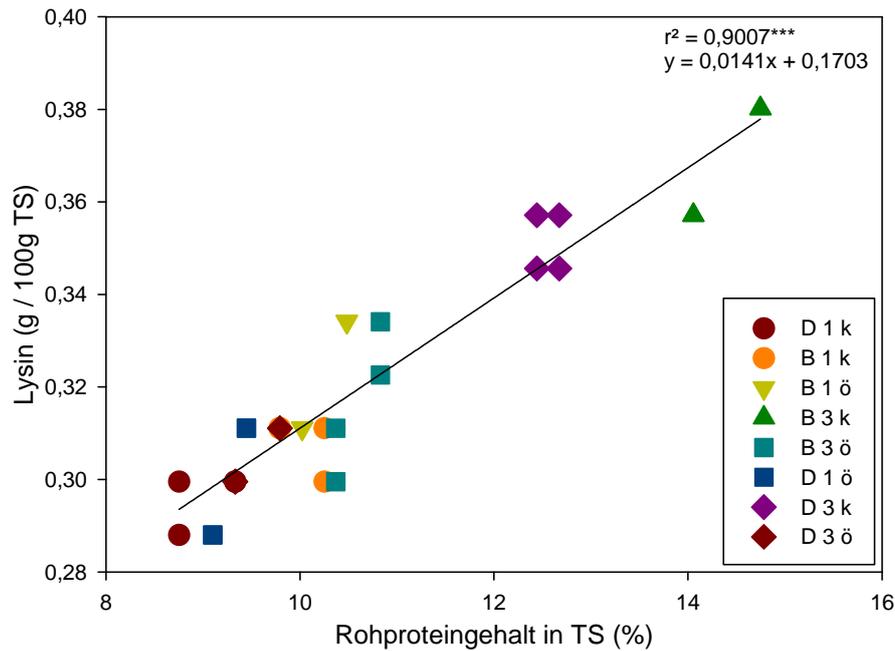


Abb. 49: Lysinmenge in der Trockensubstanz (TS) von Weizen in Abhängigkeit vom Rohproteingehalt (B=Bussard, D=Dekan, 1=Kontrolle, 3=Praxis k=konv., ö=ökol.)

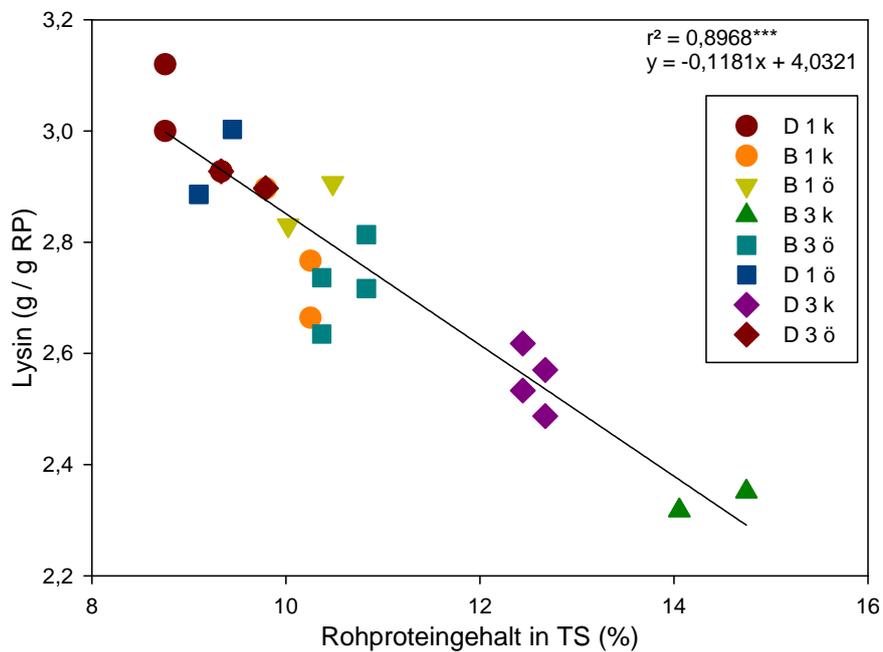


Abb. 50: Lysinmenge von Winterweizen pro g Rohprotein in Abhängigkeit vom Rohproteingehalt (B=Bussard, D=Dekan, 1=Kontrolle, 3=Praxis k=konv., ö=ökol.)

Die Stickstoffdüngung führt zu einer signifikanten Erhöhung der Rohproteingehalte im Korn einhergehend mit einer Verbesserung der technischen Qualität (Feuchtkleber, Fallzahl,

Sedimentation) (Tab. 43, 44, Kapitel 3.5.2.3), jedoch gleichzeitig zu einer ungünstigeren Aminosäurezusammensetzung durch die Verringerung des Lysinanteils im Rohprotein.

3.5.4 Rückstandsanalytik

3.5.4.1 Ganzpflanzen und Erntegut (Korn) der Versuchsjahre 2005 und 2006

Die konventionellen Praxisvarianten wurden im Laufe der Vegetation bis zu vier Pflanzenschutzmittelmaßnahmen unterzogen, um den Befall und die Schädigungen durch pilzliche Erreger (vgl. Tab. 18, Kapitel 3.1.5.1) sowie Schadinsekten (vgl. Tab. 19, Kapitel 3.5.1.2) zu reduzieren. Weiterhin fanden Wachstumsregulatoren bis spätestens zum Stadium EC 31/32 (vgl. Tab. 22, Kapitel 3.1.5.5) in unterschiedlichen Entwicklungsstadien Anwendung (Chlormequatchlorid, Trinexapac-ethyl, Ethephon), um die Standfestigkeit der Pflanzen zu erhöhen und die Lagergefahr zu verringern. Die verschiedenen Wirkstoffe unterliegen entsprechend ihrer Eigenschaften unterschiedlicher Verteilmuster (Kontaktmittel, Mittel mit Tiefenwirkung (teilsystemisch), systemische Mittel) in der Pflanze. Nach Abschluss der praxisüblichen letzten Behandlungsmaßnahme (EC 61-67, Tab. 18, 19) wurde der oberirdische Aufwuchs der Weizenpflanzen in regelmäßigen wöchentlichen (T1-T4) ab EC 69 (= T1) Abständen hinsichtlich der Gehalte an ausgebrachten Wirkstoffen beprobt und analysiert, um die vorhandene Menge, den Abbau bzw. keine mögliche Persistenz der Wirkstoffe in der Pflanze qualitativ und quantitativ nachzuweisen (vgl. Tab. 11, Kapitel 2.8). Die fungiziden und insektiziden Wirkstoffe unterlagen über den Beprobungszeitraum im Mittel einer Metabolisierung bzw. einem stetigen Abbau (Abb. 51, 52).

In 2005 (Abb. 51) dominierte der Wirkstoff Spiroxamine in Kombination mit dem Wirkstoff Prothioconazol bei der Abschlussbehandlung Ende Blüte (EC 69). Diese Wirkstoffe waren daraufhin an allen Standorten in den Pflanzen nachweisbar. Insektizide Wirkstoffe wie λ -Cyhalothrin, Oxydemeton-methyl und Dimethoat wurden in nur sehr geringen Mengen an einzelnen Standorten eingesetzt (vgl. Tab. 19, Kapitel 3.5.1.2), weshalb die Konzentrationen dieser Wirkstoffe sich in der Gesamtpflanze auf einem insgesamt sehr niederen Niveau bewegen.

In Jahr 2006 kam neben Spiroxamine und Prothioconazol zusätzlich Chlorthalonil (Bravo 500, Kontaktfungizid) überregional an allen Standorten zum Einsatz (vgl. Tab. 18, Kapitel 3.1.5.1). Dieser Wirkstoff war im Gegensatz zu anderen Präparaten in allen Pflanzenproben in erhöhten Konzentrationen nachweisbar, da sich an manchen Standorten die Applikationsfrequenz unter stetiger Einbeziehung dieses protektiven Fungizides von der Erstbehandlung bis zur Abschlussbehandlung erstreckte (vgl. Tab. 18, Kapitel 3.1.5.1).

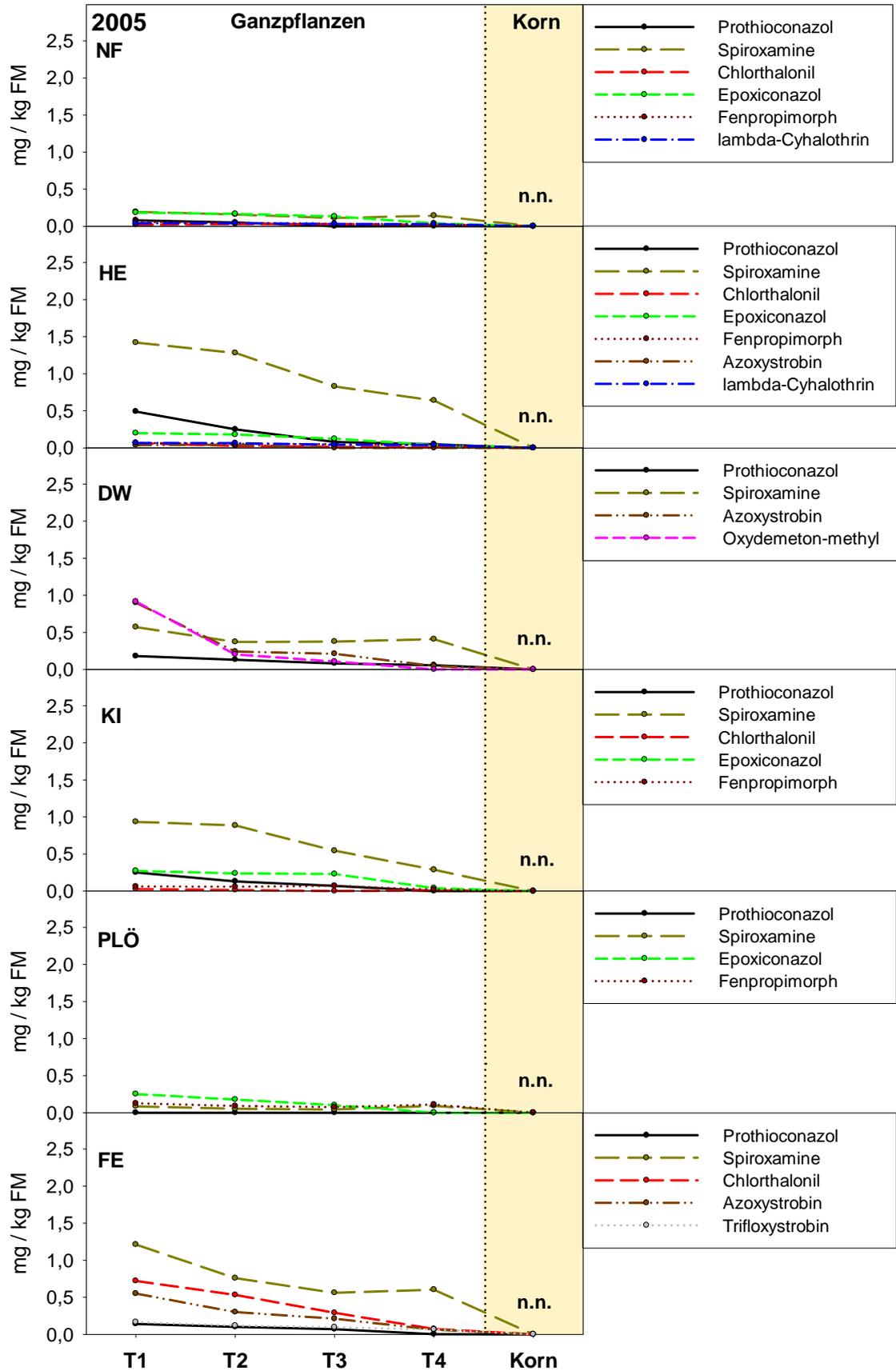


Abb. 51: Abbauverhalten der Wirkstoffe in der Pflanze, Praxisvariante der konventionellen Standorte, Sorte Dekan, Einzelwerte 2005, T1 = EC 69

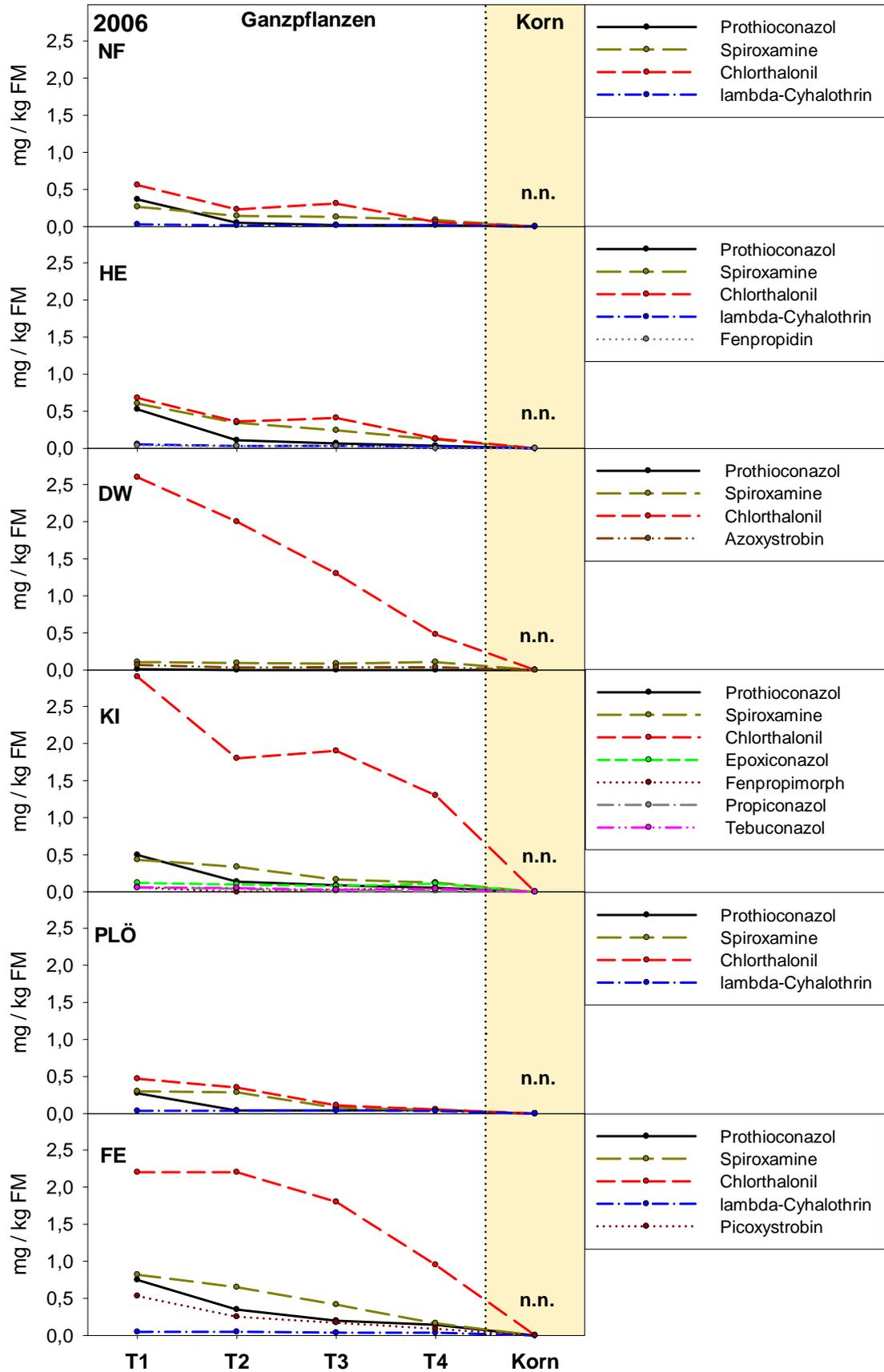


Abb. 52: Abbauverhalten der Wirkstoffe in der Pflanze, Praxisvariante der konventionellen Standorte, Sorte Dekan, Einzelwerte 2006, T1 = EC 69

In den Abbildungen 53 bis 56 ist anhand von vier ausgewählten fungiziden und insektiziden Wirkstoffen (3 Fungizide, 1 Insektizid) das Abbauverhalten in den Jahren 2005 und 2006 überregional dargestellt. Erkennbar sind die unterschiedlichen Abbaueigenschaften. Prothioconazol (Abb. 53) und Spiroxamine (Abb. 54) unterliegen einem exponentiellen Abbau in der Pflanze, während Chlorthalonil (Abb. 55) und λ -Cyhalothrin (Abb. 56) einem linearen Abbauverhalten in der Pflanze unterliegen. Die stetige Abnahme der Wirkstoffkonzentrationen führt zu einem Wirkungsverlust, sodass eine abnehmende Wirkungsdauer von drei bis vier Wochen bestimmt werden kann. Nach 28 Tagen liegt ein geringer Nachweis eingesetzter Präparate von 0,01 bis 0,2 mg je Kilogramm Frischmasse (FM) der genannten Wirkstoffe vor, zu einem Zeitpunkt, welcher annähernd eineinhalb Monate vor der Beerntung terminiert ist. Dieser dokumentierte Abbaunachweis praxisüblich eingesetzter Wirkstoffe lässt schlussfolgern, dass das Erntegut bei einem Pflanzenschutzmitteleinsatz nach guter fachlicher Praxis mit gesetzlich vorgeschriebener Wartezeit nicht mit Rückständen der Wirkstoffe kontaminiert ist, was durch die nachfolgenden Untersuchungen am Erntegut aller Standorte belegt wird (Abb. 57, 58). Die Summe der Gehalte aller festgestellten Wirkstoffe im oberirdischen Aufwuchs (Gesamtpflanze) nahm sukzessive an allen Standorten innerhalb des Beprobungszeitraums ab. Sämtliche Wirkstoffe (vgl. Tab. 11, Kapitel 2.8; Abb. 51, 52), die praxisüblich ausgebracht und entsprechend im Korn analysiert wurden, belegen, dass alle applizierten fungiziden und insektiziden Wirkstoffe unterhalb der Nachweisgrenze lagen und dementsprechend keine Rückstände im Korn nachgewiesen werden konnten. Zur Überprüfung wurden zusätzlich auch die ökologischen Kornproben auf etwaige Wirkstoffrückstände mit dem Ergebnis untersucht, dass keine Rückstände von Pflanzenschutzmitteln nachgewiesen werden konnten (Abb. 57, 58).

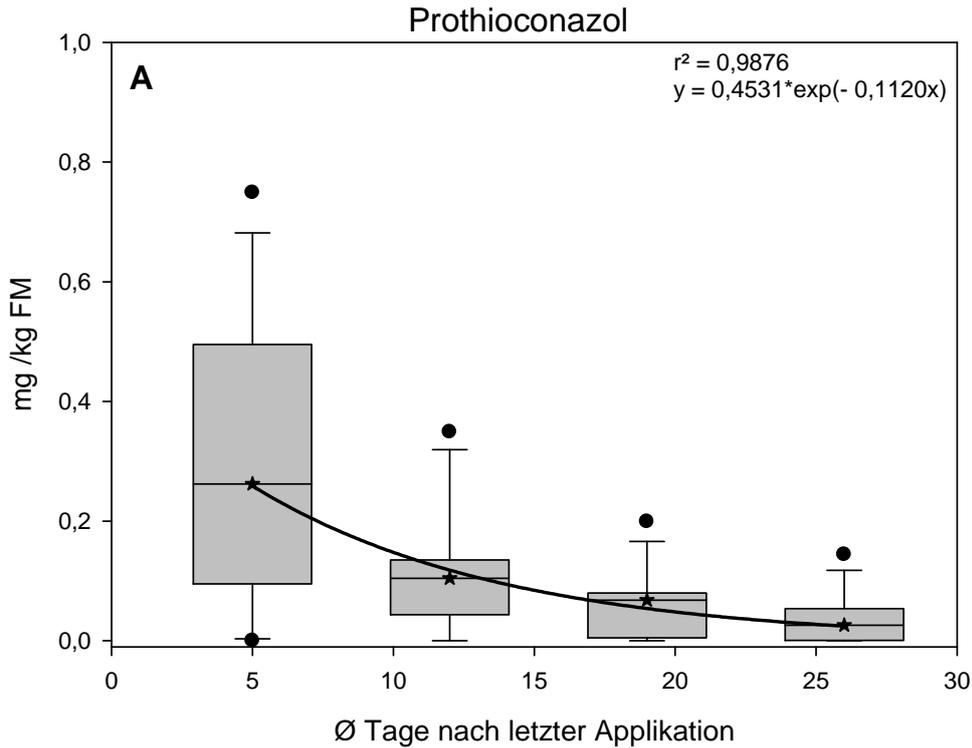


Abb. 53: Abbauverhalten von Prothioconazol (n= 12) in der konventionellen Praxisvariante nach der letzten PSM-Applikation, Sorte Dekan, gemittelt über die Standorte und Jahre 2005, 2006

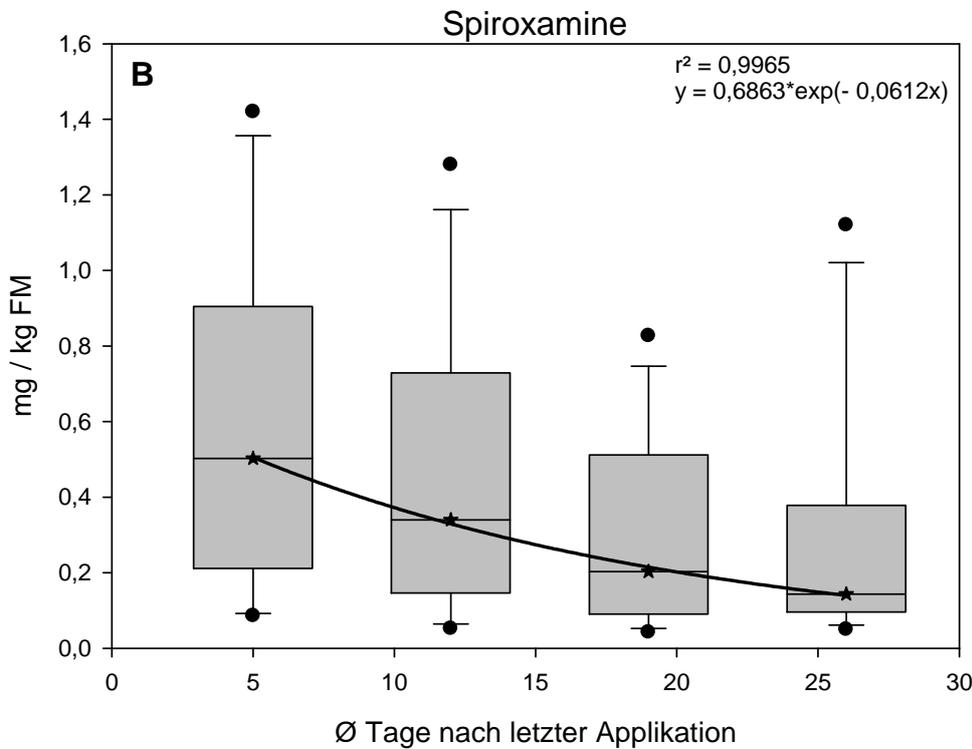


Abb. 54: Abbauverhalten von Spiroxamine (n=12) in der konventionellen Praxisvariante nach der letzten PSM-Applikation, Sorte Dekan, gemittelt über die Standorte und Jahre 2005, 2006

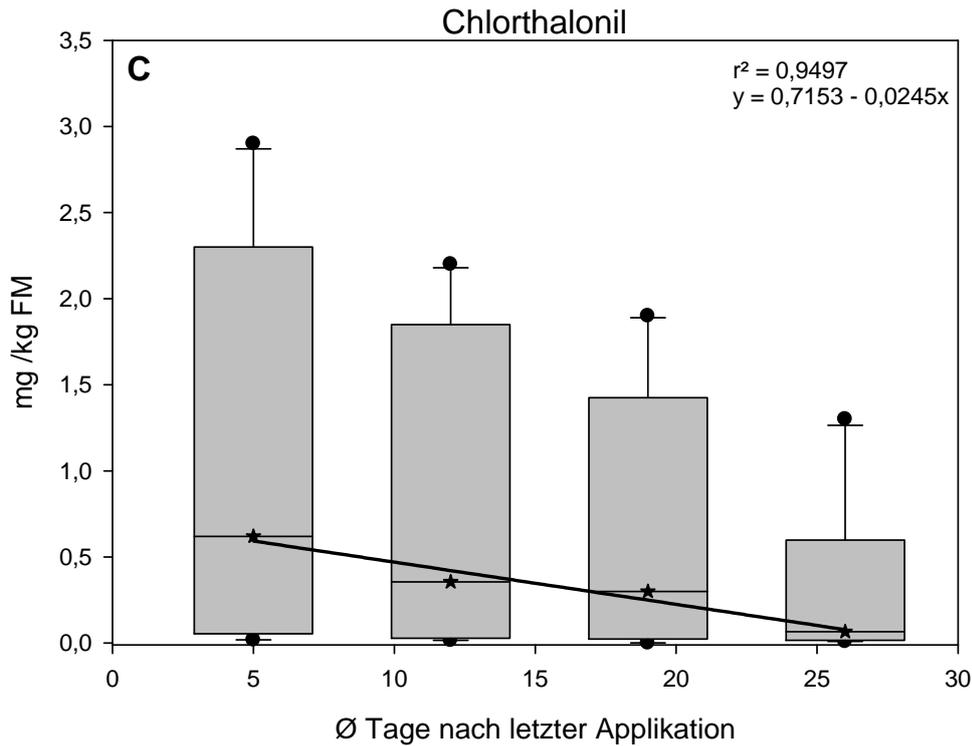


Abb. 55: Abbauverhalten von Chlorthalonil (n=10) in der konventionellen Praxisvariante nach der letzten PSM-Applikation, Sorte Dekan, gemittelt über die Standorte und Jahre 2005, 2006

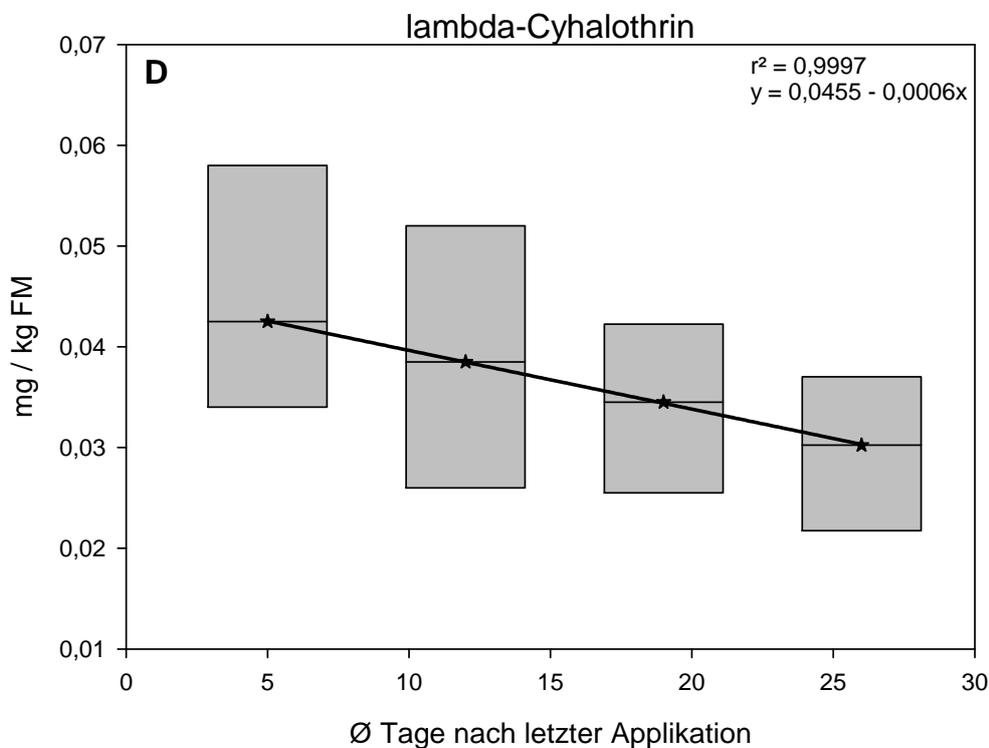


Abb. 56: Abbauverhalten von λ -Cyhalothrin (n=6) in der konventionellen Praxisvariante nach der letzten PSM-Applikation, Sorte Dekan, gemittelt über die Standorte und Jahre 2005, 2006

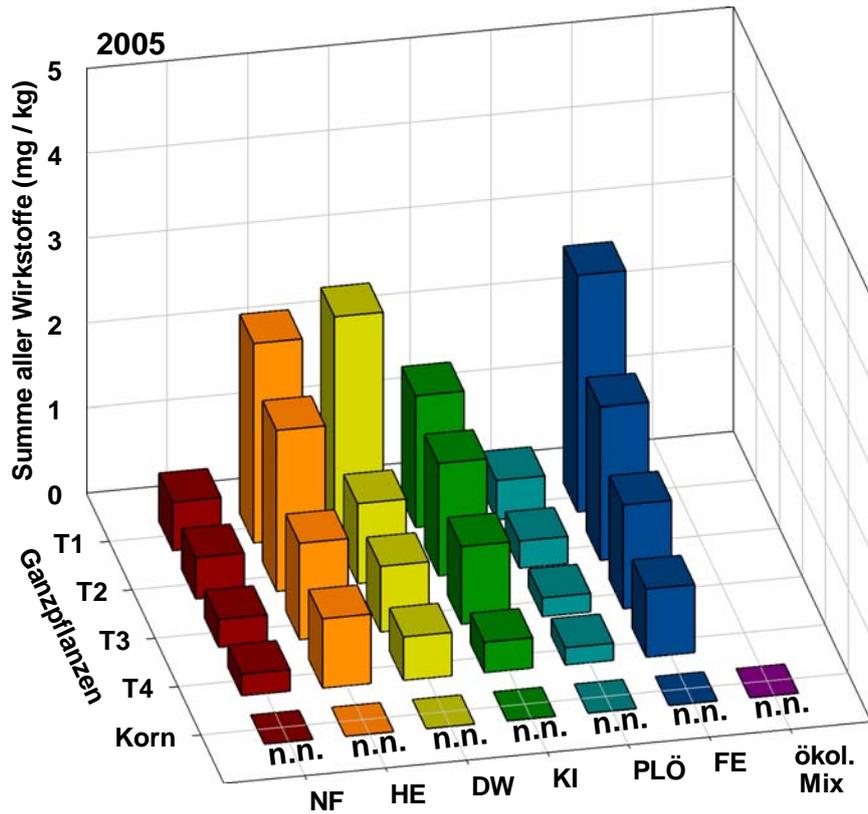


Abb. 57: Aufsummierte Wirkstoffgehalte (mg/kg) eines Beprobungstermins des oberirdischen Aufwuchses (Ganzpflanzen) und des gerenteten Korns (n.n. = nicht nachgewiesen) 2005, Sorte Dekan, T1 = EC 69, T4 = EC 85-89

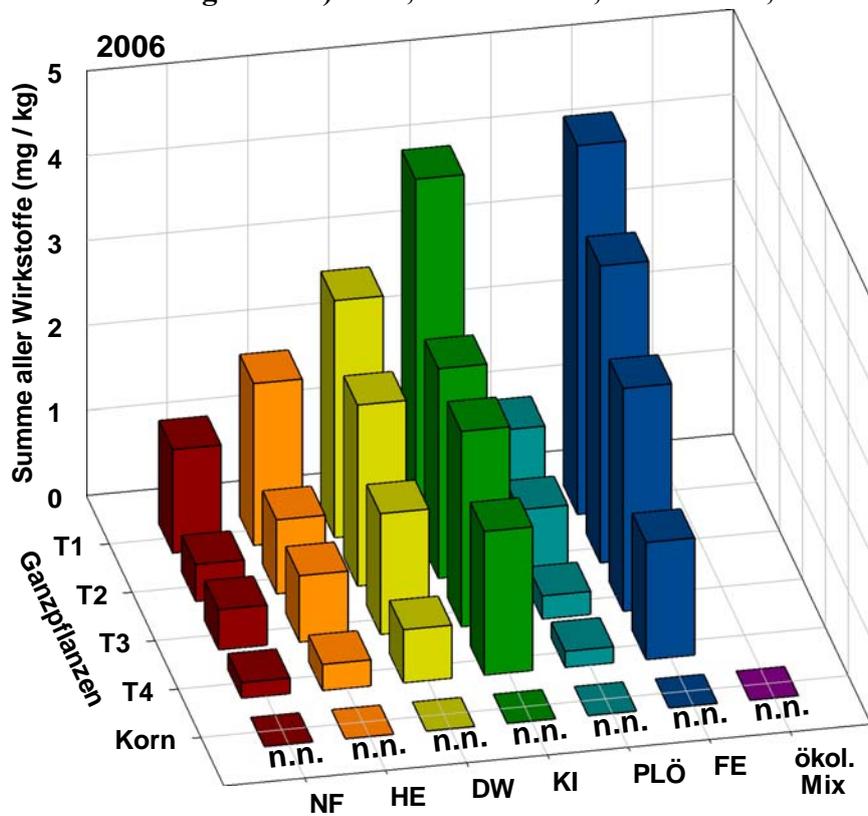


Abb. 58: Aufsummierte Wirkstoffgehalte (mg/kg) eines Beprobungstermins des oberirdischen Aufwuchses (Ganzpflanzen) und des gerenteten Korns (n.n. = nicht nachgewiesen) 2006, Sorte Dekan, T1 = EC 69, T4 = EC 85-89

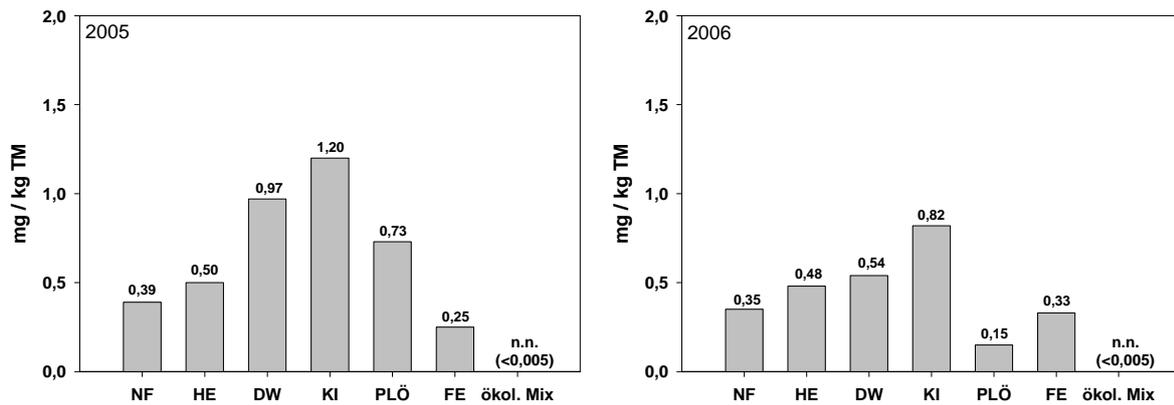


Abb. 59: Chlormequatgehalte in mg/kg TM im Erntegut (Korn) der konventionellen Praxisvariante aller Standorte in der Sorte Dekan, 2005 , 2006

Zusätzlich wurden die Kornproben auf Rückstände des Wachstumsregulators Chlormequatchlorid (CCC) untersucht (Abb. 59). In allen Kornproben konventioneller Herkunft wurden Rückstände an CCC nachgewiesen. Die höchsten Gehalte wurden dabei an den Standorten Kiel (KI) und Dänischer Wohld (DW) sowohl 2005 als auch 2006 festgestellt. Die Gesamtaufwandmenge von CCC ist allerdings mit 1,5 l/ha am Standort Kiel 2005 und auch 2006 eine der geringsten im überregionalen Vergleich, am Standort DW liegt die gesamte Aufwandmenge dagegen mit 2,0 l/ha (2005) und 2,1 l/ha (2006) über dem Durchschnitt aller Betriebe (Mittelwert: 1,8 l/ha). Die Erträge an diesen Standorten lagen jedoch unter dem Mittel (Tab. 41, 42, Kapitel 3.5.2.1) und es kann somit von einem geringeren Verdünnungseffekt ausgegangen werden, wodurch die Konzentrationen im Korn erhöht vorliegen. Es kam an keinem Standort zu einer Überschreitung des vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Grenzwertes von 2,0 mg/kg (Toleranzgrenze).

3.5.4.2 Sickerwasseranalytik

Die in den Saugkerzen gewonnenen Sickerwasserproben im Herbst/Winter 2004/05 wiesen im ersten Probenahmezeitraum (November-Dezember 2004) unter den zwei beprobten Weizenschlägen konventioneller Wirtschaftsweise Rückstände (Pflanzenschutzmittelfrachten PSM-Fracht) der im Herbst applizierten herbiziden Wirkstoffe auf (Tab. 45). Die PSM-Fracht (Auswaschung) betrug im Untersuchungszeitraum auf Betrieb Dänischer Wohld (45 Bodenpunkte) 0,21 g/ha (21,42 µg/m²) Flufenacet (entspricht 0,18 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge) und 0,11 g/ha (10,71 µg/m²) Diflufenican (entspricht 0,27 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge), auf Betrieb Plön (55 Bodenpunkte) 0,02 g/ha (2,41 µg/m²) Flufenacet (entspricht 0,01 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge). Im zweiten Probenahmezeitraum (Januar 2005, keine weitere Applikation vorgenommen) waren keine Rückstände bzw. PSM-Frachten nachweisbar. Auf einem konventionellen Futterbaubetrieb konnten weiterhin geringe Konzentrationen der Wirkstoffe Metolachlor und Terbuthylazin sowie des nicht mehr zugelassenen Wirkstoffe Atrazin nachgewiesen werden. Bei allen anderen Betrieben wurden keine Rückstände jeglicher Pflanzenschutzmittel (vgl. Tab. 13, Kapitel 2.10) nachgewiesen.

Im Herbst/Winter 2005/2006 wiesen die Sickerwasserproben am ersten Probetermin im November-Dezember 2005 unter den zwei konventionell bewirtschafteten Weizenschlägen wiederum Rückstände der applizierten Wirkstoffe Diflufenican und Flufenacet auf. Die PSM-Fracht betrug dabei auf dem Betrieb Borghorst 0,07 g/ha (6,5 µg/m²) Diflufenican (entspricht 0,13 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge) und 0,14 g/ha (13,8 µg/m²) Flufenacet (entspricht 0,11 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge), auf Betrieb Lehmkuhlen (55 Bodenpunkte) 0,06 g/ha (5,8 µg/m²) Flufenacet (entspricht 0,025 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge) sowie 0,03 g/ha (2,6 µg/m²) Diflufenican (entspricht 0,06 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge). Im zweiten Beprobungszeitraum (Januar – Februar 2006) waren 0,02 g/ha (2,4 µg/m²) Diflufenican (entspricht 0,05 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge) und 0,03 g/ha (2,7 µg/m²) Flufenacet (entspricht 0,02 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge) auf dem Betrieb Borghorst festzustellen. In den Sickerwasserproben des Maisschlages des Futterbaubetriebes im Dänischen Wohld waren in beiden Beprobungszeiträumen die Wirkstoffe Metolachlor und Terbuthylazin nachweisbar. Die PSM-Frachten betrugen dabei in der Summe über beide Probenzeiträume 53,97 g/ha Metolachlor und 87,63 g/ha Terbuthylazin und lagen somit deutlich über den Frachten der vorangegangenen Sickerwasseruntersuchungsperiode 2004/2005.

Tab. 45: Nachgewiesene Wirkstoffkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) von Pflanzenschutzmitteln im Sickerwasser und errechnete PSM-Frachten (Auswaschung) in g/ha

Betrieb konventionell	Kultur	Festgestellte Wirkstoffe	Wirkstoffkonzentrationen im Sickerwasser ($\mu\text{g/l}$)				PSM-Frachten im Beprobungszeitraum (g/ha)			
			2004/2005		2005/2006		2004/2005		2005/2006	
			T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Ackerbau DW (K)	Weizen	Diflufenican	0,300	n.n.	0,360	0,090	0,107	0	0,065	0,024
		Flufenacet	0,600	n.n.	0,170	0,100	0,214	0	0,138	0,027
	Raps	keine	n.n.	n.n.	n.n.	0	0	0	0	
Ackerbau PLÖ (K)	Weizen	Diflufenican	n.n.	n.n.	0,050	n.n.	0	0	0,026	0
		Flufenacet	0,100	n.n.	0,110	n.n.	0,024	0	0,058	0
	Raps	keine	n.n.	n.n.	n.n.	0	0	0	0	
Futterbau (K)	Mais	Atrazin	0,013	n.n.	n.n.	n.n.	0,035	0	0	0
		Metolachlor	n.n.	n.n.	0,910	0,300	0	0	35,581	18,390
		Terbuthylazin	0,073	0,130	1,500	0,460	1,993	2,678	58,650	28,980
Futterbau (K)	Mais	keine	n.n.	n.n.	n.n.	0	0	0	0	
ökologisch										
Ackerbau DW (Ö)	Weizen	keine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0	0	0	0
	Klee gras	keine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0	0	0	0
Ackerbau PLÖ (Ö)	Weizen	keine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0	0	0	0
	Klee gras	keine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0	0	0	0
Futterbau (Ö)	Mais	keine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0	0	0	0
Futterbau (Ö)	Mais	keine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0	0	0	0

Beprobungszeitraum: T1: 24.11.-23.12.; T2: 30.12.-30.1. ; n.n.= nicht nachgewiesen

4 Diskussion

Im Rahmen dieser Arbeit (Comparative Assessment of Land Use Systems - COMPASS) wurden auf zwölf Praxisbetrieben (Marktfruchtbau) unterschiedlicher Anbausysteme (konventionelle und ökologische Wirtschaftsweisen) vergleichende Analysen zur Erfassung von Schadorganismen, Unkrautflora sowie wertmindernden Lebensmittelinhaltsstoffen abiotischen (Pflanzenschutzmittel) und biotischen Ursprungs (Mykotoxine) durchgeführt. In der Winterweizenkultur beider Wirtschaftsweisen wurden neben dem qualitativen und quantitativen Auftreten der relevanten pilzlichen Schaderreger (*Septoria tritici*, *Drechslera tritici-repentis*, *Blumeria graminis*, *Puccinia* spp., *Fusarium* spp., *Pseudocercospora herpotrichoides*), die Unkrautflora, Pflanzenschutzmittelrückstände im pflanzlichen Aufwuchs (vegetative Blattmasse, Korn) und im Sickerwasser, die Mykotoxinbelastung des Ernteguts sowie Ertrags- wie Qualitätsmerkmale analysiert. Ziel stellte eine vergleichende Analyse der Wirtschaftssysteme unter den Bedingungen der spezifischen praxisüblichen Kulturführung und für die Umwelt resultierenden Effekte dar.

Der Einfluss der konventionellen und ökologischen Anbauintensität auf die Populationsdynamik der verschiedenen Weizenpathogene ist primär von der übergeordneten Einflussgröße Witterung dominiert und sekundär maßgeblich auf die Wahl unterschiedlicher acker- und pflanzenbaulicher Produktionssystemfaktoren und deren epidemiologischen Auswirkungen im Rahmen der genetisch fixierten, ökologischen Präferenzen zurückzuführen. Die maschinelle Ausstattung und spezifische Anwendung technischen Gerätes war zwischen den Betriebsformen ähnlich. Die Grundbodenbearbeitung ist auf 83 % aller Betriebe als nahezu identisch (Pflug + Kreiselegge / Grubber) einzustufen; lediglich 17 % der Betriebe präferierten die pfluglose Minimalbodenbearbeitung. Deutliche Unterschiede zwischen den Betriebsarten ergaben sich in der Stickstoffversorgung der Bestände, der Fruchtfolgegestaltung, der Terminierung der Aussaat und Aussaatstärke und im Hinblick auf die Pflanzenschutzmittelintensität. Während bei den Anbauparametern zum Teil noch standortbedingte Ähnlichkeiten der Wertepaare analysiert werden konnten (z. B. gleiche Saatzeiten und Saatstärken, Einsatz organischer Düngemittel), ist ein Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln nur im konventionellen System vorhanden. Beiden Wirtschaftsformen eigen ist die Ertragsoptimierung unter Nutzung organischer (Fruchtfolgewirkung, organischer Dünger) bzw. mineralischer Düngung und einerseits der verstärkten Nutzung verschiedener pflanzenhygienischer Maßnahmen, andererseits von

Pflanzenschutzmitteln zur Unterdrückung bzw. Minimierung der Schadfaktoren (Unkräutern, Schadpathogene, Schadinsekten).

Die Stickstoffversorgung der konventionellen Betriebe lag im Durchschnitt der drei Jahre erheblich höher als die der ökologischen. Aufgrund des erhöhten mineralischen N-Düngungsniveaus konventioneller Betriebe, der auf den Pflanzenbedarf zeitlich abgestimmt ausgebracht werden konnte, resultieren höhere Erträge. Im ökologischen System wird dem Problem der nicht ausreichenden Stickstoffversorgung durch unmittelbar zuführbare organische N-Düngung (Gülle) mit einer Optimierung der Fruchtfolge und der Reihung der Fruchtfolgeglieder begegnet. Mit dem Einsatz von Klee-grasvorfrüchten, die durch ihre Fähigkeit, Luftstickstoff in hohem Maße zu binden, gekennzeichnet sind und somit bis zu 100 kg N /ha im Boden anreichern können, wird der pflanzliche Bedarf im ökologischen Anbausystem geregelt. Allerdings geht aufgrund der Bodenbearbeitung zur Saat im Herbst und der damit verbundenen Mineralisierung bei unzureichender Aufnahmekapazität der Nachfolgefrucht Weizen ein nicht unerheblicher Teil des Stickstoffs über die Wintermonate verloren (KELM et al. 2006). Eine zeitlich auf den Pflanzenbedarf abgestimmte Stickstoffdüngung wird allerdings nur sehr eingeschränkt erreicht, was in einer geringeren Stickstoffausnutzung resultiert (ODÖRFER 1995). Insgesamt ist die Fruchtfolge der ökologischen Betriebe durch ein größeres Spektrum der Nutzpflanzenkulturen gekennzeichnet. Dadurch kann neben einer Verringerung bodenbürtiger Krankheiten eine bessere Kontrolle des Unkrautbesatzes erzielt werden. Beispielsweise wird durch die Einbringung von Sommerungen das Aufkommen von *Alopecurus myosuroides* reduziert. Ackerfuchsschwanz ist infolge seiner Biologie eng an den Wintergetreideanbau gebunden (MENCK 1968). Insbesondere am Westküstenstandort NF konnten diese Ergebnisse bestätigt werden, da als Resultat der weiter gestellten Fruchtfolge mit einem Sommerungenanteil von 25 % das Ackerfuchsschwanzvorkommen erheblich geringer war.

Unterschiede beim Saattermin und der Saatstärke stellten die im Mittel um drei Wochen verzögerte Aussaat und die damit verbundene Erhöhung der Saatstärke in den ökologischen Betrieben dar. Da jedoch standortabhängig auch gleiche Saatzeiten bei beiden Betriebstypen als sogenannte Wertepaare gleicher klimatischer und topographischer Lage ermittelt werden konnten, sind die Übergänge hier fließend. Extreme Frühsaaten, wie im konventionellen Anbau in einigen Jahren und auf einigen Standorten (z. B. DW 2003-2005, FE 2003-2005, PLÖ 2003 & 2005) konnten im ökologischen Anbau nicht beobachtet werden. Dies hat positive Effekte ökologischer Anbausysteme zur Folge. Im Folgenden werden die daraus resultierenden Positiv- wie Negativeinflüsse auf die Krankheitsentwicklung, den

Unkrautbesatz sowie die Ertragshöhen und Qualitäten für die jeweilige Anbauintensität analysiert.

Das Befallsgeschehen in den ökologischen und konventionellen Praxisvarianten mit dem Erreger des Halmbruchs *Helgardia* (syn. *Pseudocercospora*) *herpotrichoides* wies zwischen den einzelnen Versuchsjahren und Standorten ein sehr heterogenes Befallswertemuster auf. Die Befallswerte unterschieden sich zum ersten Boniturtermin (EC 31) erheblich. Der Weizen der ökologischen Varianten war zu diesem Termin gering befallen bis befallsfrei, was mit den langjährig aufgelockerten Fruchtfolgen dieser Wirtschaftsweise und der daraus resultierenden zeitlich erweiterten Wirt-Parasit-Beziehung und somit der Möglichkeit des Zustandekommens einer Kalamität zusammenhängt. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen von VERREET (1995), der feststellte, dass durch den erhöhten Anteil von Nichtwirtspflanzen für Weizenpathogene (Klee gras - Körnerleguminosen - Hafer) in der Fruchtfolge aus phytomedizinischer Sicht ein geringeres Ausgangspotenzial von Krankheitserregern für die Folgefrucht vorhanden ist. Im Gegensatz zur konventionellen Bewirtschaftung ist der Getreideanteil in den Fruchtfolgen ökologischer Wirtschaftsweise um ein Vielfaches geringer, und es werden öfter Sommerungen eingeschaltet, die nach HOFFMANN & SCHMUTTERER (1999) zu einer verminderten Befallsgefährdung führen können. ODÖRFER (1995) stellt in seinen Untersuchungen zur Fruchtfolgewirkung dar, dass erst nach einer dreijährigen Anbaupause ein deutlich reduzierender Einfluss auf den Erreger erreicht wird; zurückzuführen auf das verringerte Inokulumpotential durch Abbau des an Pflanzenresten anhaftenden bzw. überdauernden erregerspezifischen Infektionspartikels (Myzel) im Boden. Der Winterweizenanbau in den konventionellen Betrieben ist durch die höhere Intensität geprägt und in den überregionalen Erhebungen meist nur durch den einjährigen Anbau als Fruchtfolglied von Kartoffeln, Winterraps oder Zuckerrüben im Rahmen der dreigliedrigen Fruchtfolge unterbrochen. Auch frühe Aussattermine und erhöhte Saatstärken gepaart mit günstigen Herbst- und Wintertemperaturen begünstigen nach HEDKE (1999) und VERREET (1995) durch Erschaffen eines günstigen Mikroklimas die Befallssituation durch frühzeitige, erregerspezifisch begünstigte Witterungsbedingungen. Deutlich ist dies an den konventionellen Praxisvarianten sowie in der Kontrolle 2 in Fehmarn 2005 und 2006, Plön, Heide und Dänischen Wohld 2006 nachzuweisen, die mit über 90 % halmbruchspezifischer Befallshäufigkeit (BHB), demnach nahezu vollständiger Befall der Bestände, im Stadium EC 75 die höchsten Befallswerte erreichten. Aber auch die früh gedrillte ökologische Praxisvariante am Standort Kiel (Aussaat 30.09.2003, 8.10.2004 und 27.9.2005, Saatstärke je 350 Körner) bestätigt mit einem Höchstwert von 56,7 % BHB 2004,

63,3 % BHB 2005 (Dekan) und 86,7 % BHB (Dekan) bzw. 93,3 % BHB 2006 (Bussard) Begünstigung frühzeitiger Infektionen nach frühen Saatzeiten, die auch mit Ergebnissen von ZIMMERMANN & STRASS (1989) übereinstimmen.

Dass auf eine direkte Beeinflussung der Erträge nicht geschlossen werden kann, beobachteten schon KLINK (1997) und VERREET (1995) und stuften die wirtschaftliche Bedeutung von *P. herpotrichoides* als weniger hoch ein, vorausgesetzt, dass kein parasitäres Lager eintritt. Diese Annahme konnte in den eigenen Untersuchungen bestätigt werden, da im konventionellen Betrieb in Fehmarn trotz hoher halnbruchspezifischer Befallsgrade in der Praxisvariante (Dekan) von 1,7 % Befallsstärke (BSB) in 2004, 0,65 % BSB in 2005 und 1,4 % BSB in 2006, die höchste Ertragsleistung überregional resultierte. Vergleichend wiesen die konventionell bewirtschafteten Praxisvarianten einen fast doppelt so hohen Endbefall (EC 77/79) wie die ökologischen Betriebe auf; zurückzuführen auf die in der Regel im ökologischen Anbausystem verzögerten Saattermine mit abnehmender Infektionswahrscheinlichkeit. Eine parasitäre Lagerbildung und indirekte Ertragseinbußen durch den nachgewiesenen Halnbruchbefall können nicht abgeleitet werden und auch ein damit in Zusammenhang stehender erhöhter *Fusarium*-Befall, dessen Progression durch parasitäres Lager begünstigt wird, war in den tendenziell stärker befallenen konventionellen Varianten nicht nachweisbar. In den am stärksten befallenen Praxis- sowie Kontrollvarianten 2 wurden die höchsten Ertragsleistungen mit signifikanter Reduktion des Befallsgrades durch den Fungizideinsatz nachgewiesen. Ein Grund für die trotz erhöhtem Befall stabilen Bestände ist der Einsatz von Wachstumsregulatoren, die eine Verkürzung sowie Verdickung der Halme zur Folge haben und unter der Voraussetzung einer ausreichenden Wasserversorgung über die gesamte Vegetationsperiode eine Festigung und verringerte Lagerneigung induzieren. Signifikante Unterschiede zwischen den Sorten Dekan und Bussard konnten nicht festgestellt werden, was durch die Ergebnisse von KÄSBOHRER (1986), der keinen und VERREET (1992), der nur einen geringen Sorteneinfluss erkannte, untermauert wird.

Die *Septoria*-Blattdürre, verursacht durch den Erreger *Septoria tritici*, stellte in allen Versuchsjahren die bedeutendste Krankheit unter den gemäßigten Klimabedingungen Schleswig – Holsteins dar. Die Versuchsjahre waren allerdings geprägt durch zum Teil stark differierende Befallsverhältnisse. Tendenziell lagen die Befallsstärken der ökologischen Praxisvarianten im Stadium EC 31/33 unter denen der konventionellen Vergleichsvarianten, mit Ausnahme der ökologischen Varianten, die annähernd gleiche Saatzeit wie die konventionellen Bestände aufwiesen. In der Sorte Bussard war an allen Standorten, Jahren

und Varianten ein erheblich höherer Befall vergleichend zur Sorte Dekan nachzuweisen, was auf die erhöhte Anfälligkeit zurückzuführen ist (Anonym 2004).

Die Auswahl der Sorte ist in Bezug auf *Septoria tritici* entscheidend (KLINK 1997; BUSSE 2001). So stellt die natürliche bzw. züchterisch implementierte Toleranz der Sorte die wichtigste phytosanitäre Maßnahme eines optimierten Anbausystems dar. Die vom Bundessortenamt (Anonym 2004) ermittelten Anfälligkeitsgrade bezüglich eines Befalls durch die *Septoria*-Blattdürre (Tab. 1) werden anhand der eigenen Untersuchungen bestätigt.

Neben dem Effekt der genetisch bedingten Anfälligkeit, spielt auch die spezifische Ausbildung des Blattapparates der einzelnen Sorten eine bedeutende Rolle. Grundsätzlich werden hochertragreiche Kurzstrohsorten als anfälliger (DANON et al. 1982, HEDKE 1999) als langstrohige und spätreife Sorten (TAVELLA 1978) angesehen, zurückzuführen auf eine im Rahmen der Latenzzeit infektionsbedingt zu überbrückende vertikale Ausbreitungsdistanz. (VERREET 1995). Durch die kinetische Energie auftreffender Regentropfen werden die Pykno-sporen mittels der Regentropfen an jüngere, seitlich und höher inserierte Blattetagen getragen. Demzufolge ist bei geringeren, vertikalen Abständen der Blattinsertionen die Überbrückungsdistanz zur Infektion im Rahmen der biologischen Latenzzeit des Erregers geringer (KLINK 1997). Die höheren Befallsgrade der Sorte Bussard, sind auf das unterschiedliche Pflanzenhabitat als Langstrohsorte vergleichend zur Kurzstrohsorte Dekan zurückzuführen. Eine Verringerung der Distanzen zwischen den Blattetagen übt einen befallsfördernden Einfluss auf den Krankheitserreger aus (BOCKMANN & MIELKE 1983, KLINK 1997). Aber nicht nur die im Erbmaterial fixierten, sondern auch die abiotischen Einflussgrößen, wie z. B. die Witterung, üben eine übergeordnete Bedeutung auf das Auftreten von *Septoria tritici* aus. Für die epidemische Verbreitung im Bestand sind Pykno-sporen, die in weißlich scheinenden Schleimranken aus den Pyknidien hervortreten und durch auftreffende Regentropfen auf benachbarte Blattetagen befördert werden, verantwortlich (Anonym 2000). Für eine erfolgreiche Infektion sind günstige Temperaturen (15 – 25 °C), Blattnässedauer von mind. 35 h und anschließende Blattnäse größer 98 % für weitere 48 h erforderlich (KLINK 1997). Durch eine geringere Bestandesdichte bzw. nicht so stark entwickelte Bestände, wie ungedüngte Bestände oder Bestände mit weiten Reihenabständen sie aufweisen, sowie höhere Windstärken können die Pflanzen schneller abtrocknen. Dies ist ein weiterer Grund für den durchschnittlich geringeren Befall der ökologischen Varianten.

VERREET (1995) untersuchte den Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Saat und dem Populationsaufbau im folgenden Frühjahr. Durch einen späten Saattermin und die dadurch bedingte Verschiebung des Feldaufgangs wird der Erreger *Septoria tritici* aufgrund der im November und Dezember herrschenden kühlen Witterung (Temperaturen unter 5 °C) stark in seiner Möglichkeit junge Pflanzen zu besiedeln, beeinträchtigt. Somit soll bei variierenden Saatterminen ein ebenfalls variierendes Inokulum im unteren Pflanzenbereich hervorgerufen werden, welches einen großen Einfluss auf den Verlauf und die Schwere einer Epidemie nimmt. Der Einfluss der Terminierung der Saat auf die Populationsdynamik kann anhand der eigenen Ergebnisse bestätigt werden. Die Saat der ökologischen Praxisvariante von Fehmarn erfolgte erst Ende Oktober, während der überwiegende Teil schon vor dem 25. September gedrillt wurde. Der Epidemieverlauf bewegte sich hier während der Vegetationsperioden auf dem niedrigsten Niveau und erreichte auch zum Stadium EC 75 auf den ertragsessenziellen Blattetagen F bis F-2 den geringsten Endbefall.

Durch die chemischen Bekämpfungsmaßnahmen im konventionellen Bestand resultierte vergleichend zur unbehandelten Variante eine hohe Kontrolle des Befallsgeschehens, welche sich in einer, infolge eines geringeren Nekrotisierungsgrades, länger assimilationsfähigen Blattfläche äußerte, die die Basis für die gesteigerten Erträge des Praxisvarianten war (HEDKE 1999).

Der Erreger *Blumeria graminis* ist weltweit verbreitet und tritt hauptsächlich in den gemäßigten Klimabereichen Europas auf (HOFFMANN & SCHMUTTERER 1999). In Schleswig – Holstein konnte in Untersuchungsjahren ein überregional niedriges Befallsniveau beobachtet werden. Die Westküstenstandorte blieben, einschließlich der anfälligeren Öko-Sorten Achat und Bussard 2004, während der gesamten Boniturperioden weitgehend befallsfrei.

Nur zur Herbstbonitur im November 2005 (Versuchsjahr 2005/2006) wurde auch an den Standorten der Westküste ein Befall festgestellt, zurückzuführen auf die vorherrschende sehr milde Witterung. Gründe für den insgesamt niedrigen bis fehlenden Befall sind wahrscheinlich die häufig starken Westwinde, die eine Ausbreitung und Etablierung des Erregers vom Landesinneren her verhindern (BUSSE 2001). Im Inland Richtung Ostküste Schleswig-Holsteins erreichte der Erreger hingegen deutlich höhere Befallsprogression. Der Echte Mehltau ist als obligat biotropher Parasit von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig und somit als Resultat einzelner, einander beeinflussender Faktoren der Infektionskette zu betrachten. Einen der wichtigsten stellt dabei der pflanzenbauliche Parameter der Sortenwahl dar. Mit der Winterweizen-Sorte Dekan wurde eine gegen den

Mehltau resistenterer Sorte angebaut, während die Sorte Bussard einen höheren Anfälligkeitsgrad besitzt. Gründe für die gesteigerten Befallssummen können neben der frühen Aussaat, die laut KLINK (1997) und VERREET (1995) zu erhöhten Befallswerten führen kann, v. a. die gesteigerten Stickstoffgaben (N-Gaben) während der Vegetation verantwortlich sein. Zum Einflussfaktor Saatzeit sind in der Literatur widersprüchliche Angaben zu finden. Während KLINK (1997), VERREET (1995) und KLUGE (1990) davon ausgehen, dass stark befallene Frühsaaten im Herbst mit steigenden Befallswerten im Frühjahr einhergehen, ermittelten HEDKE (1999) und WITTRUCK (2001) einen höheren Befall der Spätsaaten und begründen dies mit jüngerem Gewebe und besserer N-Versorgung der Einzelpflanze. Auch die vorliegenden Versuchsergebnisse lassen keine einheitliche Betrachtung zu. Im Herbst 2004 (Versuchsjahr 2004/2005) sind insbesondere in dieser Fragestellung die konventionellen Flächen Ostholsteins (PLÖ, FE) mit *B. graminis* befallen, wogegen die ökologischen Bestände befallsfrei blieben. Der Einfluss der frühen Saatzeit bestätigt sich hier. Zur Herbstbonitur 2005 (Versuchsjahr 2005/2006) weisen alle Bestände Befall auf, unabhängig von der Wirtschaftsweise. Tendenziell haben aber die konventionellen Betriebe einen höheren Befall, was wieder in der frühen Saatzeit begründet liegt. Hingegen setzte sich im Frühjahr 2005 und 2006 eine weitere Ausbreitung des Erregers nicht fort. Dies liegt zum Teil in einer Sequenz der Primär- und Sekundärbesiedlung durch den nachgewiesenen Erregerkomplex begründet. *Septoria tritici* als pertotropher Erreger stellt einen Destruenten von pflanzlichen Zellen dar. Durch Besiedlung der Blätter werden dem obligat biotrophen Pathogen *Blumeria graminis* aufgrund seiner Lebensweise die Nahrungsgrundlagen entzogen, was in der Konsequenz zu einem verminderten Befallsauftreten führt. Vornehmlich waren in diesen Jahren die ökologischen Varianten erhöht befallen, zurückzuführen auf das geringere Auftreten des pertotrophen Pilzes *Septoria tritici* in dieser Wirtschaftsweise. Die Befallsstärken waren jedoch vergleichend zum bemessenen Inokulumpotential vor Winter insbesondere im Frühjahr 2006 reduziert. Grund hierfür waren die lang anhaltend kalten Temperaturen des Winters 2005/2006. Zur Endbonitur ging der Befall im Durchschnitt weiter zurück, da im Sommer eine warme trockene Witterung vorherrschte.

Nach HOFFMANN & SCHMUTTERER (1999) können die Folgen eines leichten Befalls mit Mehltau nur begrenzt kompensiert werden. Auch andere Autoren (Anonym 2000) gehen davon aus, dass durch Mehltau hervorgerufene Ertragsverluste bis zu 25 % und mehr betragen können. Durch den Einsatz von Fungiziden im konventionellen Landbau wurden alle pilzlichen Erreger in ihrer Befallsstärke erheblich reduziert und Verluste vermieden. Durch die Kontrolle des Befallsgeschehens (*Septoria tritici*, *B. graminis*) konnte eine

Verlustminderung in Form eines Ertragsanstieges von 11 % (Dekan) bis 16 % (Bussard) realisiert werden, welche allerdings nicht nur von der Reduktion des Erregers *Blumeria graminis* abhing, sondern von der Summe der Reduktion aller aufgetretenen Krankheitserreger.

Der Erreger des Braunrostes *Puccinia recondita* war sowohl 2004 und 2005 als auch in den vergangenen Jahren in Schleswig-Holstein von untergeordneter epidemiologischer und wirtschaftlicher Bedeutung und bestätigt damit die Ergebnisse von WITTRÖCK (2001) und BUSSE (2001). Lediglich die unbehandelten Kontrollvarianten 2004 an den Standorten im Osten des Landes wiesen geringe Befallswerte auf, was auf die erhöhte Anfälligkeit der Sorte Dekan gegenüber dem Braunrosterreger zurückzuführen ist. 2005 wurden diese Beobachtungen bestätigt. Primär wiesen die ökologischen Varianten erhöhten Befall auf, zurückzuführen auf das geringere Auftreten des peritrophen Erregers *Septoria tritici*. Hierdurch lag ein erhöht chlorophyllführender Blattapparat vor, der somit eine bessere Lebensgrundlage für *P. recondita* darstellte als die stark mit *Septoria tritici* befallenen und damit stark nekrotisierten Blätter der konventionellen Vergleichsvarianten. Im Versuchsjahr 2006 konnte sich der Erreger *P. recondita* aufgrund der trockenen und warmen Witterung im Juni und Juli stark ausbreiten. An allen Standorten und Varianten war ein Befall festzustellen. Den höchsten Befall wiesen die Varianten der Kontrolle 2 des konventionellen Anbaus auf. Durch die vorhandene N-Düngung und den gleichzeitigen Verzicht auf fungizide Gegenmaßnahmen waren die Pflanzen dieser Variante am stärksten befallen. Eine hohe N-Düngung führt demnach, wie schon bei *Blumeria graminis* beschrieben, zu erhöhten Befallsraten aufgrund üppig gewachsener Bestände und den daraus resultierenden günstigen mikroklimatischen Bedingungen für die Entwicklung des Erregers (VERREET 1995) sowie niedermolekulare Stickstoffverbindungen als Nahrungsgrundlage.

Die Verteilung von Mykotoxinen im Erntegut verlief im Untersuchungsjahr 2004 entlang eines Gradienten von West nach Ost. Dabei wies der Westküstenstandort Niebüll die höchste Belastung mit den sekundären Toxinen Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA) auf. Diese Verbreitung steht im Zusammenhang mit der Verteilung der mittleren hygrischen Ozeanität Schleswig – Holsteins (BEYER 2005).

An den restlichen Versuchsstandorten konnten sowohl DON als auch ZEA in nur geringen bzw. unterhalb der Nachweisgrenze liegenden Konzentrationen nachgewiesen werden.

Der erhöhte *Fusarien*befall der konventionellen Praxisvariante Nordfrieslands induzierte neben den höchsten DON- Konzentrationen (0,61 ppm) auch die höchsten Gehalte mit ZEA (56 µg/kg) im Erntegut. An diesem Standort herrscht aufgrund der Nähe zur Nordsee ein kühleres und feuchteres Klima, welche insbesondere in der Blüte den Befall mit *Fusarium*-Arten begünstigt. In der ökologischen Praxisvariante Nordfrieslands konnten, obwohl die Ähren der Praxisvariante zum EC 83 (27.07.04) mittels Sichtbonitur als befallsfrei eingestuft wurden, nach der Ernte die höchsten DON-Konzentrationen der ökologisch bewirtschafteten Betriebe (0,36 ppm) gemessen werden. In 2005 konnte an den konventionellen Standorten Nordfriesland in der Sorte Dekan sowie auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Heide, Dänischem Wohld und Plön Mykotoxinbelastungen festgestellt werden. Die Witterungsbedingungen zur Blüte (Mitte Juni 2005) mit einigen Niederschlagsereignissen förderten den *Fusarium*-Befall. Die gemessenen Mykotoxinbelastungen lagen jedoch unter den Höchstmengengrenzwerten, die in der Mykotoxinhöchstmengenverordnung angegeben sind. Zwar ist wie in 2004 ein generell erhöhter Befall an den Westküstenstandorten feststellbar, jedoch wiesen andere Standorte im Landesinneren ebenfalls Befallsgrade auf. In 2006 konnte überregional an keinem der untersuchten Standorte eine Mykotoxinbelastung festgestellt werden. Dies liegt an den für die Erreger ungünstigen Witterungsbedingungen zur Blüte (EC 61-69). In dieser Zeit herrschte eine trockene und warme Witterung vor, die den Infektionsprozess verhinderte. Generell war demnach zwischen den Wirtschaftsweisen bezüglich der wertmindernden biotischen Inhaltsstoffe (Mykotoxine) aufgrund des vorherrschenden, geringen *fusarium*spezifischen Infektionsdruckes keine Unterscheidung abzuleiten.

Erträge und Qualitäten sind zentrale Indikatoren für die Leistungsfähigkeit eines Bewirtschaftungssystems. Grundlage für ein Höchstmaß an Ertrag und Qualität ist eine optimale Bestandesetablierung beginnend mit der Saat. Aufgrund des warmen und trockenen Wetters im Herbst 2003, 2004 und 2005 war in Schleswig-Holstein eine termingerechte Aussaat des Winterweizens möglich. Ebenso erlaubte die jeweils vorherrschende Witterung eine gute Bestandesentwicklung vor dem Winter. Einem überwiegend feuchtem Frühjahr 2004 mit moderaten Temperaturen folgte ein nasser Frühsommer mit kühlen Temperaturen und vergleichsweise wenigen Sonnentagen bis Ende Juli. Dieser Witterungsverlauf stellte die Ursache für eine um ein bis zwei Wochen verzögerte Abreife des Weizens dar. Die ersten drei Wochen im August waren entsprechend warm und trocken und dennoch verzögerte eine Regenphase gegen Ende August den Ernteprozess erneut und führte in den betroffenen

Regionen teilweise zu erheblichen Qualitätseinbußen des Getreides (LINDHAUER et al. 2005). Im Frühjahr 2005 herrschte eine längere Kälteperiode bis März 2005 vor, wodurch sich die Entwicklung der Bestände verzögerte. Die Witterung zur Ernte 2005 war ebenfalls nicht optimal gegeben, da durch diverse Niederschlagsereignisse der Erntezeitpunkt vielerorts stark hinausgezögert wurde und die Qualitäten aufgrund von Auswuchsneigungen absanken. Das Jahr 2006 war ebenfalls durch ein kaltes Frühjahr gekennzeichnet. Trotz des Entwicklungsrückstandes im Frühjahr und des heißen, trockenen Sommers resultierten in 2006 die höchsten Erträge der Versuchsjahre.

Das Erntegut aller konventionell bewirtschafteten Praxisvarianten der Versuchsreihe erfüllten in allen Vegetationsjahren die für die Vermarktung geforderten Qualitäten in der Qualitätsgruppe B. Nicht nur die Fallzahlen, auch die Sedimentationswerte und die Rohproteingehalte aller Ernteproben lagen deutlich über den vorgegebenen Werten. Gründe hierfür stellen die gesteigerten und bedarfsgerecht angepassten N-Düngungsmaßnahmen dar. Im Unterschied zur ökologischen Bewirtschaftung können mineralische Düngemittel so eingesetzt werden, dass vor allem in den Hauptwachstumsphasen (Bestockung, Schossen und Einlagerung) den Pflanzen ausreichend Nährstoffe zur Verfügung stehen (FINCK 1991). Die starke Abhängigkeit der Nährstoffverfügbarkeit an die Mineralisierung organischer Masse sowie die Umwandlung in pflanzenverfügbare Formen des im Boden gebundenen Stickstoffs wie im ökologischen Landbau (Umsetzung der Vorfrucht Klee gras) ist nicht gegeben. Zudem werden durch das erhöhte N-Angebot Seneszenzerscheinungen herausgezögert einhergehend mit einer verlängerten Assimilations- und Einlagerungsphase von Kohlenhydraten in das Korn (GEISLER 1988). Plötzlich auftretender Nährstoffmangel kann kurzfristig ausgeglichen werden, sodass die Pflanzen während der gesamten Vegetationsperiode optimal versorgt werden, wobei auch schon Phasen mit kurzer Unterversorgung Ertragseinbußen zu Folge haben können. Als biologische Folgereaktion auf die intensivierten Bestände in der konventionellen Wirtschaftsweise sind auch die gesteigerten Befallswerte an pilzlichen Pathogenen zu interpretieren. Die gesteigerte Nährstoffversorgung fördert den Befall mit Schadpathogenen, vor allem mit obligat biotrophen Erregern, wie Echtem Mehltau und Rost sowie durch die verzögerte Abreife das Befallsrisiko für Fusariosen (BERG et al. 2003) und daraus resultierende Ertrags- sowie Qualitätseinbußen. Im konventionellen Anbau wurde dieser Gefahr durch Pflanzenschutzmaßnahmen in der Praxisvariante begegnet. Dass dabei dem Prinzip der „guten fachlichen Praxis“ im konventionellen Landbau Genüge getan wurde, wird auch daran deutlich, dass alle Ernteproben der Praxisvarianten nicht mit Pflanzenschutzmittelrückständen fungizider und insektizider Herkunft belastet waren. Die

wertmindernden Mykotoxine DON und ZEA wurden im Rohgetreide nur in geringen Mengen deutlich unter den geforderten Höchstmengen für weiterverarbeitete Getreideerzeugnisse festgestellt und stellen somit als wertmindernde biotische Inhaltstoffe keine Qualitätsbeeinträchtigung über den gesamten Untersuchungszeitraum dar.

Die Erträge im konventionellen Landbau lagen erwartungsgemäß signifikant über denen des ökologischen Systems. Dass die Erträge der ökologischen Praxisvarianten um fast die Hälfte (Praxisvariante (Ö vs. K): Dekan: -44,3 %, Bussard: -40,5 %) niedriger ausfielen, liegt zum einen an der Nährstoffversorgung (vor allem auf viehlosen Betrieben), zum anderen an den begrenzten Möglichkeiten zur Reduzierung des Auftretens von Schadpathogenen. Der alleinige Einsatz von Fungiziden in der konventionellen Praxisvariante vergleichend zur Kontrolle 2 führt durch Kontrolle des nachgewiesenen Pathogenspektrums zu einer Verlustminderung in Form eines Ertragsanstieges in Höhe von 13 % (Dekan) bzw. 15,2 % (Bussard).

Die Einordnung der durchschnittlichen Weizenerträge der Erhebungen dieser Arbeit (vgl. Tab. 35, Tab 41-42) in den Bundesdurchschnitt von 73 dt/ha (2005/2006) aus konventioneller (Mittelwert 1996-2006: 73,4 dt/ha, FAOSTAT 2007) und 38 dt/ha (2005/2006) aus ökologischer Produktion (BMELV Agrarbericht 2007) macht jedoch deutlich, dass Schleswig-Holstein sowohl für den konventionellen als auch für den ökologischen Weizenanbau als Hohertragsstandort zu werten ist.

Die Qualitäten der ökologisch wirtschaftenden Versuchsbetriebe unterlagen starken Schwankungen und entsprechen nur in einzelnen Fällen den Qualitätsanforderungen. Die E-Weizensorten Achat, Bussard und Capo erreichten im Versuchsjahr 2004 hohe Fallzahlen, die über den geforderten Qualitätskriterien lagen, jedoch konnten die Rohproteingehalte und Sedimentationswerte die vorgegebenen Standards nicht erfüllen. Der A-Weizen Ökostar, der am Standort Kiel angebaut wurde, erreichte hingegen Qualitäten, die für eine Vermarktung als Brotweizen ausreichend waren. In 2005 wurden in den ökologisch erzeugten Kornproben die Mindestanforderungen für Fallzahlen und Sedimentationswert überwiegend erreicht, jedoch blieben die Rohprotein- und Feuchtklebergehalte deutlich unter den geforderten 13 %. Gründe für die schwach ausgebildeten Qualitäten sieht POMMER (2003) in der ungünstigen N-Versorgung. Zur Synthese von Korneiweiß ist eine genügende N-Nachlieferung in späten Wachstumsstadien nach der Blüte notwendig. Hier besteht im ökologischen Landbau in der Regel ein deutlicher Mangel, weil die N-Versorgung durch zwei Engpässe ausgedünnt wird. Zum einen sind die Vorräte an Stickstoff im Boden im Mai ausgeschöpft, zum anderen neigen

hochleistungsfähige Weizensorten dazu, den zum Schossen verfügbaren Stickstoff vollständig zu nutzen, sodass bei begrenzten Vorräten für die Versorgung zur Bildung der Kornanlagen nicht mehr ausreichend Stickstoff zu Verfügung steht (POMMER 2003). Auch FINCK (1991) sieht im niedrigen Düngungsniveau die schlechteren Backqualitäten ökologisch erzeugten Weizens begründet. Ein geringeres N-Düngungsniveau vermindert nicht nur die Rohprotein- und Glutengehalte, sondern verändert auch die Zusammensetzung des Gluten (Klebereiweiß). Die Erhöhung des Rohproteingehaltes durch Stickstoffdüngung wird von zahlreichen Autoren (KOLBE & MÜLLER 1983; FINCK et al. 1991; POMMER 2003; BEREZC & RAGASITIS 1990; SMITH et al. 1990; SCHULZE 1998) beschrieben, was in den vorliegenden Untersuchungen des Vergleiches ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweisen bestätigt wird. Die Unterschiede zwischen den Proteingehalten der Sorten Dekan und Bussard untermauern die Erkenntnisse über sortenspezifische Unterschiede von HOLFORD et al. (1997), ABDIN et al. (1996) und SCHULZE (1998), die den Stickstoffentzug durch die Pflanze aus dem Boden unter gleichen Bedingungen primär in Abhängigkeit vom Genotyp sehen. Die erhöhte Einlagerung von Endospermproteinen hat nach CHUNG & POMERANZ (1985) eine aus ernährungsphysiologischer Sicht betrachtete Verschlechterung der Proteinqualität zur Folge, da lysinarme Prolamine zu Lasten von lysinreichen Globulinen zunehmen. Prolamine enthalten nur ca. ein Fünftel der Lysinmenge gegenüber der Menge, die in Globulinen zu finden ist, was bei einer Zunahme der Prolaminfraktion durch eine Stickstoffdüngung zu Lasten der Albumine und Globuline zu einer verstärkten Senkung des Lysingehaltes gegenüber der zweitlimitierenden Aminosäure Threonin führt (SCHULZE 1998). Die eigenen Ergebnisse bestätigen jedoch, dass die technologische Qualität in Bezug auf erhöhte Kleberproteingehalte gesteigert wird, was mit Vorteilen für die Backeignung verbunden ist (GRUNDY et al. 1996, SCHULZE 1998). Unabhängig von der Qualitätsverminderung des Proteins durch die N-Düngung muss jedoch auch der Lysinertrag, also die insgesamt geerntete Lysinmenge Berücksichtigung finden. Obwohl die Proteinqualität in Bezug auf das Lysin vermindert war, stieg mit erhöhter N-Düngung der Lysinertrag pro Hektar deutlich an, der Lysingehalt in der Trockensubstanz stieg ebenfalls. Als Resultat der Lysinmengenerhöhung pro 100 g Trockensubstanz und der Kornertragssteigerung durch die N-Düngung lässt sich folgern, dass letztlich die Lysinmenge, die der Ernährung zur Verfügung steht, gesteigert wurde, was die Ergebnisse von KAHLIL et al. (1987) und SCHULZE (1998) untermauert.

Neben der N-Versorgung nehmen in Bezug auf die Ausbildung der Backqualität der Befall mit Krankheiten, insbesondere mit obligat biotrophen Schadpathogenen wie Echter Mehltau,

Braunrost und Ährenfusariosen Einfluss. Die obligaten biotrophen Parasiten reduzieren direkt den Proteingehalt, da ein Befall durch veränderte Sink-Source-Beziehung zu einer Ableitung von Nährstoffen vom Korn in die befallenen Blätter führt, während bei *Fusarium*-Befall die Gluteningualität erheblich beeinträchtigt wird (PAWELZIK et al. 1998). Da im ökologischen Landbau synthetische Pflanzenschutzmittel nicht angewendet werden dürfen und Alternativen zur Bekämpfung von Schadpathogenen sich ausschließlich auf die geschickte jedoch begrenzte Nutzung phytosanitärer acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen beschränken, wiesen auch die ökologischen Praxisvarianten in den eigenen Versuchen einen tendenziell höheren Befall mit *Blumeria graminis* und *Fusarium* spp. auf, was den von PAWELZIK et al. (1998) angegebenen Schlussfolgerungen zustimmen lässt. Wie auf Grund des Verzichts synthetischer Pflanzenschutzmittel zu erwarten war, wies das Erntegut der ökologischen Ernteproben keine Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf. Trotz des mittleren Befalls mit Ährenfusariosen im Jahr 2004 wurden im Rohgetreide der ökologisch bewirtschafteten Varianten nur sehr geringe Mengen an DON nachgewiesen, die allerdings unter den vorgegebenen Höchstmengen für weiterverarbeitetes Speisegetreide lagen. ZEA wurde nicht nachgewiesen. Die Jahre 2005 und 2006 waren weiterhin durch sehr niedrige bis keine Mykotoxinbelastung gekennzeichnet.

Die Untersuchungen zu wertmindernden Inhaltstoffen abiotischer Art hinsichtlich von Pflanzenschutzmittel-Rückständen wurden einerseits in Intervallen während der Vegetation nach Abschluss der letzten PSM-Maßnahme im oberirdischen vegetativen Aufwuchs (Ganzpflanzen), andererseits im generativen Erntegut analysiert. Aufnahme, Verteilung, Metabolisierung und Detoxifizierung bestimmen die Konzentrationen von bestimmten Substanzen an ihrem Wirkort (MÜLLER 1986). An den vier Untersuchungsterminen während der Vegetation wurden im Pflanzenmaterial die zuvor applizierten Fungizidwirkstoffe sowie die Insektizidwirkstoffe nachgewiesen. Alle Wirkstoffe unterlagen einem entsprechend der chemischen Struktur mehr oder weniger verstärktem Abbau bzw. Metabolisierung, so dass im Ernteprodukt Korn keine Rückstände nachweisbar waren.

Ein hoher Anteil der Fungizidwirkstoffe wirkt nach Aufnahme über die Kutikula systemisch, demnach in der Pflanze. Sie werden über das Xylem akropetal in Richtung der Blattspitzen und junger Blätter transportiert und besitzen neben einer protektiven auch eine eradikative Wirkung (PERKOW 1993). Der Abbau der Wirkstoffe in der Pflanze verläuft vor allem durch oxidative Reaktionen, hydrolytische Spaltungen und durch Bildung von Konjugaten (BÖRNER 1995). Die Wirkstoffe werden in der Regel durch eine unterschiedliche Anzahl von

Metabolisierungsschritten in Stoffe umgewandelt, die nicht mehr fungizid bzw. phytotoxisch wirken (PERKOW 1993).

Die letzte Applikation mit Fungiziden erfolgte in allen konventionellen Betrieben im Stadium EC 69 als abschließende Ährenbehandlung. Am ersten Probenahmetermin nach Applikation lag ein Nachweis der Wirkstoffe in unterschiedlichen Konzentrationen im vegetativen Pflanzenaufwuchs vor. Ein gestaffelter Abbau mit einhergehender verringerter Wirkstoffkonzentration konnte an den nachfolgenden drei Untersuchungsterminen festgestellt werden. Dieser Metabolisierungsprozess bzw. wirkstoffspezifischer Abbau erfolgt wegen der chemischen Grundstruktur bei einigen Wirkstoffen (z. B. beim Tebuconazol) schneller als bei anderen (z. B. Pyraclostrobin) (PERKOW 1993). Zur Ernte waren alle Fungizidwirkstoffe im vegetativen Blattapparat abgebaut. Auch im Erntegut aller überregionalen Proben konventionell wirtschaftender Betriebe Schleswig-Holsteins konnte kein fungizider Rückstand nachgewiesen werden. Wirkstoffspezifisch ergaben sich unterschiedliche Abbaufunktionen (exponentiell, linear).

Insektizide haben ihren Wirkort zwar nicht in der Pflanze, gelangen aber während der Insektenbekämpfung gelegentlich auf und zum Teil auch in das Pflanzeninnere. PERKOW & PLOSS (1993) beschreiben die Eigenschaften von lambda-Cyhalothrin als nicht systemisch mit hoher Dauerwirkung. Der Abbau erfolgte gemäß den Erkenntnissen von PERKOW & PLOSS (1993) nur langsam. Die Halbwertszeit an der Pflanzenoberfläche beträgt einige Tage bis mehrere Wochen. Beim Abbau finden hauptsächlich Esterspaltungen zu Metaboliten mit höherer Polarität und Wasserlöslichkeit statt. Der Grund für das Nichtvorhandensein im Erntegut liegt lediglich darin, dass der Wirkstoff nicht systemisch verteilt wird, also auch nicht in die Ähre verlagert werden kann. Im Erntegut aller überregionalen Proben konventionell wirtschaftender Betriebe Schleswig-Holsteins konnte kein insektizider Rückstand nachgewiesen werden.

Im Gegensatz zu fungiziden und insektiziden Wirkstoffen ließ sich der Wirkstoff des Wachstumsregulatorens Chlormequatchlorid in jeder konventionellen Kornprobe unterhalb der Toleranzgrenze von 2 mg/kg Korn nachweisen. Der gesetzlich festgelegte Grenzwert wurde damit bei keiner der untersuchten Proben überschritten. Die Nachweise zeigen jedoch auf, dass bei konventioneller Ware nicht von vollständiger Rückstandsfreiheit gesprochen werden kann. Allerdings sind aufgrund der geringen Mengen keine gesundheitlichen Schäden zu erwarten (ANONYM 2002).

Annähernd 70 % des in der EU produzierten Weizens wird mit Wachstumsregulatoren behandelt, wobei Chlormequatchlorid (CCC, chem. Bezeichnung: 2-

Chlorethyltrimethylammoniumchlorid) dabei den hauptsächlich angewandte Wirkstoff darstellt. Wirkungsspezifisch wird selektiv die Gibberelin- und Auxin-Biosynthese gehemmt, was mit einer Hemmung der Zellstreckung verbunden ist. Der Wirkstoff ist relativ stabil und wird in der Pflanze kaum metabolisiert, wobei die Mobilität in der Pflanze insgesamt gering ist (ANONYM 2002). Trotzdem sind nach früher Behandlung (EC 31/32) Rückstände im Weizenkorn nach Ernte nachweisbar. Auch in anderen Untersuchungen wurden Rückstände in Nahrungsmitteln analysiert (Babykost auf Birnenbasis 0,03-0,04 mg Chlormequat / kg; getreidehaltige Babykost 0,04-0,26 mg Chlormequat / kg) (ANONYM 2002). Der 'Acceptable Daily Intake' (ADI) liegt bei 0,05 mg CCC / kg Körpergewicht. Unter Zugrundelegung des durchschnittlichen Körpergewichts eines Menschen von 70 kg und der festgestellten Rückstände im Weizen in Schleswig-Holstein 2005 und 2006 von durchschnittlich 0,47 mg / kg Korn (min. 0,15 mg / kg Korn; max. 1,2 mg / kg Korn) sowie eines mittleren Weizenverbrauchs von 86,6 kg Weizen / Person / Jahr ($\hat{=}$ 237 g Weizen / Tag) (ZMP 2008) ergibt sich eine tägliche Aufnahme von 0,00159 mg / kg Körpergewicht $\hat{=}$ 3,1 % des ADI. Unter Annahme des Maximalwertes von 1,2 mg / kg Korn resultiert eine tägliche Aufnahme von 0,00407 mg / kg Körpergewicht, was 8,1 % des ADI entspricht. Dabei ist Chlormequat umfassend untersucht (Anonym 2002). Nach oraler Verabreichung bei Ratten wird der Wirkstoff fast vollständig absorbiert, nur geringgradig metabolisiert und innerhalb von 2 Tagen zu 98 % ausgeschieden. Die LD50 liegt bei oraler Aufnahme (Ratte) bei 400 mg/kg Körpergewicht, bei dermalen Aufnahme (Ratte) bei >2000 mg/kg Körpergewicht. Hohe Dosen stören die neuromuskuläre Erregungsübertragung. Chlormequatchlorid wird jedoch als nicht hautreizend, nicht augenreizend und nicht hautsensibilisierend eingestuft. Als niedrigste relevante Dosis ohne schädlichen Effekt stuft das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin 4,7 mg/kg Körpergewicht/Tag ein, die in einer Studie über 1 Jahr an Hunden ermittelt wurde. Eine genotoxische Wirkung bei Tests mit Bakterien und Säugerzellen war nicht gegeben und es gab keine Hinweise auf kanzerogene Wirkung. Im Bereich der Reproduktionstoxizität war eine Dosis von 5 mg/kg Körpergewicht/Tag ($\hat{=}$ 100 mg/kg Futter) ohne schädlichen Effekt (ANONYM 2002). DANIELSEN & LARSEN (1992) führten zu dieser Thematik Studien an Jungsauen durch und stellten fest, dass bei einer täglichen Aufnahme von 0,0023 mg Chlormequat / kg Körpergewicht ($\hat{=}$ 4,6 % des ADI) Einfluss auf die Fruchtbarkeit beim Schwein ausübt, indem die Tiere weniger Brunstanzeichen und Beeinträchtigungen der Fruchtbarkeitsleistung (Umrauscherrate erhöht) zeigten. LANGHAMMER (1999) beobachtete bei Untersuchungen an

Mäusen, dass durch die Fütterung mit chlormequathaltigen Weizen (0,163 mg CCC/kg) sowie chlormequathaltigen Wasser (0,155 mg/l) die Spermatozoenproduktion der männlichen Mäuse beeinträchtigt war. Auf weibliche Mäuse hingegen war kein Effekt feststellbar (TORNER 1999). Untersuchungen an Ratten von HELLWIG & HILDEBRAND (1993) ergaben eine reduzierte männliche Fertilität bei einer täglichen Einnahme von 250 mg/kg Körpergewicht und Tag.

Die größere Anzahl umfassender toxikologischer Untersuchungen belegen, dass bei Einhaltung der Grenzwerte nach Rückstandhöchstmengenverordnung nach dem derzeitigen Wissensstand keine Auswirkungen auf die Gesundheit zu erwarten sind. Die in der eigenen Studie nachgewiesenen Rückstände liegen deutlich unter dem ADI. Daher ist nach dem derzeitigen Stand der Forschung von einer Unbedenklichkeit auf die Gesundheit auszugehen. Auch RATH (1991) konnte schon zu Beginn der 1990er Jahre eine insgesamt positive Entwicklung bei der Reduzierung von Pestizidrückständen in konventioneller Ware feststellen. Die schnelle Abbaubarkeit moderner Wirkstoffe spielte dabei die entscheidende Rolle. Insgesamt gesehen sieht RATH (1991) jedoch einen geringen Qualitätsvorteil bei ökologisch erzeugter Ware, da diese keine oder zumindest erheblich weniger Pflanzenschutzmittelrückstände und somit wertmindernde Inhaltsstoffe abiotischer Natur aufweisen.

Die Artenzahlen der Ackerbegleitflora (Unkräuter) unterschieden sich an allen Boniturterminen hochsignifikant zwischen den Bewirtschaftungsformen ($p < 0,01$). Damit lag die Artenvielfalt auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen (59 Arten) vergleichend zu konventionellen Betrieben (36 Arten) deutlich erhöht vor. Eine artenreiche und diverse Ackerwildpflanzenvegetation ist nicht nur im Sinne einer generellen Förderung der Biodiversität in Agrarökosystemen wünschenswert (MARSHALL et al. 2003), sondern sie begünstigt auch die Pflanzenproduktion durch die Förderung von Nützlingen und durch die Verhinderung der Ausbildung von dominanten „Problem-“ und herbizidresistenten Arten (CLEMENTS et al., 1994). Durch die, auf den konventionellen Flächen eingesetzten Herbizide bildeten sich an jedem Standort eine Gruppe von wenigen Arten, die in ähnlicher Dichte vorkommen. Bei zunehmender Störung von Ackerunkrautgesellschaften unter Herbizideinfluss beschrieb HAEUPLER (1982) in einem ersten Schritt ein Absinken der Artenzahl und der 'Evenness', die ein Maß für die Gleichmäßigkeit der Mengenverteilung innerhalb einer Artengemeinschaft darstellt. Im zweiten Schritt wurde ein weiteres Absinken

der Artenzahl bei gleichzeitiger Erhöhung der 'Evenness' beobachtet, bis die wenigen verbliebenen Arten in gleich geringer Menge vertreten waren.

Die Ergebnisse der Unkrautdichten von 3 bis 419 Pflanzen/m² mit Mittelwerten von 114,8 (2005) bzw. 116,7 Pflanzen/m² (2006) auf den konventionellen Flächen und 92,4 (2005) bzw. 191 Pflanzen/m² (2006) auf den ökologischen Flächen bestätigen die Ergebnisse von DREWS et al. (2004) (ökologische Flächen: 182-512 Pflanzen/m²), DREWS (2005) (ökologische Flächen: 156-303 Pflanzen/m²) und BLUMENBERG (1987) (konventionelle Flächen: 28,4 Pflanzen/m² im Jahr 1984, 40,4 Pflanzen/m² im Jahr 1985). Problematisch werden diese Unkrautzahlen, wenn nur ein geringer Bekämpfungserfolg durch Resistenzbildung oder ungenügende Wirkungsgrade aufgrund nicht optimaler Terminierung der Maßnahmen vorherrscht. Diese Beobachtung war auf einer konventionellen in der Marsch des Standorts Nordfriesland mit *Alopecurus myosuroides* (Ackerfuchsschwanz) stark verunreinigten Fläche gegeben, indem vergleichend zu den übrigen elf Flächen die absolut höchsten Unkrautdichten vorlag. Obwohl keine Resistenzuntersuchungen durchgeführt wurden, kann von einer Resistenzbildung gegenüber vielen eingesetzten herbiziden Wirkstoffen ausgegangen werden, da verschiedene Untersuchungen diesen Umstand belegen (NIEMANN 2002; DROBNY et al. 2005).

Die festgestellten Unkrautdeckungsgrade liegen im Mittel mit 21,2 % auf den ökologischen Flächen (Juni) und 13,9 % auf den konventionellen Flächen auf einem insgesamt höheren Niveau als in Literatur beschrieben (DREWS 2004: Unkrautdeckungsgrad ohne Striegel: 2,4 - 10,2 %). Aus den aufgewachsenen Unkräutern kann sich ein hohes Potenzial an Samen im Boden aufbauen, welches in Folgekulturen zur Keimung gelangt. In der Literatur werden hierfür äußerst unterschiedliche Werte angegeben. SNELL (1912) ermittelte unter 100 Samen/m², CHANCELLOR (1965) hingegen über 1 Mio. Samen/m². In der vorliegenden Arbeit wurden keine folgewirksamen Unkrautkeimlingsanalysen durchgeführt. Im Durchschnitt wurde von KOCH (1969) davon ausgegangen, dass selbst auf gering verunkrauteten Flächen 10.000 bis 30.000 Samen in einem Quadratmeter Ackerboden vorliegen und dass diese Anzahl auf stark verunkrauteten Flächen auf etwa 300.000 Samen/m² ansteigt. Neuere Untersuchungen gehen davon aus, dass nur noch 1.000 – 5.000 Unkrautsamen/m² auf intensiv geführten Ackerschlägen gefunden werden können (HURLE 1988; SPRENGER 2004). Die Untersuchungen von DIERAUER & STÖPPLER-ZIMMER (1994) werden durch die eigenen Ergebnisse von 100-300 keimenden Unkräutern bestätigt, so dass jährlich ungefähr von 1-3 % Keimungsrate aller im Boden vorhandenen Samen ausgegangen werden kann.

Der Einfluss des Unkrautvorkommens auf den Kornertrag konnte durch die 2006 angelegte Kontrolle 2b dargestellt werden. Eine Steigerung des Unkrautdeckungsgrades (UDK) vermindert den Relativertrag um 0,82 % je % UDK. BEER und HEITEFUSS (1981) sowie GARBURG (1974) machten ähnliche Beobachtungen. Der Kulturdeckungsgrad steht hier jedoch nicht in linearer sondern logarithmischer Beziehung zum Ertrag, da in der vorliegenden Untersuchung einerseits die Relativerträge betrachtet wurden, andererseits bereits bei Kulturdeckungsgraden von annähernd 60 % einen Relativertrag von 100 % erreichten bzw. eine Erhöhung des Kulturdeckungsgrades keine Erhöhung des Relativertrages über 100 % zur Folge hatte.

In einem Vergleich zwischen konventioneller und ökologischer Landwirtschaft sind die sich stark unterscheidenden Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Durch den gewollten Verzicht auf mineralische Stickstoffdünger und chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel (Herbizide) sind der gezielten Manipulation des Pflanzenbestandes enge Grenzen gesetzt. Der Erfolg der mechanischen Unkrautregulierung, insbesondere der Einsatz von Striegelgeräten, hängt maßgeblich von den vorherrschenden Witterungsverhältnissen ab (DIERAUER & STÖPPLER-ZIMMER 1994; ZWERGER & AMMON 2002; RUHE 2000). Durch die sehr spät einsetzende Vegetation in 2006, verbunden mit der schnellen Austrocknung der oberen Bodenschicht war die verbleibende Zeit zur Durchführung eines erfolgreichen Striegeleinsatzes überregional eingeschränkt gegeben. Bei nicht optimalem Einsatztermin konnten als Folge keine hohen Wirkungsgrade durch mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen erzielt werden. Durchschnittliche Wirkungsgrade von 35,1 % (2006) bis 39,4 % (2005) mechanischer Unkrautbekämpfungsmaßnahmen über alle Standorte mit Schwankungen im Bereich von 25 % bis 53 % waren die Folge. Hingegen wurde durch die chemische Unkrautregulierung in der konventionellen Praxisvariante ein hoher Wirkungsgrad von 96,6 - 99,5 % erzielt. KORR et al. (1996) konnte durch den Einsatz von Herbiziden 94 % aller Unkräuter kontrollieren, den Effekt des mehrfachen Striegeleinsatzes wird mit einer durchschnittlichen Reduktion der Unkräuter um 71 %, einmaliges Striegeln mit 58 % beziffert. Diese versuchstechnischen Ergebnisse konnten in den praxisüblichen ökologisch bewirtschafteten Flächen Schleswig-Holsteins nicht beobachtet werden. Darüber hinaus ging mit den in ökologisch und praxisüblich wirtschaftenden Betrieben mit den erzielten und relativ geringen Wirkungsgraden in Höhe von 35 % auch keine ertragsfördernde Wirkung einher. Die herbizidbedingte Unkrautkontrolle konventionell wirtschaftender Betriebe führte in Abhängigkeit der erzielten, hohen Wirkungsgrade von annähernd 94 % im Mittel der Standorte zu einem Mehrertrag von

16 dt/ha (+ 27,5 %). Die Verluste bei nicht durchgeführter Unkrautregulierung auf durchschnittlichen Weizenstandorten Deutschlands werden von OERKE et al. (1994) ähnlich hoch mit 23,9 % beziffert.

Die festgestellten geringen Erfolge der mechanischen Unkrautregulierung könnten zur Überlegung führen, primär konkurrenzstarke Sorten bei geringem Reihenabstand anzubauen und vollständig auf Unkrautregulierung zu verzichten, wie auch von einigen Autoren empfohlen wird (ANDERSSON 1986; HOFF 1990). Das dann entstehende Problem ist, genau wie bei dem Einsatz von so genannten Schadensschwellen auch im konventionellen Landbau, die nur schwer zu quantifizierende Folgeverunkrautung in den darauf folgenden Jahren, aber auch die Restverunkrautung zur Ernte. Besonders bei *Alopecurus myosuroides* aber auch bei *Galium aparine* beobachtete BLUMENBERG (1987) bei nicht durchgeführter Herbizidmaßnahme aufgrund der Tatsache, dass die Unkrautdichte unterhalb der Schadensschwelle lag, bereits im zweiten Folgejahr eine signifikante Zunahme der keimenden Ackerfuchsschwanzpopulationen pro Quadratmeter. Trotzdem war die Schadensschwelle nicht überschritten. Um diesen Trend weiter zu verfolgen, müssten die Flächen laut BLUMENBERG (1987) über einen sehr viel längeren Zeitraum betrachtet werden. BARTELS (1984) stellte hingegen auch im vierten Jahr nach Einführung der Schadensschwellen keine Unterschiede in der Verunkrautung der Varianten fest. Entstehende Probleme bei der Restverunkrautung sind Mähdruschbehinderung sowie Erhöhung der Kornfeuchten und des Schwarzbesatzes (HEITEFUSS & WAHMHOF 1985). Insbesondere bei der Produktion von zertifiziertem Saatgut werden Unkrautanteile von weniger als einem Prozent gefordert, die schon bei geringen Verunkrautungen überschritten werden. Hinzu kommt, dass die Bestandesdichten heute durch reduzierte Saatstärken und verminderte N-Düngung deutlich geringer sind, so dass in den 1980er Jahren entwickelte Schadensschwellen eventuell nach unten korrigiert werden müssten.

Die im Rahmen des Projekts durchgeführte Sickerwasseranalytik lässt Rückschlüsse auf eine potenzielle Gefährdung des Grundwassers durch ausgewaschene Wirkstoffe insbesondere herbizider Herkunft im Herbst unter konventionell bewirtschafteten Flächen zu. Die Trinkwasserverordnung schreibt für PSM einschließlich ihrer toxischen Hauptabbauprodukte einen Grenzwert von 0,1 µg/l für den einzelnen Wirkstoff bzw. 0,5 µg/l für die Summe aller Wirkstoffe vor. Dieser Grenzwert ist im Sickerwasser der Standorte DW (K) und PLÖ (K) in beiden beprobten Sickerwasserperioden von mindestens einem applizierten herbiziden

Wirkstoff überschritten worden. Insbesondere Flufenacet wurde in die Bodenschicht von 80 cm Tiefe mit den PSM-Frachten in das Sickerwasser verlagert. Diflufenican wurde in deutlich geringeren Mengen festgestellt. Dies liegt mitunter an der quantitativ geringer eingesetzten Wirkstoffmenge. Die gemessenen PSM-Frachten dokumentieren den Nachweis herbizider Wirkstoffe und bestätigen die Ergebnisse aus dem Trendmessnetz Schleswig-Holsteins (1995-2000). Allerdings sind oftmals die Grundwasserspiegel deutlich tiefer als 80 cm gelegen, so dass aufgrund der Bodenbeschaffenheit auf den einzelnen Standorten von weiterem Abbau bzw. Bindung der Wirkstoffe im Boden ausgegangen werden kann und keine direkte Gefährdung des Grundwassers besteht. Weiterhin werden Ergebnisse aus dem Trendmessnetz (1995-2000) bezüglich von Rückständen der Wirkstoffe Atrazin und Terbuthylazin bestätigt. Obwohl der Einsatz von Atrazin schon seit mehreren Jahren gesetzlich ausgesetzt ist, sind die Wirkstoffe aufgrund ihrer hohen Persistenz im Boden als Rückstände vorhanden, die mit dem Sickerwasser in die unteren Bodenschichten verlagert werden können. Insbesondere Terbuthylazin wies sehr hohe Konzentrationen im Sickerwasser unter einem konventionell bewirtschafteten Maisschlag in der Sickerwasserperiode 2005/2006 auf. Die Frage ist jedoch, inwiefern dieser Wirkstoff in diesen Mengen in das Grundwasser gelangen könnte, da ihm eine insgesamt geringe Verlagerbarkeit bescheinigt wird (GIMMI 2004). Auf allen ökologisch wirtschaftenden Betrieben wurden keine Rückstände von Pflanzenschutzmitteln, auch nicht unter ökologisch bewirtschafteten Maisflächen, nachgewiesen.

Für den Anbau von Weizen gelten in beiden Wirtschaftsweisen die gleichen klimatischen und topographischen Ansprüche. Die Systeme unterscheiden sich lediglich in der Wahl der Anbausystemfaktoren, die sich bedingt durch den Verzicht auf chemisch synthetische Pflanzenschutzmittel und mineralische bzw. ausschließlich organische Düngung unterscheiden. In ökologisch wirtschaftenden Betrieben konnte die primäre und geschickte Nutzung phytosanitärer Maßnahmen zur Regulierung von biotisch induzierten Schaddepressionen (Unkraut, pilzliche Pathogene) in deutlich höherem Maße nachwiesen werden, als dies unter den Praxisbedingungen konventioneller Betriebe der Fall ist. Im Gegensatz hierzu ist im konventionellen Betrieb eine Vernachlässigung dieser pflanzenhygienischen und teilweise wirksamen Nutzung anbautechnischer Maßnahmen vermehrt festzustellen. In Schleswig – Holstein findet aufgrund günstiger naturräumlicher und meteorologischer Bedingungen ein intensiver Weizenanbau statt. Die vorliegende Arbeit dokumentiert, dass aufgrund der Unterschiede in den Produktionsweisen ökologisch

wirtschaftende Betriebe auf gleichen Standorten keine vergleichbaren Erträge und Qualitäten erwirtschaften können; zurückzuführen auf den Verzicht einer bedarfsgerechteren, phänologisch orientierten Möglichkeit der Zufuhr des mineralischen Stickstoffs.

Die Betrachtungen des Nebeneinanders von ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben mit der Zielgröße der Ertragsleistungsoptimierung auf Hochleistungsstandorten ökologisch präferierter Anbauregionen dokumentiert dennoch die Vorteile konventionell wirtschaftender Betriebe.

Die Untersuchungen belegen sehr beeindruckend, dass unter den fachlichen Gegebenheiten praktisch wirtschaftender Landwirte im Rahmen der überregionalen Beprobungen der Kornmasse in keiner Fallstudie Rückstände der von eingesetzten PSM nachzuweisen waren.

Die Problematik der N-Versorgung in den unterschiedlichen Wirtschaftsweisen verlangt eine Einordnung. Dem konventionellen Landbau wird vorgeworfen, durch eine überzogene N-Düngung erhöhte Auswaschungsraten und damit eine stärkere Grundwasserbelastung zu induzieren (POMMER et al. 2001). Aber auch der ökologische Landbau ist nicht frei von Auswaschungsverlusten, gerade da die Mineralisierungsraten selten mit den höchsten Aufnahmeraten einhergehen. GRUBER et al. (2003) wiesen zwar einen klaren Zusammenhang von Bewirtschaftungsform und den Nitrat-N-Gehalten im Boden auf, allerdings waren die Differenzen mit 113 kg N/ha im konventionellen und 95 kg N/ha im ökologischen Landbau eher gering. Als problematischer erweisen sich die Wirtschaftsdünger, die vornehmlich im ökologischen Landbau eingesetzt werden. Zum einen stellen sie Mehrnährstoffdünger dar, die nicht optimal auf den Pflanzenbedarf abgestimmt werden können, andererseits ist durch die bakterielle Mineralisierung mit gleichzeitiger Abhängigkeit durch spezifische und genetisch fixierte Präferenzen an die übergeordnete Witterung für den Umsetzungsprozess und die Freisetzung in eine pflanzenverfügbare Nährstoffform eine nicht vorhersehbare zeitliche Phase der Freisetzung gegeben. Dieser N-Bereitstellungsprozess korreliert nur unregelmäßig mit dem phänologisch bedingten Pflanzenbedarf überein. Eine niedrigere N-Ausnutzung ist die Folge.

5 Zusammenfassung

In den Versuchsjahren 2004 bis 2006 wurde in Schleswig-Holstein auf zwölf Praxisbetrieben lokalisiert an sechs Standorten (paarweiser Vergleich) eine vergleichende Analyse der pflanzlichen Produktion unter Berücksichtigung der Intensität der Produktion (konventionell/ökologisch, räumliche Wertepaare) und der naturräumlichen Gegebenheiten durchgeführt. Ziel war es, relevante Agrar-Umweltindikatoren der Prozess- und Produktqualität sowie betriebspezifische Daten zu erfassen und zu analysieren.

In Winterweizenschlägen wurden Parzellen unterschiedlicher Behandlungsvarianten – praxisübliche Behandlung, eine fungizidunbehandelte Kontrolle mit Düngung und Herbizidbehandlung und eine Kontrolle ohne Düngung, ohne Fungizid- und Herbizidbehandlung angelegt und über die Vegetationsperiode an sechs Terminen Pflanzenproben hinsichtlich des qualitativen und quantitativen Befallsauftretens pilzlicher Pathogene (*Septoria tritici*, *Blumeria graminis*, *Puccinia spp.*, *Fusarium spp.*, *Helgardia syn. Pseudocercospora herpotrichoides*) und der Ackerbegleitflora analysiert. Ab EC 69 erfolgten an vier Terminen Untersuchungen zur Ermittlung von PSM-Gehalten im Pflanzenaufwuchs. Die Ernteproben wurden im Anschluss auf etwaige Rückstände von PSM und Mykotoxinen sowie auf die Backqualität untersucht. Darüber hinausgehend wurden durch Saugkerzen die Pflanzenschutzmittelrückstände des oberflächennahen Sickerwassers untersucht.

Ökologische (Ö) wiesen vergleichend zu konventionellen Betrieben (K) eine signifikant höhere Unkrautartenvielfalt und -zahl pro m² auf. Herbizidmaßnahmen (K: Wirkungsgrad 98,1 %) reduzieren in höherem Maße das Unkrautvorkommen als mechanische Verfahren (Ö: Wirkungsgrad: 37,3 %). Die Krankheitsentwicklung ist primär vom Saatzeitpunkt und der Sorte abhängig. Durch die um drei Wochen verzögerte Aussaat der ökologischen Varianten war der Befall mit *Septoria tritici* und *Helgardia herpotrichoides* signifikant geringer, in der Sorte Bussard vergleichend zu Dekan erhöht. Die obligat biotrophen Erreger wiesen eine Abhängigkeit der Stickstoffintensität und des Standortes auf. Eine erhöhte Stickstoffdüngung führte zu einer stärkeren Befallsausbreitung der obligat biotrophen Erreger.

In konventionellen Betrieben wurde durch Fungizideinsatz (Praxisvariante K) gegenüber einer fungizidunbehandelten Kontrolle ein Wirkungsgrad bis zu 89,5 % einhergehend mit einem Ertragsanstiege (K) von 11 % (Dekan) bzw. 14 % (Bussard) erzielt. Eine völlig unbehandelte Variante (K) (ohne mineralische N-Düngung und chemischen Pflanzenschutz) reduzierte die Ertragsleistung gegenüber der Praxisvariante (K) um bis zu 54 % (Bussard)

bzw. 47 % (Dekan). Im Vergleich zu den konventionellen Betrieben wiesen die ökologischen Betriebe einen um 45 % (Dekan) bzw. 42 % (Bussard) signifikant geringeren Kornertrag auf. Die Unkrautreduktion hat im konventionellen Anbau eine signifikante Erhöhung des Kornertrages zur Folge, im ökologischen Anbau blieb die mechanische Unkrautbekämpfung ohne Ertragseffekt.

Die während der Vegetation applizierten fungiziden und insektiziden Pflanzenschutzmittelwirkstoffe unterlagen einem fortschreitenden Abbau, so dass im Ernteprodukt keine Wirkstoffrückstände nachweisbar waren, weder in konventionell, noch in ökologisch erzeugtem Brotweizen. Der Wachstumsregler Chlormequat konnte in allen konventionellen Proben nachgewiesen werden. Mit einem durchschnittlichem Gehalt von 0,47 mg CCC/kg Korn (max. 1,2 mg/kg) liegt der Gehalt unter dem Grenzwert von 2,0 mg/kg. Somit kann von einer gesundheitlichen Unbedenklichkeit ausgegangen werden. Die Mykotoxinbelastung des Ernteguts lag aufgrund der vorherrschenden Jahreswitterung aller Versuchsjahre unterhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte. Die Intensität (Ö/K) hatte einen signifikanten Einfluss auf die Backqualität des Ernteguts. Nur die konventionellen Proben konnten die Anforderungen des Handels erfüllen. Die Qualität des Proteins ist bei reduzierter Stickstoffdüngung ernährungsphysiologisch günstiger. Der Ertrag an essenziellen Aminosäuren (insbesondere Lysin) war in der konventionellen Praxisvariante am höchsten.

Die mittels Saugkerzen gewonnenen Sickerwasserproben im Herbst/Winter 2004/05 und 2005/2006 wiesen am ersten Probenahmezeitraum (November-Dezember 2004) unter den zwei beprobten Weizenschlägen konventioneller Wirtschaftsweise Rückstände der im Herbst applizierten herbiziden Wirkstoffe auf (maximale PSM-Fracht (Auswaschung): 2,41 µg/m² bis zu 21,42 µg/m² Wirkstoff entsprechend 0,01 % bis zu 0,27 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge). Im zweiten Probenahmezeitraum (Januar 2005) waren keine Rückstände nachweisbar. 2006 waren im zweiten Beprobungszeitraum (Januar) 2,4 µg/m² Diflufenican (entspricht 0,05 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge) und 2,7 µg/m² Flufenacet (entspricht 0,02 % der ausgebrachten Wirkstoffmenge) auf einer konventionellen Weizenfläche feststellbar.

Beide Betriebstypen stellen sich in Schleswig-Holstein als sehr leistungsstark dar, wobei der konventionelle Anbau insbesondere in Bezug auf Ertragsleistung und Kornqualität deutliche Stärken aufweist. Forderungen nach erhöhter Berücksichtigung phytosanitärer Maßnahmen bleiben jedoch bestehen, betrachtet man die zunehmend frühen Aussattermine und die als Folge einhergehend zunehmend erhöhten Befallsgrade vorwinterlicher Pflanzenbestände als Ausgangsinokulum für das Folgejahr.

6 SUMMARY

Comparison of organic and conventional wheat production in Schleswig-Holstein - COMPASS (Comparative Assessment of Land Use Systems)

A comparative analysis of conventional versus ecological winter wheat production on 12 farms (6 ecological, 6 conventional) in Schleswig-Holstein was performed over three years (2004 to 2006). The aim of the study was to determine and analyse relevant agricultural environmental indicators of process and product quality in winter wheat production (pathogens, weeds, yield, quality, mycotoxins, pesticide residues).

Winter wheat diseases (*Septoria tritici*, *Blumeria graminis*, *Puccinia* spp., *Fusarium* spp., and *Helgardia* syn. *Pseudocercospora herpotrichoides*) were monitored at six and weeds at four predetermined sampling times in plots of experimental treatments – common practice treatment, fungicide untreated plots and a control without nitrogen (N) fertilizers, growth regulators, herbicides, fungicides and insecticides. After the last fungicide application plant samples (common practice) and grain were analysed.

After growth stage GS 69 plant samples were examined for pesticide residues at weekly intervals. The grain samples were analysed for pesticide residues and mycotoxin contamination as well as for baking quality parameters. The pesticide residues of the subsurface leachate were analysed with suction cups.

Organic managed fields showed significantly higher numbers of weeds and weed species per m² than conventional fields. Herbicides reduced the weeds more efficiently (conventional: degree of effectiveness 98.1 %) than mechanical procedures (ecological: degree of effectiveness 37.3 %). The disease development primarily depended on seeding date and wheat variety. The epidemiological spread of *Septoria tritici* and *Helgardia herpotrichoides* was decreased by the three-weeks delayed seeding date of the ecological fields. The infestation was significantly lower and it was higher in the breed Dekan than in the breed Bussard. The spread of the obligate biotrophic pathogens *Blumeria graminis* and *Puccinia* spp. was affected by nitrogen intensity and experimental site. A higher (N) fertilization level increased the spread of the obligate biotrophic pathogens.

In conventional farming fungicide efficacies of up to 89.5 % were observed resulting in an increase of grain yield between 11 % (Dekan) and 14 % (Bussard) compared to the fungicide untreated control. Omitting pesticides and N fertilisation reduced yield by 54 % (Bussard) or 47 % (Dekan).

In comparison with the conventional farms the ecological farms harvested significantly (51 dt ha^{-1} cv. Dekan or 42 dt ha^{-1} cv. Bussard) less grain. Weed control increased the grain yield significantly by herbicides whereas mechanical weed control on ecological farms did not affect yield.

The fungicides and insecticides applied during the growth period were rapidly degraded such that no residues could be detected in conventional nor in ecological bread wheat.

The growth regulator chlormequat (CCC) could be detected in all conventional grain samples. However, with an average content of $0.47 \text{ mg of CCC mg kg}^{-1}$ of grain (max. 1.2 mg kg^{-1}) below the maximum level of 2.0 mg kg^{-1} it does probably not affect health. The mycotoxin content of grain was in all experimental years below the maximum level of $500 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$.

The production intensity (ecological/conventional) significantly affected baking quality. Only the conventional samples could fulfil the quality requirements concerning baking quality (for example increased sedimentation, protein and gluten). Protein quality in reference to the essential amino acid lysine was improved by reduced N fertilization. Amino acid contents, especially lysine, were increased by the N fertilization in the conventionally produced grain with by fertilizers and pesticides.

Herbicide residues were found in leachate samples in November 2004 and 2005 at 80 cm below the soil surface. The leachate samples were taken from suction cups on two conventional wheat crop fields. The maximum washout was $2.41 \text{ } \mu\text{g m}^{-2}$ (Diflufenican) and $21.42 \text{ } \mu\text{g m}^{-2}$ (Flufenacet) active ingredient, corresponding to 0.01 % and 0.27 %, respectively, of the applied amount. No residues could be detected in the second test period in January 2005. In January 2006 on one of the conventional fields residues of $2.4 \text{ } \mu\text{g m}^{-2}$ Diflufenican, corresponding to 0.05 % of the applied amount and $2.7 \text{ } \mu\text{g m}^{-2}$ Flufenacet corresponding to 0.02 % of the applied amount could be detected.

Both types of farming systems in Schleswig-Holstein have a high performance. The conventional production has advantages in reference to grain yield and grain quality, but the call for a higher consideration of phytosanitary measures remains due to the increasing role of earlier seeding dates and the resulting higher disease development in autumn which produces the inoculum for the following year.

7 Literaturverzeichnis

- ABDIN, M. Z., K. C. BANSAL, ET AL. (1996). "Effect of split nitrogen application on growth and yield of wheat (*T.aestivum* L.) genotypes with different N-assimilation potential." *Journal of Agronomy and Crop Science* 176: 83-90.
- ABELE, U. (1973). Vergleichende Untersuchungen zum konventionellen und biologisch-dynamischen Pflanzenbau unter besonderer Berücksichtigung von Saatzeit und Entitäten. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Gießen, Justus Liebig-Universität: 190.
- ALSTROM, S. (1990). "Fundamentals of weed management in hot climate peasant agriculture." *Crop Production Science* 11: 271 pp.
- ANDERSSON, B. (1986). "Influence of crop density and spacing on weed competition and grain yield in wheat and barley." *Proc. EWRS Symposium Economic weed control*: 121-128.
- ANONYM (1994). EPPO-Richtlinie PP 1/93 (2)- Unkräuter in Getreide. Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg), Braunschweig
- ANONYM (2000). Versuchsbericht 2000 - Ackerbau. Kiel, Pflanzenschutzdienst des Landes Schleswig-Holstein.
- ANONYM (2002). Chlormequatrückstände in Babynahrung. Stellungnahme des BgVV vom 25. Feb. 2002.
- ANONYM, Bundessortenamt (Hrsg.) (2004). Beschreibende Sortenliste 2004 – Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte (Außer Kartoffeln)
- ANONYM (2005). Das Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz (LMBG)
- ANONYM (2007). Nationale Berichterstattung Pflanzenschutzmittel- Rückstände 2006 Zusammenfassung der Ergebnisse des Jahres 2006 aus Deutschland [http://www.bvl.bund.de/nr_493682/DE/01__Lebensmittel/01__Sicherheit__Kontrollen/05__NB__PSM__Rueckstaende/01__nb__psm/nbpsm__Bericht__2006.html , 13.05.08]
- ANONYM (2008). Rückstands-Höchstmengenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Oktober 1999 (BGBl. I S. 2082; 2002 I S. 1004), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 10. April 2008 (BGBl. I S. 722)
- AUFHAMMER, W., W. HERMANN, et al. (1999). "Ährenbefall mit *Fusarium graminearum* und Mykotoxingehalt des Kornguts von Winterweizen, -triticale und -roggen in Abhängigkeit von Sorte und Anbauintensität." *Pflanzenbauwissenschaften* 3(1): 32-39.
- AUFHAMMER, W., E. KÜBLER, et al. (2000). "Ährenbefall mit Fusarien (*F. graminearum*, *F. culmorum*) und Deoxynivalenolgehalt im Korngut von Winterweizen in Abhängigkeit von der N-Düngung." *Pflanzenbauwissenschaften* 4(2): 72-78.
- BAEUMER, K. (1992). Allgemeiner Pflanzenbau, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

- BARTELS, J. (1984). Pflanzenschutz im intensiven Weizenbau - Auswertung schlagspezifischer Fragebögen des Beratungsrings "Ackerbau Südhannover e.V." aus den Jahren 1973-1982 und Versuche zur praktischen Anwendung und ökonomischen Bedeutung von Schadensschwellen für Unkräuter, Mehltau und Blattläuse. Universität Göttingen.
- BASEDOW, T. (2002). "Konventionelle Landwirtschaft (in ihrer gegenwärtigen Ausprägung) oder ökologische Landwirtschaft? - Für die maximale Biodiversität sind beide erforderlich." *Gesunde Pflanzen* 54(6): 177-182.
- BAUMGÄRTEL, G. (1993). "Warum Nmin heute noch funktioniert." *DLG-Mitteilungen* 2/1993: 18-23.
- BECHTEL, D. B., L. A. KALEIKAU, et al. (1985). "The effects of *Fusarium graminearum* infection on wheat kernels." *Cereal Chemistry* 62: 191-197.
- BEER, E. AND R. HEITEFUSS (1981). "Ermittlung von Bekämpfungsschwellen und wirtschaftlichen Schadschwellen für monocotyle und dicotyle Unkräuter in Winterweizen und Wintergerste." *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 88: 321-336.
- BEHRENDT, S. AND M. HANF (1979). *Ungräser des Ackerlandes*. Ludwigshafen, BASF Aktiengesellschaft.
- BERECZ, K. AND I. RAGASITIS (1990). "Effect of nitrogen fertilization on the dry matter, nitrogen accumulation and amino acid content of wheat." *Pol'nohospodarstvo* 36(6): 489-499.
- BERNER, A., R. FREI, et al. (2005). Effects of reduced tillage, fertilization and biodynamic preparation of crop yield, weed infestation and the occurrence of toxigenic fusaria. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL). Frick, Switzerland.
- BEYER, M. (2005). Möglichkeiten der Prognose des Deoxynivalonolgehaltes von Weizenproben aus Schleswig-Holstein. Qualitätsaspekte in der Wertschöpfungskette pflanzlicher Lebensmittel - Beiträge zum fünften Workshop der Arbeitsgruppe Lebensmittelqualität und -sicherheit. Kiel, Schriftenreihe der CAU Kiel 2005.
- BLUMENBERG, E. (1987). Auswirkungen der Berücksichtigung von Schadensschwellen für Unkräuter im Winterweizen in einer Fruchtfolge mit Zuckerrüben und Wintergetreide und zur Vorgehensweise bei der Ermittlung des Unkrautbesatzes unter praktischen Bedingungen, Universität Göttingen.
- BOCKMANN, H. AND H. MIEHLKE (1983). "Fruchtfolge, Fußkrankheiten und neuzeitliche Anbaumaßnahmen beim Weizen aus der Sicht der Bodenhygiene." *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 35: 97-103.
- BÖRNER, H. (1995). *Unkrautbekämpfung*. Jena; Stuttgart; New York, Gustav Fischer Verlag.
- BRÄUTIGAM, V. (1990). "Mechanische Beikrautregulierung im Getreide mit Striegel und Netzegge nach verschiedener Grundbodenbearbeitung." *Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Agrarbiologie Linz/Donau* 20: 65-78.

- BRÖNNIMANN, A. (1969). "Einfluss einer züchterisch oder durch Chlorcholinchlorid bedingten Halmverkürzung bei Sommerweizen auf den Befall und die Schädigung durch *Septoria nodorum* Berk." Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 129: 247-258.
- Bundessortenamt (Hrsg.) (2004). Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen (grobkörnig), Hackfrüchte (außer Kartoffeln), Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, Hannover.
- BUSSE, C. (2001). Populations- und Schadensdynamik von Weizenpathogenen in Schleswig-Holstein und Ansätze einer Befallsprognose. Institut für Phytopathologie. Kiel, CAU: 161.
- CARR, P. M., H. J. KANDEL, et al. (2006). "Wheat Cultivar Performance on Certified Organic Fields in Minnesota and North Dakota." Crop Science 46: 1963-1971.
- CHANCELLOR, R. J. (1965). "Weed seeds in the soil, Weed research organisation, First report 1960-64." Sci 74: 174-183.
- CHUNG, O. K. AND Y. POMERANZ (1985). Amino acids in cereal proteins and protein fractions. In: Digestibility and amino acid availability in cereals and oilseeds. J. W. Finley and D. T. Hopkins, AACC: 65-107.
- CLEMENTS, D. R., S. J. WEISE, et al. (1994). "Integrated weed management and weed species diversity." Phytoprotection 75: 1-18.
- DÄNICKE, S. AND E. OLDENBURG (2000). "Risikofaktoren für die Fusariumtoxinbildung und Vermeidungsstrategien bei der Futtermittelerzeugung und Fütterung." Landbauforschung Völkenrode - Sonderhefte 216.
- DANIELSEN, V. AND A. E. LARSEN (1992). The Influence of Cereal Treated with CCC, Cerone or Roundup on Reproduction in Pigs. 43rd Annual Meeting of the EAAP, Abstract Volume 2.
- DELLEN, A. V. (2001). "Yield and Growth Components of Potato and Wheat under Organic Nitrogen Management." Agronomy Journal 93: 1370-1385.
- DEXTER, J. E., R. M. CLEAR, et al. (1996). "Fusarium Head Blight: Effect on the Milling and Baking of Some Canadian Wheats." Cereal Chemistry 72(6): 695-701.
- DIEPHOLDER, M., X. M. MAIDL, et al. (1992). "Standortgerechte Stickstoffdüngung zu Winterweizen - Versuchsergebnisse aus verschiedenen Regionen Bayerns." Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss 5/1992: 185-188.
- DIERAUER, H.-U. AND H. STÖPPLER-ZIMMER (1994). Unkrautregulierung ohne Chemie, Stuttgart, Eugen Ulmer.
- DREWS, S., P. JUROSZEK, et al. (2004). "Optimierung der Beschattungsfähigkeit von Winterweizen als Unkrautkontrollmaßnahme." Journal of Plant Diseases and Protection Sonderheft 19: 545-552.

- DREYMANN, S. (2005). N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- DROBNY, H. G., M. SALAS, et al. (2005). "Management metabolisch resistenter Ackerfuchsschwanz-Populationen (*Alopecurus myosuroides* L.) in Deutschland – Herausforderungen und Möglichkeiten." *Journal of Plant Diseases and Protection*(Special Issue XX, Kapitel 2).
- EBERLE, M. (2006). Vergleichende Analyse der Mykotoxinproblematik im konventionellen und ökologischen Getreidebau. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau. Kiel, CAU: 156.
- EDWARDS, D. G. AND J. J. BERRY (1987). "The efficiency of simulation-based multiple comparison." *Biometrics* 43: 913-928.
- EGGEBRECHT, H. (1964). Unkräuter im Feldbestand - Ein Bestimmungsbuch. Radebeul, Neumann Verlag.
- EVANS, L. T. (1993). *Crop evolution, adaption and yield.*, Cambridge University Press.
- FINCK, A. (1991). *Düngung - ertragssteigernd, qualitätsverbessernd, umweltgerecht*, Verlag Eugen Ulmer.
- FINCK, M. (1994). Einfluss der Wechselwirkung zwischen Gülledüngung, mineralischer N-Düngung, Bodenbearbeitung und Fungizidbehandlung auf Wachstum, N-Aufnahme, Ertrag und N-Verwertung bei Winterweizen. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Kiel, Christian-Albrechts-Universität: 201.
- FISCHBECK, G., D. J., et al. (1992). "Untersuchungen zur Verwertung des Stickstoffs in der oberirdischen Biomasse von Winterweizen-Beständen bei unterschiedlicher Höhe und Verteilung der mineralischen N-Düngung." *Bayrisches Landw. Jahrbuch* 69(2): 131-148.
- GALLI, P. AND H. G. FUNKE (2006). "Ursachen unzulässiger Pflanzenschutzmittelrückstände im Strauchbeerenanbau in Baden-Württemberg." *Gesunde Pflanzen* 58(4): 197-200.
- GARBURG, W. (1974). Untersuchungen zur Ermittlung der ökonomischen Schadensschwelle und der Bekämpfungsschwelle von Unkräutern in Getreide, Universität Göttingen.
- GEISLER, G. (1988). *Pflanzenbau. Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion*. 2. Auflage, Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg.
- GIMMI, T. (2004). "Verlagerung gelöster Stoffe durch den Boden ins Grundwasser." *Schriftenreihe Umwelt*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 349: 46.
- GRUNDY, A. C., N. D. BOATMAN, et al. (1996). "Effects of herbicide and nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of wheat." *Journal of Agricultural Science* 126: 379-385.

- HACK, H., H. BLEIHOLDER, L. BUHR, U. MEIER, U. SCHNOCK-FRICKE, E. WEBER & A. WITZENBERGER (1992). Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. – Erweiterte BBCH-Skala. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 44: 265-270
- HAEUPLER, H. (1982). "Evenness als Ausdruck der Vielfalt in der Vegetation." Vaduz, Cramer pp.268.
- HANF, M. (1982). Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen. München, BLV-Verlagsgesellschaft.
- HÄNSEL, H. (1955). "Entwicklungsrelationen ertragsbildender Organe von Winterweizen und Winterroggen und ihre Bedeutung für Termine zusätzlicher Nährstoff- und Wassergaben." Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 100(1): 85-98.
- HANUS, H. (1978). "Leistungssteigerung im Getreidebau durch Düngung." Schriftenreihe Agrarwissenschaftliche Fakultät Univ. Kiel 59: 77-81.
- HEDKE, K. (1999). Auswirkungen von Anbausystemen auf pilzliche Krankheitserreger im Winterweizen und resultierende Konsequenzen für den integrierten Pflanzenschutz. Agrarwissenschaftliche Fakultät. Kiel, Christian-Albrechts-Universität: 265.
- HEITFUSS, R. AND W. WAHMHOF (1985). "Grundsätzliche Überlegungen zum Konzept der wirtschaftlichen Schadensschwelle bei der Unkrautbekämpfung." Gesunde Pflanzen 3: 81-86.
- HELLWIG, J. AND B. HILDEBRAND (1993). Reproduction Toxicity Study of Chlormequat Chloride in Rats; Continuous Dietary Administration over two Generations (Document 93/11094). Ludwigshafen, Germany, Department of Toxicology BASF.
- HEPBURN, F. N., W. K. CALHOUN, et al. (1966). "The Biological Availability of Essential Amino Acids in Wheat, Flour, Bread, and Gluten." Cereal Chemistry 43: 271-283.
- HERMANN, W., W. AUFHAMMER, ET AL. (1999). "Auswirkungen von Ährenbefall mit *Fusarium graminearum* auf die Kornqualität von Winterweizen, Wintertriticale und Winterroggen." Pflanzenbauwissenschaften 3(2): 82-89.
- HEYDEN, B. (2004). "Bedeutung von Regionalsorten im Getreidenbau. Abschlussbericht zum forschungsprojekt Nr. 02OE494 im Bundesprogramm Ökologischer Landbau." In Internet: <http://www.orgprints.org/5236/> [08.11.2006].
- HOFF, A. (1990). Standortbedingtes Auftreten von Unkräutern und sortenbedingte Konkurrenz in einem Feldversuch mit Winterweizen, Diplomarbeit Professur Organischer Landbau Bonn.
- HOFFMANN, G. M. AND H. SCHMUTTERER (1999). Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Stuttgart, Eugen Ulmer.
- HOFMEISTER, H. AND E. GARVE (1986). Lebensraum Acker; Pflanzen der Äcker und ihre Ökologie. Hamburg, Berlin, Paul Parey.

- HÖHN, A., H.-P. ROSENBERGER, et al. (2002). "Ährenfusariumbefall (*F. culmorum*) und Deoxynivalenol-Akkumulation im Kornausbildungsverlauf abreifedifferenzierter Winterweizenbestände." *Pflanzenbauwissenschaften* 6(1): 1-8.
- HOLFORD, I. C. R., J. F. HOLLAND, ET AL. (1997). "Yield and protein responses to nitrogen, and nitrogen fertilizer requirements of grain sorghum, in relation to soil nitrate levels." *Australien Journal of Agricultural Research* 48: 1187-1197.
- HURLE, K. (1982). *Untersuchungen zum Abbau von Herbiziden in Böden*. Hamburg, Paul Parey.
- JAHN, M. AND B. PALLUT (2002). *Langzeitversuch zum integrierten und ökologischen Landbau – Bewirtschaftungsintensität und Krankheitsauftreten*. 53. Deutsche Pflanzenschutztagung, Bonn, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA).
- JAHRSTORFER, E. (2001). "Weizensorten für den Öko-Anbau." *Bayrische Landwirtschaft* 40: 30.
- KÄSBOHRER, M. (1986). *Epidemiologie und Ertragsrelevanz von Fuß-, Blatt- und Ährenkrankheiten in verschiedenen Weizenanbausystemen*. Lehrstuhl für Phytopathologie. München, Technische Universität.
- KELM, M., H. HÜWING, et al. (2006). *C O M P A S S - Vergleichende Analyse der pflanzlichen Produktion auf ökologischen und konventionellen Praxisbetrieben in Schleswig-Holstein - E n d b e r i c h t*. Kiel, Christian-Albrechts-Universität.
- KERKHOF, F. (1996). *Betriebswirtschaftliche Beurteilung unterschiedlich umweltverträglicher Systeme des Ackerbaus*. Göttingen, Georg-August-Universität.
- KHALIL, J. K., W. N. SAWAYA, et al. (1987). "Effect of nitrogen fertilizer on the nutritional quality of wheat variety, Yecora Rojo." *Plant Foods for Human Nutrition* 36: 279-283.
- KLAABEN, H. AND J. FREITAG (2004). *Ackerunkräuter und Ackerungräser - rechtzeitig erkennen*. Münster, Landwirtschaftsverlag GmbH.
- KLEIBER, E. (2000). *Untersuchungen über die Reaktion von Winterweizensorten auf extensive und intensive Anbaubedingungen*. Inst. f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Gießen, Justus-Liebig-Universität: 1-136.
- KLINK, H. (1997). *Geoepidemiologische Erhebungen von Weizenpathogenen in Schleswig-Holstein unter Anwendung und Entwicklung des Integrierten Pflanzenschutzsystems (IPS-Modell Weizen) für einen minimierten, bedarfsgerechten Fungizideinsatz (1993-1996)*. Institut für Phytopathologie. Kiel, Christian-Albrechts-Universität: 230.
- KLIX, M., VERREET, J.A. & M. BEYER (2005): *Fusarium graminearum im Weizen: Bedeutung der Ascosporen für Befall und Mykotoxinbildung*. In: *Vierter Arbeitsbericht der Arbeitsgruppe Lebensmittelqualität und –sicherheit QUASI*. Christian-albrechts-Universität Kiel

- KLUGE, E. (1990). "Einfluss acker- und pflanzenbaulicher Faktoren auf die Entwicklung des Mehltaus an Winterweizen." *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz* 26.
- KOCH, W. (1964). "Unkrautbekämpfung durch Eggen, Hacken und Meißeln in Getreide I. Wirkungsweise und Einsatzzeitpunkt von Egge, Hacke und Bodenmeißel." *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* 120: 369-382.
- KOCH, W. (1975). "Mechanische Unkrautbekämpfung im Getreide." *Garten Organisch* 1: 11-12.
- KOCH, W. AND K. HURLE (1978). *Grundlagen der Unkrautbekämpfung*. Stuttgart, Ulmer.
- KOLBE, H. AND K. MÜLLER (1983). "Über den Einfluß stark differenzierter Nährstoffgaben auf den Gehalt qualitätsbestimmender Stickstoffverbindungen in Weizenkaryopsen." *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* 152: 186-198.
- KORR, V., F. X. MAIDL, et al. (1996). "Auswirkungen direkter und indirekter Regulierungsmaßnahmen auf Ressourcenkonkurrenz und Artenvielfalt der Unkrautflora in extensiven Landnutzungssystemen." *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft* 15: 349-358.
- KÜHL, A. (1991). *Einfluss der Produktionstechnik auf Schadschwellen und Befall mit Septoria spp. un Erysiphe graminis im Weizenanbau*. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Kiel, CAU: 155.
- KÜHLEN, N. (2001). *Empfehlungen von Winterweizensorten im Organischen Landbau über die Kleberproteinfraktionen und deren Einfluß auf die Backqualität*. Institut für Lebensmittelwissenschaft und Lebensmittelchemie. Bonn, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität.
- LANGHAMMER, M., S. KUHLA, ET AL. (1999). "Zum Einfluss von Chlorcholinchlorid-behandeltem Weizen auf ausgewählte Parameter der Fruchtbarkeit weiblicher Mäuse." *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 81: 190-202.
- LEITCH, M. H. AND P. D. JENKINS (1995). "Influence of nitrogen on the development of septoria epidemics in winter wheat." *The Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 124: 361-368.
- LEMAIRE, G. (1998). "Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops." *Plant Growth Regulation*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 24(2): 145-146.
- LIEBFELD, R., B. MENDEL & C. CASTELL-EXNER (2001). *Trinkwasserverordnung (TrinkV 2001) im Überblick*.
- LINDHAUER, M., S. SELING, et al. (2005). "Qualität des deutschen Weizens 2004." *Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel Institut für Getreide-, Kartoffel- und Stärketechnologie*.
- LINNEMANN, L. (2001). *Kleberprotein-Zusammensetzung und Umwelteinfluß als Bedingung der Weizenqualität*. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II. Gießen, Justus-Liebig-Universität: 101.

- LOCHOW-PETKUS (2006). "Winterweizen von Lochow-Petkus: Bussard (E)." In Internet: <http://www.lochow-petkus.de/saat/ctrl.jsp?cat=0:5&item=5:1680> [08.11.2006].
- LOCHOW-PETKUS (2006). "Winterweizen von Lochow-Petkus: Dekan (B)." In Internet: <http://www.lochow-petkus.de/saat/ctrl.jsp?cat=0:5&item=5:1684> [08.11.2006].
- LOGES R. (1998). Ertrag, Futterqualität, N₂-fixierungsleistung und Vrofruchtwert von Rotklee- und Rotklee-grasbeständen. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel:262
- LÜCKE, W., P. STEINBACH, et al. (2003). "Phytopathologische Beobachtungen im ökologischen Landbau in Mecklenburg-Vorpommern." *Gesunde Pflanzen* 55(4): 117-120.
- LÜTKE-ENTRUP, N. AND F. GRÖBLINGSHOFF (2003). Pflanzengesundheit, Qualität und Mykotoxinbelastung von Winterweizen als Brotgetreide und Futtermittel in differenzierten Systemen der Bodenbewirtschaftung. Soest, Fachhochschule Südwestfalen: 108.
- MARSHALL, E. J. P., V. K. BROWN, et al. (2003). "Weed seed banks in arable fields under contrasting pesticide regimes." *Annals of Applied Biology* 125: 349-360.
- MARX, H., B. GEDEK, et al. (1995). "Vergleichende Untersuchungen zum mykotoxikologischen Status von ökologisch und konventionell angebautem Getreide." *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A* 201(1): 83-86.
- MAULER-MACHNIK, A. AND P. NAB (1990). "Einfache Methode zur Frühdiagnose von *Pseudocercospora herpotrichoides* mit dem Bayer Getreide-Diagnose-System nach Verreet/Hoffmann." *Gesunde Pflanzen* 42(4): 130-132.
- MEIER, U. (2001). Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen: BBCH-Monografie. Braunschweig.
- MEINLSCHMIDT, E. (1997). Untersuchungen zur sukzessiven Bekämpfung des Unkrautbesatzes in Getreidebeständen durch gezielte Applikation reduzierter Herbizidaufwandmengen. Institut für Acker- und Pflanzbau. Halle-Wittenberg, Martin-Luther-Universität: 89.
- MENCK, B.-H. (1968). Biologie des Ackerfuchsschwanzes (*Alopecurus myosuroides*, Huds.) und seine Verbreitung in Schleswig-Holstein. Institut für Phytopathologie. Kiel, Christian-Albrechts-Universität: 249.
- MONTEITH, J. L. (1977). "Climate and the efficiency of crop production in Britain." *The Philosophical Transactions of the Royal Society B* 281: 277-294.
- MÜLLER, F. (1986). Phytopharmakologie - Verhalten und Wirkungsweise von Pflanzenschutzmitteln, Verlag Eugen Ulmer.
- NIEMANN, P., R. BÜNTE, et al. (2002). "Erste Nachweise von Flupyrsulfuron-Resistenz bei *Alopecurus myosuroides* in Norddeutschland." *GESUNDE PFLANZEN* 54(6): 183-187.
- ODÖRFER, A. (1995). Auswirkungen einer Extensivierung des Weizenbaus auf das Auftreten und die Schadrelevanz von Fuß-, Blatt-, und Ährenkrankheiten. Lehrstuhl für Phytopathologie. München, Technische Universität München: 151.

- OEHMICHEN, J. (1986). Pflanzenproduktion. Band 2: Produktionstechnik. 1. Auflage, Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg.
- OERKE, E.-C., H.-W. DEHNE, et al. (1994). Crop Protection., Elsevier Science B. V., Amsterdam.
- OFFENBÄCHER, G. (2001). Zur Analytik von Fusarium-Mykotoxinen. Tagungsband Nr. 92, 13. Wissenschaftliche Fachtagung 7. November 2001 Fusarium-Befall und Mykotoxinbelastung von Getreide – Ursachen, Auswirkungen, Vermeidungsstrategien – Universität Bonn
- PARKER, S. R., S. WELHAM, et al. (2004). "Tolerance of septoria leaf blotch in winter wheat." Plant Pathology 53: 1-10.
- PAWELZIK, E., H. PERMADY, et al. (1998). Untersuchungen zum Einfluss einer Fusarien-Kontamination auf ausgewählte Qualitätsmerkmale von Weizen. Getreide, Mehl und Brot. 52: 264-266.
- PERKOW, W. AND H. PLOSS (1993). Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel 3. Auflage, Paul Parey Verlag.
- PERMADY, H. H. (1999). Untersuchungen zum Einfluss einer pilzlichen Kontamination auf ausgewählte Qualitätsmerkmale von Weizenerntegetut. Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz. Göttingen, Georg-August-Universität.
- POMMER, G. (2003). "Auswirkung von Saatstärke, weiter Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen." Tagungsband, Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern Ökoloandbautag der LfL.
- POURSALEH, M. (1973). Untersuchungen über den Einfluss von Sorte, Standort und Stickstoffdüngung auf die müllereitechnologischen Qualitätseigenschaften bei Weizen. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Gießen, Justus Liebig-Universität: 135.
- PRINGAS, C. AND H.-J. KOCH (2004). "Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag und Qualität von Winterweizen nach unterschiedlichen Vorfrüchten – Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen." Pflanzenbauwissenschaften 8(1): 24-33.
- RATH, H. W. (1991). Qualitätsvergleich von "biologisch" und "konventionell" erzeugten Feldfrüchten unter besonderer Berücksichtigung hygienisch-toxikologischer Aspekte. Medizinische Fakultät, Hygiene-Institut Tübingen. Tübingen, Eberhard-Karls-Universität: 109.
- RIPPIN, M. AND U. HAMM (2007). Strukturdaten ökologischer Betriebe. ZMP Ökomarkt Jahrbuch 2007: 85-93.
- RUHE, I. (2000). Winterweizenanbau in stickstofflimitierten Produktionssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Ertragsbildung, der organischen und der mechanischen Beikrautregulierung. Lehrstuhl Grünland und Futterbau - Fachgebiet Ökologischer Landbau. Kiel, CAU: 1-181.

- SCHARPÉ, G. L. G. e. A. (2001). Der ökologische Landbau - Ein Leitfaden zur EU-Gesetzgebung. Luxemburg, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften: 32.
- SCHENKE, H. (1993). Anbautechnik von Winterweizen im Organischen Landbau: Unkrautaufkommen und Ertragsbildung in Abhängigkeit von mechanischer Unkrautregulierung, Saatgutqualität, Standraumzumessung und organischer Düngung. Hohe Landwirtschaftliche Fakultät. Bonn, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität: 175.
- SCHMITT, M. (1993). Vergleichende pflanzenbauliche Untersuchungen auf alternativ unkonventionell bewirtschafteten Winterweizen-Flächen unter besonderer Berücksichtigung von Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenertrag, Pflanzen-Inhaltsstoffen und Sortenechtheit. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Gießen, Justus-Liebig-Universität: 103.
- SCHULZE, P. (1998). Einfluss der Stickstoff-Düngungsintensität auf die Proteinqualität von Weizen. Humanernährung und Lebensmittelkunde. Kiel, Christian-Albrechts-Universität: 178.
- SCHULZE-SCHIDDORF, G., A. BUTZ, et al. (2004). Interaktionen zwischen Anbaubedingungen, Pilzbefall, Backqualität und Mykotoxinbelastung in der ökologischen Weizenproduktion. Kassel, Universität Kassel: 72.
- SCHÜTZE, S. B. (2003). Der Biologisch-Dynamische Pflanzenbau im Vergleich zum Ökologisch-Organischen und zum Konventionellen bzw. Integrierten Pflanzenbau. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Gießen, Justus-Liebig-Universität: 184.
- SEIBEL, W. (1996). Getreide. Handbuch Bio-Lebensmittel. M. C. Eschricht. Hamburg, Behr's Verlag.
- SEITZ, L. M., W. D. EUSTACE, et al. (1986). "Cleaning, Milling, and Baking Tests with Hard Red Winter Wheat Containing Deoxynivalenol." *Cereal Chemistry* 63: 146-150.
- SIMÓN, M. R., A. E. PERELLÓB, et al. (2002). "Influence of *Septoria tritici* on Yield, Yield Components, and Test Weight of Wheat under Two Nitrogen Fertilization Conditions." *Crop Science* 42(N Effects on *Septoria* Leaf Blotch in Wheat): 1974-1981.
- SMITH, S. P., W. P. DAVLES, et al. (1990). "Responses of grain protein in winter wheat to nitrogen." *Aspects of Applied Biology* 25: 255-259.
- SNELL, K. (1912). "Über das Vorkommen von keimfähigen Unkrautsamen im Boden." *Land. Jb.* 43: 323-347.
- SORENSEN, M. T. AND V. DANIELSEN (2006). "Effects of the plant growth regulator, chlormequat, on mammalian fertility." *International journal of andrology* 29: 129-133.
- STEINMANN, F. (2002). Beobachtung der Grundwasserbeschaffenheit in Schleswig-Holstein - Trendmessnetz 1995 - 2000. Kiel, Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein: 54.

- STOCK, H.-G., K. WARNSTORFF, et al. (1999). "Einfluß unterschiedlicher Anbauintensität auf Ertrag, Qualität und ökonomisches Ergebnis im Winterweizenanbau (*Triticum aestivum* L.) unter Bedingungen des Mitteldeutschen Trockengebietes." *Pflanzenbauwissenschaften* 3(1): 22–31.
- STOLZ, P., A. WEBER, et al. (2002). Auswertung der Pestizidgehalte von Lebensmitteln ökologischer und nichtökologischer Herkunft des deutschen Marktes im Zeitraum 1994-2002 -Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben 02 OE 677.
- TAUSCHER, B. (2003). Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren : Statusbericht 2003 / vorgelegt von der Senatsarbeitsgruppe "Qualitative Bewertung von Lebensmitteln aus alternativer und konventioneller Produktion", Münster-Hiltrup : Landwirtschaftsverl., 2003: Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft : Reihe A, Angewandte Wissenschaft ; 499.
- TAUSCHER, B., G. BRACK, et al. (2003). Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren - Statusbericht 2003. Berlin, Senat der Bundesforschungsanstalten: 101.
- TISCHNER, H., B. SCHENKEL, et al. (2006). "Monitoring für Getreidekrankheiten in Bayern – mehrjährige Auswertungen über die Bedeutung der einzelnen Schaderreger." *Gesunde Pflanzen* 58(1): 34-44.
- TOLLENAAR, M. AND T. W. BRUULSEMA (1988). "Efficiency of Maize Dry Matter Production During Periods of Complete Leaf Area Expansion." *Agronomy Journal* 80: 580-585.
- TORNER, H., S. BLOTTNER, et al. (1999). "Influence of chlorocholinechloride-treated wheat on selected in vitro fertility parameters in mice." *Reproductive Toxicology* 13: 399-404.
- VERREET, J.-A. (1985). Grundlagen der Schadenswirkung des Blatt- und Ährenbefalles durch *Septoria nodorum* (Berk.) Berk. bei Weizen. Lehrstuhl für Phytopathologie. München, Technische Universität München: 177.
- VERREET, J.-A. (1995). Angewandte Grundlagen des Integrierten Pflanzenschutzes - Das IPS-Modell Bayern. Lehrstuhl für Phytopathologie. München, Technische Universität.
- WESSEL-BOTHE, S., S. PÄTZOLD, et al. (2000). "Adsorption von Pflanzenschutzmitteln und DOC an Saugkerzen aus Glas und Keramik." *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 163(1): 53-56.
- WITTRICK, A. F. (2001). Das Integrierte Pflanzenschutzsystem (IPS-Modell Weizen) im praktischen Betrieb Schleswig-Holsteins -Implementierung und Validierung. Institut für Phytopathologie. Kiel, Christian-Albrechts-Universität: 156.
- WOHLLEBEN, S. (2004). "Pflanzenkrankheiten und Schädlinge im ökologischen Ackerbau." *Gesunde Pflanzen* 56: 17-26.
- ZIMMERMANN, G. AND F. STRASS (1989). "Einfluss der Saatzeit auf Ertrags- und Qualitätseigenschaften neuerer Winterweizensorten." *Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch* 66.

ZINKERNAGEL, V., B. ADOLF, et al. (2000). "Ähreninfektionen bei Weizen durch *Fusarium graminearum*." *Gesunde Pflanzen* 52: 228-233.

ZMP (2007). Jahresbericht 2007/2008 - Rückblick und Vorschau auf die Agrarmärkte. Bonn, ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH: 32 (<http://www.zmp.de/info/jahresbericht.pdf> [13.05.08]).

ZMP (2008). Pro-Kopf-Verbrauch verschiedener Nahrungsmittel. Deutschland, Kennzahlen vom 17.10.2008. (http://www.zmp.de/agrarmarkt/branchen/verbraucher/Kennzahlen_Pro_Kopf_Verbrauch_Deutschland.asp [01.02.2009])

ZWERGER, P. AND H. U. AMMON (2002). *Unkraut - Ökologie und Bekämpfung*. Stuttgart, Eugen Ulmer.

ANHANG

Tab. A1 : Übersicht der Wirkstoffzusammensetzung eingesetzter Fungizide auf den konventionellen Betrieben

Präparat	Zul.Nr.	Zul.Ende	Formu- lierung	Wirkstoff	Wirkstoff- menge	Einheit	€/l* €/kg*
Fungizide							
Acanto	4658-00	31.12.2014	SC	Picoxystrobin	250	g/l	57,30
Amistar	5090-00	31.12.2012	SC	Azoxystrobin	250	g/l	49,75
Bravo 500	3138-00	31.12.2014	SC	Chlorthalonil	500	g/l	9,00
Fandango	5315-00	08.05.2009	EC	Fluoxastrobin	100	g/l	43,25
				Prothioconazol	100	g/l	
Flamenco	4513-00	31.12.2008	SC	Fluquinconazol	100	g/l	18,95
Flamenco FS	4579-00	31.12.2010	SE	Prochloraz	174	g/l	18,95
				Fluquinconazol	54	g/l	
Flexity	5311-00	31.12.2016	SC	Metrafenone	300	g/l	56,40
Folicur	4028-00	30.06.2008	EW	Tebuconazol	251,2	g/l	30,55
FORTRESS	4325-00	31.12.2016	SC	Quinoxifen	500	g/l	23,05
Gladio	4244-00	30.06.2008	EC	Propiconazol	125	g/l	49,90
				Tebuconazol	125	g/l	
				Fenpropidin	375	g/l	
Impulse	4337-00	30.06.2008	EC	Spiroxamine	500	g/l	24,00
Input	5625-00	02.02.2009	EC	Spiroxamine	300	g/l	43,85
				Prothioconazol	160	g/l	
Juwel Top	4437-00	31.12.2008	SE	Fenpropimorph	150	g/l	57,35
				Epoxiconazol	125	g/l	
				Kresoxim-methyl	125	g/l	
Matador	4208-00	31.07.2008	EC	Triadimenol	75,19	g/l	31,00
				Tebuconazo	224,54	g/l	
Opera	4994-00	31.12.2014	SE	Epoxiconazol	50	g/l	50,00
				Pyraclostrobin	133	g/l	
Opus Top	4116-00	31.12.2017	SE	Fenpropimorph	250	g/l	34,90
				Epoxiconazol	84	g/l	
Proline	5287-00	08.05.2009	EC	Prothioconazol	250	g/l	62,55
Pronto PLUS	4443-00	31.12.2008	EW	Tebuconazol	133	g/l	27,00
				Spiroxamine	250	g/l	
Taspa	4111-00	31.12.2018	EC	Propiconazol	250	g/l	48,40
				Difenoconazol	250	g/l	

Tab. A2 : Übersicht der Wirkstoffzusammensetzung eingesetzter Herbizide, Insektizide und Wachstumsregler auf den konventionellen Betrieben

Präparat	Zul. Nr.	Zul. Ende	Formu- lierung	Wirkstoff	Wirkstoff- menge	Einheit	€/l* €/kg*
Herbizide							
Atlantis WG	5094-00	31.12.2016	KK	Iodosulfuron Mesosulfuron	5,6 29,2	g/kg g/kg	38,10
Bacara	4311-00	31.12.2017	SC	Diflufenican Flurtamone	100 250	g/l g/l	44,90
Biathlon	5321-00	18.12.2008	WG	Tritosulfuron	714	g/kg	343,70
Cadou	4359-00	31.12.2013	WG	Flufenacet	600	g/kg	64,05
GROPPER	5671-00	01.07.2007	SG	Metsulfuron	192,65	g/kg	748,50
Herold	4432-00	31.12.2013	WG	Diflufenican Flufenacet	200 400	g/kg g/kg	111,20
Husar	4727-00	31.12.2015	WG	Iodosulfuron	48	g/kg	190,20
Malibu	4834-00	31.12.2016	EC	Pendimethalin Flufenacet	300 60	g/l g/l	16,90
Oratio	4394-60	31.12.2013	WG	Carfentrazone	463	g/kg	435,15
POINTER	5890-00	01.07.2007	SG	Tribenuron	723	g/kg	546,70
PRIMUS	4622-00	31.12.2013	SC	Florasulam	50	g/l	224,05
Ralon Super	4259-00	31.12.2016	EW	Fenoxaprop-P	63,6	g/l	36,90
Starane 180	3721-00	31.12.2010	EC	Fluroxypyr	180	g/l	35,75
Stomp SC	3907-00	31.12.2015	SC	Pendimethalin	400	g/l	12,95
TOPIK	6235-00	31.12.2007	EC	Clodinafop	71	g/l	79,85
Treflan	042795-00	31.03.2007	EC	Trifluralin	480	g/l	8,20
U 46 M-Fluid	0939-00	31.12.2014	SL	MCPA	500	g/l	6,45
Insektizide							
Karate Zeon	4675-00	31.12.2011	CS	λ-Cyhalothrin	100	g/l	113,80
Metasystox R	041405-00	30.11.2004	EC	Oxydemeton- methyl	265,29	g/l	27,50
Perfekthion/ Dimethoat	030090-00	31.03.2005	EC	Dimethoat	400	g/l	6,80
Wachstumsregler							
Camposan-Extra	4034-00	31.12.2016	SL	Ethephon	660	g/l	25,00
CCC 720	4046-60	31.12.2015	SL	Chlormequat	558	g/l	3,40
Moddus	4212-00	31.12.2016	ME	Trinexapac	222	g/l	49,95

* Preise gelten für 5 l Gebinde (BSL Preisliste 2006; LWK-Niedersachsen 2007)

- CS / Kapselsuspension
- EC / Emulgierbares Konzentrat (Emulsionskonzentrat)
- EW / Emulsion, Öl in Wasser
- KK / Kombi-Packung, fest/flüssig
- ME / Mikroemulsion
- SC / Suspensionskonzentrat
- SE / Suspoemulsion
- SG / Wasserlösliches Granulat
- SL / Wasserlösliches Konzentrat
- WG / Wasserdispergierbares Granulat

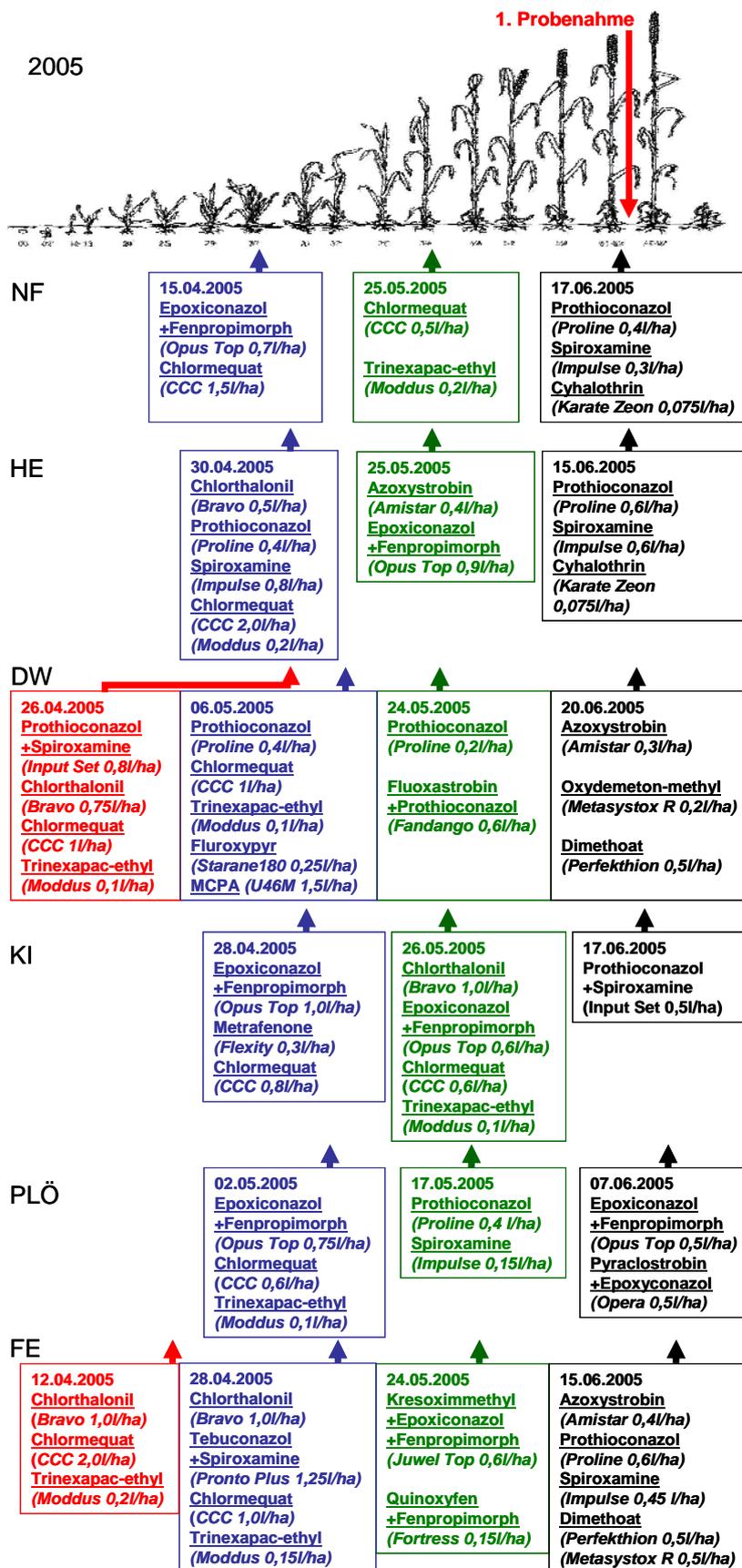


Abb. A1: Pflanzenschutzmaßnahmen während der Vegetation und erster Beprobungszeitpunkt für die Ganzpflanzenuntersuchungen der konventionellen Betriebe 2005

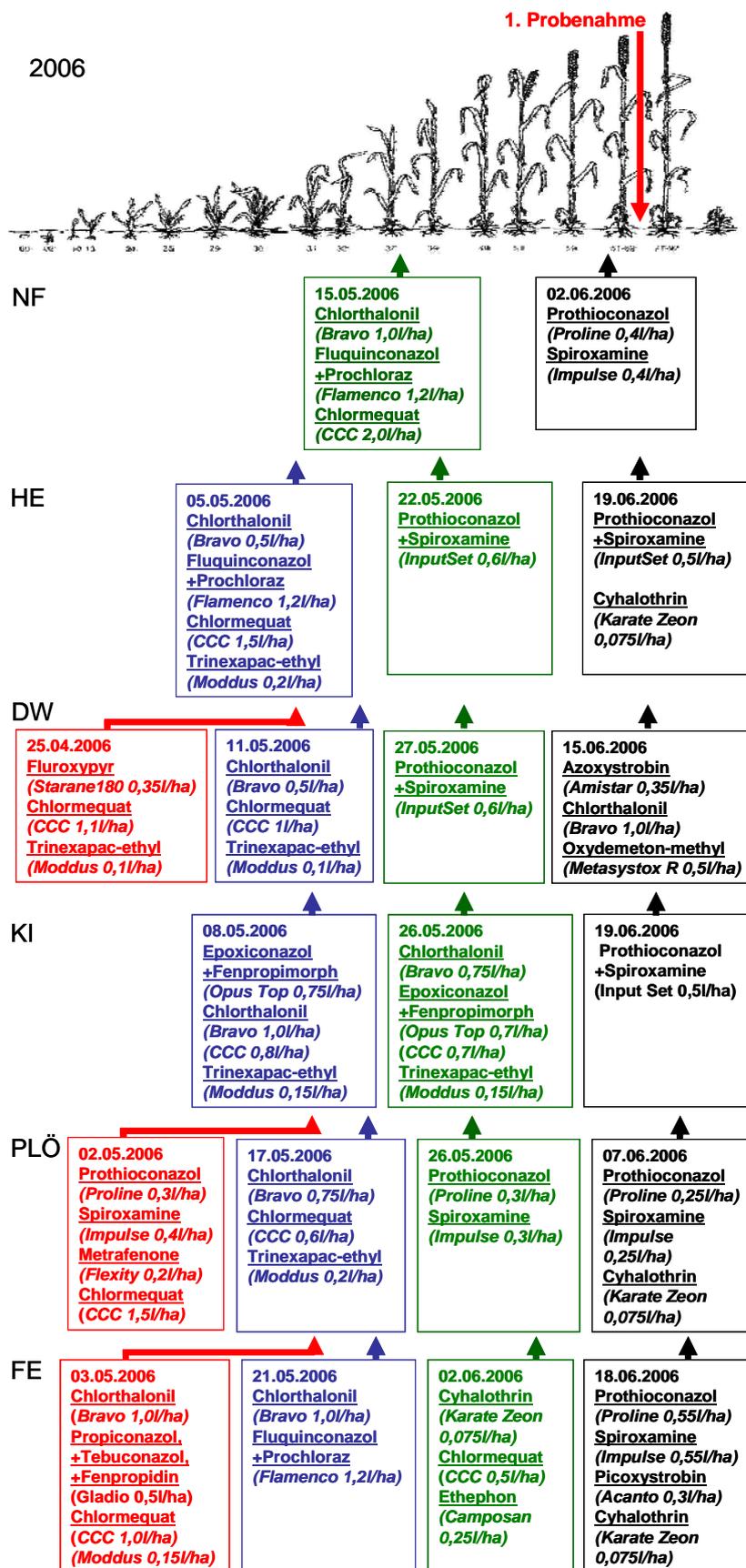


Abb. A2: Pflanzenschutzmaßnahmen während der Vegetation und erster Beprobungszeitpunkt für die Ganzpflanzenuntersuchungen der konventionellen Betriebe 2006

Danksagung

Ich danke meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. J.-A. Verreet für die Überlassung eines sehr breit gefächerten, überaus interessanten und praxisbezogenen Themas, welches ich mit einem äußerst großen, nicht selbstverständlichen Freiraum bearbeiten durfte. Das in mich gesetzte Vertrauen verbunden mit einer stets konstruktiven und aufbauenden Kritik sowie einem sehr guten Arbeitsklima erleichterte mir die Durchführung erheblich.

Herrn Prof. Dr. F. Taube danke ich für die Übernahme des Koreferats dieser Arbeit und für die damit verbundene Diskussionsbereitschaft.

Mein ausdrücklicher Dank gebührt allen beteiligten Landwirtinnen und Landwirten, die mit der Bereitschaft, die Versuche auf ihren landwirtschaftlichen Flächen anzulegen, zusammen mit einem hohen Maß an Engagement bei der Betreuung der Varianten maßgeblich zum Gelingen der Versuche in ganz Schleswig-Holstein beigetragen haben.

Ebenso danke ich dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein sowie der Landwirtschaftlichen Rentenbank Frankfurt/Main für die finanzielle Förderung des Projekts COMPASS sowie den Mitarbeitern des Instituts für Pflanzenbau- und Pflanzenzüchtung - Grünland & Futterbau / ökologischer Landbau für ihre teilprojektübergreifende Unterstützung.

Mein Dank gebührt ebenfalls allen Angehörigen des Instituts für Phytopathologie für die gute, freundliche Zusammenarbeit und Hilfsbereitschaft. Dr. Holger Klink, PD Dr. Jens Aumann und Dr. Marco Beyer danke ich für ihre helfende Diskussionsbereitschaft, Dr. Frank Schnieder mit „Berta“ für die Erntehilfe sowie den Mitarbeitern des Versuchsguts Hohenschulen und des Lindhofs für die technische Unterstützung.

Nicht unerwähnt dürfen die mir zur Seite gestellten HIWIs Kerstin, Mareike, Peter, Sidonie, Ivonne, Paul, Michael, Claudia und Heiko bleiben, deren Fleiß und Zuverlässigkeit bei der Bonitur und der teilweisen Auswertung der Daten wesentlich zum Gelingen dieser umfangreichen Arbeit beigetragen haben.

Meinen Kondoktoranden Hagen Bremer, Mathias Henze, Mathis Müller, Melanie Klix, Lena Konradowitz und Henning Klöhn, die mir sowohl bei Problemen als auch bei freudigen Ereignissen stets freundschaftlich und helfend beistanden, danke ich für die daraus entstandenen Freundschaften und die unvergesslich schöne Zeit am Institut.

Meinen lieben Eltern, die es mir erst ermöglicht haben, das Studium aufzunehmen und meiner Familie, danke ich für ihre Unterstützung (insb. Katharina und Christiane für die Korrekturlesung) in der Doktorandenzeit und allen anderen Lebenslagen. Meinem Vater widme ich dieses Buch, denn durch ihn und seine positive Einstellung zum Leben gepaart mit Ergeiz und Verantwortung sowie durch sein fachliches und menschliches Wissen wurde ich immer wieder in meiner Arbeit bestärkt und aufgebaut.

Ganz besonders möchte ich mich auch bei meiner lieben Frau Gesine zusammen mit unserem Sohn Johann für ihr Verständnis und ihre Geduld sowie ihre entgegengebrachte Hilfsbereitschaft und Toleranz bedanken.

CURRICULUM VITAE

Persönliche Daten

Name Hüwing
Vorname Hinrich Wilhelm
Geburtsdatum, -ort 07.07.1976, Uelzen (Niedersachsen)
Familienstand verheiratet, ein Kind
Staatsangehörigkeit deutsch

Schulabschluss

06/1996 Allgemeine Hochschulreife
Lessing-Gymnasium Uelzen

Grundwehrdienst

09/1996 – 06/1997 Wehrpflichtiger, Fernmeldesektor 115, Visselhövede

Berufsausbildung

08/1997 – 07/1999 Ausbildung zum Landwirt

Studium/Promotion

10/1999 – 05/2004 Studium der Agrarwissenschaften, Fachrichtung Pflanzenproduktion,
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
10/1999 – 09/2002 Bachelor of Science: Fachrichtung Pflanzenproduktion
Bachelorarbeit: „Standort- und fruchtartangepasste Feldberegnung:
Notwendigkeit und Nutzungskonflikte
10/2002 – 05/2004 Master of Science: Fachrichtung Pflanzenproduktion
Master Thesis: „Teilflächenspezifische Charakterisierung der
Bestandsdynamik von Winterweizen durch reflexionsoptische
Messungen“
06/2004 – 07/2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Phytopathologie,
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
seit 08/2007 Mitarbeiter des höheren Dienstes bei der Landwirtschaftskammer
Niedersachsen, Bezirksstelle Osnabrück
