

**Auswirkungen variierender Produktionssysteme
auf die Schaderregerpopulationen und den Integrierten
Pflanzenschutz im Winterweizen**

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

Dipl.-Ing. agr. Alke Wittrock

Kiel 2004

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

**Auswirkungen variierender Produktionssysteme
auf die Schaderregerpopulationen und den Integrierten
Pflanzenschutz im Winterweizen**

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

vorgelegt von
Dipl.-Ing. agr. Alke Wittrock
aus Kiel

Kiel 2004

Dekan:	Prof. Dr. F. Taube
Erster Berichterstatter:	Prof. Dr. J.-A. Verreet
Zweiter Berichterstatter:	Prof. Dr. H. Kage
Tag der mündlichen Prüfung:	15. Juli 2004

Für C. & A.

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

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen	IV
Verzeichnis der Tabellen	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
2 Material und Methoden	5
2.1 Versuchsfaktoren.....	5
2.1.1 Standorte	5
2.1.2 Versuchsanlage	6
2.2 Anbausystemfaktoren	8
2.2.1 Weizensorte	9
2.2.2 Düngung	9
2.2.3 Bodenbearbeitung	10
2.2.4 Saatzeit	10
2.2.5 Fungizideinsatz	11
2.3 Witterungsparameter	15
2.4 Krankheitsbonitur	15
2.4.1 Probenahme	16
2.4.2 Entwicklungsstadium	16
2.4.3 Halmbasisbonitur	16
2.4.4 Blattbonitur	18
2.4.4.1 Obligat biotrophe Erreger	18
2.4.4.2 Nekrotisierung	18
2.4.4.3 Fakultative Erreger	19
2.5 Pflanzenmorphologische Merkmale	20
2.6 Ernteverfahren	20
2.7 Pflanzeninhaltsstoffe	21
2.8 Biometrische Auswertung.....	21
3 Ergebnisse	22
3.1 Witterung	22
3.1.1 1996/1997	22
3.1.2 1997/1998	23
3.1.3 1998/1999	23
3.2 Pflanzenlänge und Lager	24
3.2.1 Jahreseffekte	24
3.2.2 Einfluss der Bodenbearbeitung	26
3.2.3 Einfluss der Saatzeit	27
3.2.4 Einfluss der Stickstoffdüngung	28
3.2.5 Einfluss des Fungizideinsatzes	29
3.3 Pathogenauftreten	30
3.3.1 Fungizidapplikationen nach Schwellenüberschreitungen	30
3.3.1.1 1997	31
3.3.1.2 1998	33

3.3.1.3	1999.....	35
3.3.2	<i>S. tritici</i>	36
3.3.2.1	Jahreseffekte.....	39
3.3.2.2	Einfluss der Bodenbearbeitung.....	40
3.3.2.3	Einfluss der Saatzeiten.....	44
3.3.2.4	Einfluss der Stickstoffdüngung.....	47
3.3.2.5	Einfluss des Fungizideinsatzes.....	50
3.3.3	<i>P. herpotrichoides</i>	55
3.3.3.1	Jahreseffekte.....	56
3.3.3.2	Einfluss der Bodenbearbeitung.....	59
3.3.3.3	Einfluss der Saatzeit.....	62
3.3.3.4	Einfluss der Stickstoffdüngung.....	64
3.3.3.5	Einfluss des Fungizideinsatzes.....	68
3.3.4	<i>E. graminis</i>	70
3.3.4.1	Jahreseffekte.....	73
3.3.4.2	Einfluss der Bodenbearbeitung.....	74
3.3.4.3	Einfluss der Saatzeit.....	75
3.3.4.4	Einfluss der Stickstoffdüngung.....	77
3.3.4.5	Einfluss des Fungizideinsatzes.....	80
3.3.5	<i>P. recondita</i>	84
3.3.5.1	Jahreseffekte.....	86
3.3.5.2	Einfluss der Bodenbearbeitung.....	87
3.3.5.3	Einfluss der Saatzeit.....	88
3.3.5.4	Einfluss der Stickstoffdüngung.....	90
3.3.5.5	Einfluss des Fungizideinsatzes.....	92
3.3.6	Ährenfusarium.....	95
3.3.6.1	Jahreseffekte.....	95
3.3.6.2	Einfluss der Bodenbearbeitung.....	96
3.3.6.3	Einfluss der Saatzeit.....	97
3.3.6.4	Einfluss der Stickstoffdüngung.....	97
3.3.6.5	Einfluss des Fungizideinsatzes.....	98
3.3.7	Nekrotisierungsgrad.....	99
3.3.7.1	Jahreseffekte.....	99
3.3.7.2	Einfluss der Bodenbearbeitung.....	101
3.3.7.3	Einfluss der Saatzeit.....	103
3.3.7.4	Einfluss der Stickstoffdüngung.....	105
3.3.7.5	Einfluss des Fungizideinsatzes.....	108
3.4	Ertragsparameter.....	111
3.4.1	Ertragsstruktur.....	111
3.4.1.1	Bestandesdichte.....	111
3.4.1.2	Spindelstufenausbildung.....	114
3.4.1.3	Kornzahl pro Ähre.....	116
3.4.1.4	Tausendkorngewicht.....	118
3.4.1.5	Kornertrag.....	121
3.4.2	Korninhaltsstoffe.....	127
3.4.2.1	Rohproteingehalt.....	128
3.4.2.2	Phosphorgehalt.....	130
3.4.2.3	Kaliumgehalt.....	131
3.4.2.4	Magnesiumgehalt.....	132
3.4.2.5	Calciumgehalt.....	133
3.4.3	Monetäre Bewertung.....	135

3.4.3.1	Bodenbearbeitung.....	136
3.4.3.2	Saatzeit	138
3.4.3.3	Stickstoffdüngung.....	138
3.4.3.4	Fungizideinsatz.....	140
3.4.3.5	Gesamtanbausystem	141
4	DISKUSSION	143
4.1	Bodenbearbeitung.....	143
4.2	Saatzeit.....	148
4.3	Stickstoffdüngung.....	151
4.4	Fungizideinsatz	157
4.5	Bewertung des Gesamtsystems.....	164
5	ZUSAMMENFASSUNG.....	165
6	SUMMARY	168
7	LITERATURVERZEICHNIS	171

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Standortübersicht.....	5
Abb. 2: Versuchsplan Hohenschulen Rand (TV 3).....	6
Abb. 3: Versuchsplan Futterkamp.....	7
Abb. 4: Witterung der Vegetationsperiode 1996/97 im Vergleich zum langjährigen Mittel.....	22
Abb. 5: Witterung der Vegetationsperiode 1997/98 im Vergleich zum langjährigen Mittel.....	23
Abb. 6: Witterung der Vegetationsperiode 1998/99 im Vergleich zum langjährigen Mittel.....	24
Abb. 7: Einfluss des Versuchsjahres auf die Pflanzenlänge in den Kontrollvarianten.....	25
Abb. 8: Einfluss des Versuchsjahres auf das Lager der Weizenpflanzen in den Kontrollvarianten.....	25
Abb. 9: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Pflanzenlänge in den Kontrollvarianten.....	26
Abb. 10: Einfluss der Bodenbearbeitung auf das Lager der Weizenpflanzen in den Kontrollvarianten.....	26
Abb. 11: Einfluss der Saatzeit auf die Pflanzenlänge in den Kontrollvarianten.....	27
Abb. 12: Einfluss der Saatzeit auf das Lager der Weizenpflanzen in den Kontrollvarianten.....	28
Abb. 13: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Pflanzenlänge in den Kontrollvarianten.....	28
Abb. 14: Einfluss der Stickstoffdüngung auf das Lager der Weizenpflanzen in den Kontrollvarianten.....	29
Abb. 15: Einfluss des Fungizideinsatzes auf die Pflanzenlänge.....	30
Abb. 16: Einfluss des Fungizideinsatzes auf das Lager der Weizenpflanzen.....	30
Abb. 17: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Futterkamp 1997.....	32
Abb. 18: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Hohenschulen 1997.....	33
Abb. 19: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Futterkamp 1998.....	33
Abb. 20: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Hohenschulen 1998.....	34
Abb. 21: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Futterkamp 1999.....	35
Abb. 22: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Hohenschulen 1999.....	36
Abb. 23: Befallsverlauf von <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp 1998 (unbehandelt, SZ1, N9, Pflug).....	37
Abb. 24: Einfluss der Versuchsjahre auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	39
Abb. 25: Einfluss der Versuchsjahre auf den Endbefall auf der Gesamtpflanze zu EC 77 mit <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	39
Abb. 26: Einfluss des Versuchsjahres auf den Endbefall auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) zu EC 77 mit <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	40
Abb. 27: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befallsverlauf von <i>Septoria tritici</i> in Hohenschulen 1997 (unbehandelt, N9).....	41
Abb. 28: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit <i>Septoria tritici</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	42
Abb. 29: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Endbefall auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) zu EC 77 mit <i>Septoria tritici</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	42
Abb. 30: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	43
Abb. 31: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Endbefall auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) zu EC 77 mit <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	43
Abb. 32: Einfluss der Saatzeit auf den Befallsverlauf von <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp 1999 (unbehandelt, Pflug, N9).....	45
Abb. 33: Einfluss der Saatzeit auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	46
Abb. 34: Einfluss der Saatzeit auf den Endbefall zu EC 77 mit <i>Septoria tritici</i> auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	46
Abb. 35: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befallsverlauf von <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp 1998 (unbehandelt, Pflug, Frühsaat).....	48
Abb. 36: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	49
Abb. 37: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Endbefall auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) zu EC 77 mit <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	49
Abb. 38: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Endbefall zu EC 77 mit <i>Septoria tritici</i> auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).....	50

Abb. 39: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befallsverlauf von <i>Septoria tritici</i> in Futterkamp 1998 (Pflug, Frühsaat, N9)	51
Abb. 40: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Endbefall zu EC 77 mit <i>Septoria tritici</i> auf der gesamten Pflanze (Fahnenblatt bis F-7) in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten)	53
Abb. 41: Einfluss des Fungizid auf den Endbefall zu EC 77 mit <i>Septoria tritici</i> auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten)	54
Abb. 42: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Endbefall zu EC 77 mit <i>Septoria tritici</i> auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten)	54
Abb. 43: Befallsverlauf von <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp 1998 (unbehandelt, SZ1, N9, Pflug)	56
Abb. 44: Einfluss des Versuchsjahres auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten)	56
Abb. 45: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall zu EC 37 mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten)	57
Abb. 46: Einfluss des Versuchsjahres auf den Endbefall zu EC 77 mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten)	58
Abb. 47: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aus allen Varianten)	58
Abb. 48: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Hohenschulen (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aus allen Varianten)	59
Abb. 49: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Ausgangsbefall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Kontroll-Varianten)	60
Abb. 50: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller fungizidunbehandelter Kontrollen)	60
Abb. 51: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Ausgangsbefall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aller fungizidunbehandelten Kontrollen)	61
Abb. 52: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Hohenschulen (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller fungizidunbehandelten Kontrollen)	61
Abb. 53: Einfluss der Saatzeit auf den Befallsverlauf von <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp 1999 (unbehandelt, N9, Pflug)	62
Abb. 54: Einfluss der Saatzeit auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten)	63
Abb. 55: Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller fungizidunbehandelter Kontrollen)	64
Abb. 56: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befallsverlauf von <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp 1998 (unbehandelt, Grubber, Frühsaat)	65
Abb. 57: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten)	65
Abb. 58: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall zu EC 37 mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten)	66
Abb. 59: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall zu EC 37 mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten)	66
Abb. 60: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller fungizidunbehandelten Kontrollen)	67
Abb. 61: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller fungizidunbehandelten Kontrollen)	67
Abb. 62: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befallsverlauf von <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp 1998 (Grubber, Frühsaat, 240 kg N/ha)	68
Abb. 63: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller Varianten)	69
Abb. 64: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in Hohenschulen (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller Varianten)	70
Abb. 65: Befallsverlauf von <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp 1998 (Kontrolle, Grubber, Frühsaat, 240 kg N/ha)	72
Abb. 66: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten)	73
Abb. 67: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit <i>Erysiphe graminis</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten)	73
Abb. 68: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befallsverlauf von <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp 1998 (Kontrolle, Spätsaat, 240 kg N/ha)	74

Abb. 69: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	75
Abb. 70: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit <i>Erysiphe graminis</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	75
Abb. 71: Einfluss der Saatzeit auf den Befallsverlauf von <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp 1999 (Kontrolle, Grubber, 240 kg N/ha).	76
Abb. 72: Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	77
Abb. 73: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befallsverlauf von <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp 1998 (Kontrolle, Grubber, Spätsaat).	78
Abb. 74: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	79
Abb. 75: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit <i>Erysiphe graminis</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen unbehandelten Varianten).	79
Abb. 76: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befallsverlauf von <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp 1998 (Grubber, Spätsaat, 240 kg N/ha).	81
Abb. 77: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten der Spätsaat mit 240 kg N/ha).	82
Abb. 78: Wirkungsgrade der Fungizidapplikationen gegen <i>Erysiphe graminis</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten der Spätsaat mit 240 kg N/ha).	82
Abb. 79: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit <i>Erysiphe graminis</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aller Varianten mit 240 kg N/ha).	83
Abb. 80: Wirkungsgrade der Fungizidapplikationen gegen <i>Erysiphe graminis</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aller Varianten mit 240 kg N/ha).	84
Abb. 81: Befallsverlauf <i>Puccinia recondita</i> in Futterkamp 1999 (unbehandelt, Grubber, Spätsaat, 240 kg N/ha).	85
Abb. 82: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit <i>Puccinia recondita</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	86
Abb. 83: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit <i>Puccinia recondita</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	86
Abb. 84: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit <i>Puccinia recondita</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	87
Abb. 85: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit <i>Puccinia recondita</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	87
Abb. 86: Einfluss der Saatzeit auf den Befallsverlauf von <i>Puccinia recondita</i> in Futterkamp 1999 (unbehandelt, Grubber, 240 kg N/ha).	88
Abb. 87: Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit <i>Puccinia recondita</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	89
Abb. 88: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befallsverlauf von <i>Puccinia recondita</i> in Futterkamp 1999 (unbehandelt, Grubber, Spätsaat).	90
Abb. 89: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit <i>Puccinia recondita</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	91
Abb. 90: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit <i>Puccinia recondita</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).	92
Abb. 91: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befallsverlauf von <i>Puccinia recondita</i> in Futterkamp 1999 (Grubber, Spätsaat, 240 kg N/ha).	93
Abb. 92: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit <i>Puccinia recondita</i> in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	94
Abb. 93: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit <i>Puccinia recondita</i> in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).	94
Abb. 94: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit Ährenfusariosen in Futterkamp (Mittelwerte aus allen unbehandelten Kontrollen).	96
Abb. 95: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit Ährenfusariosen in Futterkamp (Mittelwerte aus allen unbehandelten Kontrollen).	96
Abb. 96: Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit Ährenfusariosen in Futterkamp (Mittelwerte aus allen unbehandelten Kontrollen).	97
Abb. 97: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit Ährenfusariosen in Futterkamp (Mittelwerte aus allen unbehandelten Kontrollen).	98
Abb. 98: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit Ährenfusariosen in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	99
Abb. 99: Einfluss der Versuchsjahre auf den Nekrotisierungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	100

Abb. 100: Einfluss des Versuchsjahres auf den Nekrotisierungsgrad in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	100
Abb. 101: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Nekrotisierungsverlauf in Hohenschulen 1997 (unbehandelt, 240 kg N/ha).....	101
Abb. 102: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Nekrotisierungsgrad in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	102
Abb. 103: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Nekrotisierungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	103
Abb. 104: Einfluss der Saatzeit auf den Nekrotisierungsverlauf in Futterkamp 1999 (unbehandelt, Pflug, 240 kg N/ha).....	104
Abb. 105: Einfluss der Saatzeit auf den Nekrotisierungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	105
Abb. 106: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Nekrotisierungsverlauf in Futterkamp 1998 (unbehandelt, Pflug, Frühsaat).....	106
Abb. 107: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Nekrotisierungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	107
Abb. 108: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Nekrotisierungsgrad in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	107
Abb. 109: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Nekrotisierungsverlauf in Futterkamp 1998 (Pflug, Frühsaat).....	108
Abb. 110: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Nekrotisierungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	109
Abb. 111: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Nekrotisierungsgrad in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	110
Abb. 112: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Anzahl ährentragender Halme in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	112
Abb. 113: Einfluss der Saatzeit auf den Bestockungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	112
Abb. 114: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Anzahl ährentragender Halme in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	113
Abb. 115: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Anzahl ährentragender Halme in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	113
Abb. 116: Einfluss der Saatzeit auf die Anzahl Spindelstufen pro Ähre in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	115
Abb. 117: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Anzahl Spindelstufen pro Ähre in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	115
Abb. 118: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Anzahl der Körner pro Ähre in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	116
Abb. 119: Einfluss der Saatzeit auf die Anzahl Körner pro Ähre in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	117
Abb. 120: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Anzahl Körner pro Ähre in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	117
Abb. 121: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Anzahl Körner pro Ähre in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	118
Abb. 122: Einfluss der Bodenbearbeitung auf das TKG in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	119
Abb. 123: Einfluss der Saatzeit auf das TKG in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	119
Abb. 124: Einfluss der Stickstoffdüngung auf das TKG (Mittelwerte aus allen Varianten).....	120
Abb. 125: Einfluss des Fungizideinsatzes auf das TKG in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	120
Abb. 126: Einfluss des Fungizideinsatzes auf das TKG in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	121
Abb. 127: Einfluss des Versuchsjahres auf den Kornertrag (Mittelwerte aus allen Varianten).....	122
Abb. 128: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Kornertrag (Mittelwerte aus allen Varianten).....	123
Abb. 129: Einfluss der Saatzeit auf den Kornertrag in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	123
Abb. 130: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kornertrag in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).....	124
Abb. 131: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kornertrag in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidbehandelten Varianten).....	125
Abb. 132: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kornertrag in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).....	125
Abb. 133: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kornertrag in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidbehandelten Varianten).....	126
Abb. 134: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Kornertrag in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidbehandelten Varianten).....	126

Abb. 135: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Kornertrag in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).	127
Abb. 136: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Rohproteingehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	129
Abb. 137: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Rohproteingehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	129
Abb. 138: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Phosphorgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	130
Abb. 139: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Phosphorgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	131
Abb. 140: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kaliumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	131
Abb. 141: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Kaliumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	132
Abb. 142: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Magnesiumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	133
Abb. 143: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Magnesiumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	133
Abb. 144: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Calciumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	134
Abb. 145: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Calciumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	135
Abb. 146: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	137
Abb. 147: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).	137
Abb. 148: Einfluss der Saatzeit auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	138
Abb. 149: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	139
Abb. 150: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).	139
Abb. 151: Einfluss des Fungizideinsatzes auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).	140
Abb. 152: Einfluss des Fungizideinsatzes auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).	141
Abb. 153: Bereinigte monetäre Erträge aller Varianten in Hohenschulen (Mittelwerte aller Versuchsjahre).	141
Abb. 154: Bereinigte monetäre Erträge aller Varianten in Futterkamp (Mittelwerte aller Versuchsjahre).	142

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Charakterisierung der Versuchsstandorte.	6
Tab. 2: Versuchsfaktoren und Varianten.	8
Tab. 3: Einstufung der Weizensorte Orestis in einer neunstufigen Skala nach der Beschreibenden Sortenliste (1996).	9
Tab. 4: Aufteilung der mineralischen Stickstoffdüngung in Futterkamp und Hohenschulen.	10
Tab. 5: Unterschiede zwischen Früh- und Spätsaat am Standort Futterkamp.	11
Tab. 6: Fungizidvarianten.	11
Tab. 7: Schwellenwerte des IPS-Modells Weizen von 1996-1999 (verändert nach VERREET, 1992).	12
Tab. 8: Fungizidstrategien der IPS-Varianten.	31
Tab. 9: Weizenpreise 1997-1999 (EUR/dt, ohne MwSt.).	135
Tab. 10a: Kosten der Bodenbearbeitung (EUR/ha).	136
Tab. 10b: Kosten der Saatzeit/Saatstärke (EUR/ha).	136
Tab. 10c: Kosten der Stickstoffdüngung inkl. Überfahrten (EUR/ha).	136
Tab. 10d: Kosten des Fungizideinsatzes inkl. Überfahrten (EUR/ha).	136

Abkürzungsverzeichnis

a.i.	Aktivsubstanz
Anz.	Anzahl
AUDPC	Area Under Disease Progress Curve (Fläche unterhalb der Befallskurve)
B	Bestimmtheitsmaß des Regressionskoeffizienten
Beh.	Behandlungen
BHB	Befallshäufigkeit im Bestand
BSB	Befallsstärke im Bestand
DTR	<i>Drechslera tritici-repentis</i>
DWD	Deutscher Wetterdienst
EC	Entwicklungsstadium
EG	<i>Erysiphe graminis</i>
F, F-1, F-n	Fahnenblatt, 1. bis n. Blatt unter dem Fahnenblatt
GES	Gesamt
k.A.	keine Angaben
Inf.	Infektion
IPS	Integriertes Pflanzenschutzsystem
LMW	Langjähriger Mittelwert
N	Stickstoff
N1:	0 kg N/ha
N2:	120 kg N/ha
N9:	240 kg N/ha
N _{min}	Mineralischer Stickstoff nach Bodenuntersuchung
Nek.	Nekrose
Nek.Grad	Nekrotisierungsgrad
n.s.	nicht signifikant
PflSchG	Pflanzenschutzgesetz
PH	<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>
ppm	parts per million
PR	<i>Puccinia recondita</i>
PS	<i>Puccinia striiformis</i>
rel.	relativ
SHB	Sporulationshäufigkeit im Bestand
SNA	Sehr nährstoffarmer Agar
spp.	Arten
SN	<i>Septoria nodorum</i>
ST	<i>Septoria tritici</i>
SUM	Summe
TKG	Tausendkorngewicht

1 EINLEITUNG

1991 wurde an der Universität Kiel der Sonderforschungsbereich 192, ein interdisziplinäres Forschungsprojekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft, eingerichtet, an dem sich alle Institute der Agrarwissenschaftlichen Fakultät beteiligten: „Optimierung pflanzenbaulicher Produktionssysteme im Hinblick auf Leistung und ökologische Effekte“. 1993 begann im Rahmen dieses SFB 192 das Teilprojekt B5, in dem die Auswirkungen von Anbausystemen auf pilzliche Krankheitserreger im Winterweizen untersucht worden sind.

Die vorliegende Arbeit wurde im Zeitraum von 1996 bis 1999 durchgeführt und beschäftigt sich mit den Schadensdynamiken pilzlicher Pathogenkomplexe in verschiedenen Weizenanbausystemen. Die Aufgabenstellung umfasst die genaue Ermittlung des Epidemieverhaltens der pilzlichen Schaderreger unter den Einflussgrößen Produktionsfaktoren, Witterungsparameter und schwellenorientierten Fungizidmaßnahmen. Die Bedeutung der acker- und pflanzenbaulichen Parameter im Zusammenhang mit deren Auswirkung auf den Pathogenkomplex im Weizen stehen im Mittelpunkt dieser Arbeit.

Auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel und in Futterkamp auf einer Versuchsfläche des Instituts für Phytopathologie wurden die Effekte schwellenorientierter Applikationszeitpunkte auf das Schaderregerspektrum, die Schaderregerdynamik und den Ertrag in Abhängigkeit verschiedener Anbausysteme überprüft. Neben den produktionstechnischen Faktoren Stickstoffdüngung, Bodenbearbeitung und Fungizideinsatz wurden am Versuchsstandort Futterkamp zusätzlich die Auswirkungen unterschiedlicher Saatzeiten untersucht.

Durch die **Stickstoffdüngung** werden viele stoffwechselphysiologische Vorgänge in der Pflanze, aber auch die Bestandesdichte und damit das Mikroklima beeinflusst. Dies wirkt sich direkt oder indirekt auf das Epidemieverhalten obligater Schaderreger aus, welche durch einen erhöhten Stickstoffversorgungsgrad der Pflanze oder spezielle klimatische Gegebenheiten gefördert werden. Eine geringe Stickstoffversorgung fördert die Seneszenz der Pflanzen und entzieht den obligaten Erregern somit die Lebensgrundlage. Die durchgeführten Untersuchungen sollen zusätzlich feststellen, ob auch der Epidemieverlauf der fakultativen Pilze durch die Stickstoffdüngungsintensität beeinflusst wird. Neben einer ungedüngten Variante wurden eine mittlere (120 kg N/ha) und eine maximale Intensitätsstufe (240 kg N/ha) untersucht.

Als **Bodenbearbeitungsverfahren** werden je ein wendendes und ein nichtwendendes Verfahren miteinander verglichen. Der Pflug kam sowohl in Hohenschulen als auch in Futterkamp zum Einsatz. Als nichtwendendes Verfahren wird in Hohenschulen die Frässohlendirektsaat der Firma Horsch, in Futterkamp der Tiefgrubber eingesetzt. Auch durch die Bodenbearbeitung werden Einflüsse auf das Epidemieverhalten der pilzlichen Erreger im Weizen erwartet, da bei nicht wendenden Verfahren ein Großteil der mit pilzlichen Erregern kontaminierten Pflanzenrückstände an der Oberfläche verbleibt, die bei den Pflugvarianten untergepflügt werden und somit keine Primärfektion des Neuaufwuchses verursachen können.

Am Standort Futterkamp besteht zusätzlich die Möglichkeit, den Einfluss unterschiedlicher **Saatzeiten** auf das Erregergeschehen zu untersuchen. Da die verschiedenen Schaderreger ein spezifisches Optimum bezüglich des Zeitpunktes der Primärfektion aufweisen, kann der Epidemieverlauf durch einen angepassten Zeitpunkt des Feldaufganges beeinflusst werden. Dabei führen Spätsaaten allgemein zu einem geringeren Krankheitsdruck im folgenden Frühjahr, da sie dem Inokulum über einen kürzeren Zeitraum ausgesetzt sind. Nachteilig wirkt sich ein später Saattermin jedoch auf den Kornertrag aus, da sich die zur Verfügung stehende Vegetationszeit verkürzt. Die nach langjährigen Erfahrungen für den Kornertrag in Schleswig-Holstein optimale Saatzeit (letzte Septemberdekade) wird der Spätsaat (ab Ende Oktober) gegenübergestellt.

Der **Fungizideinsatz** erfolgt nach den Grundlagen des Integrierten Pflanzenschutzes. Die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel ist nur nach Überschreitung von Schadschwellen zulässig. Voraussetzung hierfür ist das sorgfältige Beobachten des Wachstums der Kulturpflanzen und der Ausbreitung der Schadorganismen. Besondere Bedeutung erlangt im Integrierten Pflanzenschutz die Förderung der Pflanzengesundheit durch pflanzenbauliche Maßnahmen wie Sortenwahl, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Saatzeit und Düngung. Der Einfluss der verschiedenen Anbausystemfaktoren auf die Schaderregerpopulationen und die Konsequenzen für den Integrierten Pflanzenschutz stehen im Mittelpunkt dieser Arbeit. Ziel ist die Optimierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes unter Heranziehung biologischer, ökonomischer und ökologischer Effekte. Die phytosanitären Maßnahmen werden durch die Nutzung exakt definierter Schadschwellen auf das unbedingt notwendige Maß begrenzt. Die Populations- und Schadensdynamik der Erreger wird aber auch durch die Witterung beeinflusst, so dass der Aufzeichnung der Witterungsdaten und der Umsetzung in Bekämpfungsentscheidungen eine besondere Bedeutung zukommt. Neben einer

unbehandelten Kontrollvariante und einer maximalbehandelten Gesundvariante kommen zwei Varianten zum Einsatz, in denen die Applikationen nach den Vorgaben des IPS-Modells Weizen erfolgten.

Die Fruchtfolgegestaltung wird an beiden Versuchsstandorten nach der für Schleswig-Holstein typischen Rotation Winterraps, Winterweizen und Wintergerste vorgenommen. Die Versuchsfläche ist jeweils in drei Schläge aufgeteilt, auf denen jeweils eine Kultur angebaut wird. So werden homogene Bedingungen für die Datenerhebung erreicht. In Futterkamp handelt es sich um die zweite Rotationsperiode, in Hohenschulen um die dritte.

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit orientieren sich an den Erhebungen von HEDKE (1999), die von 1993 bis 1996 zum Thema „Auswirkungen von Anbausystemen auf pilzliche Krankheitserreger im Winterweizen und Konsequenzen für den Integrierten Pflanzenschutz“ auf den gleichen Versuchsflächen durchgeführt worden sind. Anhand der detaillierten Feldstudien von 1993-1999 ist es möglich, verschiedene Epidemieverläufe exakt über die Vegetationszeiträume nachzuvollziehen. Durch die mehrjährige Fallstudienzahl können sowohl die dominierenden Witterungseinflüsse als auch die Produktionsfaktoren in ihren Auswirkungen auf das Erregergeschehen und den Kulturpflanzenbestand erfasst werden.

Aus der Arbeit von HEDKE (1999) stehen als Grundlagen zum Vergleich und zur Diskussion für die vorliegende Arbeit folgende Kernaussagen zur Verfügung:

- **Stickstoffdüngung:** Eine Erhöhung der Düngung von 0 auf 120 kg/ha bewirkt eine deutliche Steigerung von Pflanzenlänge, Blattfläche und Bestandesdichte. Eine weitere Steigerung auf 240 kg N/ha kann die Bestandesdichte nur noch in Einzelfällen fördern. Die Zufuhr von mineralischem Stickstoff fördert den Befall mit Halmbasis-, Blatt- und Ährenpathogenen, insbesondere die Befallswerte von *Erysiphe graminis* und *Puccinia recondita* sind erhöht. Lediglich *Septoria tritici* wird durch die Stickstoffdüngung nicht beeinflusst. Der Nekrotisierungsverlauf wird verlangsamt. In fungizidbehandelten Varianten können durch die Zufuhr von 120 kg N/ha die Erträge nahezu verdoppelt werden. Bei einer weiteren Steigerung der Düngung auf 240 kg N/ha kann kein weiterer Ertragszuwachs mehr erreicht werden. Ein Fungizideinsatz ohne begleitende N-Düngung rentiert sich nicht.

- **Bodenbearbeitungsverfahren:** Die Direktsaat führt zu kürzeren Pflanzen mit geringeren Blattflächen. Der Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides*, *S. tritici* und *S. nodorum* ist reduziert. *E. graminis* und *P. recondita* treten im Vegetationsverlauf früher auf und weisen höhere Befallsstärken auf. Die Nekrotisierung verläuft im Zeitraum der Abreife verlangsamt. Der Ertragszuwachs durch den Einsatz von Fungiziden war in den Varianten mit Direktsaat geringer als in denen mit Pflugdrillsaat.
- **Saatzeiten:** Spätsaaten führen zu einem Entwicklungsrückstand der Pflanzen, der bis zur Ernte nicht mehr aufgeholt werden kann. Die Pflanzen sind kürzer und haben eine verringerte Blattfläche. Der Befall mit *P. herpotrichoides* wird um ca. 75% reduziert, an der Halmbasis treten jedoch stärkere unspezifische Verbräunungen auf. Die Befallsstärken von *S. tritici* werden deutlich reduziert, wohingegen der Befall mit *S. nodorum*, *P. recondita* und besonders *E. graminis* gesteigert wird. Die Nekrotisierung verläuft verlangsamt. In den Varianten mit einer Frühsaat werden höhere Erträge erzielt.
- **Fungizideinsatz:** Der schadschwellenorientierte Fungizideinsatz wird durch das gewählte Anbausystem nur derart beeinflusst, dass sich das Erregerspektrum verschiebt. Die Notwendigkeit fungizider Maßnahmen bleibt bestehen. Lediglich bei Spätsaaten kann die Zahl der Behandlungen verringert werden. Durch den Fungizideinsatz verschieben sich die Relationen zugunsten der mit 240 kg N/ha gedüngten Varianten und wendender Primärbodenbearbeitung. Ohne Fungizideinsatz zeichnet sich das Verfahren der Frässohldirektsaat in Hohenschulen in Kombination mit 120 kg N/ha durch einen verhältnismäßig geringen Pathogendruck, verhaltenen Nekrotisierungsverlauf und stabile Leistungen aus.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Versuchsfaktoren

2.1.1 Standorte

An den Standorten Futterkamp in Ostholstein und auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel im Kreis Rendsburg-Eckernförde wurden von 1997-1999 Anbausystemversuche durchgeführt (Abbildung 1). Über drei Jahre erfolgte die Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Anbausysteme auf die epidemiologischen Ausbreitungsmuster pilzlicher Erreger im Winterweizen.

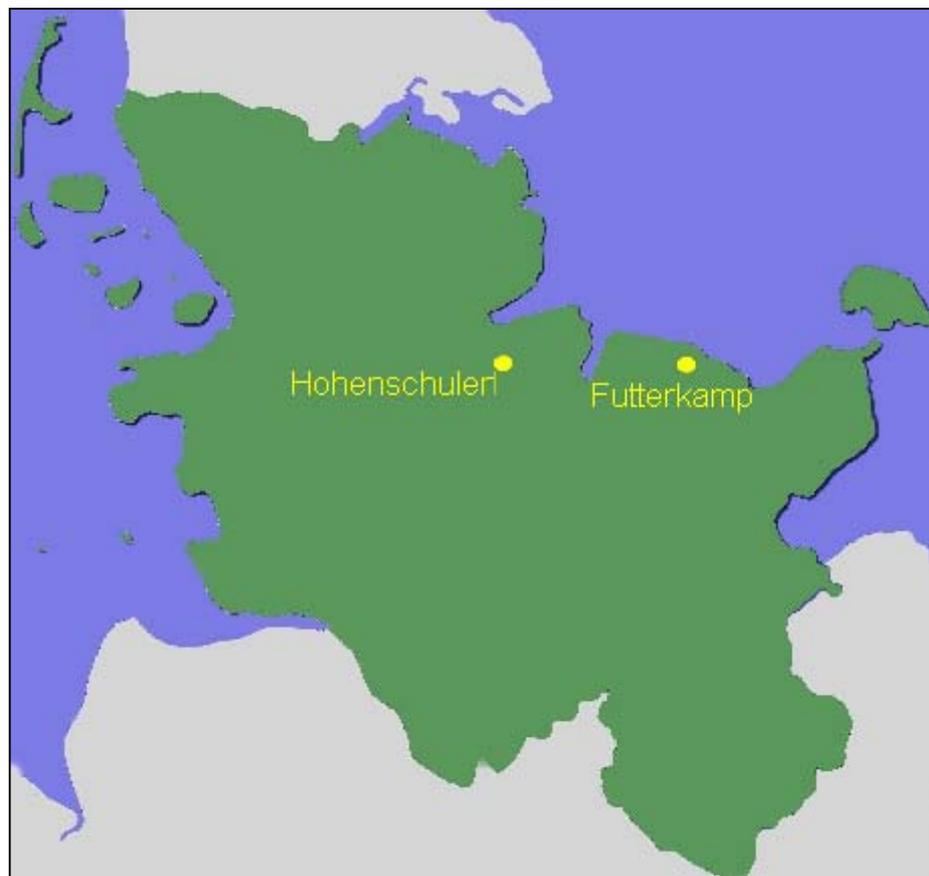


Abb. 1: Standortübersicht.

Das Versuchsgut Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel befindet sich ca. 15 km westlich von Kiel an der Bundesautobahn A 215 im östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins. Der Versuchsstandort Futterkamp befindet sich in unmittelbarer Nähe der Versuchsstation der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein an der B 202 ebenfalls im östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins, ca. 40 km östlich von Kiel. Die Naturräume weisen

vergleichbare Eigenschaften auf (Tabelle 1), lediglich die Ackerzahl liegt in Hohenschulen auf einem niedrigeren Niveau, dafür lagen die jährlichen Niederschlagssummen von 1993 bis 1999 im Durchschnitt 57 mm höher.

Tab. 1: Charakterisierung der Versuchsstandorte.

Standortparameter	Futterkamp	Hohenschulen
Bodentyp	Pseudogley-Parabraunerde	Pseudogley-Parabraunerde
Bodenart	sL	sL
Ackerzahl	65	40-55
Naturraum	Östliches Hügelland	Östliches Hügelland
Temperaturdurchschnitt (1993/94 – 1998/99)	8,8°C	8,8°C
Niederschlagssumme (1993/94 – 1998/99)	681 mm	738 mm

2.1.2 Versuchsanlage

Die in Hohenschulen im Herbst 1993 im Rahmen des SFB 192 für den Teilbereich B5-3 konzipierten Randparzellen wurden in Form einer randomisierten Spaltanlage mit 18 Varianten und jeweils drei Wiederholungen angelegt (Abbildung 2).

Pflug									
N1 1/0	N1 2/0	N1 3/0	N9 4/0	N9 5/0	N1 6/0	N1 7/0	N9 8/0	N9 9/0	
N9 1/1	N9 2/1	N9 3/1	N2 4/1	N2 5/1	N2 6/1	N2 7/1	N1 8/1	N1 9/1	
N2 1/2	N2 2/2	N2 3/2	N1 4/2	N1 5/2	N9 6/2	N9 7/2	N2 8/2	N2 9/2	
Horsch									
N9 1/35	N9 2/35	N9 3/35	N2 4/35	N2 5/35	N2 6/35	N2 7/35	N9 8/35	N9 9/35	
N1 1/36	N1 2/36	N1 3/36	N1 4/36	N1 5/36	N9 6/36	N9 7/36	N1 8/36	N1 9/36	
N2 1/37	N2 2/37	N2 3/37	N9 4/37	N9 5/37	N1 6/37	N1 7/37	N2 8/37	N2 9/37	
Fungizidvariante:			Kontrolle	IPS	Gesund				
Stickstoffstufe:			N1: 0 kg N	N2: 120 kg N	N9: 240 kg N				

Abb. 2: Versuchsplan Hohenschulen Rand (TV 3).

Die Versuchsfaktoren Stickstoffdüngung, Bodenbearbeitung und Fungizideinsatz wurden variiert und die Auswirkungen auf die Epidemiologie der Schaderreger untersucht. Die Parzellen wiesen eine Größe von 30 m² auf und wurden in Ernte- (3 m x 6 m) und Probenahme-parzelle (3 m x 4 m) aufgeteilt.

Anlehnend an den Versuch in Hohenschulen wurde 1993 in Futterkamp eine im Aufbau und in der Bestandesführung vergleichbare Anlage erstellt (Abbildung 3).

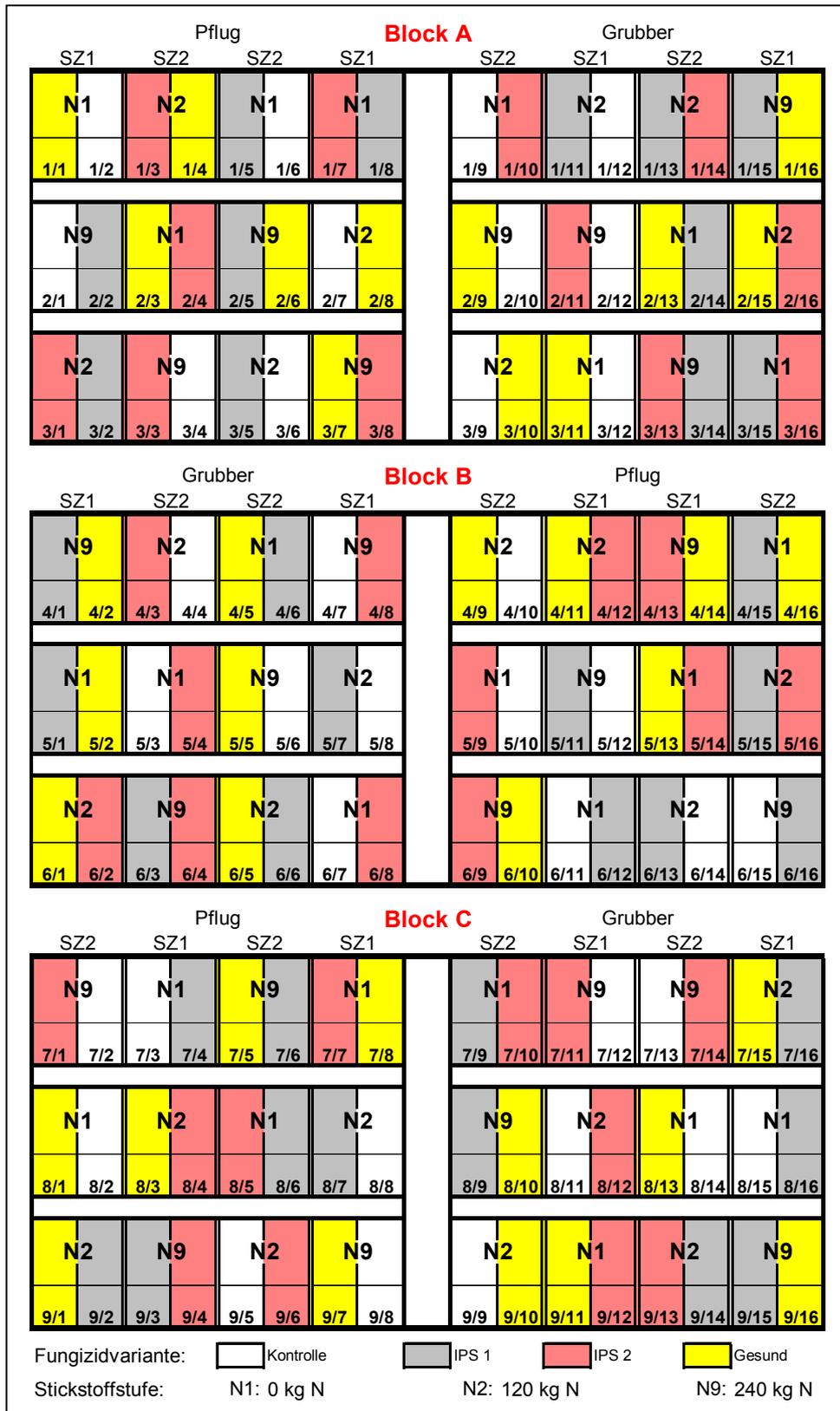


Abb. 3: Versuchsplan Futterkamp.

Auch hier wurde der Versuch als randomisierte Spaltanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Zusätzlich zu den für Hohenschulen genannten Versuchsfaktoren konnte dieser Versuch um zwei Saatzeiten erweitert werden. Die 27 m² großen Parzellen wurden in eine Ernteparzelle von 3 m x 6 m und eine Probenahmeparzelle von 3 m x 3 m unterteilt. Zwischen den Blöcken der einzelnen Wiederholungen wurden drei Meter breite Randstreifen angelegt, um die unterschiedlichen Bodenbearbeitungen zu ermöglichen.

2.2 Anbausystemfaktoren

Eine Übersicht über die verschiedenen Versuchsfaktoren gibt Tabelle 2. Die Fruchtfolge, Sorte und nicht aufgeführte Maßnahmen der Bestandesführung (Unkraut- und Schädlingsbekämpfung, Wachstumsregulierung, Grunddüngung, etc.) wurden über alle Varianten einheitlich durchgeführt.

Tab. 2: Versuchsfaktoren und Varianten.

Versuchsfaktoren	Futterkamp	Hohenschulen
Fruchtfolge	Winterweizen Wintergerste Winterraps	Winterweizen Wintergerste Winterraps
Winterweizensorte	Orestis	Orestis
Saatzeit	Frühsaat Spätsaat	Frühsaat
N-Düngung (kg/ha)	0 120 240	0 120 240
Bodenbearbeitung	Pflug Grubber	Pflug Fräsohlendirektsaat
Fungizideinsatz	Kontrolle IPS-Modell 1 IPS-Modell 2 Gesund	Kontrolle IPS-Modell Gesund

2.2.1 Weizensorte

Die seit 1988 zugelassene Sorte Orestis wurde als gebeiztes Handelssaatgut seit 1993 in Futterkamp eingesetzt und deshalb auch in den Jahren 1997-99 angebaut, obwohl sie in der Praxis keine Anbaubedeutung mehr besaß, um einen Vergleich der Versuchsergebnisse aller sechs Jahre zu ermöglichen. Am Standort Hohenschulen sind die Versuche im Rahmen des Sonderforschungsbereiches bereits 1991 mit der Sorte Orestis angelegt worden. Die verschiedenen Eigenschaften der Sorte Orestis werden in Anlehnung an die „Beschreibende Sortenliste“ (BUNDESSORTENAMT 1996) in Tabelle 3 dargestellt.

Tab. 3: Einstufung der Weizensorte Orestis in einer neunstufigen Skala nach der Beschreibenden Sortenliste (1996).

Morphologische Eigenschaften	
Ährenschieben	5
Reife	5
Pflanzenlänge	5
Neigung zu Auswinterung	4
Neigung zu Lager	5
Anfälligkeit für	
<i>Erysiphe graminis</i>	4
<i>Septoria tritici</i>	6
<i>Puccinia striiformis</i>	3
<i>Puccinia recondita</i>	7
<i>Ährenfusarien</i>	5
<i>Septoria nodorum</i>	4
Ertrageigenschaften und Qualität	
Bestandesdichte	5
Kornzahl/Ähre	7
TKG	5
Kornertrag	6
Qualitätsgruppe	B

2.2.2 Düngung

Die mineralische Stickstoffdüngung wurde in Futterkamp und in Hohenschulen im Randversuch in drei gleichen Teilgaben je N-Stufe ausgebracht: Keine Stickstoffdüngung

(N1), mittlere Düngungsintensität mit 120 kg N/ha und hohe N-Versorgung mit 240 kg N/ha. Als Termine wurden der Vegetationsbeginn (Startgabe), der Schossbeginn (Schossergabe) und der Beginn des Ährenschiebens (Ährengabe) ausgewählt. Die Aufteilung der N-Düngergaben ist in Tabelle 4 wiedergegeben.

Tab. 4: Aufteilung der mineralischen Stickstoffdüngung in Futterkamp und Hohenschulen

	Startgabe	Schossergabe	Ährengabe	Gesamt-N
N1 (kg/ha)	0	0	0	0
N2 (kg/ha)	40	40	40	120
N9 (kg/ha)	80	80	80	240

2.2.3 Bodenbearbeitung

Der konventionellen Pflugdrillsaat wurde an beiden Versuchsstandorten ein Verfahren mit reduzierter, nichtwendender Bodenbearbeitung vergleichend gegenübergestellt. In Hohenschulen kam die Frässhendirektsaat der Firma Horsch (HORSCH 1994) zum Einsatz. Bei diesem Verfahren wird das Saatgut in den bearbeiteten Boden eingemischt und somit als Direktsaat ausgebracht. Eine vorgeschaltete tiefe Bearbeitung des Bodens mit dem Tiefengrubber war notwendig, um das Stroh ausreichend in die Erde einzumischen.

Analog zum Horsch-Verfahren in Hohenschulen schloss sich in Futterkamp nach einer zweimaligen Grubberbodenbearbeitung mit dem Tiefengrubber eine Drillsaat an, deren Saatbettbereitung mit einer Rüttelegge durchgeführt wurde.

2.2.4 Saatzeit

Am Standort Futterkamp bestand zusätzlich die Möglichkeit, zwei verschiedene Saatzeiten in das Versuchsprogramm aufzunehmen. Es erfolgte eine Frühsaat in der zweiten bis dritten Septemberdekade mit 300 Körnern/m² und eine Spätsaat mit 400 Körnern/m² ca. 5 Wochen später (Tabelle 5). Eine Ausnahme ergab sich zur Aussaat der Saison 1998/99. Aufgrund starker Niederschläge im Herbst ließ sich die Spätsaat erst am 1. Dezember auf gefrorenen Boden ausbringen.

Tab. 5: Unterschiede zwischen Früh- und Spätsaat am Standort Futterkamp.

Futterkamp	1996/97	1997/98	1998/99
Frühsaat (300 Körner/m ²)	21. September	17. September	23. September
Spätsaat (400 Körner/m ²)	26. Oktober	22. Oktober	1. Dezember
Zeitdifferenz	5 Wochen	5 Wochen	10 Wochen

2.2.5 Fungizideinsatz

Um die Auswirkungen der Fungizide auf den Epidemieverlauf der pilzlichen Pathogene exakt zu dokumentieren, wurden der unbehandelten Kontrollvariante zwei (bzw. drei in Futterkamp) Fungizidvarianten gegenübergestellt. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die eingesetzten Produkte mit den dazugehörigen Aufwandmengen und Wirkstoffen.

Tab. 6: Fungizidvarianten.

Variante	Aufwandmenge (l/ha)	Wirkstoff	Aktivsubstanz g/l	Applikationen	Aktivsubstanz gesamt g/ha
Kontrolle	-	-	-	-	-
IPS 1	0,5-1l/ha Jewel	Epoxiconazol + Kresoxim-methyl	125 125	2	250-375
IPS 2 (nur Fuka)	0,3l/ha Fortress + 0,4-0,8l/ha Amistar	Quinoxifen + Azoxystrobin	500 250	2	550-650
Gesundvariante	0,3l/ha Fortress + 0,6-0,8l/ha Amistar	Quinoxifen + Azoxystrobin	500 250	3	950

Die fungizidunbehandelte Kontrolle gibt die Entwicklung der pilzlichen Schaderreger wieder, die nur vom jeweiligen Anbausystem beeinflusst wird. In dieser Variante tritt der maximale Schaden, verursacht durch Pilzkrankheiten, auf. Bei der Gesundvariante handelt es sich um eine nach Stadien maximalbehandelte Variante, die das schaderregerfreie Ertragspotenzial des Standortes wiedergibt. Die Differenz dieser beiden Varianten zeigt das Schadpotenzial der Erreger auf. Die IPS-Variante richtet sich nach dem aktuellen Befallsgeschehen im Bestand und ist weiterhin von der Witterung abhängig. Erst wenn exakt definierte Schadschwellen überschritten werden, die das Eintreten eines wirtschaftlichen Schadens erwarten lassen, wird der Fungizideinsatz vorgenommen. Die IPS 1-Variante wurde mit dem aus den Wirkstoffen Epoxiconazol und Kresoxim-methyl bestehenden Fungizid Jewel behandelt, um die

Krankheitsentwicklung der Erreger bei einer Behandlung mit kurativ wirksamen Wirkstoffen zu überprüfen. In der mit Amistar und Fortress (Azoxystrobin und Quinoxifen) behandelten IPS 2-Variante, die in Futterkamp zusätzlich zur Verfügung stand, konnte die Auswirkung dieser protektiv wirkenden Fungizide auf die Erregerpopulation der Pilze untersucht werden. In Tabelle 7 ist eine vereinfachte Übersicht der relevanten Schwellenwerte der einzelnen Schaderreger dargestellt, die mit dem Entwicklungsstadium der Pflanze und der zugehörigen Indikatorblattetage verknüpft wird.

Tab. 7: Schwellenwerte des IPS-Modells Weizen von 1996-1999 (verändert nach VERREET, 1992).

EC	30	31	32	33	37	39	43	47	51	55	59	61	65	69	71
<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>			25-30% BHB												
<i>Puccinia spp.</i>	1. Beh.: 30% BHB oder erste Nester						2. Beh.: erste Sporenlager auf F/F-1/F-2								
<i>Erysiphe graminis</i>	1. Beh.: 70% BHB						2. Beh.: 70% BHB auf F-2/F-1/F								
<i>Septoria tritici</i>	1. und Folgebeh.: F-6 > 50% BHB; >3mm/d, Blattnässe >98% >48h														
<i>Drechslera tritici-repentis</i>	1. Beh.: 5% SHB*						2. Beh.: 5% SHB auf F/F-1/F-2								
<i>Septoria nodorum</i>	1. und Folgebeh.: 12% BHB*														
EC	30	31	32	33	37	39	43	47	51	55	59	61	65	69	71

*Indikationsblattetagen zu EC 32: F-6, EC 33-39: F-5/F-4, EC 43-47: F-4/F-3, EC 51-69: F-3/F-2

Die verwendeten Schwellenwerte orientieren sich an dem von VERREET (1992) in Bayern entwickelten Integrierten Pflanzenschutzsystem (IPS-Modell Weizen), das seit 1993 auch in Schleswig-Holstein überprüft wird und bereits in die Praxis Eingang gefunden hat. Das IPS-Modell diente für die Schwellenbehandlungen in den IPS-Varianten beider Versuchsstandorte als Grundlage. Ausschlaggebende Parameter für die Schwellenüberschreitungen sind Witterungsdaten sowie aktuelle Befallswerte der einzelnen Erreger im Bestand.

Der Halmbruchererreger *P. herpotrichoides* führt zu einer Zerstörung der Halmbasis und bei ausreichendem Zerstörungsgrad zum Umknicken des Halmes und damit zu parasitärem Lager. Häufig ist das zu beobachtende Lager jedoch physiologisch bedingt, d.h. die Stabilität der Halme ist durch zu hohe Bestandesdichten und Stickstoffdüngung vermindert. Auch bei einem stärkeren Befall mit dem Erreger wird nach jüngsten Ergebnissen (WITTRÖCK 2001) keine Fungizidbehandlung empfohlen, da nur ein geringer Zusammenhang des Ausgangsbefalls mit dem Endbefall nachgewiesen werden konnte. Durch angepasste Anbautechnik (Saatstärke, Stickstoffdüngung und Wachstumsregler) kann einem Lager ausreichend

entgegengewirkt werden. Der für die Halmbruchbekämpfung entwickelte Schwellenwert sieht eine Fungizidmaßnahme zu EC 32 vor, wenn 25% bzw. zu EC 37, wenn mehr als 30% der Pflanzen auf der zweiten Blattscheide vor dem Halm einen eindeutigen Befall aufweisen.

E. graminis ist der Erreger des Echten Mehltaus. Neben der Sortenwahl spielen vor allem Anbausystemfaktoren wie z.B. Saatzeit und Stickstoffdüngung für die Befallsentwicklung des Mehltaus eine große Rolle, da es sich um einen obligat biotrophen Parasiten handelt. Der Erreger kann sich bei günstigen Witterungsbedingungen sehr schnell vermehren. Aus diesem Grunde wurde der Schwellenwert sehr niedrig angesetzt. Eine bekämpfungswürdige Überschreitung liegt vor, wenn 70% der Pflanzen mindestens eine Mehлтаupustel aufweisen (BHB 70%). Nach der ersten Fungizidbehandlung wird eine Anschlussapplikation notwendig, wenn die Befallshäufigkeit auf den oberen drei Blattetagen 70% erreicht.

Auch *P. striiformis* und *P. recondita*, die Erreger des Gelb- bzw. Braunrostes, gehören zu den obligat biotrophen Parasiten. Beide Erreger vermögen es, sich beim Vorliegen optimaler Witterungsbedingungen explosionsartig zu vermehren. Bereits ein nur vereinzelter Befall mit wenigen Rostpusteln kann dazu führen, dass sich die zahlreichen Uredosporen stark im Bestand verbreiten. Besonders beim Gelbrost findet man häufig nesterweisen Befall. Aufgrund der für Rostpilze typischen Befallsdynamik ist der Schwellenwert für diese Erreger mit einer Befallshäufigkeit von 30% noch niedriger ausgerichtet als beim Mehltau. Der Braunrost tritt im Vergleich zum Gelbrost wegen seiner höheren Temperaturansprüche relativ spät während der Vegetationsperiode auf. Eine Folgeapplikation wird erforderlich, wenn auf den oberen drei Blattetagen die ersten Uredosporenlager nachzuweisen sind.

Der zu den fakultativen Pathogenen gehörende Erreger der Blattdürre, *S. tritici*, fällt durch die Ausbildung von braun-schwarzen Fruchtkörpern auf der Blattoberseite auf. Da die befallene Blattfläche sich unter dem Einfluss von wirtsspezifischen Toxinen zunehmend nekrotisiert, muss eine Verwechslung mit Schwächeparasiten (Saprophyten) ausgeschlossen werden. Die Ausbreitung des Erregers wird besonders durch Niederschlag und die darauf folgende Blattnässeintensität und –dauer beeinflusst. Die aus dem Ostiolum der Fruchtkörper nach einem Niederschlagsereignis austretenden Schleimranken enthalten die Sporen, die durch die kinetische Energie der Regentropfen auf obere Blattetagen gelangen können. Eine Schwellenüberschreitung tritt ein, wenn als Grundvoraussetzung ein Minimumausgangsinokulum auf der Indikationsblattetage F-6 vorhanden ist: Mehr als 50% der Pflanzen müssen Befall aufweisen (BHB auf F-6 >50%). Zusätzlich muss ein Niederschlagsereignis von mehr

als 3mm pro Tag aufgetreten sein. Für die Auskeimung der Sporen auf den Blättern muss für ca. 48 Stunden eine Blattnässe von über 98% gegeben sein (KLINK 1997). Die Erfassung der Wetterdaten ist für eine erfolgreiche Bekämpfung von *S. tritici* von großer Bedeutung, da der dargestellte Parameter Blattnässe nicht anders quantifiziert werden kann. Eine Bekämpfung nach dem Sichtbarwerden der Symptome auf den Blättern ist erfolglos, weil der Erreger nur innerhalb der ersten Woche nach der Infektion mit kurativ wirksamen Produkten gestoppt werden kann, er aber erst vier Wochen nach einer Infektion sichtbar wird.

Das Auftreten des Erregers der Blatt- und Spelzenbräune, *S. nodorum*, erfolgt aufgrund der hohen Temperaturansprüche erst spät in der Vegetationsperiode. In Schleswig Holstein sind diese Bedingungen frühestens mit dem Erscheinen des Fahnenblattes gegeben. Daher reicht eine Kontrolle der Blätter auf *Septoria nodorum* ab EC 37. Da auch dieser Pilz Pyknidien ausbildet und die im Sporenschleim enthaltenen Sporen durch Regentropfen verbreitet werden, hängt die Befallsentwicklung in hohem Maße von der Witterung ab. Die kurze Latenzzeit von nur einer Woche macht eine schnelle Reaktion auf ein Infektionsereignis nahezu unmöglich. Der Schwellenwert richtet sich im Gegensatz zu *S. tritici* deshalb nicht nach einem Infektionsereignis. Eine Bekämpfung wird bereits durchgeführt, wenn ausreichend Infektionspotenzial auf der jeweiligen Indikationsblattetage vorhanden ist. Wird auf einer Blattetage eine Befallshäufigkeit von 12% festgestellt, muss sofort eine Fungizidbehandlung erfolgen. Die Blatt- und Spelzenbräune führt insbesondere zum Ende der Vegetationszeit zu größeren Schäden, da sie auch die Ähre in großem Ausmaß befallen kann.

Die momentane Entwicklung des Ackerbaus in Schleswig-Holstein zeichnet sich durch Weizenmonokulturen in Verbindung mit Direktsaatverfahren aus. Diese Faktoren fördern den Wärme liebenden Pilz *D. tritici-repentis*, den Erreger der DTR-Blattdürre, auch unter den maritimen Bedingungen Schleswig-Holsteins. Ebenfalls ist für diesen Schaderreger eine sehr kurze Latenzzeit typisch, so dass das Reagieren auf eine Infektion unmöglich ist. Die Schadschwelle ist deshalb mit einer Befallshäufigkeit von 5% auf der aktuellen Indikationsblattetage sehr niedrig angesetzt, so dass der bloße Nachweis des Pilzes bereits zu einer fungiziden Gegenmaßnahme führt. Die am Ende der Sporenträger vorhandenen Konidiosporen sind für eine Sekundärinfektion verantwortlich und können unter feucht-warmen Witterungsbedingungen eine explosionsartige Verbreitung des Erregers verursachen. Eine erneute Fungizidapplikation wird erforderlich, wenn auf den oberen drei Blättern wiederum der Schwellenwert von 5% Befallshäufigkeit überschritten wird.

2.3 Witterungsparameter

Sowohl am Versuchsstandort Hohenschulen als auch in Futterkamp zeichneten auf den Schlägen installierte Wetterstationen (nach Weihofen, Firma Thies, Göttingen) die Daten des jeweiligen Witterungsgeschehens während der Vegetationsperiode auf. Die für die Prognose und Interpretation des Befallsgeschehens im Bestand wichtigen Parameter der Wetterstationen waren die Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Bestand (20 cm) und über dem Bestand (2 m) sowie der Niederschlag. Von besonderer Bedeutung war der Blattnässefühler nach Weihofen, ein Baumwollstreifen, der im Bestand auf Höhe des drittobersten Weizenblattes befestigt wird. Die elektrische Leitfähigkeit des Baumwollstreifens steht in engem Zusammenhang mit der Blattbenetzung. Alle Messgeräte waren an ein Datalogger angeschlossen, das alle 15 Sekunden die Messdaten aufzeichnete. Ausgegeben werden die Stundenmittelwerte, die mit Hilfe eines Laptops regelmäßig abgerufen werden konnten.

Die Witterungsparameter sind von großer Bedeutung für die Entwicklung der pilzlichen Erreger im Bestand. Besonders der Niederschlag und die Blattnässedauer sind für die epidemiologische Ausbreitung von *S. tritici* entscheidend. Auch für die Interpretation der Befallsverläufe der anderen Weizenpathogene sind die Erfassung des Mikro- und Makroklimas unerlässlich.

2.4 Krankheitsbonitur

Die Untersuchung der Weizenpflanzen erfolgte im Labor mit Hilfe verschiedener Verfahren. Um die Befallsverläufe der Pilzkrankheiten erstellen zu können, wurden die Boniturdaten von EC 30 (Beginn Schossen) bis zu EC 85 (Teigreife) wöchentlich erhoben, so dass während der Vegetationsperioden zwölf bis dreizehn Bonituren stattfanden. Vor dem ersten Fungizideinsatz war nur die Beprobung der unbehandelten Kontrollvarianten nötig, danach auch die der IPS-Varianten. Da die Gesund-Varianten aufgrund der maximalen fungiziden Behandlung annähernd befallsfrei blieben, mussten die Befallserhebungen dieser Pflanzenproben nicht wöchentlich, sondern nur zum letzten Boniturtermin durchgeführt werden.

2.4.1 Probenahme

Die Versuchspartzen wurden bei der Versuchsanlage in Ernte-, Probe- und Umschaltpartzen unterteilt. Diese Untergliederung ermöglichte es, nur aus dem Probereich der Partzen Pflanzen zu entnehmen und so unbeeinflusste Partzen für die Beerntung zur Verfügung zu haben. An jedem der wöchentlichen Boniturtermine wurden aus diesem Bereich aus einer Diagonalen pro Wiederholung 10 Pflanzen entnommen, d.h. 30 Pflanzen pro Variante. Die Beprobung musste im mittleren Raum der Partzen stattfinden, um Randeffekte zu vermeiden. Die Pflanzenproben wurden nach dem Transport in einem Kühlraum bei 4°C gelagert und anschließend untersucht.

2.4.2 Entwicklungsstadium

Um eine eindeutige Identifikation der einzelnen Blatttagen vor den Bonituren gewährleisten zu können, musste zunächst von allen 30 Pflanzen einer Variante das jeweilige Entwicklungsstadium bestimmt werden. Hierzu wurde die BBCH-Skala (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie) herangezogen, die aus einer Gemeinschaftsarbeit der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), des Industrieverbandes Agrar (IVA) und des Instituts für Gemüse und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt (HACK et. al. 1992) in Anlehnung an die von ZADOKS et. al.(1974) entwickelte dezimale Eucarpia-Skala hervorgegangen ist.

2.4.3 Halmbasisbonitur

Nach der Feststellung des Entwicklungsstadiums und der Identifikation der Blatttagen wurden die Blätter von der gewaschenen Pflanze abgezupft und nach Blatttagen getrennt in mit warmem Wasser gefüllte Schalen gelegt, um diese so auf die Bonitur vorzubereiten (das Quellen der spezifischen Pilzstrukturen, z.B. Fruchtkörper, erleichtert die Zuordnung zur Erregerart). Um die Halmbasiserreger bestimmen zu können, mussten die zweiten Blattscheiden vor dem Halm entfernt und von groben Schmutzpartikeln befreit werden. Vom Beginn der Boniturperiode bis zum Stadium EC 37 (Spitzen des Fahnenblattes) wurden diese

Blattscheiden unter Anwendung des Färbetests nach MAULER-MACHNIK & NAß (1990) auf Halmbasiserreger untersucht. Die Blattscheiden wurden ca. 15 Minuten in eine Essig-Tinten-Lösung gegeben (20:1). Die Essig-Essenz diente der Extraktion des Chlorophylls, die Tinte färbte vorhandene Myzelstrukturen an, so dass die Zuordnung der pilzlichen Erreger mit Hilfe eines Binokulars mit 40-80-facher Vergrößerung ermöglicht wurde. Hierbei unterscheidet man den Erreger der Halmbruchkrankheit (*P. herpotrichoides*), der typische Myzelkissen ausbildet, vom Scharfen Augenfleck (*Rhizoctonia cerealis*), der rechtwinklige Myzelstrukturen aufweist. *Fusarium spp.* bilden hingegen ein unstrukturiertes Myzelgeflecht aus. Der Anteil der befallenen Pflanzen wurde im Untersuchungsergebnis als Befallshäufigkeit aufgenommen.

Diese Färbemethode wurde ab Beginn des Ährenschiebens von der visuellen Bonitur der Halmbasen abgelöst. Zu diesem Zweck mussten die Blattscheiden ganz entfernt und die Halmbasis auf, je nach Erregerart, typische Flecken untersucht werden. Der Halmbruchererregert bildet einen ovalen Augenfleck, der ohne scharfe Abgrenzung in das gesunde Gewebe übergeht, während der Scharfe Augenfleck häufig durch die Lokalisation direkt unter den Knoten auffällt. *Fusarium spp.* werden durch streifige Verbräunungen an der gesamten Halmbasis charakterisiert. Neben den Befallshäufigkeiten wurden bei diesen Untersuchungen auch die Befallsstärken ermittelt. Diese geben an, inwieweit der Erreger stängelumfassend auftrat (0 = gesund bis 4 = stängelumfassend).

Die Halmbasen der letzten Pflanzenproben in einer Vegetationsperiode wurden zusätzlich auf SNA-Agar (sehr nährstoffarmer Agar nach NIRENBERG 1976), ausgelegt, um verschiedene Varietäten bzw. Arten des Halmbruchererregers (*Pseudocercospora herpotrichoides* var. *herpotrichoides*, *P. herpotrichoides* var. *aciformis*, *P. anguioides*, *P. aestiva*) anhand der Konidienform (NIRENBERG 1981, 1984, 1985) unterscheiden zu können. Vor dem Ausplattieren auf dem speziellen Agar mussten die Halmbasen gewaschen und oberflächensterilisiert werden, bevor sie nach einwöchiger Inkubation bei 16-18°C und Dunkelheit unter dem Mikroskop auf *R. cerealis* untersucht wurden. Die Unterscheidung der Varietäten des Halmbruchererregers konnte dann nach zweiwöchiger Inkubation bei 14-16°C unter UV-Licht durchgeführt werden.

2.4.4 Blattbonitur

2.4.4.1 Obligat biotrophe Erreger

Vor dem Abzupfen der Blätter wurden diese makroskopisch auf das Vorhandensein von obligaten Erregern überprüft. Obligat biotrophe Pathogene sind auf der grünen Blattfläche zu finden, da sie sich von den lebenden Pflanzenzellen ernähren. Zu diesen Pilzkrankheiten gehören der Echte Mehltau (*E. graminis*), der Braunrost (*P. recondita*) und der Gelbrost (*P. striiformis*). Die Bonitur auf diese Pilze erfolgte vor dem Einweichen der Blätter in warmem Wasser, um ein Abwaschen der Konidien beim Mehltau und der Uredosporen beim Rost zu verhindern. Die visuelle Bonitur dieser Erreger erfolgt subjektiv, indem die prozentual befallene Blattfläche vom Fahnenblatt (F) bis zum siebtobersten Blatt (F-6) geschätzt wurde. Der wichtigste Parameter ist die Befallshäufigkeit der Gesamtpflanze (GES BHB), die den prozentualen Anteil der mit dem jeweiligen Erreger befallenen Pflanzen angibt. Die Befallsstärke der Gesamtpflanze (GES BSB) ist die durchschnittliche Befallsstärke aller befallenen Blattoberflächen, deren Nekrotisierung unter 50% liegt.

Der Echte Mehltau ist wegen der weißen, aus Konidienketten bestehenden Pusteln leicht zu erkennen. Er kann neben den Blättern auch die Blattscheiden und Ähren befallen. Verbräunte alte Mehlaupusteln bilden als dunkle Fruchtkörper Kleistothecien aus und werden nicht mehr in die Bonitur mit aufgenommen. Die ovalen Uredosporenlager des Braunrostes liegen verstreut auf der Blattoberseite. Die schwarzen Teleutosporenlager der Hauptfruchtform liegen auf der Blattunterseite und werden bei der Bonitur nicht mit erfasst. Der Gelbrost des Weizens bildet ebenfalls ovale Uredosporenlager, unterscheidet sich jedoch vom Braunrost durch die hellere Färbung und die streifenförmige Anordnung der Sporenlager entlang der Blattadern. Auch bei diesem Erreger zeigen sich zu Blütenbeginn schwarze Teleutosporenlager.

2.4.4.2 Nekrotisierung

Nach dem Entfernen der Blätter von der Pflanze wurde der Anteil der nekrotisierten Blattfläche an der gesamten Blattfläche geschätzt, wobei nur die verbräunte abgestorbene und nicht die gelbe chlorotisierte Blattfläche berücksichtigt wurde (Boniturschema nach

VERREET, 1985). Die Nekrotisierung wurde ab der Blatttage F-7 bis zum jeweiligen obersten, voll entwickelten Blatt bonitiert. Erreichten die Nekrosen im Durchschnitt der 30 Pflanzen einer Variante mehr als 95%, so wurde diese Blatttage in der Folgewoche bei der Bonitur auf Verbräunung sowie auf Erreger nicht mehr berücksichtigt. Die Nekrotisierung des Blattapparates ist wichtig für die Beurteilung der Assimilationsleistung der Pflanze und ein wichtiger Anzeiger für den Gesundheitszustand. Unterschiede der Varianten konnten durch den Nekrotisierungsverlauf während der Boniturperiode dargestellt werden. Auch der Nekrotisierungsgrad, der Mittelwert der Nekrosen des Fahnen- und des zweitobersten Blattes während der Kornfüllungsphase, konnte als zusätzlicher Parameter ermittelt werden.

2.4.4.3 Fakultative Erreger

Nach der makroskopischen Erfassung der Nekrosen und der obligaten Erreger erfolgte die Bonitur der fakultativen Pathogene mikroskopisch. Die Diagnose der Erreger mit Hilfe eines Binokulars bei 20-80facher Vergrößerung wurde auf diese Weise erleichtert, da die Anzahl der Pyknidien pro Blattfläche geschätzt werden konnte. Häufig trat beim Quellungsprozess aus der Öffnung der Fruchtkörper, dem Ostiolum, Sporenschleim in Schleimranken aus. Die in diesem Schleim, der auch durch Quetschung der Pyknidien gewonnen werden konnte, enthaltenen Pilzsporen ermöglichen eine eindeutige Identifizierung des fakultativen Erregers. Die braunen Fruchtkörper von *S. tritici* enthalten wimpernförmige, lange und dünne Sporen, wohingegen *S. nodorum* durch honigbraune Pyknidien auffällt, in denen sich dreifach septierte ovale Sporen befinden. Die Sporen konnten mikroskopisch bei 100-400facher Vergrößerung nachgewiesen werden.

Die auf die einzelnen Blatttagen bezogenen Befallshäufigkeiten und Befallsstärken geben die durchschnittliche Anzahl der Pyknidien pro Blatttage an. Einen Befallsverlauf über die gesamte Boniturperiode erhält man durch das Aufsummieren der Befallsstärken aller Blatttagen (SUM BSB) zu jedem Boniturtermin.

Auch bei dem Erreger der DTR-Blattdürre (*D. tritici-repentis*) wurde die befallene Blattfläche prozentual zur gesamten Blattoberfläche geschätzt. Dieser Pilz bildet keine Pyknidien aus, sondern kann anhand von charakteristischen, einzeln stehenden Sporenträgern, an deren Spitze sich jeweils eine keulenförmige, mehrfach septierte Spore befindet, mit Hilfe eines

Mikroskops identifiziert werden. Die Sporenträger befinden sich auf einem dunklen Infektionspunkt, um den sich ein chlorotischer Hof bildet, der zunehmend nekrotisiert. Der Anteil der befallenen Blattflächen an der gesamten Blattfläche wird als Befallsstärke angegeben. Der Befallsverlauf der Gesamtpflanze (GES BSB) ergibt sich aus dem durchschnittlichen Befall auf den obersten vier Blattetagen. Nicht alle Sporenträger tragen auch Konidien. Aus der Anzahl der Blätter einer Blattetage, die Konidien tragen, wird die Sporulationhäufigkeit (SHB) ermittelt.

Neben den Halmbasen kann *Fusarium spp.* auch die Ähren befallen. Bei diesem Befall wird ebenfalls der Anteil der befallenen Ährenoberfläche geschätzt. Auch Taubährigkeit (weiße Ähren oder Ährchen) wurde in dieser Bonitur mit aufgenommen, auch wenn sie nicht eindeutig den Fusariosen zugeordnet werden konnte, die im Allgemeinen durch lachsfarbene Sporenlager oder weiße Flecken mit schwarzem Rand auf den Ährchen auffallen. Aus den so gewonnenen Boniturdaten konnten die Befallshäufigkeiten sowie auch Befallsstärken ermittelt werden.

2.5 Pflanzenmorphologische Merkmale

An den Pflanzenproben des letzten Boniturtermins wurden neben den regulären Untersuchungen auch phänologische Merkmale aufgenommen. Neben der Länge der Gesamtpflanze (vom Beginn der Halmbasis bis zum Spitzenährchen) wurde auch die Ährenlänge gemessen. Zusätzlich wurden die Blattabstände (Messung zwischen den Blattspreiten) sowie die Abstände der Knoten bei diesen Erhebungen mit erfasst. Diese morphologischen Merkmale sind wichtige Parameter, um die unterschiedlichen Entwicklungen der Pflanzen in den einzelnen Varianten zu verdeutlichen.

2.6 Ernteverfahren

Die Beerntung der Ernteparzellen erfolgte in Futterkamp und Hohenschulen im Volldruschverfahren. Die Parzellenmähdrescher wurden in Futterkamp von der Lehr- und Versuchsanstalt der Landwirtschaftskammer und in Hohenschulen vom Versuchsgut der

Universität zur Verfügung gestellt. Nach dem Drusch wurde die Kornprobe gereinigt und gewogen sowie die Feuchtigkeit und das Tausendkorngewicht (TKG) bestimmt.

Nach der Ernte konnte durch Auszählung der Stoppeln die Bestandesdichte (Pflanzen/m²) ermittelt werden. Bereits vor der Ernte wurden pro Variante 30 Ähren aus den Probeparzellen geschnitten und die sterilen und fertilen Spindelstufen ausgezählt.

2.7 Pflanzeninhaltsstoffe

Ein Anteil der Körner jeder Variante des Versuches in Futterkamp wurde nach dem Auszählen des Tausendkorngewichtes gemahlen. Das Institut für Pflanzenernährung der CAU Kiel übernahm die Analyse dieser Mahlproben auf die Nährelemente Calcium, Magnesium, Kalium, Phosphor und Stickstoff.

2.8 Biometrische Auswertung

Die Daten, die im Laufe des Projektes aufgenommen worden sind, wurden in die Datenbank des SFB 192 eingegeben. Auf dem zugehörigen UNIX-Rechner erfolgte die Sichtung und Zusammenstellung der Datenpakete, die dann mit Hilfe des Scalarrechners VAX 8550 des Rechenzentrums der Universität Kiel statistisch unter Verwendung des SAS-Programmpaketes ausgewertet wurden (GLM- und MIXED-Prozeduren). Multiple Mittelwertvergleiche erfolgten mit Hilfe des Tukey-HSD-Testes. Als Irrtumswahrscheinlichkeit wurde $\alpha < 0,05$ gewählt. Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben (a, b, c,...) unterscheiden sich signifikant voneinander.

3 ERGEBNISSE

3.1 Witterung

3.1.1 1996/1997

Der Beginn des ersten Versuchsjahres 1996/1997 wurde durch einen sehr kalten Winter geprägt. Die Niederschläge sowie auch die Temperaturen lagen an beiden Versuchsstandorten deutlich unter dem langjährigen Mittel (DEUTSCHER WETTERDIENST 1999). Im Februar und März stiegen die Temperaturen sowie auch die Niederschläge überdurchschnittlich an. Nach einem trockenen und durchschnittlich temperierten April begann die Vegetationsperiode mit einem nassen Mai. Der Juni verlief hingegen sehr trocken und die Abreifephase war durch einen niederschlagsreichen Juli gekennzeichnet, in dem die Temperaturen stärker als das langjährige Mittel es vorgibt, anstiegen. Die Ernte konnte unter guten Bedingungen im August durchgeführt werden, da sehr hohe Temperaturen die Abreife begünstigten und keine Niederschläge die Erntearbeiten verzögerten.

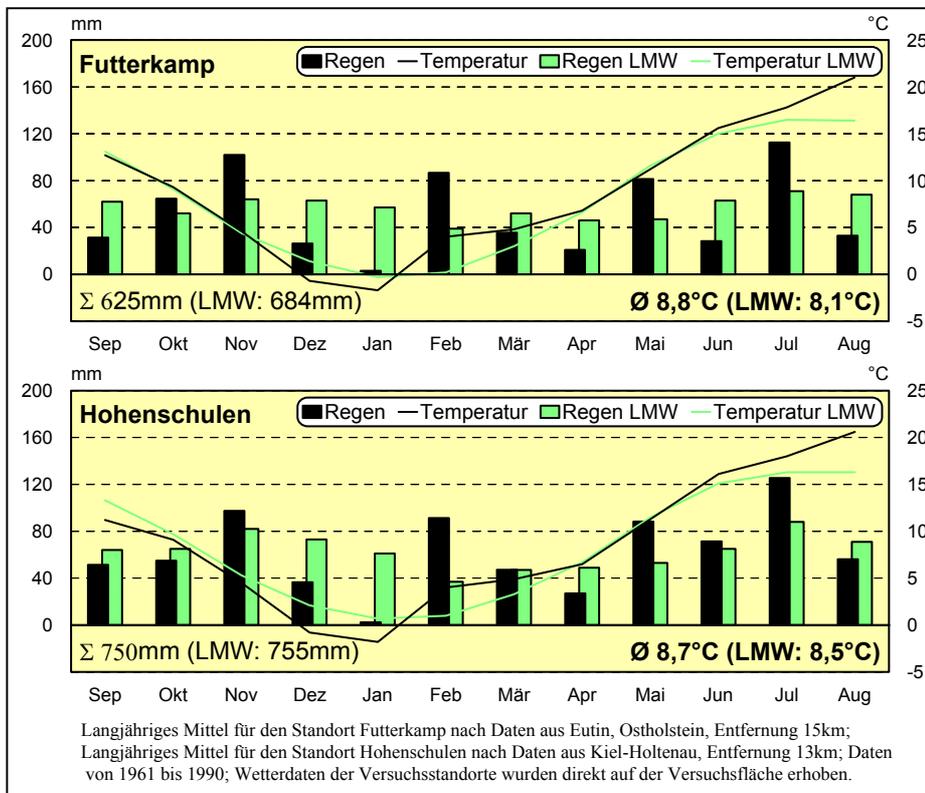


Abb. 4: Witterung der Vegetationsperiode 1996/97 im Vergleich zum langjährigen Mittel.

3.1.2 1997/1998

Im zweiten Versuchsjahr 1997/1998 führte ein milder Winter zu einem frühen Vegetationsbeginn, der durch den hohen Niederschlag im Januar noch gefördert wurde. Die Temperaturen lagen noch bis zum Mai weit über dem langjährigen Mittel. Auf einen nassen April folgte eine starke Maitrockenheit. Ab Juni setzten dann sehr starke Regenereignisse ein, die sich im Juli noch fortsetzten. Viele Parzellen, besonders die hoch gedüngten, gingen durch die extreme Witterung ins Lager. Trotz der verhaltenen Niederschläge im August konnte die Ernte auf Grund der vielen Parzellen mit starkem Lager nur unter erschwerten Bedingungen durchgeführt werden, wodurch auch die Qualität des Erntegutes stark beeinträchtigt wurde.

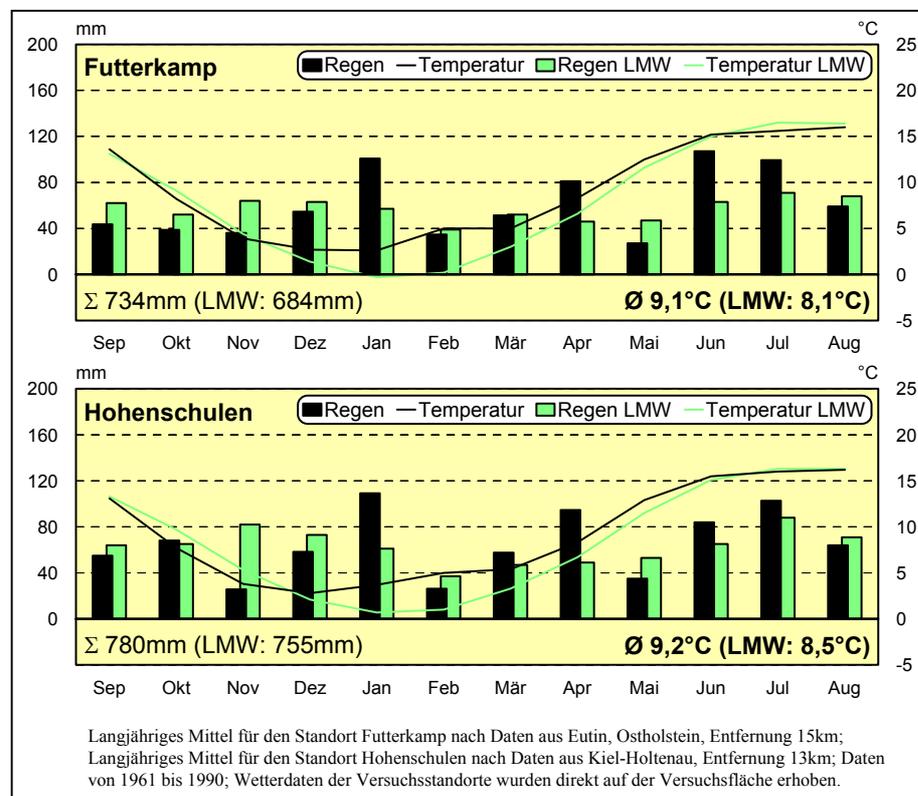


Abb. 5: Witterung der Vegetationsperiode 1997/98 im Vergleich zum langjährigen Mittel.

3.1.3 1998/1999

Durch schlechte Aussaatbedingungen liefen die Bestände zunächst schlecht auf. Die Spätsaat in Futterkamp konnte wegen anhaltender Niederschläge im Oktober und November erst am 1. Dezember durchgeführt werden. Durch ausreichende Niederschläge und die überdurchschnittlichen Temperaturen bis Ende Mai entwickelten sich die Bestände dennoch gut. Nach

stärkeren Regenereignissen und sehr hohen Temperaturen im Juni folgte ein sehr trockener Juli, in dem die Pflanzen unter Wassermangel litten. Die Ernte konnte im August unter günstigen Witterungsbedingungen ohne Probleme durchgeführt werden.

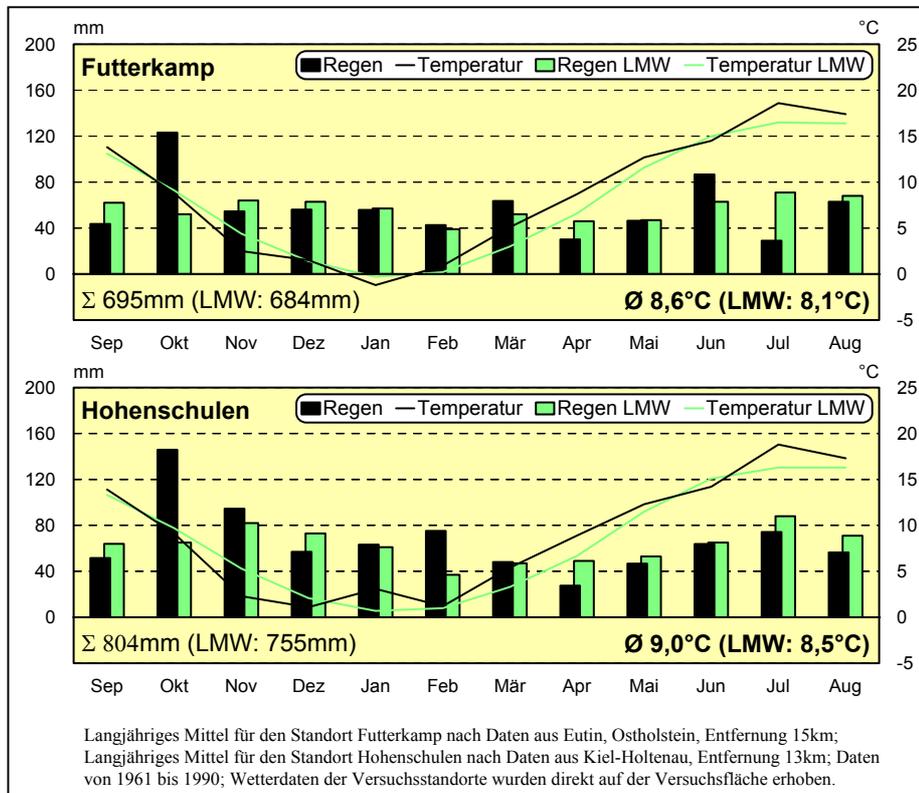


Abb. 6: Witterung der Vegetationsperiode 1998/99 im Vergleich zum langjährigen Mittel.

3.2 Pflanzenlänge und Lager

3.2.1 Jahreseffekte

Zwischen den Versuchsjahren gab es in Futterkamp nur in geringem Maße Unterschiede in den Pflanzenlängen (Abbildung 7). Betrachtet man nur die Kontrollvarianten (in diesen ist der wachstumsbeeinflussende Faktor der Azol- und Strobilurinfungizide ausgeschlossen), ergeben sich Differenzen von nur 1,5 cm. Dagegen fällt am Standort Hohenschulen insbesondere das Versuchsjahr 1996/97 auf, in dem die Pflanzen ca. 7 cm kürzer waren als 1997/98. Zusätzlich zeigt sich ein weiterer Effekt. Die Pflanzen in Futterkamp sind im Durchschnitt der drei Versuchsjahre um über 4 cm länger als die Pflanzen in Hohenschulen. Da sämtliche Anbau-faktoren vergleichbar waren, ist dieser Unterschied eindeutig auf die Standortbedingungen zurückzuführen.

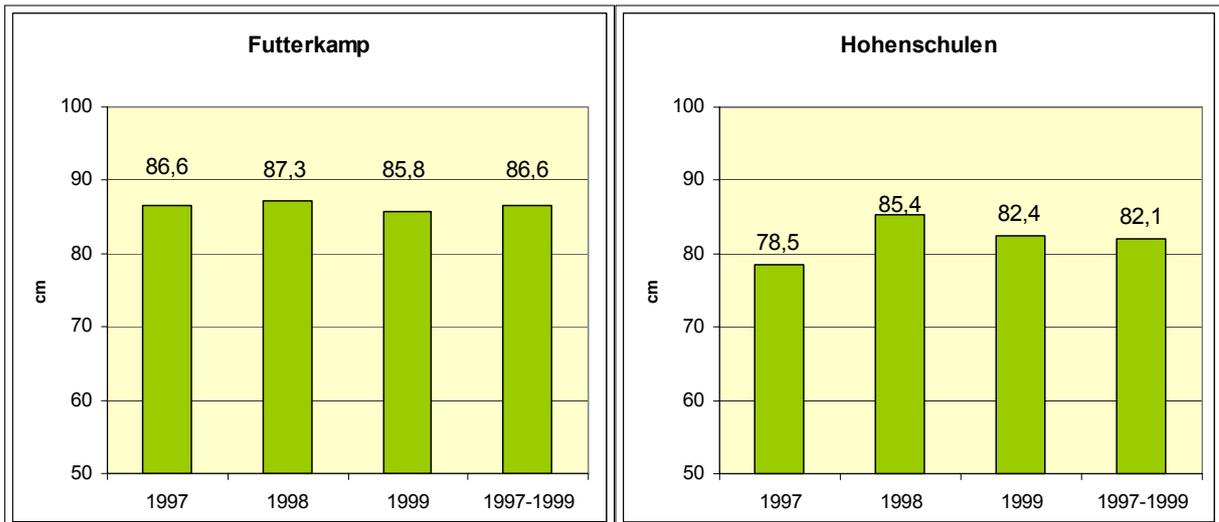


Abb. 7: Einfluss des Versuchsjahres auf die Pflanzenlänge in den Kontrollvarianten.

Der Einfluss der Versuchsjahre auf das Lager der Weizenpflanzen in den Kontrollvarianten wird in Abbildung 8 dargestellt. Die in hohem Maße von den Witterungsbedingungen abhängige Lagerbildung ist in allen drei Jahren sehr unterschiedlich ausgeprägt. 1997 war gegen Ende der Vegetation nur ein geringes Lager aufzufinden. Im zweiten Versuchsjahr führten starke Niederschläge in einigen Varianten zu extremem Lager und erschwerten die Ernte. 1999 dagegen gingen die Bestände nur sehr geringfügig ins Lager. Zwischen den Standorten zeigten sich keine nennenswerten Unterschiede.

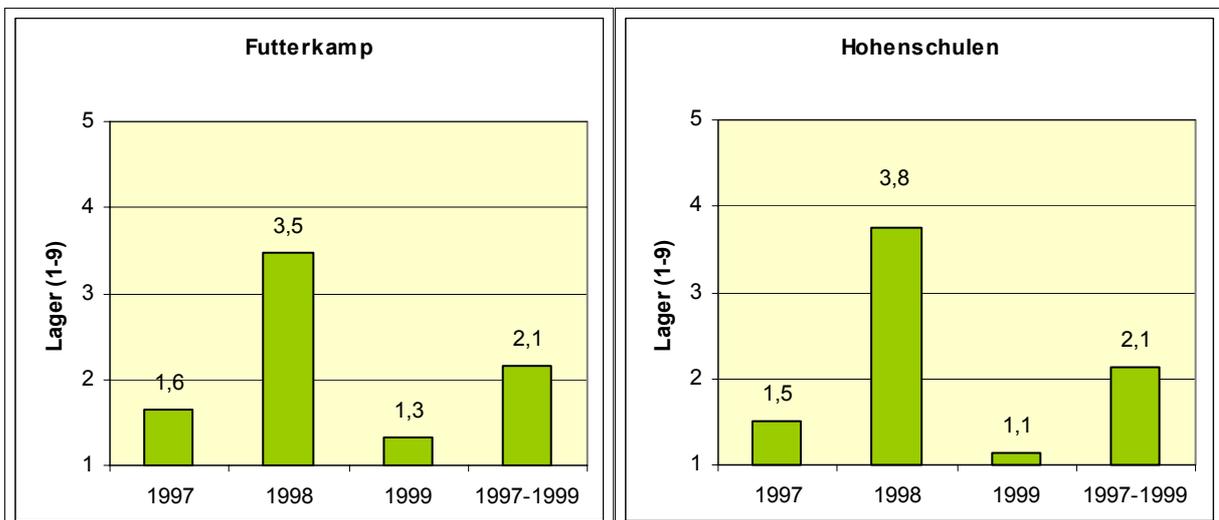


Abb. 8: Einfluss des Versuchsjahres auf das Lager der Weizenpflanzen in den Kontrollvarianten.

3.2.2 Einfluss der Bodenbearbeitung

In Abbildung 9 wird der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Pflanzenlänge in den unbehandelten Kontrollen dargestellt. In allen drei Versuchsjahren wiesen die Pflug-Varianten höhere Pflanzenlängen auf als die Grubber- bzw. Horsch-Varianten. Die Unterschiede sind in den drei Versuchsjahren sehr einheitlich und liegen im Mittel der Jahre bei 4 cm. Die Direktsaatverfahren Grubber und Horsch üben eine ähnliche Wirkung auf die Pflanzenlänge aus.

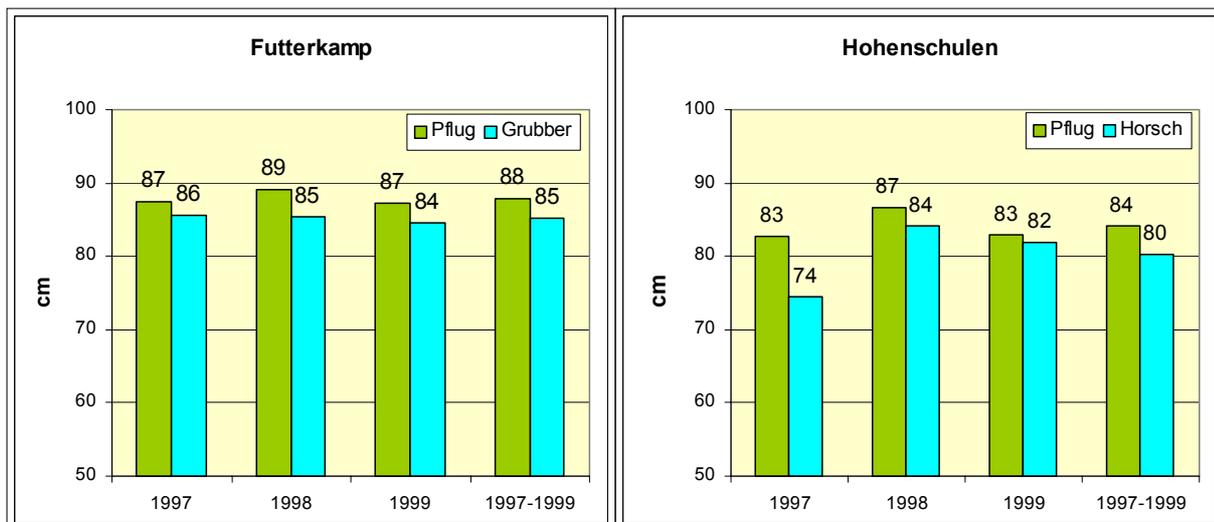


Abb. 9: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Pflanzenlänge in den Kontrollvarianten.

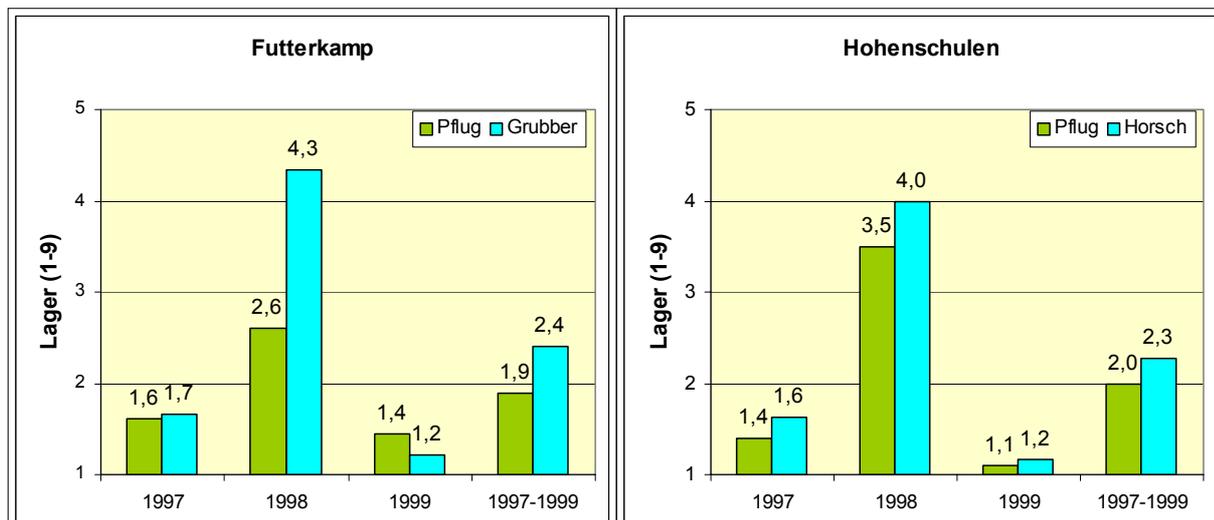


Abb. 10: Einfluss der Bodenbearbeitung auf das Lager der Weizenpflanzen in den Kontrollvarianten.

Die Art der Bodenbearbeitung hat starke Auswirkungen auf die Intensität des Lagers der Weizenpflanzen. Abbildung 10 zeigt, dass in Jahren mit starkem Lager, wie es 1997/98 zu beobachten war, die Varianten mit Direktsaatverfahren deutlich mehr Lager verursachten als Varianten mit wendender Bodenbearbeitung. Dabei schneidet die Grubberdrillsaat deutlich

schlechter ab als die Frässohlendirektsaat. In Versuchsjahren mit geringer Lagerneigung waren dagegen kaum Unterschiede nachzuweisen.

3.2.3 Einfluss der Saatzeit

Der Einfluss der Saatzeit auf die Pflanzenlänge in den Kontrollvarianten am Standort Futterkamp wird in Abbildung 11 deutlich. In allen Versuchsjahren sind die Pflanzen der Frühsaaten im Durchschnitt 9 cm länger als die Pflanzen der Spätsaat. Die größte Differenz im Wachstum zeigte sich 1997/98 mit 12 cm. Da jedoch in diesem Versuchsjahr die Zeitdifferenz zwischen den Saatterminen bei fünf Wochen lag, im Jahr 1998/99 dagegen bei 10 Wochen, verdeutlicht diese Abbildung auch, dass das Ausmaß der Größenunterschiede nicht klar vorherzubestimmen ist, sondern dass die Spätsaat nur grundsätzlich zu kürzeren Pflanzen führt, das Pflanzenlänge aber zusätzlich von der übergeordneten Witterung mit beeinflusst wird. Innerhalb einer Saatzeit variierten die Messwerte in einer Größenordnung von 4-5 cm.

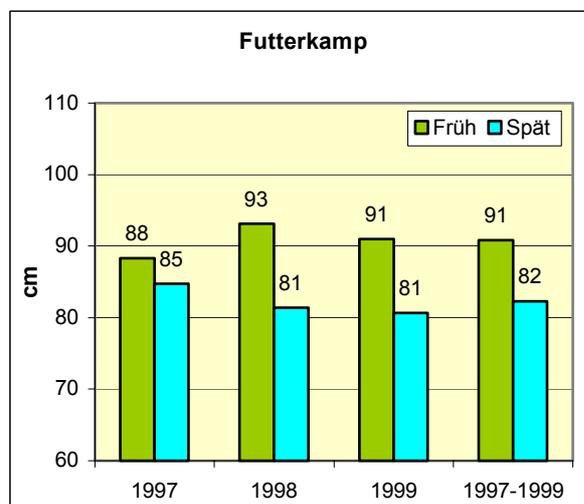


Abb. 11: Einfluss der Saatzeit auf die Pflanzenlänge in den Kontrollvarianten.

Abbildung 12 zeigt den Zusammenhang zwischen Pflanzenlänge und Lager. Im Jahr 1997/98 mit dem größten Wachstumsunterschied und dem größten Lagerdruck gingen die längeren Pflanzen der Frühsaat viel stärker ins Lager. Dagegen sind in Versuchsjahren mit geringem Lagerdruck kaum Unterschiede zu verzeichnen. Es lässt sich aber feststellen, dass spätere Saaten insbesondere in Jahren mit hohem Lagerdruck die Standfestigkeit der Bestände verbessern können.

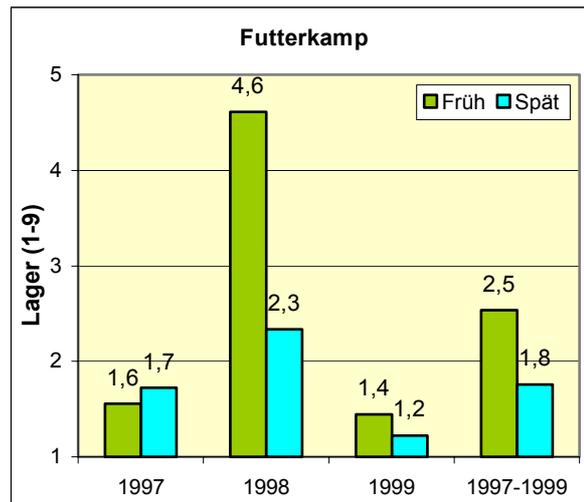


Abb. 12: Einfluss der Saatzeit auf das Lager der Weizenpflanzen in den Kontrollvarianten.

3.2.4 Einfluss der Stickstoffdüngung

Zunehmende Stickstoffdüngung verursacht ein starkes Längenwachstum der Weizenpflanzen. Abbildung 13 belegt, dass an beiden Standorten eine eindeutige Beziehung zwischen steigender Stickstoffdüngung und Pflanzenlänge besteht. Die Düngung mit 120 kg N/ha führte zu einer Erhöhung der Pflanzenlänge von durchschnittlich 14 bis 18 cm. Eine weitere Erhöhung auf 240 kg N/ha ließ die Pflanzen dann im Mittel nur noch um 6-7 cm wachsen.

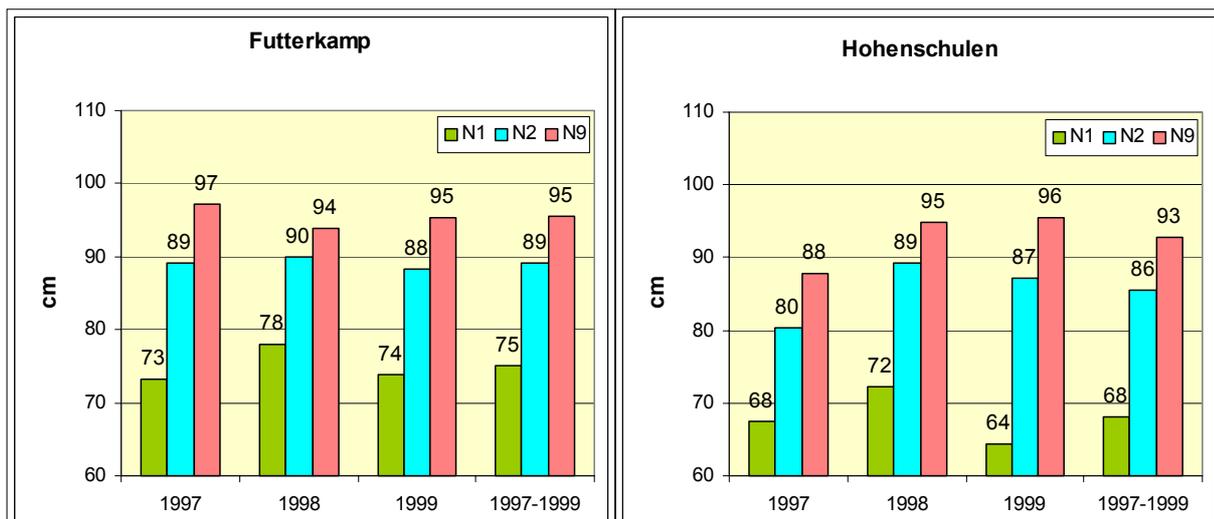


Abb. 13: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Pflanzenlänge in den Kontrollvarianten.

Die Abhängigkeit der Lagerbildung von der Stickstoffdüngung zeigt Abbildung 14. Selbst in Versuchsjahren mit ausgesprochen geringer Lagerneigung wie 1998/99 konnte in den hochgedüngten N9-Varianten Lager verzeichnet werden. Im Jahr 1997/98 wurde an beiden

Standorten annähernd die Note 7 vergeben, die bedeutet, dass ca. 75% der Pflanzen im Lager zu finden waren. Die moderat gedüngte Variante N2 zeigte lediglich im Extremjahr 1997/98 Lager, erwies sich in den anderen Jahren jedoch als standfest. Die ungedüngten Pflanzen aus den N1-Varianten waren unter allen Witterungsbedingungen äußerst standfest, was auf die geringe Pflanzenhöhe und die geringe Bestandesdichte zurückzuführen ist.

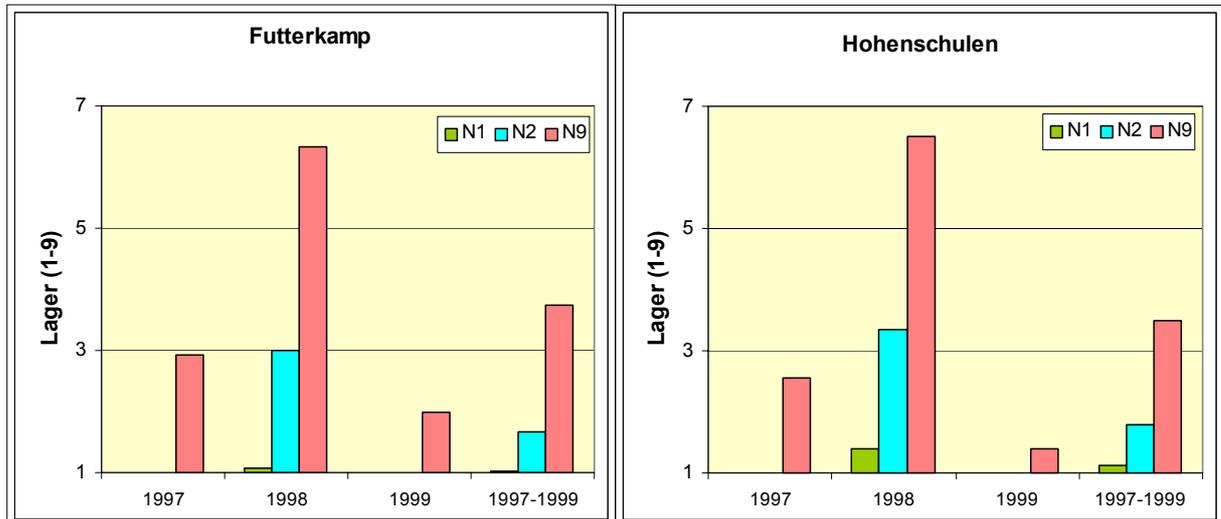


Abb. 14: Einfluss der Stickstoffdüngung auf das Lager der Weizenpflanzen in den Kontrollvarianten.

3.2.5 Einfluss des Fungizideinsatzes

Der Fungizideinsatz übt weder am Standort Futterkamp noch am Standort Hohenschulen einen eindeutigen Einfluss auf die Pflanzenlängen aus. Zwischen den unbehandelten Kontrollvarianten und den Fungizidvarianten sind keine nennenswerten Unterschiede festzustellen (Abbildung 15). Dies ist ein überraschendes Ergebnis im Hinblick auf die einerseits bekanntermaßen einkürzende Wirkung von Azolwirkstoffen, andererseits wachstumsfördernden physiologischen Effekte der Strobilurinwirkstoffe. Da in den IPS-Varianten Mischungen aus beiden Wirkstoffgruppen zum Einsatz kamen, können sich die Effekte hier ausgeglichen haben. In den Gesund-Varianten fehlten jedoch Azolwirkstoffe. Trotzdem führte der Einsatz von Strobilurinen nicht zu längeren Pflanzen. Anders verhält es sich mit der Lagerbildung am Standort Futterkamp (Abbildung 16). Die Unterschiede zwischen den einzelnen Fungizidvarianten variierten zwar je nach Versuchsjahr, im Mittel der Jahre ist jedoch ein negativer Einfluss aller Fungizidapplikationen auf die Lagerneigung der Weizenpflanzen zu verzeichnen. Das Gesunderhalten der Pflanzen führte folglich zu einer größeren Lageranfälligkeit. Am Standort Hohenschulen konnte dieser Effekt jedoch nicht nachgewiesen werden.

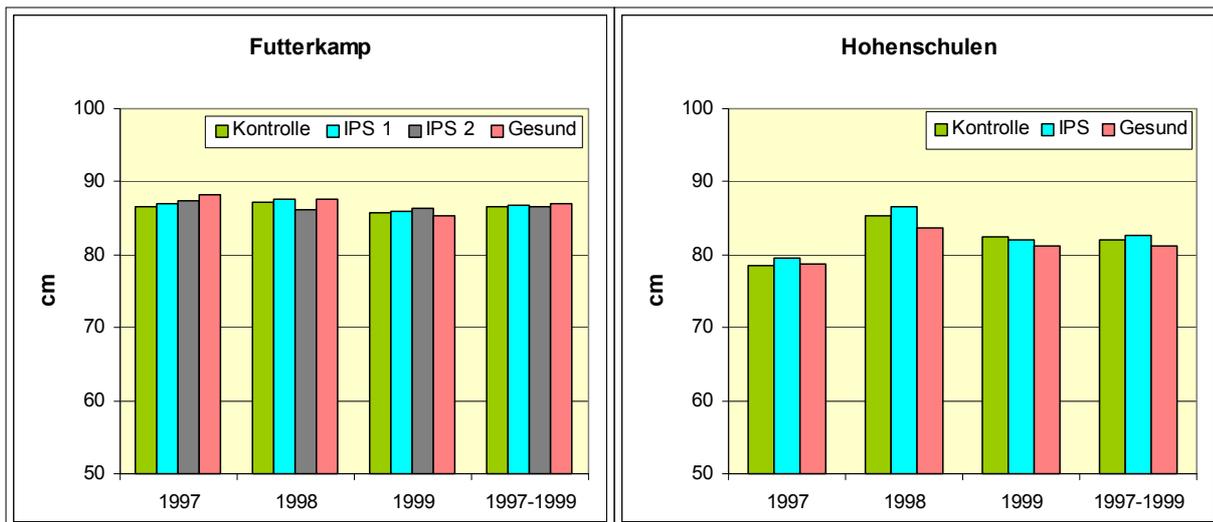


Abb. 15: Einfluss des Fungizideinsatzes auf die Pflanzenlänge.

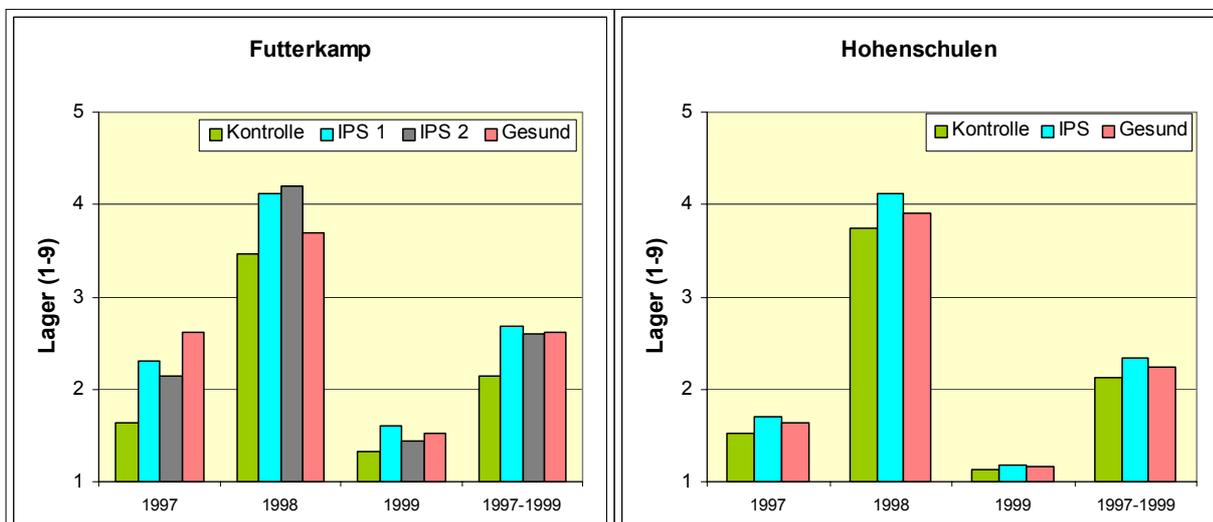


Abb. 16: Einfluss des Fungizideinsatzes auf das Lager der Weizenpflanzen.

3.3 Pathogenaufreten

3.3.1 Fungizidapplikationen nach Schwellenüberschreitungen

Die Ergebnisse der Exaktbonituren auf pilzliche Schaderreger führten zu einem gezielten Fungizideinsatz in den IPS-Varianten, der nach dem Überschreiten exakt definierter Schwellenwerte ausgelöst wurde. In allen drei Versuchsjahren wurden die Schadensschwellen in erster Linie durch den Erreger der Blattdürre, *S. tritici*, überschritten. Dies war entsprechend das Hauptpathogen. Häufig waren jedoch zusätzlich noch weitere Erreger vorhanden, die dann als Nebenpathogen bezeichnet wurden, meistens der Erreger des Echten

Mehltaus, *E. graminis*. Entsprechend des Fungizidplans wurde eine fungizide Gegenmaßnahme durchgeführt, deren Aufwandmenge sich am Entwicklungsstadium des Weizens und an der benötigten kurativen Leistung zum Stoppen einer gesetzten Infektion orientierte. Die FungizidAuswahl war für die jeweiligen IPS-Varianten vorgegeben (Tabelle 8, siehe auch Kap. 2.2.5).

Tab. 8: Fungizidstrategien der IPS-Varianten.

Applikationszeitpunkt	IPS 1 Futterkamp Hohenschulen	IPS 2 Futterkamp
EC 32-39	0,5l/ha Juwel	0,6l/ha Amistar +0,3l/ha Fortress
EC 43-47	1,0l/ha Juwel	0,8l/ha Amistar +0,3l/ha Fortress
EC 51-59	0,75l/ha Juwel	0,6l/ha Amistar +0,3l/ha Fortress
EC 61-69	0,5l/ha Juwel	0,4l/ha Amistar +0,3l/ha Fortress
EC >69	0,3l/ha Juwel	0,3l/ha Amistar

3.3.1.1 1997

Die Fungizidapplikationen nach Schwellenüberschreitungen am Standort Futterkamp 1997 werden in Abbildung 17 gezeigt. Die mit roten Kreisen dargestellten *Septoria*-Infektionen wurden erst Mitte Mai ab Entwicklungsstadium EC 32 relevant. Der blaue Hintergrund stellt den Bereich der Blattnässe über 98 % dar, der länger als 48 Stunden erreicht werden muss. Der für die Schwellenüberschreitungen verantwortliche Haupterreger war zweimal *S. tritici*. Der Echte Mehltau wurde jeweils als Nebenpathogen durch die Applikation mitbekämpft. Der gelbe Bereich zeigt die kurative Leistung der eingesetzten Fungizide und der grüne Abschnitt die protektive Wirkung der Applikationen. Die erste Fungizidbehandlung erfolgte in der Frühsaat am 18. Mai. Die Spätsaat erreichte das Stadium EC 32 erst um den 20. Mai, daher wurde hier die Applikation nach Schwellenüberschreitung erst am 23. Mai getätigt. In beiden Saatzeiten kam in der IPS 1-Variante 0,5 l/ha Juwel und in der IPS 2-Variante die Kombination von 0,6 l/ha Amistar mit 0,3 l/ha Fortress zur Anwendung. Da die nächste *Septoria*-Infektion nach Ablauf des protektiven Schutzes aufgrund der großen Sommertrockenheit erst Ende Juni festgestellt wurde, musste die zweite Fungizidapplikation

erst am 26. Juni getätigt werden. Da zu diesem Zeitpunkt schon das Entwicklungsstadium EC 69 erreicht war, konnte die Abschlussbehandlung mit deutlich reduzierten Mengen ausgebracht werden, in der IPS 2-Variante 0,4 l/ha Amistar in Kombination mit 0,3 l/ha Fortress, in der IPS 1-Variante 0,5 l/ha Jewel.

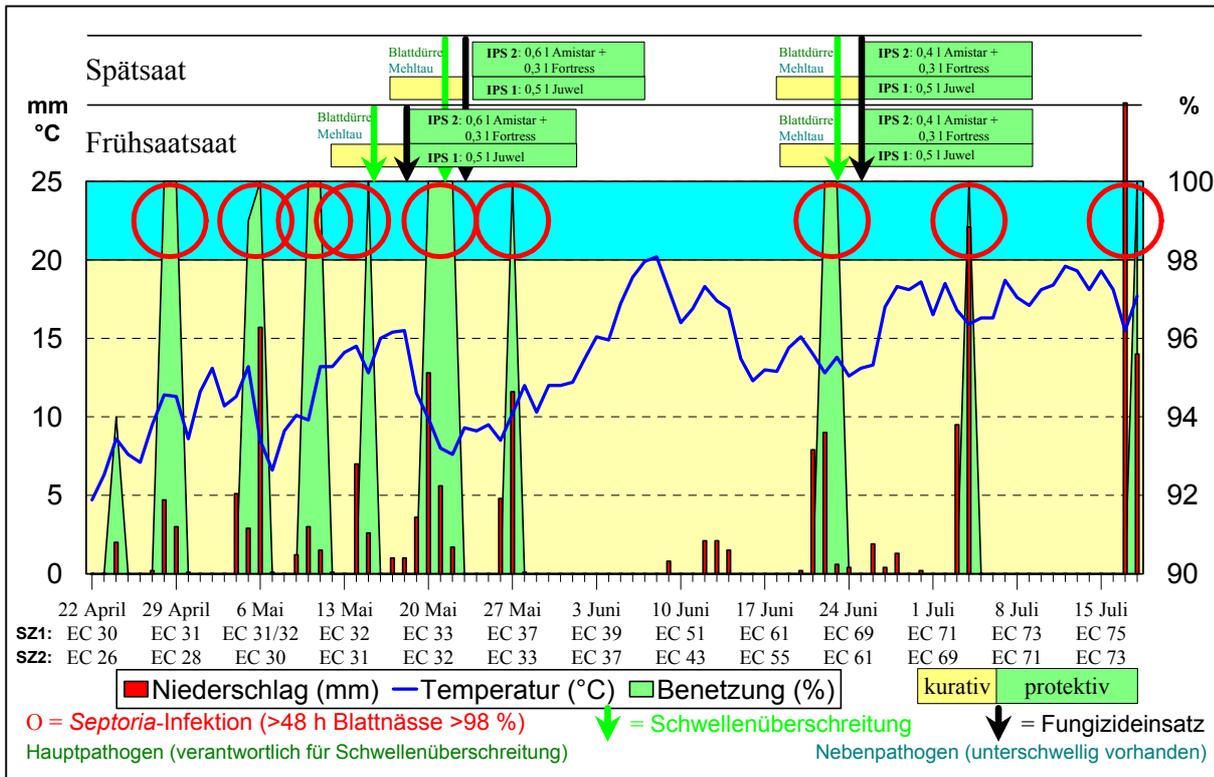


Abb. 17: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Futterkamp 1997.

In Abbildung 18 wird das Schwellenmanagement am Standort Hohenschulen aufgezeigt. Auch hier war die Blattdürre der Haupterreger, der für die erste Schwellenüberschreitung zu EC 32 verantwortlich war. Der Mehltau als Nebenpathogen war nur unterschwellig vorhanden. Die erste Fungizidapplikation wurde in der IPS 1-Variante mit 0,5 l/ha Jewel am 13. Mai durchgeführt. Die folgenden zwei Infektionen konnten durch die protektive Leistung verhindert werden. Erst die *Septoria*-Infektionen Mitte Juni waren wieder bekämpfungswürdig und die daraufhin notwendig gewordene Applikation wurde am 18. Juni ausgeführt. Die protektive Wirkung dieser Behandlung reichte bis zur Milchreife, ein weitergehender Schutz war nicht notwendig, da die folgenden Infektionen aufgrund der langen Latenzzeit nicht mehr zur Ausprägung kommen konnten.

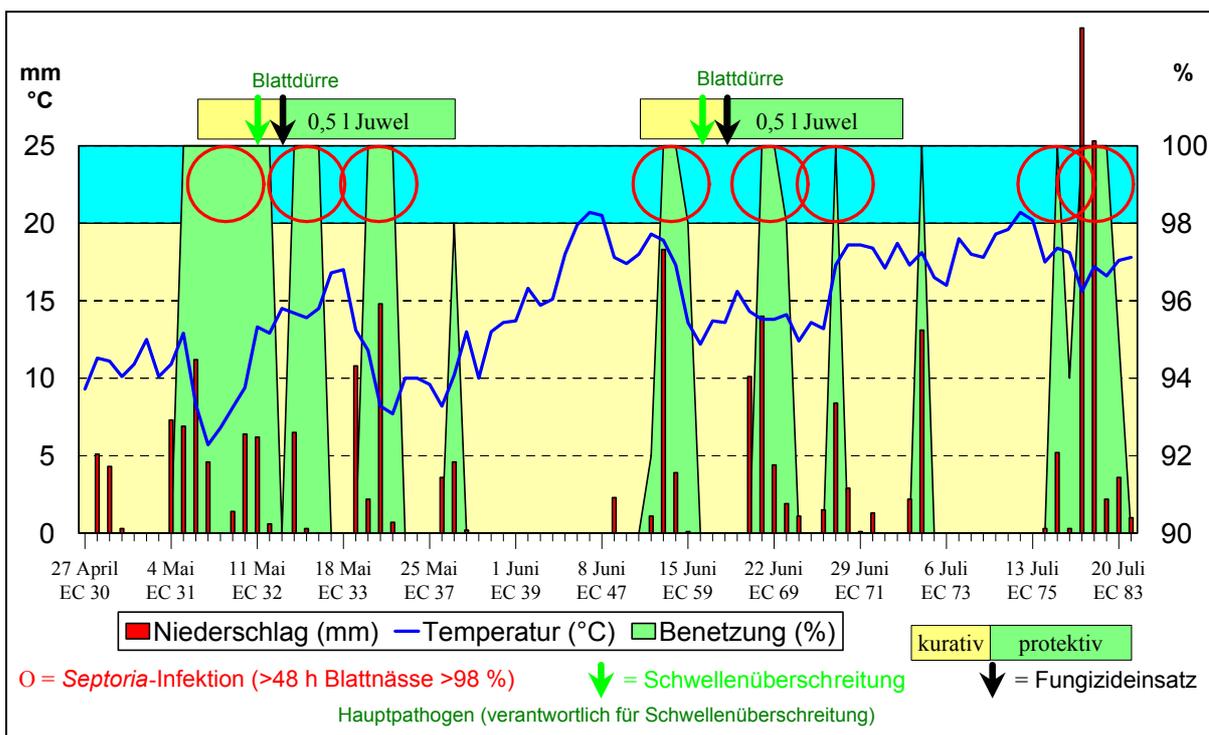


Abb. 18: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Hohenschulen 1997.

3.3.1.2 1998

In Abbildung 19 wird die Handhabung der Schwellen am Standort Futterkamp 1998 dargestellt.

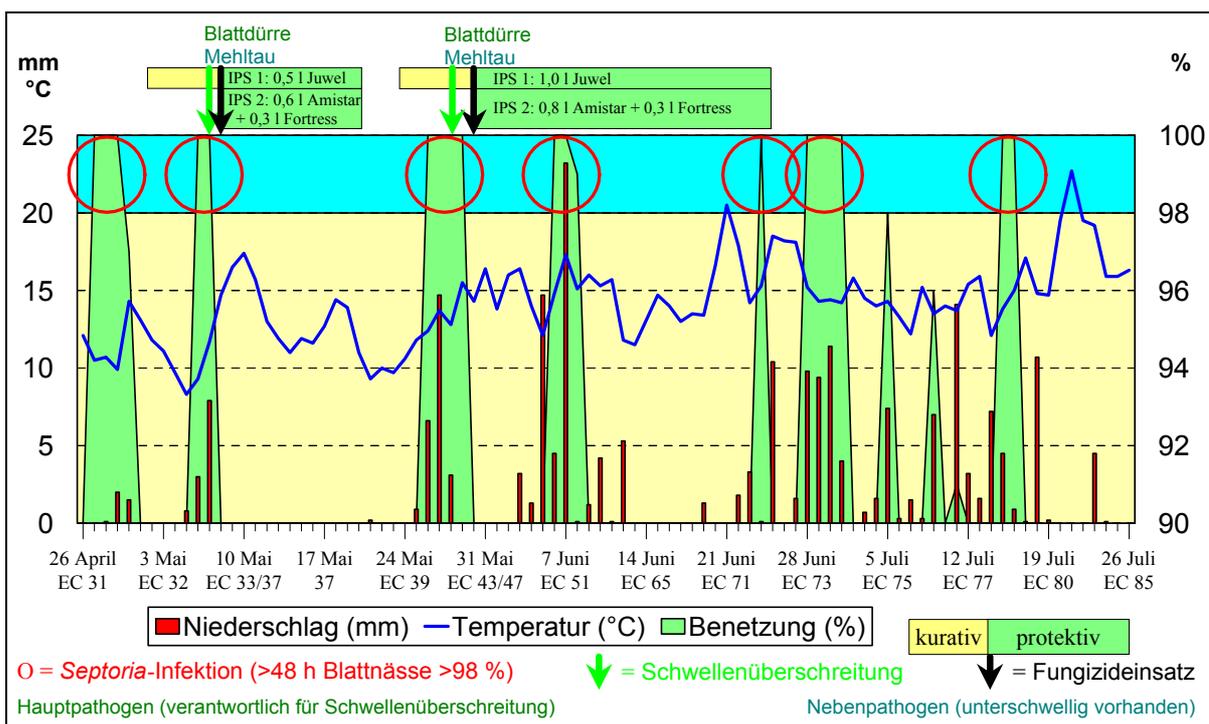


Abb. 19: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Futterkamp 1998.

In diesem Versuchsjahr wurde die Schwellenüberschreitung durch den Befall mit dem Hauptpathogen *S. tritici* bereits sehr früh in der Vegetation, am 6. Mai, verzeichnet. Es kamen in der IPS 1-Variante 0,5 l/ha Jewel und in der IPS 2-Variante 0,6 l/ha Amistar zusammen mit 0,3 l/ha Fortress zu Anwendung. Nach dem Ablauf des protektiven Schutzes war die zweite Applikation am 27. Mai nach erneuter Schwellenüberschreitung durch eine weitere *Septoria*-Infektion erforderlich. Um den protektiven Schutz der Pflanzen bei dieser frühen Abschlussbehandlung zu ermöglichen, wurde bei der zweiten Fungizidapplikation die volle Aufwandmenge ausgebracht. In der IPS 1-Variante wurde 1,0 l/ha Jewel und in der IPS 2-Variante 0,8 l/ha Amistar in Kombination mit 0,3 l/ha Fortress appliziert.

Auch in Hohenschulen wurde 1998 die erste Schwellenüberschreitung sehr früh erreicht, wie aus Abbildung 20 ersichtlich wird. Die Behandlung wurde ebenfalls am 6. Mai in der IPS 1-Variante mit 0,5 l/ha Jewel durchgeführt. Die protektive Leistung der um 50% reduzierten Aufwandmenge war nicht mehr ausreichend, um die *Septoria*-Infektion drei Wochen später noch zu bekämpfen. Auch an diesem Standort musste deshalb gegen die Blattdürre als Haupterreger und das Nebenpathogen Mehltau zu diesem frühen Zeitpunkt die volle Aufwandmenge als Abschlussbehandlung eingesetzt werden, um einen ausreichenden protektiven Schutz zu gewährleisten. Am 30. Mai wurden 1,0 l/ha Jewel ausgebracht.

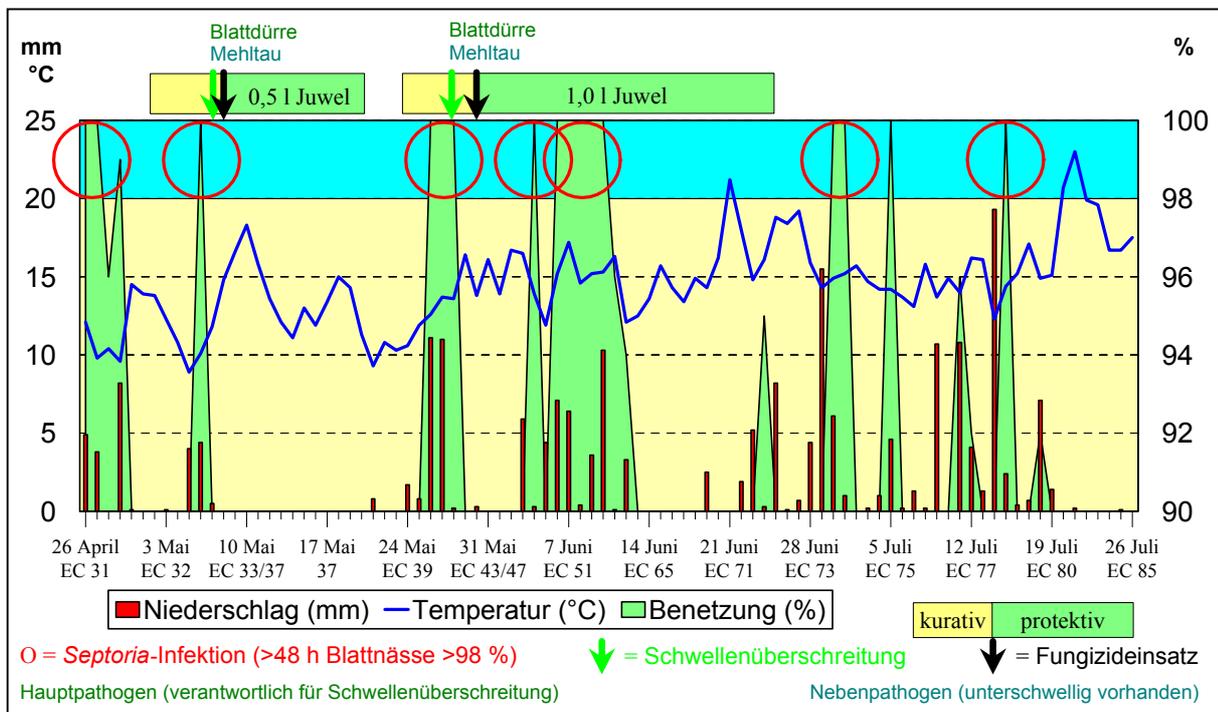


Abb. 20: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Hohenschulen 1998.

3.3.1.3 1999

Die Fungizidbehandlungen der Frühsaat und der Spätsaat fanden 1999 in Futterkamp, wie es in Abbildung 21 deutlich wird, zeitlich versetzt statt, da das EC-Stadium 32 in den spät gesäten Varianten erst ein bis zwei Wochen später erreicht wurde als in den früh gesäten. Die *Septoria*-Infektion machte am 11. Mai die erste Applikation in der Frühsaat erforderlich. In der Spätsaat wurde die entsprechende Behandlung am 18. Mai durchgeführt. Die nächste *Septoria*-Infektion konnte direkt nach Ablauf des protektiven Schutzes der ersten Fungizidapplikation festgestellt werden. Daher musste die Behandlung in der Früh- und in der Spätsaat am 8. Juni durchgeführt werden. Die Frühsaat hatte zu diesem Zeitpunkt das Stadium EC 59 erreicht. Aus diesem Grund kam in der IPS 1-Variante der Frühsaat 0,75 l/ha Jewel zur Anwendung. In der Spätsaat wurde in der IPS 1-Variante die volle Aufwandmenge Jewel (1,0 l/ha) und in der IPS 2-Variante 0,8 l/ha Amistar kombiniert mit 0,3 l/ha Fortress ausgebracht, da hier erst EC 47 erreicht war, um einen ausreichenden protektiven Schutz der Pflanzen bis zur Milchreife zu gewährleisten.

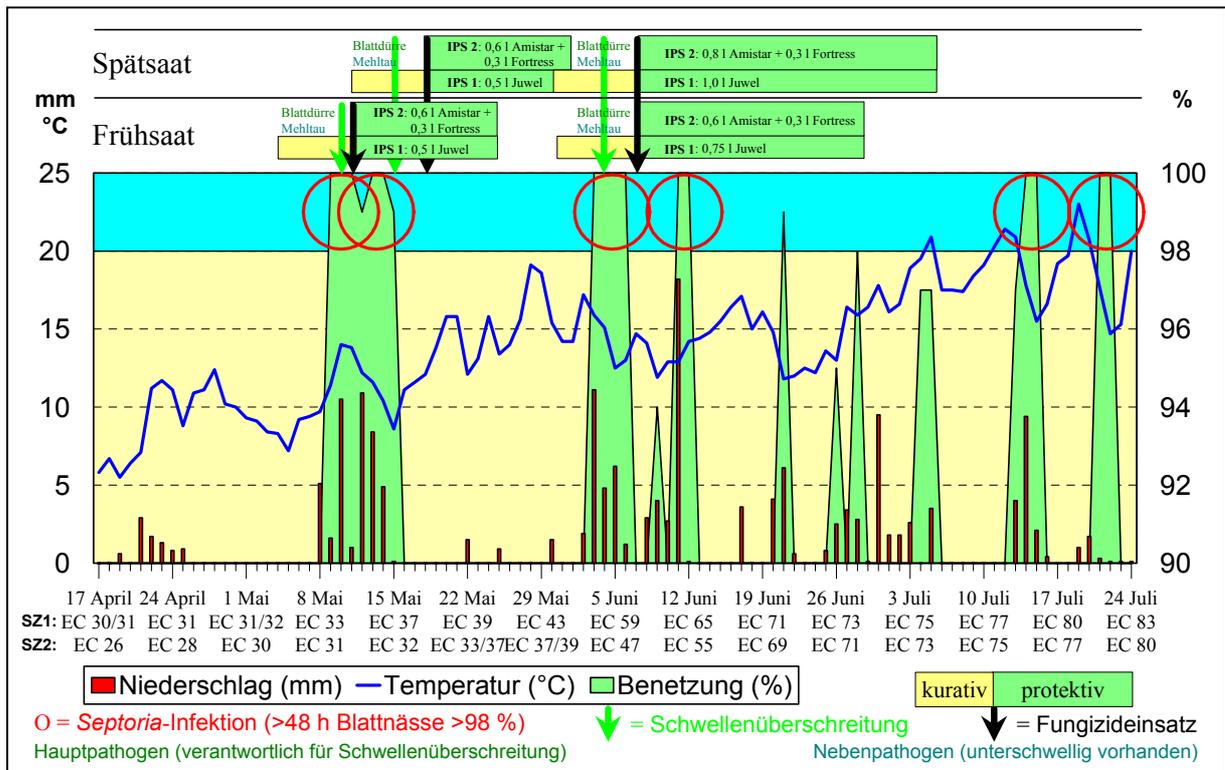


Abb. 21: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Futterkamp 1999.

Das Schwellenmanagement am Standort Hohenschulen 1999 wird in Abbildung 22 dargestellt. Die Schwelle wurde aufgrund des *Septoria*-Befallsdrucks und der hohen Blattnässe bereits Anfang Mai überschritten. In der IPS 1-Variante kam 0,5 l/ha Jewel zur Anwendung. Wie auch am Standort Futterkamp in diesem Jahr, so wurde auch in Hohenschulen Anfang Juni die nächste zu bekämpfende *Septoria*-Infektion festgestellt. In der IPS 1-Variante musste 0,75 l/ha Jewel ausgebracht werden, da das Integrierte Pflanzenschutzmodell zwischen EC 51 und 59 75% der zugelassenen Aufwandmenge empfiehlt und am Standort erst das Entwicklungsstadium EC 51 erreicht war. Die protektive Leistung des Fungizides konnte so bis zur Milchreife aufrechterhalten werden.

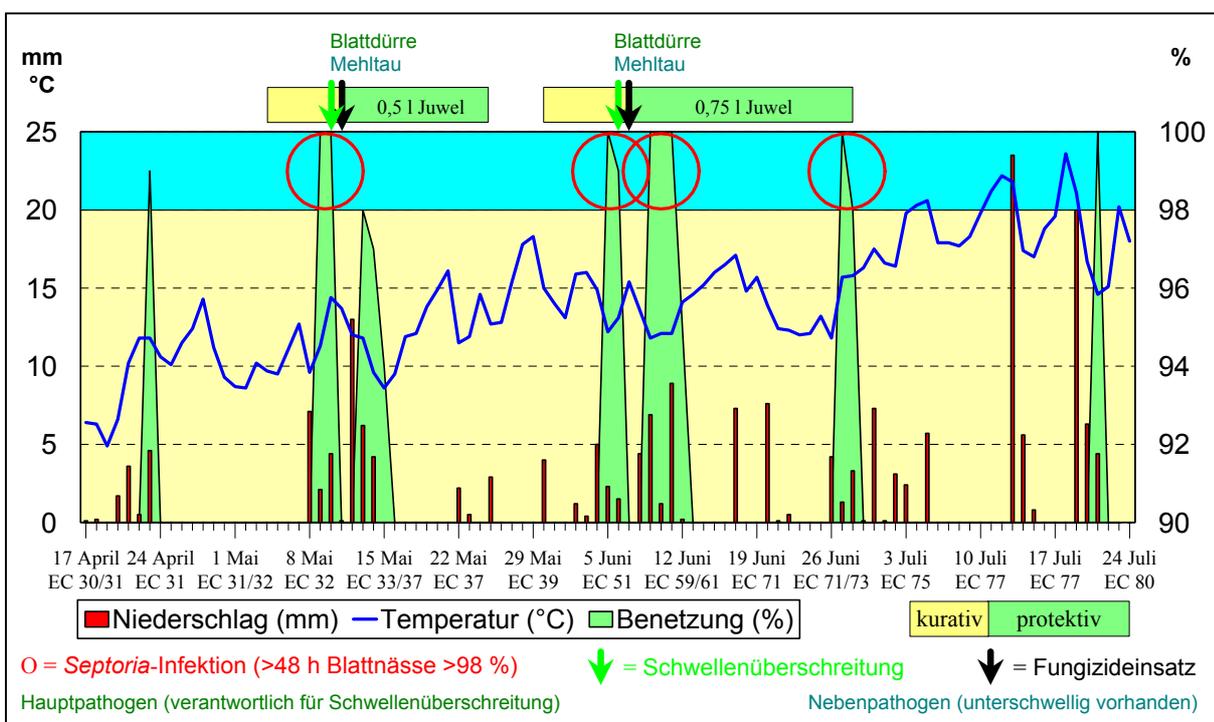


Abb. 22: Fungizideinsatz nach Schwellenüberschreitungen am Standort Hohenschulen 1999.

3.3.2 *S. tritici*

Die durch den Erreger *S. tritici* verursachte Blattdürre kann im norddeutschen Klimaraum als die wichtigste Krankheit eingestuft werden. Daher liegt das Hauptaugenmerk des Integrierten Pflanzenschutzsystems Weizen auf dieser Krankheit, die mit Hilfe dieses Modells durch gezielten und kontrollierten Fungizideinsatz erfolgreich mit geringst möglichem Pflanzenschutzaufwand bekämpft werden kann.

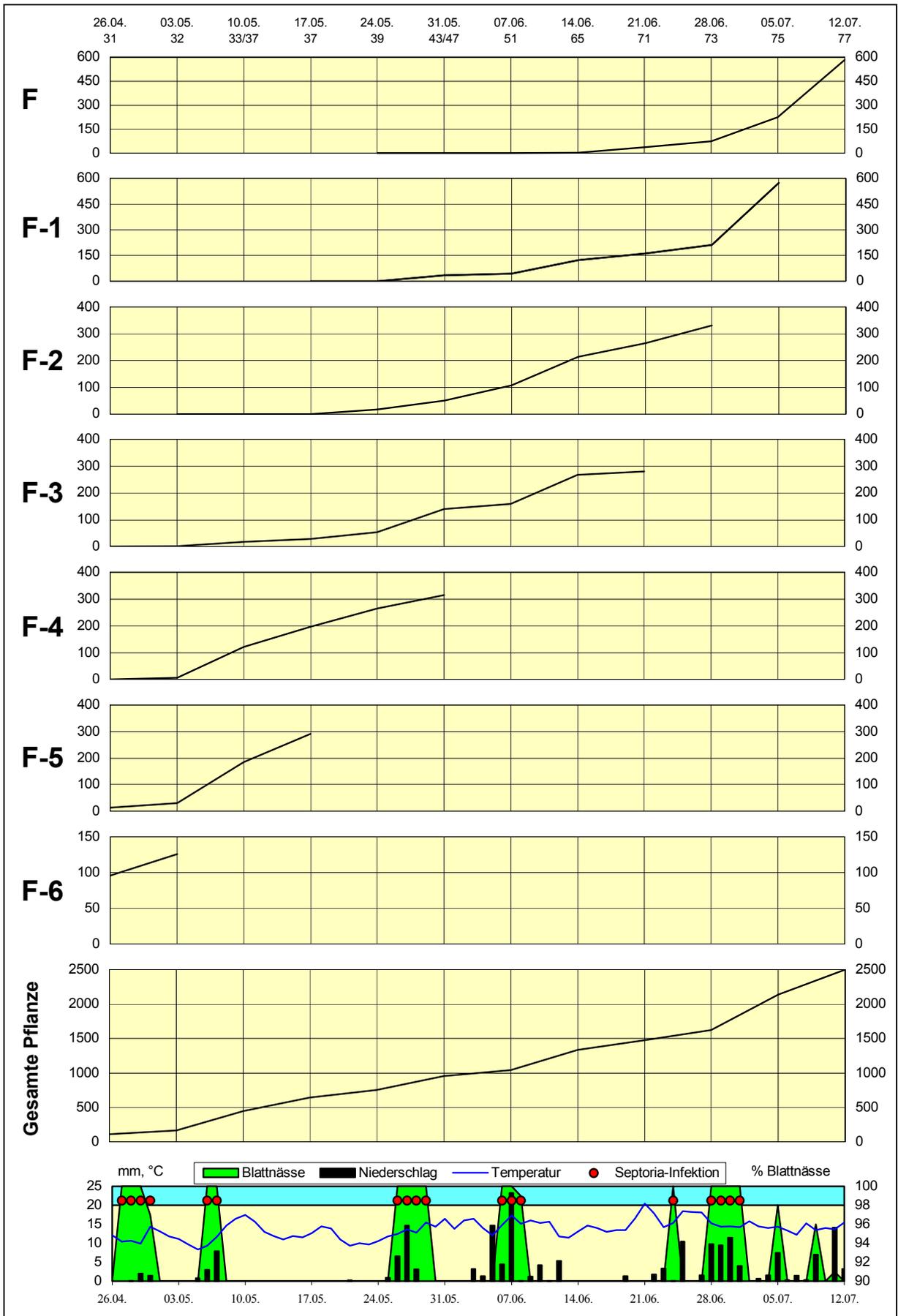


Abb. 23: Befallsverlauf von *Septoria tritici* in Futterkamp 1998 (unbehandelt, SZ1, N9, Pflug).

Ein charakteristischer Befallsverlauf der *Septoria*-Blattdürre ist in Abbildung 23 dargestellt. Es werden die zu jedem der 12 Boniturtermine addierten Pyknidienzahlen der Blattetagen F-6 bis F sowie der aufsummierte Befall der Gesamtpflanze dargestellt. Die Witterungsverhältnisse sind im unteren Bereich der Grafik ebenfalls aufgenommen worden, da man so den Verlauf der Befallswerte im Zusammenhang mit dem Witterungsgeschehen nachvollziehen kann. Neben dem Datum der Probenahme wird auch das entsprechende Entwicklungsstadium der Pflanzen zu diesem Zeitpunkt im Vegetationsverlauf gezeigt. Das Versuchsjahr 1998 wurde beispielhaft ausgewählt, da in diesem Jahr die stärkste Epidemie des Blattdürre-Erregers verzeichnet werden konnte. In der Frühsaat der am höchsten gedüngten Stickstoff-Düngungsstufe N9 wurde in der fungizidunbehandelten Variante der höchste Befall bonitiert. Gleich zu Beginn der Bonituren (BBCH 31) wurde auf der Blattetage F-6 ein Ausgangsbefall von ca. 100 Pyknidien pro Blatt festgestellt. Damit wurde ein ausreichender Ausgangsbefall für eine Epidemie nachgewiesen. Die Epidemiologie kann anhand der Blattetagen-spezifischen Darstellung gut nachvollzogen werden. Die Blatinserktion F-3 war zum Zeitpunkt der ersten aufgezeichneten *Septoria*-Infektionen (siehe Wettergrafik, rote Kreise) gerade erst vollständig entfaltet und somit befallsfrei. Die Infektionen Ende April/Anfang Mai führten mit einer ca. vierwöchigen Verzögerung zu einem starken Anstieg der Pyknidienzahlen. Gleiches lässt sich auch für das Fahnenblatt nachweisen. Die zweite Infektionsperiode Ende Mai/Anfang Juni führt auch hier zu einem „Sudden Outbreak“ der *Septoria*-Blattdürre. Die beiden dargestellten Infektionsperioden lassen sich auch im Befall der Gesamtpflanze nachvollziehen. Dagegen können die Infektionen Ende Juni in der Epidemiologie nicht wiedergefunden werden, da sie erst in der Phase der Gelbreife zum Tragen kämen, einem Zeitpunkt, zu dem die Pflanze schon stark in die Phase der Abreife übergeht. Die vierwöchige Latenzzeit des Blattdürreerregers lässt sich anhand dieser Grafik sehr einfach nachweisen.

In den folgenden Kapiteln werden die Wechselwirkungen der Anbausystemfaktoren Bodenbearbeitung, Saatzeit, Stickstoffdüngung und Fungizideinsatz nach dem Integrierten Pflanzenschutz auf das Befallsgeschehen des Erregers untersucht.

3.3.2.1 Jahreseffekte

Der Ausgangsbefall mit *S. tritici* zu EC 32 schwankt in Futterkamp, wie in Abbildung 24 ersichtlich wird, deutlich in Abhängigkeit von den Versuchsjahren. Während 1997 mit bis zu 40 Pyknidien auf der ganzen Pflanze ein relativ geringer Befall vorlag, war 1998 mit knapp 120 Pyknidien pro Pflanze ein sehr starker Pathogendruck als Ausgangsbefall vorhanden. 1999 konnte mit ca. 50 Pyknidien ein ähnlich niedriger Wert wie im ersten Versuchsjahr ermittelt werden.

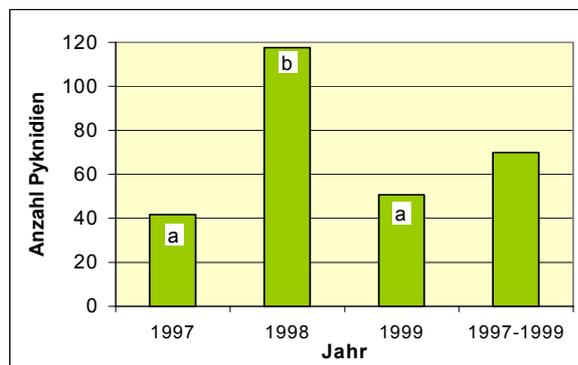


Abb. 24: Einfluss der Versuchsjahre auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit *Septoria tritici* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Der enge Zusammenhang zwischen Ausgangsbefall und Endbefall wird in Abbildung 25 deutlich. Sie zeigt den Endbefall auf der Gesamtpflanze, der gleichzeitig den unteren Blattbereich, der bereits zu EC 32 befallen war, mit beinhaltet.

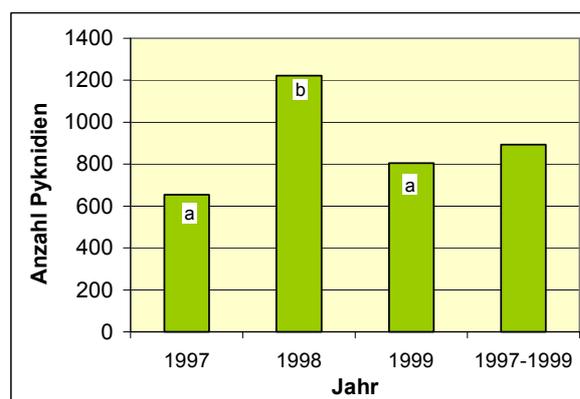


Abb. 25: Einfluss der Versuchsjahre auf den Endbefall auf der Gesamtpflanze zu EC 77 mit *Septoria tritici* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Auch das Ausmaß des *Septoria*-Befalls auf den ertragsessentiellen drei oberen Blättern (Fahnenblatt, F-1, F-2) wird stark durch den Ausgangsbefall beeinflusst (Abbildung 26). Der niedrige Ausgangsbefallswert im Jahr 1997 führt auch zu entsprechend geringeren Endbefallswerten im oberen Blattbereich als im Jahr 1998, in dem der höchste Ausgangsbefall festgestellt wurde. Das Jahr 1999 nimmt eine Mittelstellung hinsichtlich des Ausgangs- und Endbefalls ein.

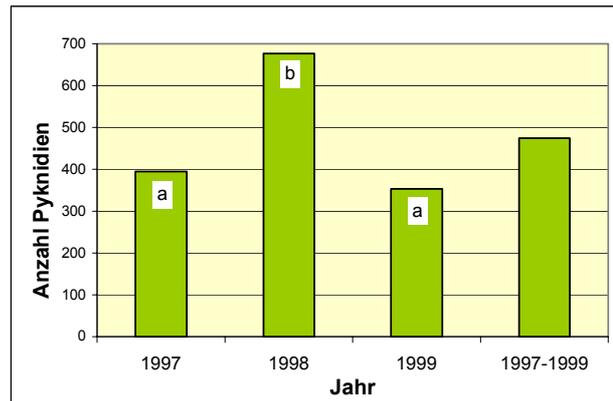


Abb. 26: Einfluss des Versuchsjahres auf den Endbefall auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) zu EC 77 mit *Septoria tritici* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

3.3.2.2 Einfluss der Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung wirkt nur indirekt auf die Pflanzen ein. In erster Linie wird der zur Verfügung stehende Wurzelraum verändert. Darüber hinaus ist die Art der Bodenbearbeitung (wendend oder nicht wendend) ein wesentlicher Faktor der Ackerhygiene. Durch das Pflügen werden die mit potentiellm Ausgangsinokulum belasteten Pflanzenreste beseitigt, während sie durch Minimalbodenbearbeitung (Grubber, Horsch) an der Oberfläche verbleiben. Der Einfluss der Art der Bodenbearbeitung auf *S. tritici* wird im folgenden untersucht.

Abbildung 27 zeigt einen ausgewählten Befallsverlauf des Blattdürre-Erregers am Standort Hohenschulen in einer fungizidunbehandelten Variante im Jahr 1997 mit der stärksten Befallsausprägung. Es wird der deutlich höhere Befall in der gepflügten Variante sichtbar.

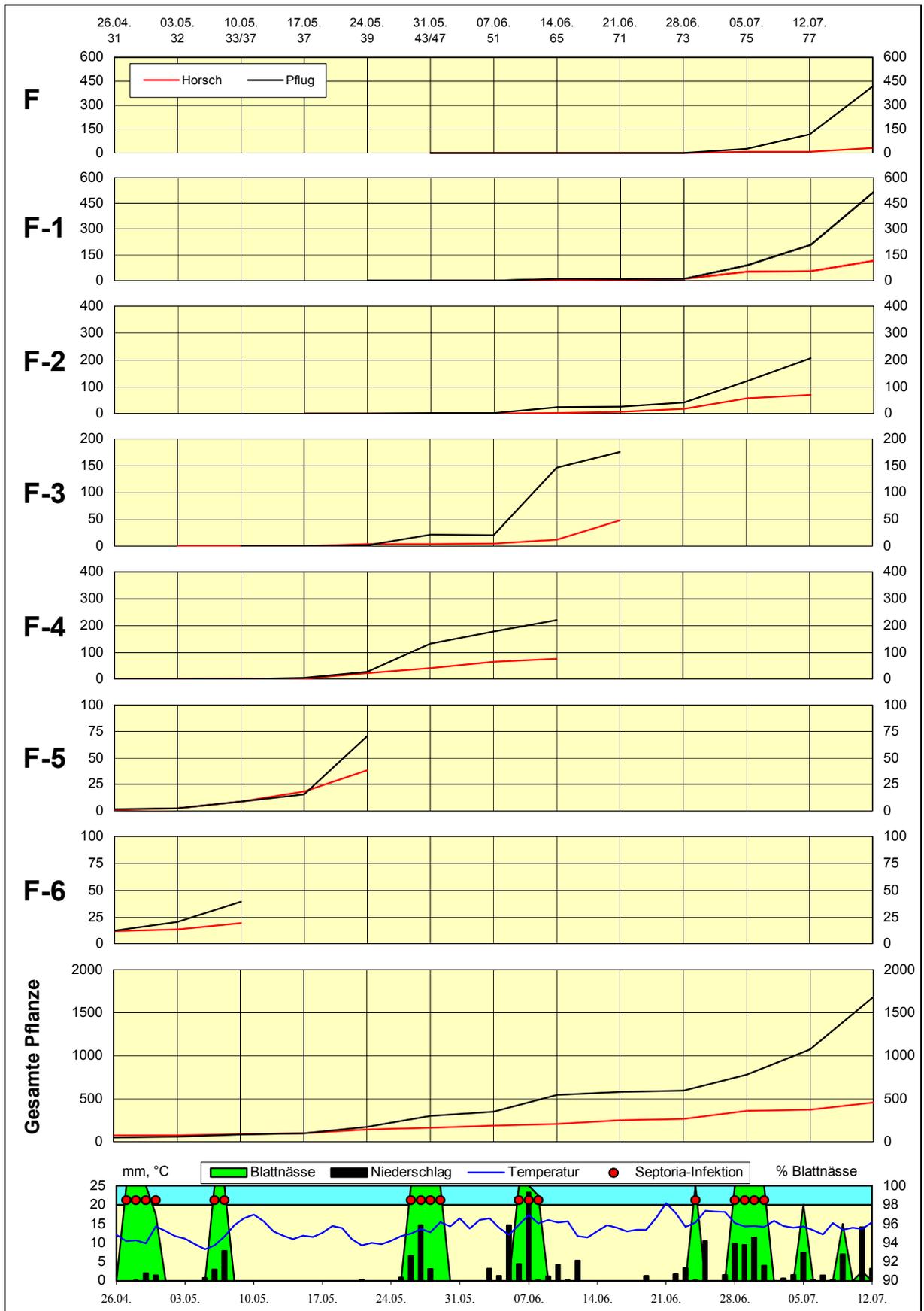


Abb. 27: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befallsverlauf von *Septoria tritici* in Hohenschulen 1997 (unbehandelt, N9).

Die Bodenbearbeitung übt am Standort Hohenschulen einen deutlichen Einfluss auf das Befallsgeschehen aus. Der Ausgangsbefall zeigt noch keine klaren Ergebnisse (Abbildung 28). Je nach Versuchsjahr liegt der Endbefall in den Pflug- oder Horsch-Varianten höher, im Mittelwert der drei Versuchsjahre sind die Horsch-Varianten tendenziell etwas stärker befallen.

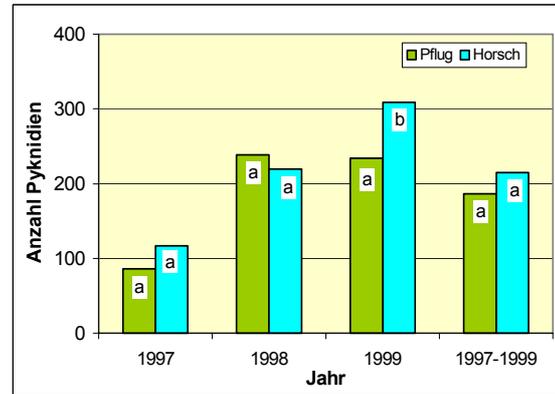


Abb. 28: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit *Septoria tritici* in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Auf dem oberen Blattapparat werden jedoch die großen Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen deutlich (Abbildung 29). In den Pflugvarianten wurde durchschnittlich ein doppelt so hoher Befall wie in den Horsch-Varianten festgestellt. Die drei Versuchsjahre verhalten sich hier einheitlich.

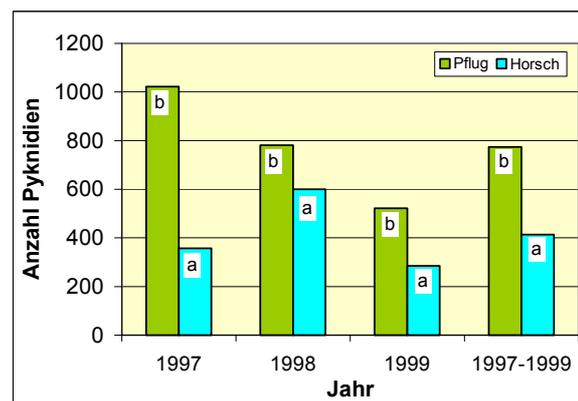


Abb. 29: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Endbefall auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) zu EC 77 mit *Septoria tritici* in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Der geringste Unterschied ergibt sich im Jahr 1998, in dem die Pflugvarianten im Vergleich zur Frässohlensaat von Horsch nur ca. einen um ein Drittel höheren Befall aufweisen. Der größte Unterschied wurde im Jahr 1997 registriert, in dem auch die höchsten Befallswerte am

Standort Hohenschulen vorlagen: In den gepflügten Parzellen lagen die Befallswerte nahezu dreimal höher als in den Varianten mit Minimalbodenbearbeitung.

Die Bodenbearbeitung übt in Futterkamp keinen klaren Einfluss auf den Befall mit *S. tritici* aus. Abbildung 30 vergleicht den Ausgangsbefall der Grubber- und Pflugvarianten.

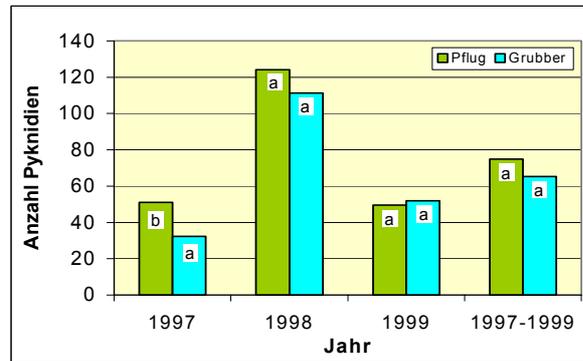


Abb. 30: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit *Septoria tritici* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

In den Versuchsjahren 1997 und 1998 liegen die Befallswerte in den gegrubberten etwas unter denen der gepflügten Varianten. 1999 liegt der Wert in den Varianten mit Minimalbodenbearbeitung leicht höher. Im Durchschnitt der drei Versuchsjahre zeigen die gepflügten Varianten tendenziell einen etwas höheren Ausgangsbefall mit der *Septoria*-Blattdürre.

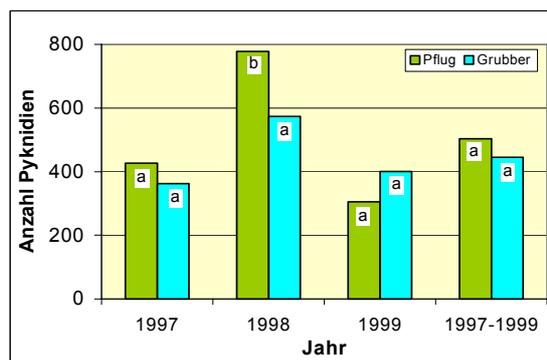


Abb. 31: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Endbefall auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) zu EC 77 mit *Septoria tritici* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Auch auf dem oberen Blattapparat folgt der Endbefall einer ähnlichen Tendenz, die sich jedoch etwas stärker zu Gunsten der Pflugvarianten verschiebt (Abbildung 31). Insbesondere

im Jahr 1998 mit sehr hohen Befallswerten war in den Pflug-Varianten im Vergleich zur Minimalbodenbearbeitung ein um ca. ein Drittel höherer Endbefall zu verzeichnen.

Zusammenfassend aus den Ergebnissen beider Standorte lässt sich feststellen, dass die Minimalbodenbearbeitung zu einem in geringem Umfang stärkeren Ausgangsbefall mit *S. tritici* führt. Das Ausmaß der Epidemie ist jedoch bei wendender Bodenbearbeitung deutlich höher.

3.3.2.3 Einfluss der Saatzeiten

Durch unterschiedliche Saatzeiten wird die Entwicklung der Pflanzen stark beeinflusst. Insbesondere wird die Phase der Vorwinterentwicklung bei Spätsaaten stark verkürzt und damit die Anzahl der Bestockungstriebe vermindert. Deshalb wurde zur Frühsaat eine Saatstärke von 300 Körnern/m² gewählt, für die Spätsaat 400 Körner/m². Die Saatzeiten wurden nur am Standort Futterkamp variiert. Für die Darstellung der Befallsunterschiede eignen sich die Daten des Versuchsjahres 1998/1999 am besten, da in diesem Jahr die Saattermine witterungsbedingt 10 Wochen auseinander lagen (September – Dezember). In den übrigen Jahren konnten die geplanten fünf Wochen Differenz eingehalten werden. Die höchsten Befallswerte ergaben sich in der Variante unbehandelt, Pflug, N9. Diese wurde gewählt, um die Auswirkungen der Saatzeit auf den Befall mit dem Blattdürre-Erreger zu verdeutlichen (Abbildung 32).

Auf der Blattetage F-6 war zu Beginn der Bonituren (EC 30) in der Spätsaat kein *Septoria*-Befall nachzuweisen. In der Frühsaat hingegen war zum gleichen Termin bereits das Stadium EC 31/32 erreicht und ein ausreichender Befall auf der Indikatorblattetage F-6 vorhanden. Erst zwei Wochen später wurde in der Spätsaat ein für eine Epidemie ausreichender Ausgangsbefall von über 50% befallener Pflanzen auf der Blattetage F-6 nachgewiesen, der jedoch immer noch mit sehr geringen Befallsstärken einherging. Der Befall, der sich in der Folge in den Varianten der Spätsaat ausbreitete, blieb auf allen Blattetagen deutlich hinter dem in den Frühsaaten zurück. Betrachtet man den Gesamtbefall der Pflanzen, so liegen die Befallsstärken in der Frühsaat vierfach höher als in der Spätsaat. Dies zeigt auch die Bedeutung des Ausgangsbefalls in der Epidemiologie der *Septoria*-Blattdürre.

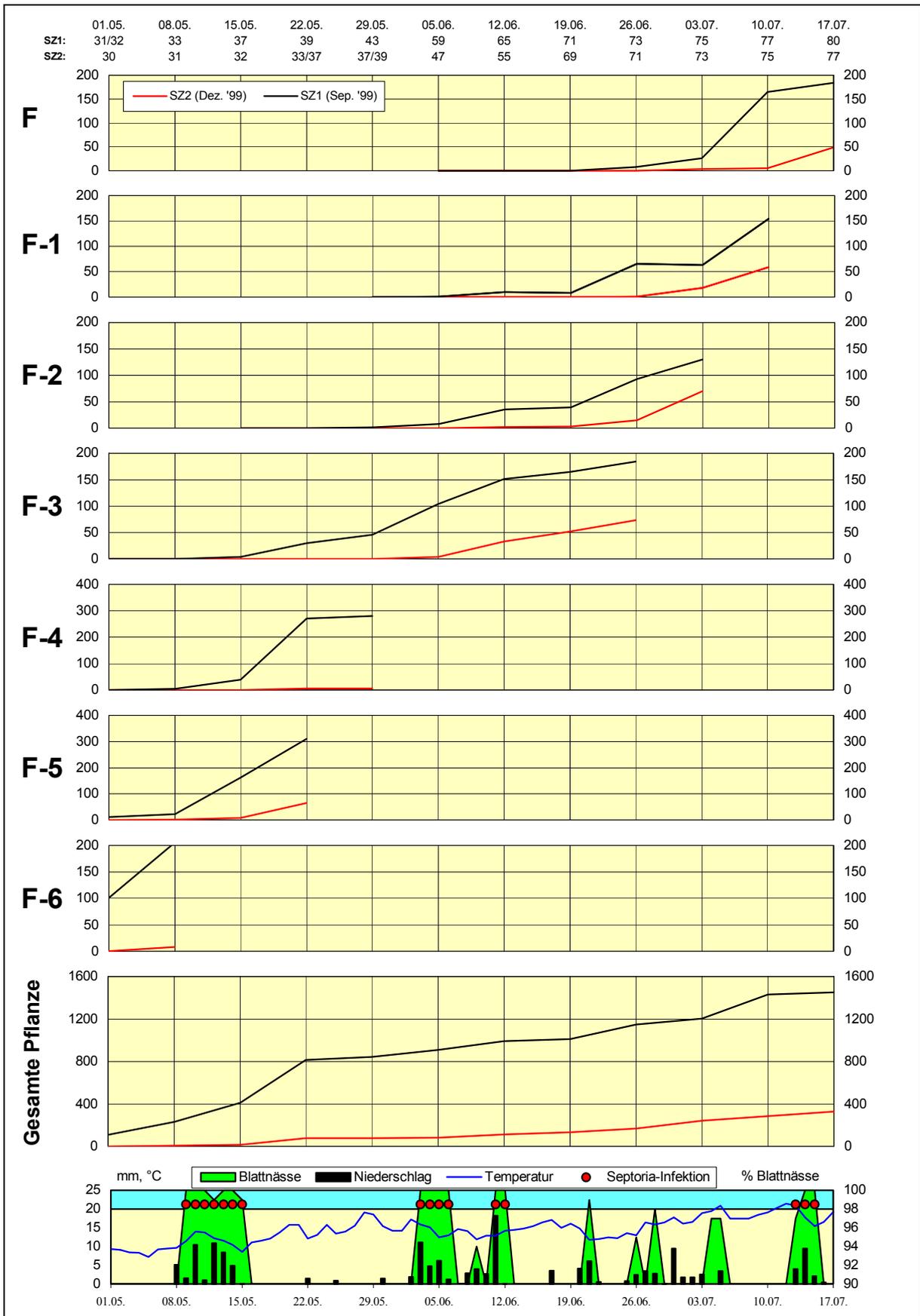


Abb. 32: Einfluss der Saatzeit auf den Befallsverlauf von *Septoria tritici* in Futterkamp 1999

(unbehandelt, Pflug, N9).

Den Einfluss der Saatzeit auf den Ausgangsbefall mit *S. tritici* zu EC 32 in den drei Versuchsjahren zeigt Abbildung 33. In jedem Versuchsjahr lag der Ausgangsbefall im früh gesäten über dem des spät gesäten Weizens. Im Durchschnitt der Jahre lag der Befall in der Frühsaat ca. viermal so hoch wie in der Spätsaat. Den stärksten Befall gab es im Jahr 1998, den niedrigsten im Jahr 1999, in dem die Spätsaat keinen Ausgangsbefall aufwies.

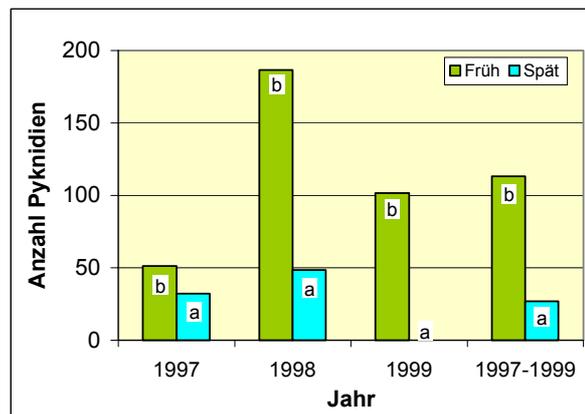


Abb. 33: Einfluss der Saatzeit auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit *Septoria tritici* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Auch die auf dem oberen Blattapparat erhobenen Endbefallswerte bestätigen in allen drei Versuchsjahren den befallsreduzierenden Effekt der Spätsaat (Abbildung 34). Die Befallsstärke ist in der Frühsaat zweieinhalbmal höher als in der Spätsaat. Ebenso wird der Einfluss des Ausgangsbefalls auf den Endbefall erneut deutlich. Bei keinem oder geringem Ausgangsbefall ist auch nur mit einem geringen Endbefall zu rechnen.

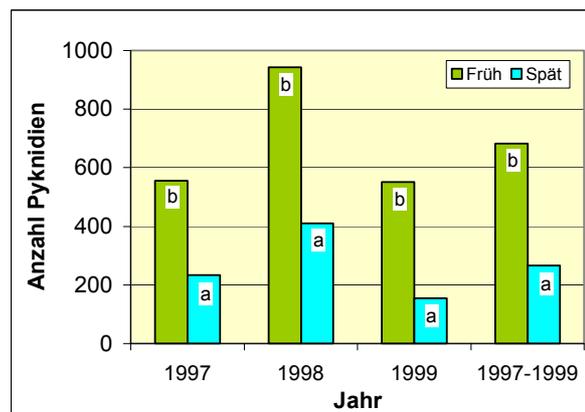


Abb. 34: Einfluss der Saatzeit auf den Endbefall zu EC 77 mit *Septoria tritici* auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

3.3.2.4 Einfluss der Stickstoffdüngung

Die Stickstoffdüngung beeinflusst vor allem die obligat biotrophen Schaderreger, da diese direkt von einem guten Ernährungszustand der Pflanzen profitieren. Außerdem führt sie zu längeren Pflanzen (Kap. 3.2.3) mit weicherem Gewebe und mehr Blattfläche sowie zu dichteren Beständen. Dies hat Auswirkungen auf das Mikroklima im Bestand. Inwieweit auch der Befall mit der *Septoria*-Blattdürre, bei dem insbesondere die Blattnässe und deren Dauer im Bestand von Bedeutung ist, auf die Stickstoffdüngung reagiert, wird im folgenden untersucht.

In Abbildung 35 wird ein typischer Befallsverlauf der *Septoria*-Blattdürre in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung dargestellt. Es wurden die fungizidunbehandelten Pflugvarianten der Fröhsaat des Jahres 1998 ausgewählt, da hier der größte Befallsdruck vorlag und Unterschiede in diesen Varianten am deutlichsten sind.

Zu Beginn der Bonituren lassen sich zwischen den Stickstoffstufen N1 (0 kg N/ha), N2 (120 kg N/ha) und N9 (240 kg N/ha) keine Differenzen erkennen. Auch die Betrachtung der einzelnen Blattetagen über den gesamten Boniturzeitraum lässt nur geringe Abweichungen erkennen. Die Befallsstärken liegen meist in einem engen Bereich beisammen. Erst die Betrachtung des Befallsverlaufs auf der gesamten Pflanze zeigt, dass der Befall mit *S. tritici* durch die Düngung mit 240kg Stickstoff gefördert wird. Diese Befallsförderung wird erst mit Beginn der Milchreife deutlich. Insbesondere auf dem Fahnenblatt, auf dem der höchste Befall einer Blattetage vorliegt, macht sich die hohe Stickstoffdüngung bemerkbar. Zwischen den Varianten N1 und N2 sind dagegen kaum Unterschiede auszumachen, obwohl gerade zwischen der ungedüngten und der mäßig gedüngten N-Stufe mit Differenzen gerechnet wurde.

Die Stickstoffdüngung übte am Standort Futterkamp nur einen geringen Einfluss auf den Ausgangsbefall mit *S. tritici* aus (Abbildung 36). Lediglich im Jahr 1999 war der Ausgangsbefall in den ungedüngten Varianten deutlich vermindert. Im Durchschnitt der drei Versuchsjahre ergab sich ein leicht fördernder Effekt der Stickstoffdüngung.

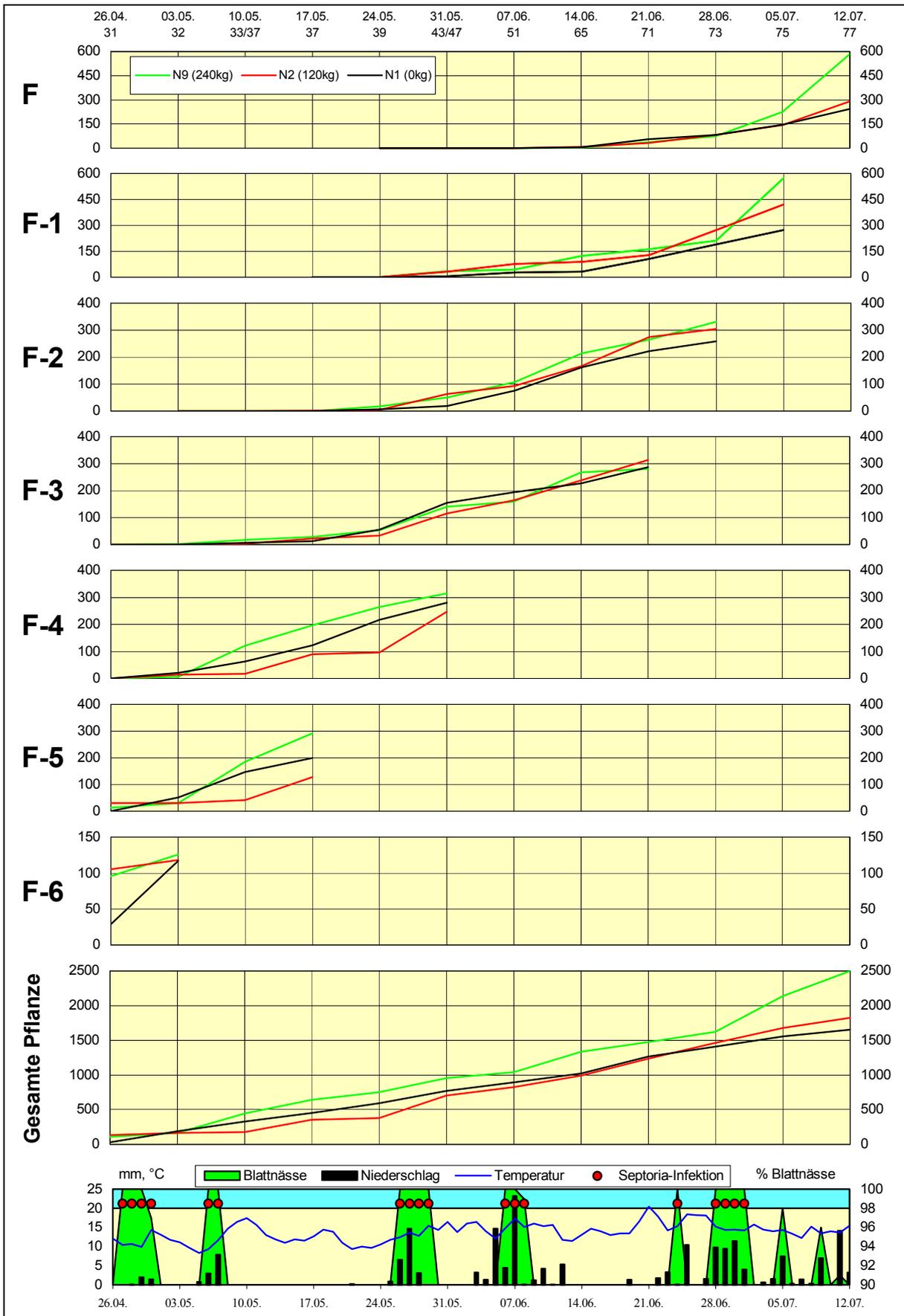


Abb. 35: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befallsverlauf von *Septoria tritici* in Futterkamp 1998 (unbehandelt, Pflug, Frühsaat).

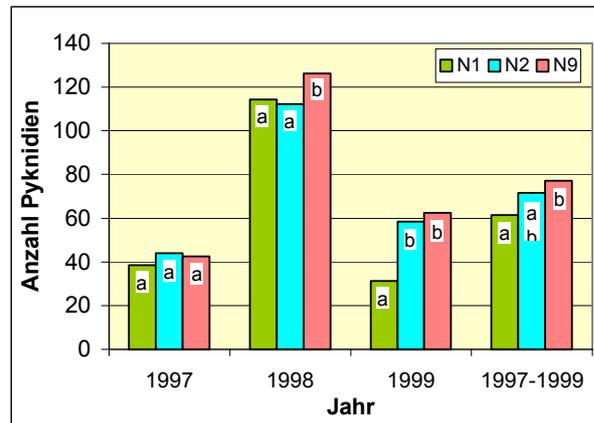


Abb. 36: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit *Septoria tritici* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Da die Wirkung der Düngung meist erst zu Beginn des Schossens einsetzt (erste N-Gabe zu Vegetationsbeginn), kann zu diesem frühen Termin auch nicht mit größeren Effekten gerechnet werden. Zur Bonitur des Endbefalls hat sich die Wirkung des Düngers jedoch voll entfaltet. Die Einflussnahme sollte hier deutlich werden. Abbildung 37 zeigt jedoch, dass sich nur im Jahr 1998 mit dem höchsten *Septoria*-Befall ein klarer Effekt der N-Düngung erkennen lässt. Mit steigender N-Düngung steigt auch die Befallsstärke mit *S. tritici*. 1999 war der Effekt nur sehr gering ausgeprägt, 1997 lag der Befall in der höchst gedüngten Variante sogar unterhalb des Befalls in der ungedüngten Variante.

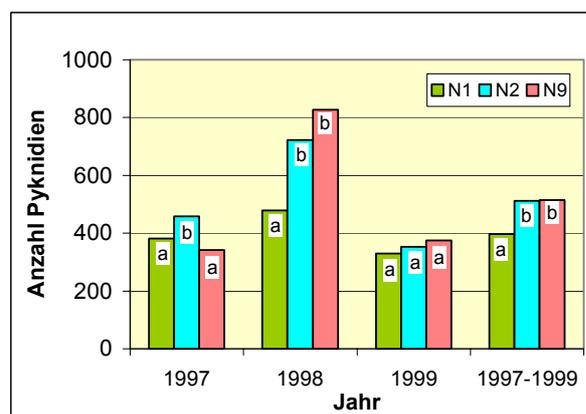


Abb. 37: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Endbefall auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) zu EC 77 mit *Septoria tritici* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Dieser Sachverhalt verdeutlicht, dass der Einfluss der Stickstoffdüngung auf den fakultativen Erreger gering ist. Der Mittelwert der drei Versuchsjahre zeigt tendenziell, dass es zwischen den ungedüngten und gedüngten Varianten grundsätzlich einen Unterschied gibt, der sich in

einem durchschnittlich 25% höheren Befall der gedüngten Varianten niederschlägt; innerhalb der Gruppe der gedüngten Versuchsglieder ist jedoch keine Differenz festzustellen.

Am Standort Hohenschulen ergab sich ein anderes Bild als in Futterkamp. Abbildung 38 zeigt den Einfluss der Düngungsvarianten auf den Befall in Hohenschulen in den fungizid-unbehandelten Varianten.

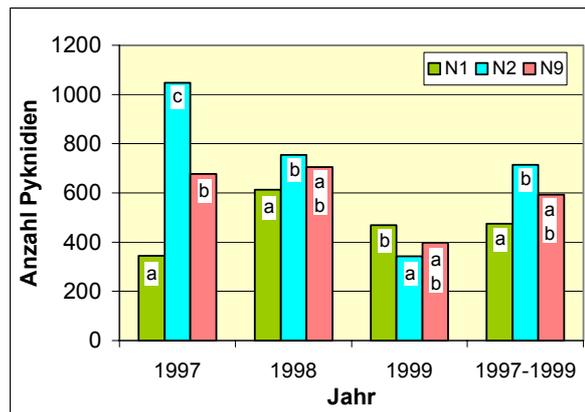


Abb. 38: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Endbefall zu EC 77 mit *Septoria tritici* auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Eine Zunahme des Befalls mit *S. tritici* konnte mit steigender N-Düngung wie in Futterkamp nicht abgeleitet werden. Dagegen wurde das Befallsmaximum im Mittel der drei Versuchsjahre in der mäßig gedüngten Variante N2 festgestellt. Besonders im Jahr 1997 mit dem höchsten Befallsdruck in Hohenschulen lag die Befallsstärke außerordentlich hoch. Die Variante N9 wiederum zeigte noch deutlich höhere Werte als die ungedüngte Variante.

3.3.2.5 Einfluss des Fungizideinsatzes

Der Fungizideinsatz ist im konventionellen Landbau das wichtigste Verfahren, um pilzliche Schaderreger zu kontrollieren. Durch die kurative bzw. protektive Leistung der Fungizide wird direkt auf die Pilze eingewirkt. In Hohenschulen kamen Varianten nach dem IPS-Modell Weizen mit kurativen und protektiven Wirkungen zum Einsatz, in Futterkamp wurde zusätzlich eine Variante mit rein protektiv wirksamen Fungiziden eingefügt. Einen typischen Befallsverlauf der *Septoria*-Blattdürre mit und ohne Fungizideinsatz zeigt Abbildung 39.

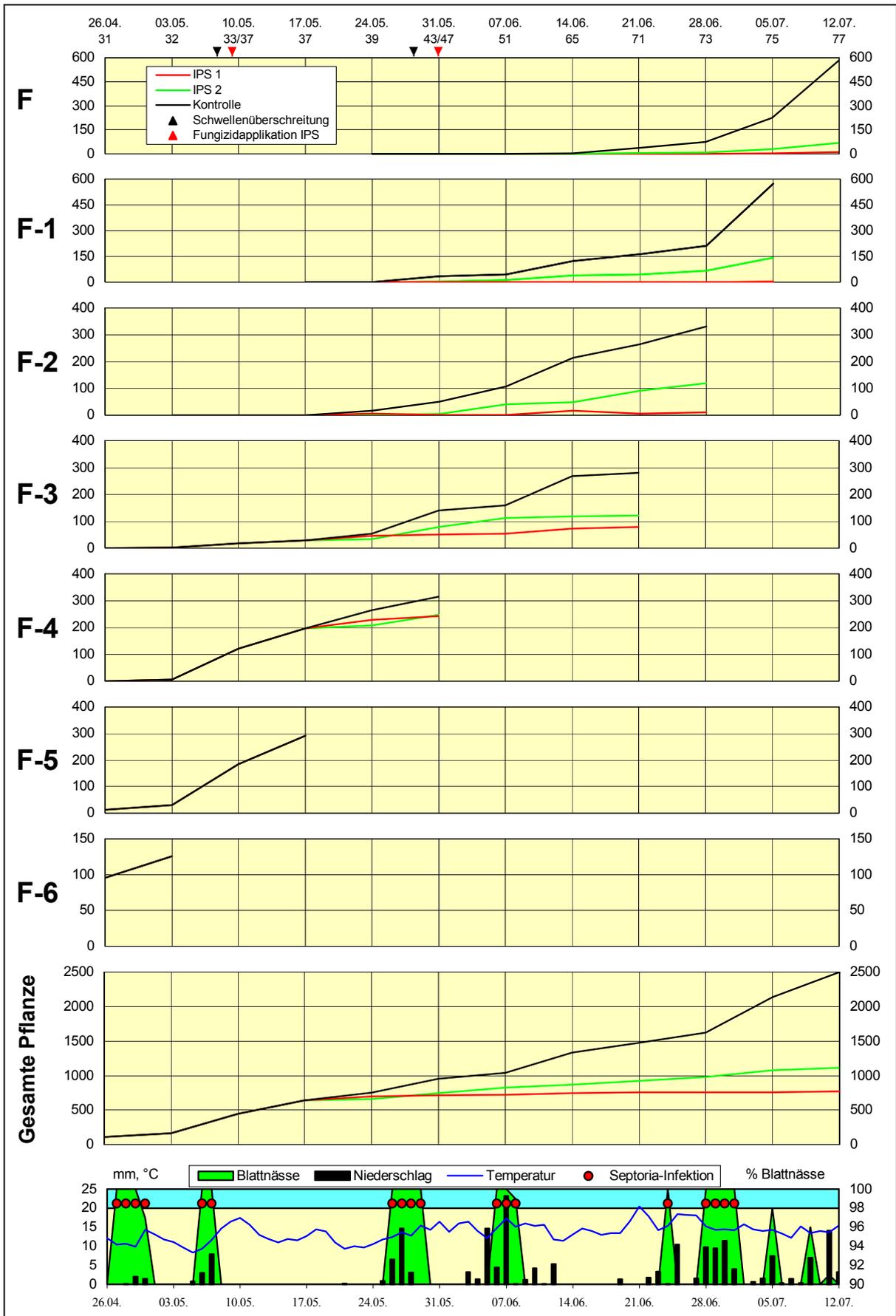


Abb. 39: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befallsverlauf von *Septoria tritici* in Futterkamp 1998 (Pflug, Frühsaat, N9).

Das für das Schwellenmanagement entscheidende Entwicklungsstadium EC 32 wurde bereits zum zweiten Boniturtermin am 3. Mai erreicht. Zu diesem Zeitpunkt war auf der Indikatorblattetage F-6 bereits eine Befallsstärke von 125 Pyknidien/Blatt vorhanden. Die Niederschlagsereignisse der folgenden Woche haben zu optimalen Infektionsbedingungen für den Blattdürre-Erreger geführt. Eine Blattnässe von 100% wurde über einen Zeitraum von mehr als 48 Stunden festgestellt. Somit musste nach dem IPS-Modell eine Bekämpfungsmaßnahme durchgeführt werden. Die größten Auswirkungen der Fungizidapplikationen werden sich auf den drei ertragsessentiellen oberen Blättern ergeben, da diese zum Zeitpunkt der Applikation noch befallsfrei waren bzw. auch noch keine latenten Infektionen vorlagen.

Die erste Wirkung der Fungizidmaßnahme lässt sich bereits zwei Wochen nach der Durchführung (24. Mai) auf der Blattetage F-4 beobachten. Hierbei handelt es sich um eine Teilwirkung auf eine bereits länger zurückliegende Infektion. Die Hauptwirkung ist vier bis fünf Wochen nach der Applikation festzustellen. In der unbehandelten Kontrolle nimmt der Befall auf den zur Infektion vorhandenen Blattetagen F-3, F-2 und F-1 (teilweise) stark zu. Die protektiv wirksame Variante IPS 2 konnte den Befall auf ca. ein Drittel reduzieren, die zusätzlich kurativ wirksame Variante IPS 1 konnte ein Befallsauftreten fast komplett verhindern. Der Befall auf der Blattetage F-3 wurde durch vorhergehende Infektionen verursacht.

Nach Ablauf der protektiven Wirkungsdauer der um 50% reduzierten Aufwandmenge der jeweiligen Fungizide führte die anschließende Witterung erneut zu einem Infektionsereignis mit einer sehr langen Blattnässeperiode, die für den Erreger der Blattdürre optimale Infektionsbedingungen schuf. Diese Infektion wurde mit der zugelassenen Aufwandmenge der Fungizide bekämpft, da zu diesem frühen Zeitpunkt in der Vegetation (EC 43/47) eine lange protektive Wirkung bis zur Milchreife sichergestellt werden musste. Im folgenden Epidemieverlauf zeigt sich auf den betroffenen Blattetagen F und F-1, dass in der Variante IPS 1 der Blattbefall mit *S. tritici* verhindert werden konnte. Auch die protektiv wirksame Variante IPS 2 konnte den Befall stark reduzieren. Die Infektionsereignisse in der Phase der Milchreife sind nicht mehr ertragswirksam, da sie innerhalb der Vegetationsperiode nicht mehr zum Ausbruch kommen. Eine Bekämpfung ist deshalb nicht notwendig.

Der Befallsverlauf auf der gesamten Pflanze verdeutlicht, dass mit dem Beginn des Einsatzes der Fungizide in der kurativ und protektiv wirksamen Variante IPS 1 kein Befallsanstieg mehr erfolgte und auch die rein protektiv wirksame Variante IPS 2 nur einen mäßigen zusätzlichen

Befall zuließ. Die Funktionalität der Bekämpfungsschwelle zur Kontrolle der *Septoria*-Blattdürre konnte mit diesem Befallsverlauf eindrucksvoll unter Beweis gestellt werden.

Da die Fungizideinsätze erst nach der Bonitur des Ausgangsbefalls durchgeführt werden, wird dieser im folgenden nicht dargestellt. Abbildung 40 zeigt die Auswirkungen der verschiedenen Fungizidapplikationen auf den Endbefall der gesamten Pflanze (F-7 bis Fahne).

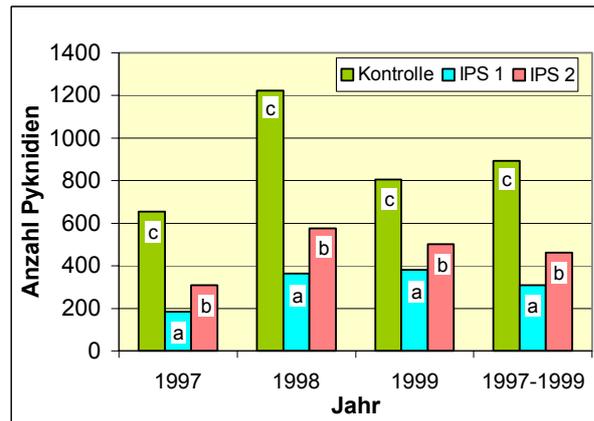


Abb. 40: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Endbefall zu EC 77 mit *Septoria tritici* auf der gesamten Pflanze (Fahnenblatt bis F-7) in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Im Vergleich zur fungizidunbehandelten Kontrolle konnten die IPS-Varianten den Befall im Mittel der drei Versuchsjahre klar reduzieren. Die Überlegenheit der zusätzlichen Kurativleistung der Fungizidmaßnahmen in der Variante IPS 1 wird deutlich. Trotzdem konnte der Befall mit *S. tritici* auf der gesamten Pflanze nur auf ein Drittel (IPS 1) bzw. die Hälfte (IPS 2) vermindert werden. Da im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes jedoch nicht völlige Befallsfreiheit das Ziel ist, sondern nur die Ausschaltung der ertragsessentiellen Schaderreger, wird in Abbildung 41 die Auswirkung der Fungizidmaßnahmen auf den ertragsessentiellen oberen Blattbereich (Fahnenblatt bis F-2) dargestellt.

Im Gegensatz zur vorhergehenden Betrachtung zeigt diese Abbildung die hohe Effektivität des Fungizideinsatzes. Die Applikationstermine ab Beginn EC 32 haben in der Variante IPS 1 mit kurativer und protektiver Wirkung den Befall sehr gut kontrolliert. Der Wirkungsgrad wurde mit 96% berechnet. Die Variante IPS 2 mit rein protektiver Leistung erreichte noch einen Wirkungsgrad von 73%. Die Notwendigkeit, im Rahmen des IPS-Modells mit kurativ wirksamen Fungiziden zu arbeiten, da eine Behandlung immer erst mehrere Tage nach erfolgter Infektion durchgeführt werden kann, wird hier deutlich.

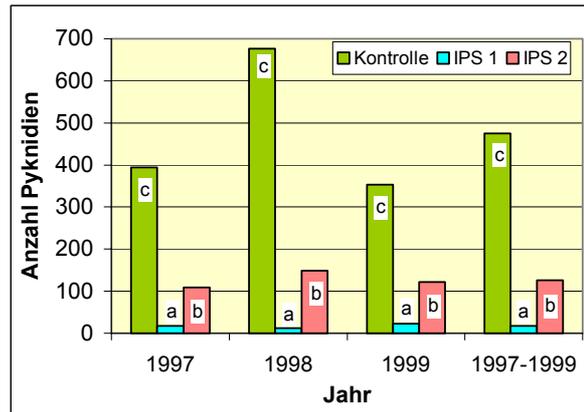


Abb. 41: Einfluss des Fungizid auf den Endbefall zu EC 77 mit *Septoria tritici* auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die Boniturergebnisse am Standort Hohenschulen erbrachten vergleichbare Ergebnisse. In Abbildung 42 ist der *Septoria*-Befall auf dem oberen Blattapparat dargestellt. In der IPS-Variante kam ein kurativ und protektiv wirksames Fungizid zum Einsatz, das der Variante IPS 1 in Futterkamp entspricht. Trotz anders terminierter Bekämpfungsmaßnahmen mit anderen Aufwandmengen aufgrund unterschiedlicher Witterung und Infektionsereignisse konnte mit den gleichen Wirkstoffen ein vergleichbarer Wirkungsgrad von 96%, gemittelt über die drei Versuchsjahre, erreicht werden. Diese Ergebnisse zeigen, dass das IPS-Modell Weizen es vermag, mit geringst möglichem Einsatz von Fungiziden die *Septoria*-Blattdürre auch unter verschiedensten Bedingungen hervorragend zu kontrollieren. Die hohen Wirkungsgrade wurden durch die Terminierung der Applikationen zeitnah an den Infektionen möglich.

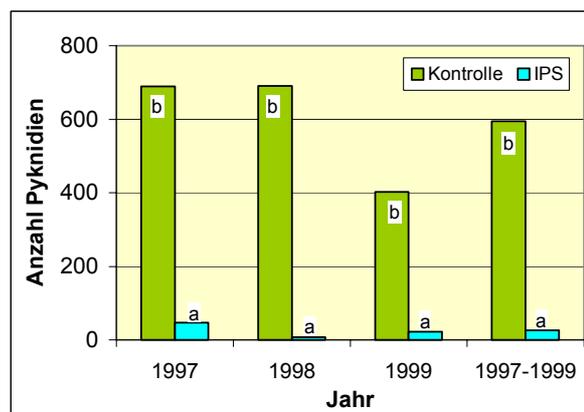


Abb. 42: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Endbefall zu EC 77 mit *Septoria tritici* auf dem ertragsessentiellen oberen Blattapparat (Fahnenblatt bis F-2) in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.3.3 *P. herpotrichoides*

Die Bedeutung der chemischen Bekämpfung des Halmbrucherregers ist aufgrund der Resistenzproblematik der wirksamen Fungizide deutlich zurückgegangen. Zum Teil wird lediglich die Nebenwirkung nicht für diese Indikation zugelassener Wirkstoffe genutzt, um den Erreger einzudämmen. In diesem Zusammenhang hat die Auswahl gut aufeinander abgestimmter Anbausystemfaktoren wie z.B. Saatzeit, Stickstoffdüngung, Bodenbearbeitung sowie auch der richtig terminierte Einsatz von Wachstumsregulatoren stärkere Bedeutung erlangt, um der Problematik des krankheitsbedingten Lagers und den damit verbundenen Ernteerschwernissen und Ertragseinbußen entgegenzuwirken. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Erreger im Rahmen des Schwellenmanagements nicht berücksichtigt, da keine ausreichende fungizide Kontrollmöglichkeit besteht. Da die Erstapplikation in den Versuchen jedoch meist zum optimalen Bekämpfungstermin für *P. herpotrichoides* erfolgte (EC 32), können die eingesetzten Fungiziden im Hinblick auf ihre Nebenwirkung auf den Erreger bewertet werden. Im Mittelpunkt steht allerdings die Bewertung der Anbausystemfaktoren.

Ein charakteristischer Befallsverlauf der Halmbruch-Krankheit ist in Abbildung 43 wiedergegeben. Es wurde das Jahr 1998 am Standort Futterkamp gewählt, da hier der höchste Befall in der Variante fungizidunbehandelt, gepflügt, 240 kg N/ha, Frühsaat vorlag. Bis zum Erscheinen des Fahnenblattes (EC 37) wird nur die Befallshäufigkeit (BHB) der Blattscheiden vor dem Halm untersucht. Zu den ersten drei Boniturterminen liegt die Befallshäufigkeit bei ca. 25%, d.h. jede vierte Pflanze ist befallen. Zu diesem Zeitpunkt muss eine Bekämpfungsentscheidung getroffen werden, da zu einem späteren Termin die Halmbasis durch die Applikationstechnik nicht mehr erreicht werden kann. Bis zum Stadium EC 33 herrschten für den Erreger der Halmbruch-Krankheit optimale (feucht, kühl) Witterungsbedingungen. Die dreiwöchige Maitrockenheit verzögerte die Entwicklung des Erregers stark. Das Durchwachsen durch die Blattscheiden in den Halm gelang erst nach wieder einsetzenden Niederschlägen. Der Erreger konnte sich schnell etablieren und bis zur Blüte 75% der Halme besiedeln. Am Ende waren nahezu 100% der Pflanzen befallen. Die Entwicklung der Befallsstärke auf der Pflanze verläuft langsamer als die horizontale Durchseuchung. Zur Blüte waren die einzelnen Pflanzen erst zu einem Drittel umfassend befallen. Zur Abschlussbonitur (EC 77) waren die Pflanzen dagegen zu drei Viertel vermorscht. Der späte Anstieg der Befallsstärken war kennzeichnend für alle beobachteten Befallsverläufe des Halmbruch-Erregers.

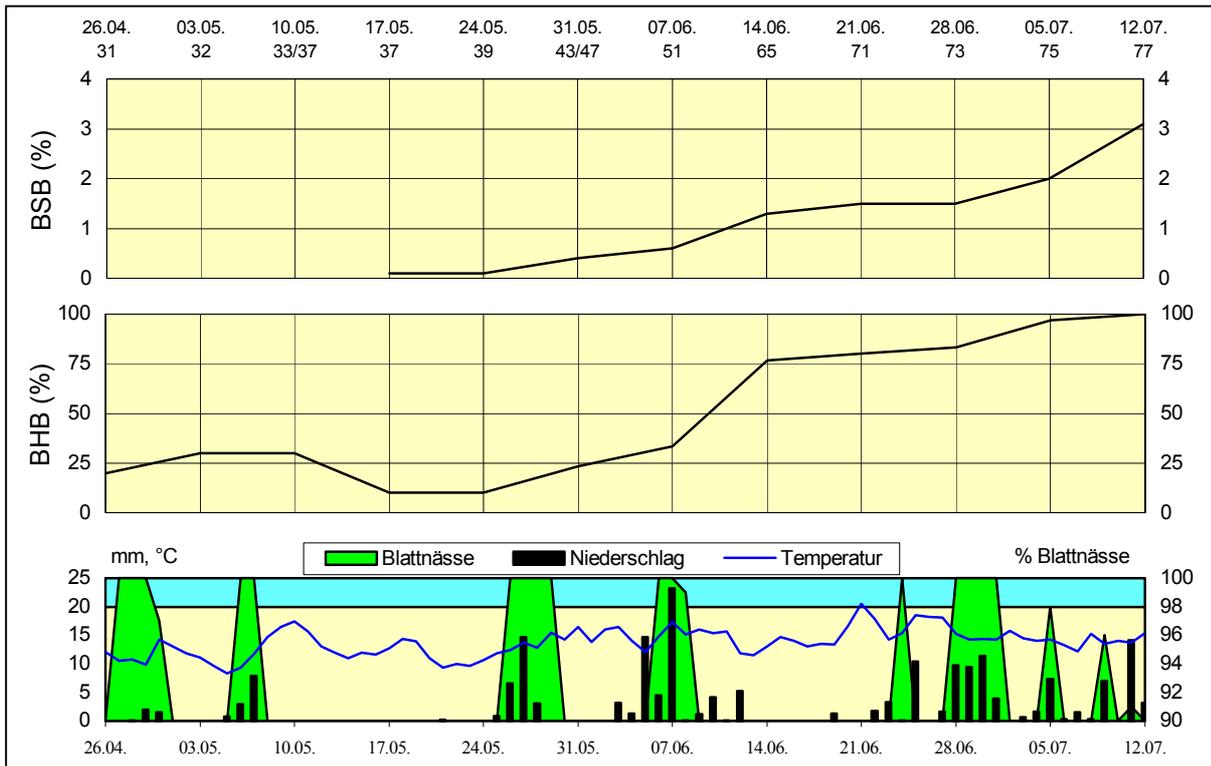


Abb. 43: Befallsverlauf von *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp 1998 (unbehandelt, SZ1, N9, Pflug).

3.3.3.1 Jahreseffekte

Der Einfluss der Versuchsjahre auf den Ausgangsbefall mit Halmbruch zu EC 32 am Standort Futterkamp wird in Abbildung 44 dargestellt.

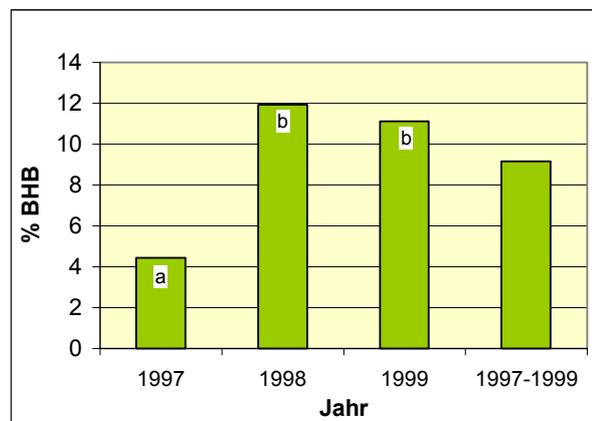


Abb. 44: Einfluss des Versuchsjahres auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die durchschnittliche Befallshäufigkeit betrug im Mittel der drei Versuchsjahre ca. 9%. 1997 wurde mit gut 4% der niedrigste Ausgangsbefall erreicht, 1998 mit 12% der höchste. Zwischen den Jahren gab es zwar größere Unterschiede, insgesamt bewegte sich der Ausgangsbefall jedoch auf niedrigem Niveau, in den meisten Varianten unterhalb der Schadschwellenwerte von 25% zu EC 32.

Ein ähnliches Bild zeichnete sich zu EC 37 ab. Im Jahr 1997 verminderte sich der Befall sogar auf unter 2% BHB, in den Jahren 1998 und 1999 stieg der Befall noch leicht an auf 16 bzw. 13% BHB. Das Stadium EC 37 ist entscheidend für den Übertritt des Erregers von der letzten Blattscheide auf den Halm und steht in einem relativ engen Zusammenhang mit dem Endbefall. Da auch zu EC 37 die Bekämpfungsschwelle von jetzt 30% BHB in keinem Versuchsjahr erreicht wurde, war nicht mit parasitärem Lager und Ertragseinbußen zu rechnen.

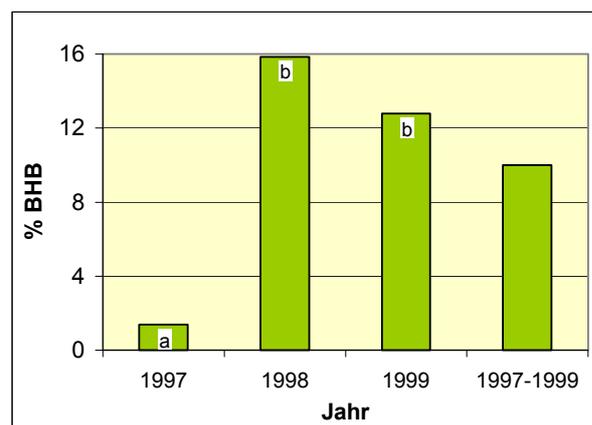


Abb. 45: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall zu EC 37 mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Der Endbefall zur Abschlussbonitur (Abbildung 46) zeigt den relativ deutlichen Zusammenhang zum Ausgangsbefall. Der Befall wird als BSB mit einem Wertebereich von 0 (Halm komplett intakt) bis 4 (Halm komplett zerstört) angegeben. Im Jahr 1997 wurde lediglich ein Befallswert von 0,65 BSB festgestellt, das Leitgewebe der Halme also zu ca. 16% zerstört. Das restliche Gewebe ist ohne weiteres in der Lage, die Stabilität und Leitungsfunktion der Halme aufrecht zu erhalten. Negative Auswirkungen haben sich entsprechend nicht ergeben. Parasitäres Lager wurde nicht beobachtet, lediglich physiologisches Lager wurde in sehr geringem Maße festgestellt (vgl. Abbildung 8). Wie nach dem Ausgangsbefall zu erwarten war, wurde im Jahr 1998 auch der stärkste Endbefall nachgewiesen, der mit einem Befallswert von 1,8 BSB anzeigt, dass fast 50% des Halmgewebes zerstört war. Da es sich aber, wie im Befallsverlauf in Abbildung 43 dargestellt

wurde, in erster Linie um einen spät entwickelten Befall handelt, sollten selbst bei diesem hohen Befallsniveau die Auswirkungen noch gemäßigt bleiben. Die relativ hohen Lagerwerte des Jahres 1998 (vgl. Abbildung 8) waren auch in erster Linie auf die ungünstigen Witterungsbedingungen zurückzuführen und nicht auf parasitäres Lager. Dies wird vor allem erkennbar am Jahr 1999, das mit einem Durchschnittswert von 1,4 BSB ebenfalls einen stärkeren Halmbruchbefall aufwies, jedoch die geringste Lagerbildung der drei Versuchsjahre zeigte.

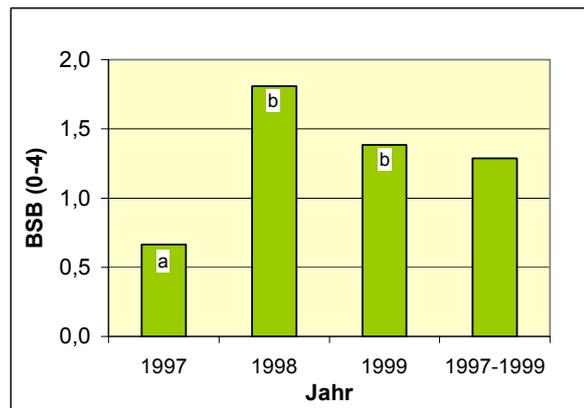


Abb. 46: Einfluss des Versuchsjahres auf den Endbefall zu EC 77 mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Um die schädigenden Auswirkungen des Halmbruchbefalls besser bewerten zu können, wird in Abbildung 47 die Fläche unter der Befallskurve herangezogen (AUDPC – area under disease progress curve), wobei es sich um einen dimensionslosen Vergleichswert handelt.

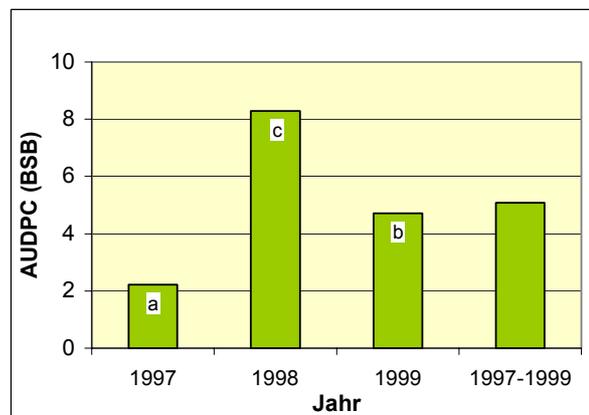


Abb. 47: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aus allen Varianten).

Bei dieser Darstellung wird die gesamte Einwirkungsdauer des Erregers vom Ende der Bestockung bis zur Milchreife berücksichtigt. Ein erst bei der Abschlussbonitur auftretender hoher Endbefall hat dann keinen verfälschenden Einfluss mehr auf die Bedeutung des Erregers. In diesem Fall ergeben sich keine größeren Unterschiede zur Darstellung als Endbefall BSB. Lediglich der Befall des Jahres 1999 wird etwas reduziert. Für die Beurteilung der Auswirkung der Anbausystemfaktoren ergeben sich jedoch viel klarere Aussagen. Deshalb wird im folgenden hauptsächlich der AUDPC-Wert in den Darstellungen genutzt.

Die Ergebnisse der Halmbruch-Bonituren aus Hohenschulen sind deckungsgleich mit denen aus Futterkamp (Abbildung 48). Stellvertretend werden nur die AUDPC-Werte gezeigt. Auch hier ergibt sich im Jahr 1998 insgesamt der höchste Befallsdruck. Die Unterschiede zwischen den Versuchsjahren sind etwas geringer. Die höchsten Lagerwerte wurden ebenfalls im Jahr 1998 festgestellt. Ursächlich waren wiederum die ungünstigen Witterungsbedingungen, die zu physiologisch bedingtem Lager geführt haben.

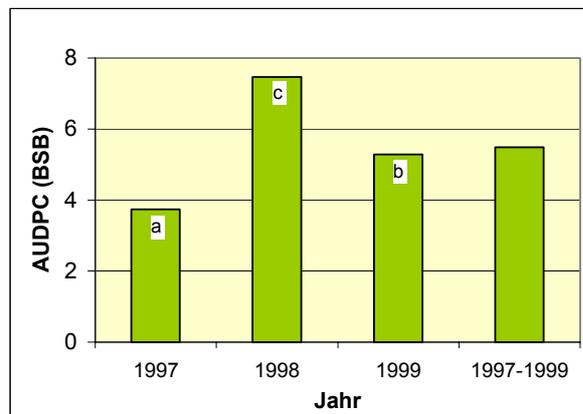


Abb. 48: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Hohenschulen (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aus allen Varianten).

3.3.3.2 Einfluss der Bodenbearbeitung

P. herpotrichoides überdauert als Mycel auf den Ernterückständen. Ackerhygiene sollte deshalb ein wichtiger phytosanitärer Faktor sein. Der Einfluss der Bodenbearbeitungsverfahren auf den Ausgangsbefall zu EC 32 am Standort Futterkamp wird in Abbildung 49 anhand der fungizidunbehandelten Varianten dargestellt. In den Jahren 1997 und 1999 zeigt

sich entgegen der Erwartungen eine befallsfördernde Wirkung der Pflugvarianten, die die Ernterückstände vergraben. Im Jahr 1998 liegen die wendenden und die konservierenden Varianten nahezu auf gleicher Höhe. Im Mittel der Versuchsjahre führt die wendende Bodenbearbeitung zu einem 25% höheren Ausgangsbefall.

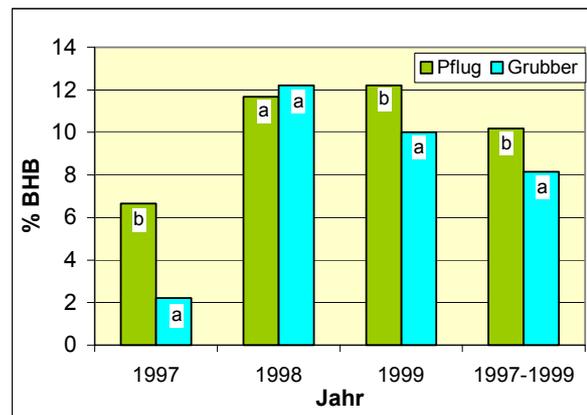


Abb. 49: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Ausgangsbefall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Kontrollvarianten).

Über den Befallszeitraum von Ende des Schossens bis zur Milchreife gibt es in den fungizidunbehandelten Kontrollen kaum Unterschiede der Halmbruch-AUDPC-Werte zwischen pflügender und grubbernder Bodenbearbeitung (Abbildung 50). Im Jahr 1998 mit der höchsten Befallsausprägung sowie auch im Mittel der drei Versuchsjahre sind gleiche Werte zu verzeichnen. Somit lässt sich für den Standort Futterkamp zusammenfassen, dass die Art der Bodenbearbeitung keinen Einfluss auf den Befall mit dem Halmbruch-Erreger ausübt.

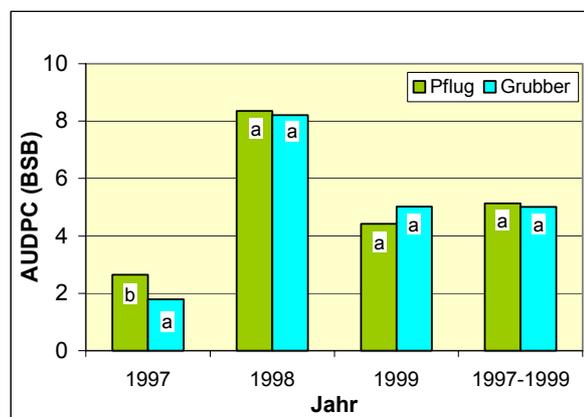


Abb. 50: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller fungizidunbehandelter Kontrollen).

Am Standort Hohenschulen ergibt sich dagegen ein teilweise anderes Bild (Abbildung 51). Während in Futterkamp die konservierende Bodenbearbeitung geringere Ausgangsbefalls-
werte aufweist, ist dies in Hohenschulen bei wendender Bodenbearbeitung der Fall. Er lag im
Mittel der Versuchsjahre in den Horsch-Varianten um 42% höher als in den Pflug-Varianten.
1997 und 1999 waren hier deutliche Unterschiede zu verzeichnen, 1998 lagen beide Varianten
auf einem Niveau.

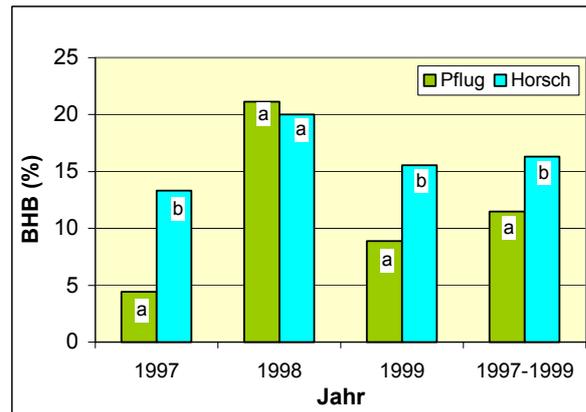


Abb. 51: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Ausgangsbefall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Hohenschulen (Mittelwerte aller fungizidunbehandelten Kontrollen).

Trotz des deutlich höheren Ausgangsbefalls in den Varianten mit Frässohlensaat hat sich im
Laufe der Saison das Verhältnis zu Gunsten der gepflügten Varianten verschoben (Abbildung
52). Im Mittel der drei Versuchsjahre ist keine signifikante Differenz zu erkennen.

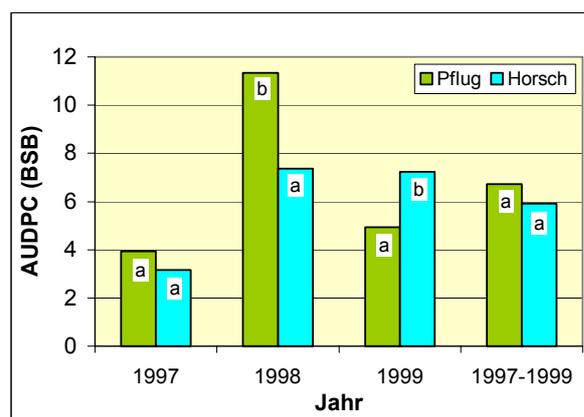


Abb. 52: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Hohenschulen (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller fungizidunbehandelten Kontrollen).

3.3.3.3 Einfluss der Saatzeit

Die Halmbruch-Krankheit wird durch den bodenbürtigen Erreger *P. herpotrichoides* ausgelöst. Deshalb sollte die Expositionsdauer, in der die Pflanze potentiellen Kontakt mit dem Erreger hat, auch einen entscheidenden Einfluss auf die Epidemiologie ausüben. Je früher der Saattermin liegt, desto stärker ist der zu erwartende Befall. In Abbildung 53 wird der Befallsverlauf in Futterkamp des Jahres 1999 dargestellt, in dem witterungsbedingt die beiden Saatzeiten 10 Wochen auseinander lagen.

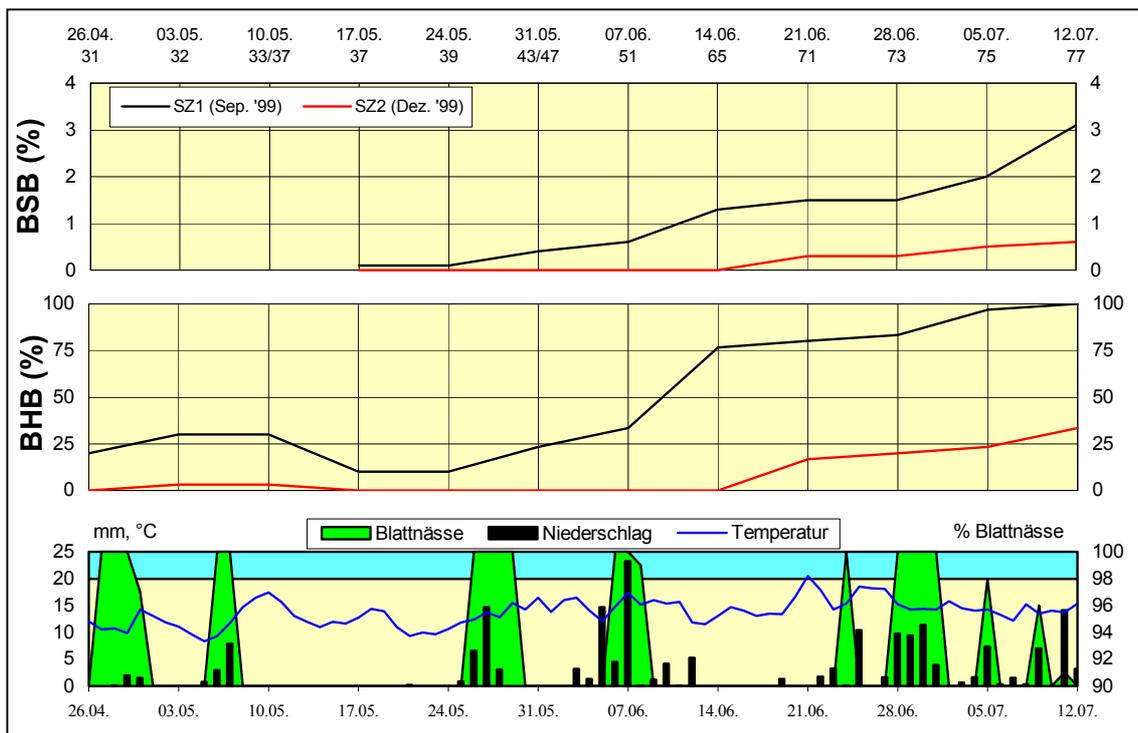


Abb. 53: Einfluss der Saatzeit auf den Befallsverlauf von *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp 1999 (unbehandelt, N9, Pflug).

Bei der Betrachtung der Befallshäufigkeiten wird deutlich, dass während der Bestockungsphase in der Spätsaat-Variante nur ein sehr geringer Befallswert festgestellt werden konnte (3% BHB), während früh gesäter Weizen Werte von über 25% erreicht und somit der Halmbruch bekämpfungswürdig gewesen wäre. Im folgenden steigen die Befallsstärken der Fröhsaat langsam an. Zum Ende der Vegetation sind die Halme zu drei Viertel vermorscht. In der Spätsaat ist ein nennenswerter Befall erst in der Abreifephase aufgetreten. Zur Abschlussbonitur lag die Befallsstärke in der Fröhsaat fünffach höher (3,1% : 0,6% BSB) als in der Spätsaat. Der Befallsverlauf macht die Unterschiede in der Epidemiologie deutlich. Während in der Fröhsaat durch langen Kontakt mit dem Erreger schon ein starker Ausgangsbefall herrschte, der zu einem hohen Krankheitsdruck führte, wurde die Spätsaat

lediglich durch sehr spät auftretenden Halmbruch befallen, der keine schädigende Wirkung mehr ausüben konnte.

Der Einfluss der Saatzeit auf den Ausgangsbefall in Futterkamp ist in Abbildung 54 dargestellt. Es zeigt sich in allen Versuchsjahren, dass die Befallshäufigkeit der untersuchten Blattscheiden der Frühsaaten wesentlich höhere Werte aufweisen als die der Spätsaaten. Damit steht für die erfolgreiche Besiedlung des Halmes in den Frühsaaten ein im Durchschnitt sechsmal so hohes Ausgangspotenzial des Halmbruch-Erregers zur Verfügung. Das aber nicht nur der Saatzeitpunkt sondern auch biologische Ansprüche das Befallsgeschehen prägen, geht ebenfalls aus der Grafik hervor. Im Jahr 1999 mit extremer Spätsaat (Dezember) wurde trotzdem mehr Ausgangsbefall nachgewiesen als 1997, in dem nach normaler Spätsaat im Oktober kein Ausgangsbefall zu verzeichnen war.

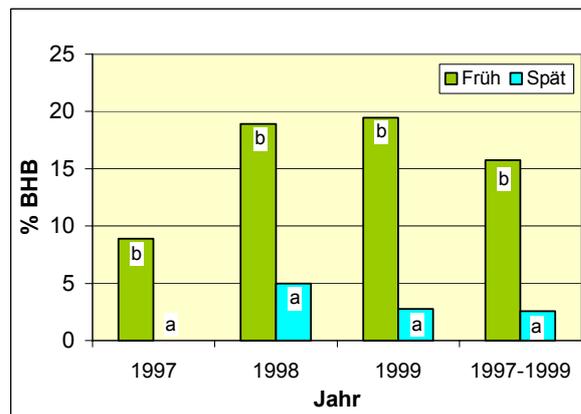


Abb. 54: Einfluss der Saatzeit auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Ähnlich wie der Ausgangsbefall verhält sich der Befall zu EC 37. Der Befall hat sich im ganzen jedoch noch etwas reduziert. Auf eine Darstellung wird hier verzichtet.

Die Halmbruchbefallswerte als AUDPC vom Ende der Schossphase bis zur Milchreife werden in Abbildung 55 dargestellt. Die erwarteten großen Unterschiede zwischen Früh- und Spätsaat sind erkennbar. In jedem Versuchsjahr überwiegt der Befall in der Frühsaat deutlich, 1998 und 1999 auf hohem Befallsniveau, 1997 entsprechend dem geringen Ausgangsbefall auf geringem Niveau. Im Mittel der drei Versuchsjahre wies die Frühsaat einen fast viermal so hohen Befall auf wie die Spätsaat.

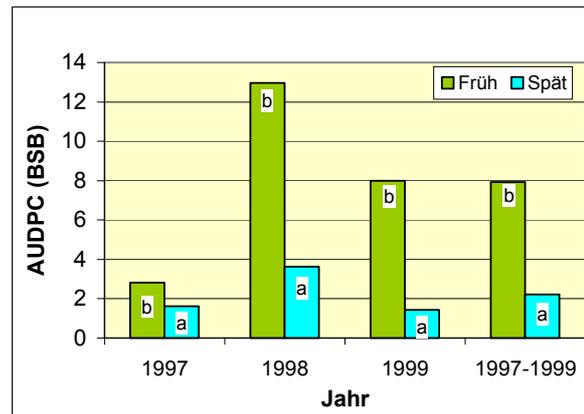


Abb. 55: Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller fungizidunbehandelter Kontrollen).

3.3.3.4 Einfluss der Stickstoffdüngung

Die Stickstoff-Düngung wirkt nicht direkt auf den Halmbruch-Erreger ein. Ein guter Ernährungszustand kann jedoch die Widerstandsfähigkeit der Pflanze erhöhen. Da die Parzellen immer gleich gedüngt werden, ergibt sich über die Rotation zusätzlich ein akkumulativer Effekt auf die Bodenfruchtbarkeit. Eine höhere Bodenfruchtbarkeit mit einem engeren C/N-Verhältnis hat einen fördernden Effekt auf die Strohrotte. Dies könnte sich auf das Ausgangsinokulum auswirken und damit den Befall beeinflussen.

In Abbildung 56 wird ein Befallsverlauf in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung dargestellt. Ausgewählt wurden die gegrubberten Varianten der fungizidunbehandelten Frühsaat in Futterkamp des Jahres 1998. Auf den Ausgangsbefall scheinen die verschiedenen Düngergaben keinen unterschiedlichen Einfluss zu haben. Erst zum Ende der Bestockungsphase differenzieren die Varianten. Ungedüngte Parzellen weisen die höchste Befallshäufigkeit und auch Befallsstärke auf, hochgedüngte die geringste. Im weiteren Verlauf ändern sich jedoch die Verhältnisse. Die mäßig gedüngte Variante N2 weist den höchsten Halmbruch-Befall auf, die hoch- und ungedüngten Varianten nähern sich einander an. Dieser Befallsverlauf ist typisch für alle bonitierten Varianten. Ein einheitlicher Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Entwicklung des Halmbruch-Erregers konnte nicht festgestellt werden.

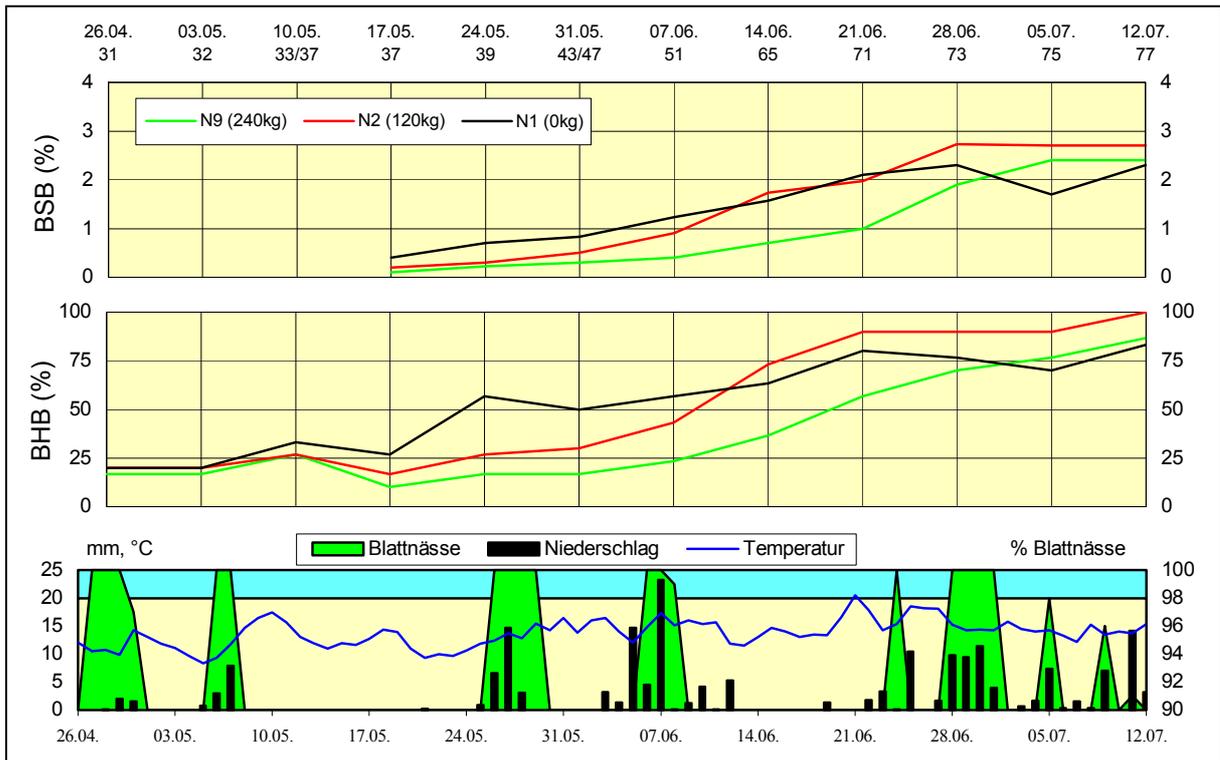


Abb. 56: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befallsverlauf von *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp 1998 (unbehandelt, Grubber, Frühsaat).

Die Stickstoffdüngung übt entsprechend dem Befallsverlauf keinen klaren Einfluss auf den Ausgangsbefall mit Halmbruch zu EC 32 am Standort Futterkamp aus. Abbildung 57 demonstriert, dass je nach Versuchsjahr jede Düngungs-Variante einmal für die höchsten Befallswerte sorgt. Im Mittel der drei Versuchsjahre liegt die Befallshäufigkeit der drei Düngungsstufen auf einem Niveau. Am Standort Hohenschulen ist das Ergebnis vergleichbar.

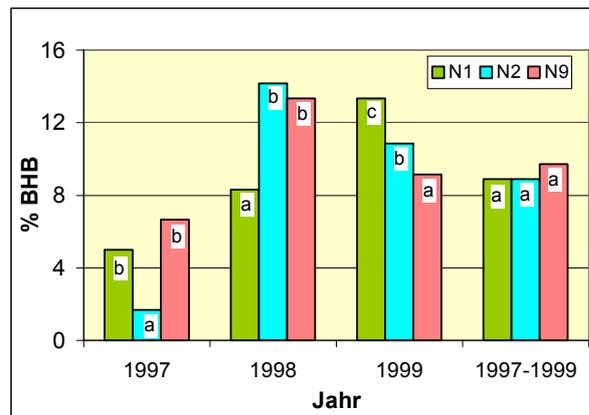


Abb. 57: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Ausgangsbefall zu EC 32 mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Auch das Ende des Schossens lässt wenig Systematik in den Auswirkungen der Stickstoffdüngung erkennen. Von Jahr zu Jahr ändern sich die Einflüsse. Es zeichnet sich jedoch an beiden Standorten der Trend ab, dass in der mäßig gedüngten N-Stufe die höchste Befallshäufigkeit auftritt (Abbildung 58 und 59); die maximal- und ungedüngten Varianten liegen im Befall insbesondere in Hohenschulen auf einem niedrigeren Niveau.

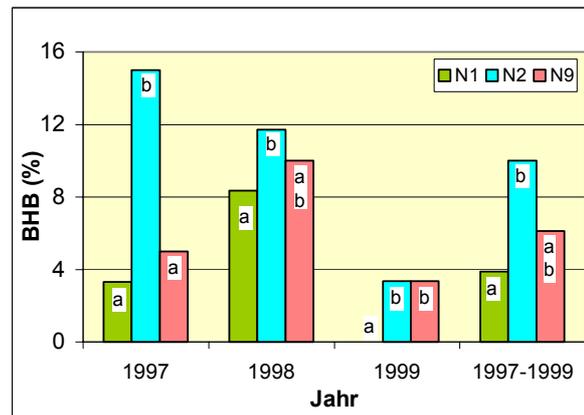


Abb. 58: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall zu EC 37 mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

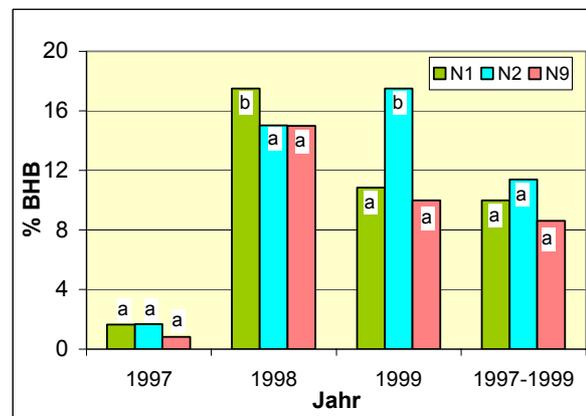


Abb. 59: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall zu EC 37 mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Wie sich die Ergebnisse im weiteren Verlauf entwickeln, wird im folgenden anhand der AUDPC-Daten (%BSB) von EC 37 bis 77 untersucht. Dargestellt sind die Befallswerte der fungizidunbehandelten Kontrollen. Am Standort Futterkamp (Abbildung 60) setzt sich der oben aufgezeigte Trend fort. Der höchste Befall wurde erneut in der mäßig gedüngten Variante N2 festgestellt, er lag ca. 30% höher als in den Varianten N1 und N9, die ein einheitliches Niveau erreichten. Diese Tendenz konnte in allen drei Versuchsjahren beobachtet werden.

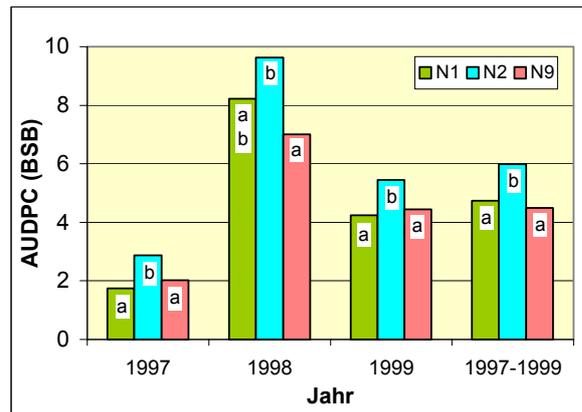


Abb. 60: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller fungizidunbehandelten Kontrollen).

Am Standort Hohenschulen verlief die weitere Entwicklung der Halmbruchepidemie nicht, wie es nach den Werten zu EC 37 zu erwarten gewesen wäre (Abbildung 61). Im Jahr 1998 mit den höchsten Befallswerten konnte mit steigender Düngung eine Zunahme des Befalls festgestellt werden. 1999 lag der Befall in den gedüngten einheitlich auf einem Niveau deutlich über der ungedüngten Variante. 1997 mit dem geringsten Erregerauftreten gab es kaum Differenzen zwischen den N-Düngungsstufen. Im Mittel der drei Versuchsjahre ergab sich ein zunehmender Halmbruchbefall mit steigender N-Düngung. Der Hauptunterschied wurde zwischen den gedüngten und der ungedüngten Variante gefunden. Eine Erhöhung der Stickstoffmenge von 120 auf 240kg/ha hatte nur noch einen sehr geringen Effekt.

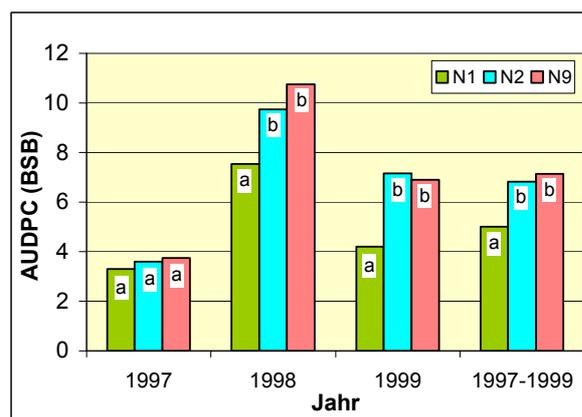


Abb. 61: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller fungizidunbehandelten Kontrollen).

3.3.3.5 Einfluss des Fungizideinsatzes

Aufgrund der meist unzureichenden Wirkung halmbuchspezifischer Präparate wurde auf eine direkte Bekämpfung des Halmbrucherregers verzichtet. Da die meisten Startapplikationen jedoch für eine Halmbruchbekämpfung optimal terminiert wurden, kann im folgenden die Aktivität der eingesetzten Fungizide untersucht werden. Von den eingesetzten Fungiziden Amistar, Fortress und Jewel besitzt lediglich Jewel eine Zulassung zur Bekämpfung von *P. herpotrichoides*.

Abbildung 62 zeigt einen Befallsverlauf am Standort Futterkamp, da hier neben der unbehandelten Kontrolle zwei IPS-Varianten mit verschiedenen Fungiziden zum Einsatz kamen. Es wurde das Jahr 1998 mit dem höchsten Befall ausgewählt.

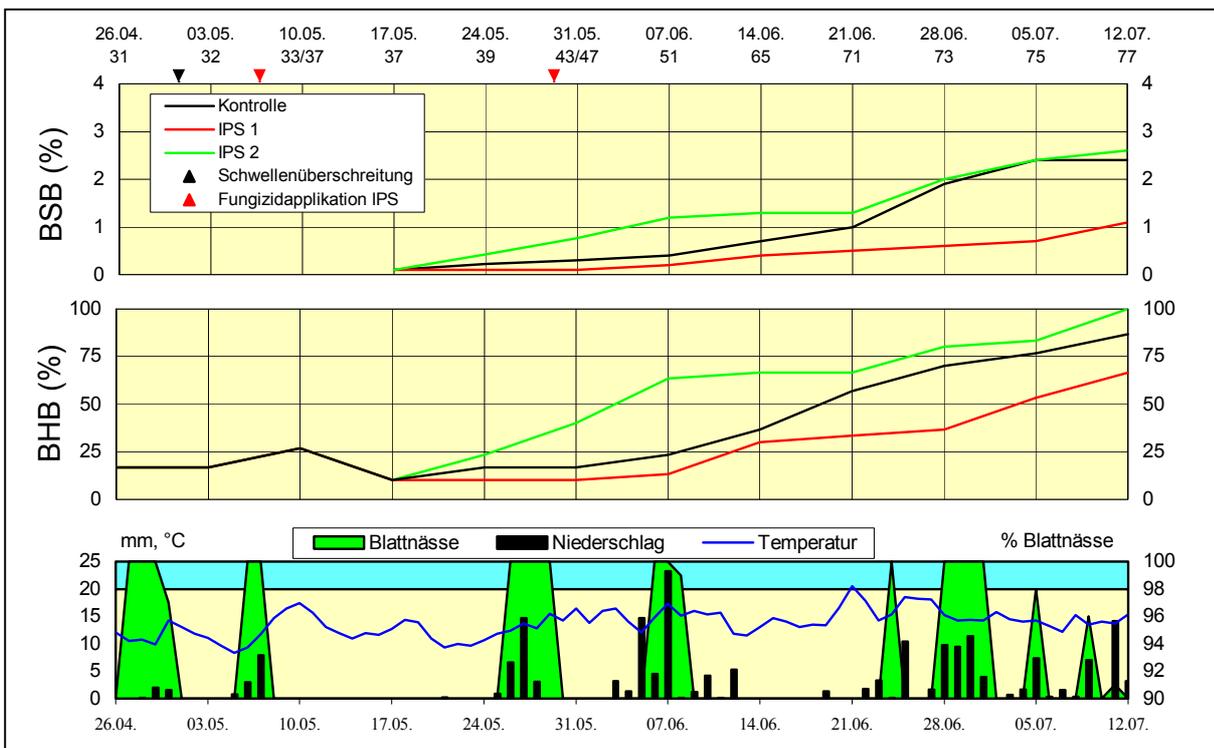


Abb. 62: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befallsverlauf von *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp 1998 (Grubber, Frühsaat, 240 kg N/ha).

Der Fungizideinsatz erfolgte im Stadium EC 33 nach einer Überschreitung der Schadschwelle zur Bekämpfung der *Septoria*-Blattdürre. In der Folge stieg der Halmbruchbefall in der unbehandelten Kontrolle stetig an und erreichte hohe Befallswerte in der Phase der Milchreife. Das Fungizid Jewel, eingesetzt in der Variante IPS 1, war nach der Anwendung in der Lage, den Befall zu reduzieren. Die Befallshäufigkeit wurde nur in geringem Umfang

vermindert, da der Befall kranker Pflanzen nicht mehr rückgängig gemacht werden konnte. Die Befallsstärken konnten jedoch um mehr als die Hälfte reduziert werden, d.h. die Ausbreitung in der Pflanze wurde begrenzt. Statt zu 60% vermorschten die Halme nur zu ca. 25%. Dagegen wurde in der Variante IPS 2 (Amistar/Fortress) ein Halmbruchbefall festgestellt, der im Verlauf auf einem höheren Niveau lag als in der unbehandelten Kontrolle. Bis zum Ende der Milchreife wurden alle Pflanzen durch den Erreger befallen und eine Befallsstärke geringfügig über der der Kontrolle nachgewiesen.

In Abbildung 63 wird die Wirkung der Fungizidvarianten auf den Befall mit der Halmbruchkrankheit anhand der AUDPC-Befallswerte am Standort Futterkamp untersucht. Wie bereits in Abbildung 62 deutlich wurde, ist nur das Präparat Juwel, eingesetzt in der Variante IPS 1, in der Lage, den Befall mit *P. herpotrichoides* zu reduzieren. Es werden jedoch maximal nur Wirkungsgrade unter 25% erreicht, im Mittel der drei Versuchsjahre konnte Juwel den Befall um 20% vermindern. Die Tankmischung Amistar/Fortress blieb ohne Auswirkungen auf den Halmbruch. In Einzelfällen wurde eine Befallsförderung festgestellt.

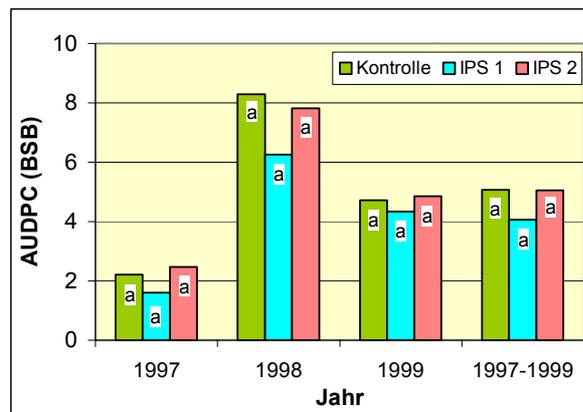


Abb. 63: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Futterkamp (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller Varianten).

Am Standort Hohenschulen konnte nur die Juwel enthaltende IPS-Variante mit der unbehandelten Kontrolle verglichen werden (Abbildung 64). Im Jahr 1997 blieb das Fungizid wirkungslos. Im Jahr 1998 dagegen erreichte die IPS-Variante einen Wirkungsgrad von ca. 40%, 1999 von ca. 30%. Im Mittel der drei Versuchsjahre konnte mit 24% ein geringfügig höherer Wirkungsgrad bei der Bekämpfung der Halmbruchkrankheit erzielt werden als in Futterkamp.

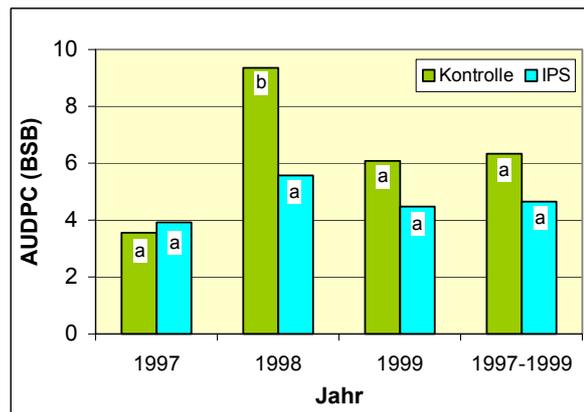


Abb. 64: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Hohenschulen (AUDPC EC 37 – EC 77, Mittelwerte aller Varianten).

Die an beiden Standorten beobachteten Nebenwirkungen von ca. 20% sind für eine erfolgreiche Bekämpfung nicht ausreichend, jedoch steht ein erhöhter Anteil intakten Gewebes im Halm zur Verfügung, der noch Leitungsfunktionen übernehmen kann und gerade bei hohem Befall das Überleben der Einzelpflanze und damit die Ertragsbildung ermöglicht.

3.3.4 *E. graminis*

Der Echte Mehltau gehört im Gegensatz zu den oben untersuchten Erregern zu den obligaten Parasiten, dessen Entwicklung vor allem durch einen guten Ernährungszustand der Pflanzen, aber auch durch ein optimales Mikroklima gefördert wird. Das Auftreten ist regional sehr unterschiedlich und stark von der Sortenwahl abhängig. Durch die hohe Anpassungsfähigkeit des Erregers werden Sortenresistenzen immer wieder schnell durchbrochen, so dass zur Bekämpfung des Echten Mehltaus die Anwendung von Fungiziden und angepasste Anbausysteme die einzige Möglichkeit bleiben. Jedoch ist auch die Potenz der Fungizide begrenzt. Bei Triazolen und Morpholinen ist seit langer Zeit eine quantitative Resistenz zu beobachten, die sich in einem „Shifting“ der benötigten Wirkstoffmengen äußert. 1996 wurde mit dem Wirkstoff Kresoxim-methyl ein Fungizid aus der neuen Wirkstoffklasse der Strobilurine eingeführt, das eine hohe Wirkpotenz zur Bekämpfung des Erregers aufwies. In Kombination mit Epoxiconazol wurde das Produkt Juwel in der IPS 1-Variante in Futterkamp und in der IPS-Variante in Hohenschulen genutzt. Der ebenfalls 1996 zugelassene Wirkstoff Azoxystrobin im Produkt Amistar zeigt nur eine geringe Aktivität gegen den Echten Mehltau und wurde in Kombination mit dem Mehltauspezialwirkstoff Quinoxifen aus dem Produkt

Fortress in der IPS 2-Variante in Futterkamp eingesetzt. Im Entstehungszeitraum dieser Arbeit, erstmalig im Jahr 1998, konnte in Schleswig-Holstein eine Resistenz des Erregers gegen die Wirkstoffe aus der Klasse der Strobilurine nachgewiesen werden, die qualitativer Art war. Die gleiche Entwicklung vollzog sich gegen den Wirkstoff Quinoxifen im Jahre 2001. Diese Entwicklungen beweisen die Notwendigkeit, den Befall mit Echten Mehltau nicht nur über Fungizide sondern vor allem über ausgewählte Anbausystemfaktoren und die Sortenwahl zu bekämpfen.

In Abbildung 65 ist ein typischer Befallsverlauf am Standort Futterkamp dargestellt. Es handelt sich um Daten aus dem Jahr 1998, in dem der höchste Befall auftrat. In der maximalgedüngten, gegrubberten Spätsaatvariante herrschte der höchste Krankheitsdruck. Die Epidemieentwicklung des Echten Mehltaus unterscheidet sich von der fakultativen Schaderreger hinsichtlich der Möglichkeit, dass der Befall im Vergleich zur Vorwoche zurückgehen kann, z.B. durch Witterungseinflüsse, Fungizideinsätze oder das Absterben befallener Blätter. Deshalb ist kein stetiger Anstieg der Befallswerte (BSB, GES BSB, GES BHB) sondern ein Wechsel von Zu- und Abnahme typisch für diese Form der Darstellung. Lediglich die aufsummierten Daten (SUM BSB) geben eine über den Zeitverlauf steigende Kurve wieder.

Bereits zu Beginn der Bonituren war auf den unteren Blattetagen Befall oberhalb der Schadensschwelle vorhanden (GES BHB). Nach den Niederschlagsereignissen Ende April wurde der Befall jedoch reduziert, erkennbar an den zurückgehenden Werten der Befallsstärke (GES BSB). In den folgenden Wochen baute sich auf den Blattetagen F-4 bis F-2 langsam ein höherer Befall auf, der seinen Spitzenwert Ende Mai erreichte. Der Befall auf F-5 brach zusammen, da das Blatt fortgeschrittene Seneszenz aufwies und den biotrophen Erreger nicht mehr ernähren konnte. Die starken Niederschläge Ende Mai/Anfang Juni führten auf allen bis zu diesem Zeitpunkt befallenen Blättern zu einem Rückgang der Befallswerte. Die folgende Woche mit sehr hohen Luftfeuchtigkeiten förderte erneut einen starken Aufbau der Population Mitte Juni auf den oberen vier Blattetagen. In der Folge führten jedoch sehr hohe Temperaturen zu einem Stagnieren der Population und Ende Juni starke Niederschläge zum Zusammenbruch. Mit dem weiteren Absterben der unteren Blätter und der zunehmenden Altersresistenz der oberen Blätter brach die Epidemie Anfang Juli zusammen. Dieser Befallsverlauf zeigt sehr deutlich die Abhängigkeit der Epidemie von den Witterungseinflüssen, aber auch das typische schnelle Ende der Krankheit nach der Blüte.

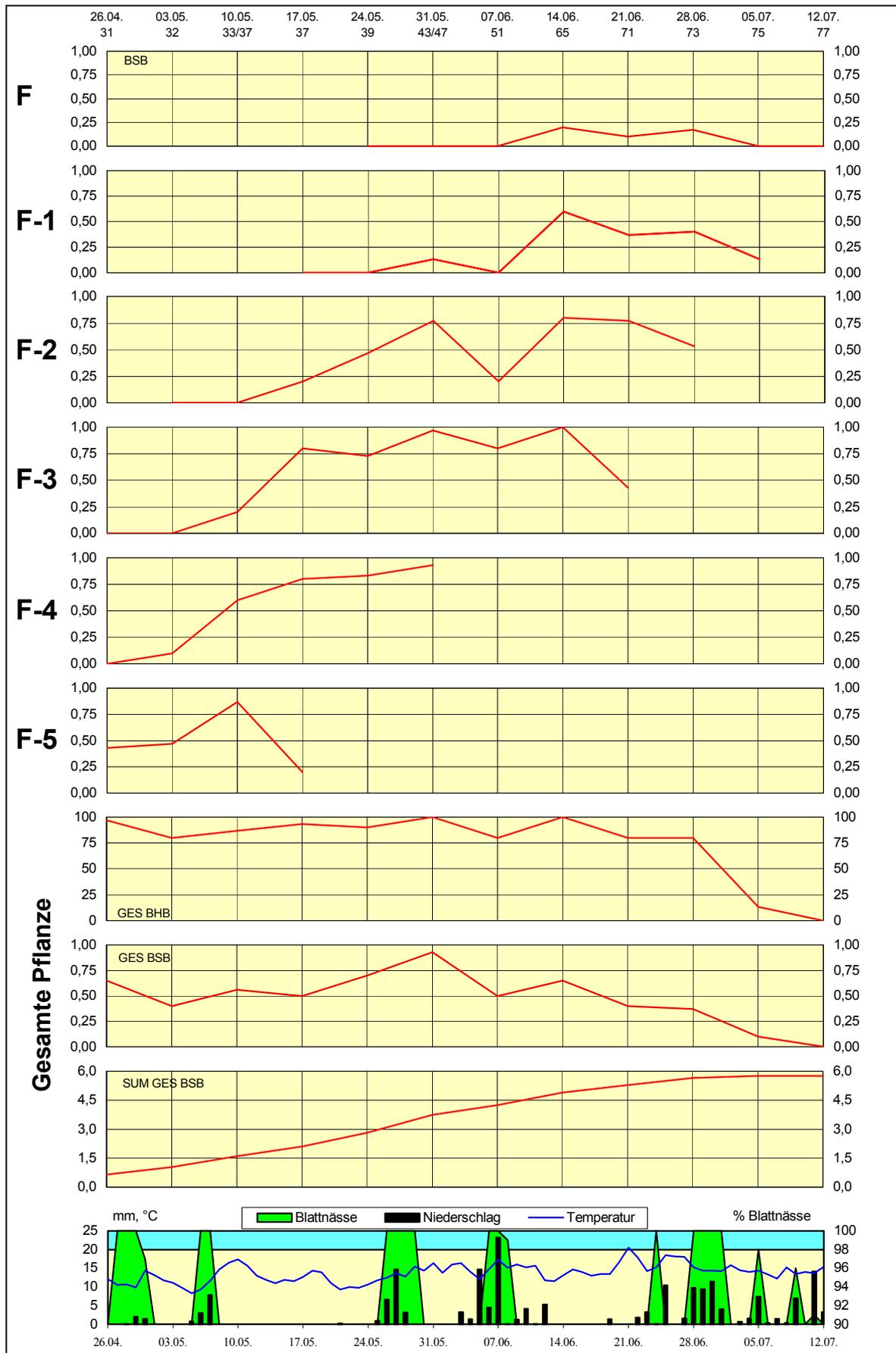


Abb. 65: Befallsverlauf von *Erysiphe graminis* in Futterkamp 1998 (Kontrolle, Grubber, Frühsaat, 240 kg N/ha).

3.3.4.1 Jahreseffekte

Der Einfluss der Versuchsjahre auf den Befall mit *E. graminis* am Standort Futterkamp wird in Abbildung 67 anhand der aufsummierten Befallswerte (SUM GES BSB) der fungizidunbehandelten Kontrollen dargestellt. Es wird deutlich, dass im Jahr 1998 die stärkste Epidemie zu verzeichnen war. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die angebaute Sorte Orestis keine hohe Anfälligkeit gegenüber dem Echten Mehltau besitzt. Dennoch können insbesondere die Daten des Jahres 1998 Aufschlüsse über die Einflüsse verschiedener Anbausystemfaktoren auf *E. graminis* bringen.

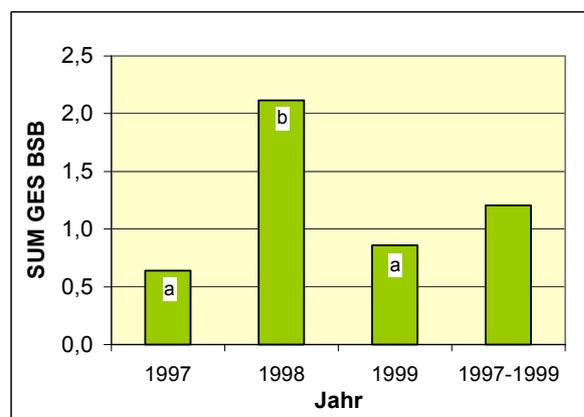


Abb. 66: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit *Erysiphe graminis* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Der Befallsdruck in Hohenschulen lag auf einem geringeren Niveau als in Futterkamp (Abbildung 67). 1997 konnte kein Befall und 1999 der höchste Befall festgestellt werden.

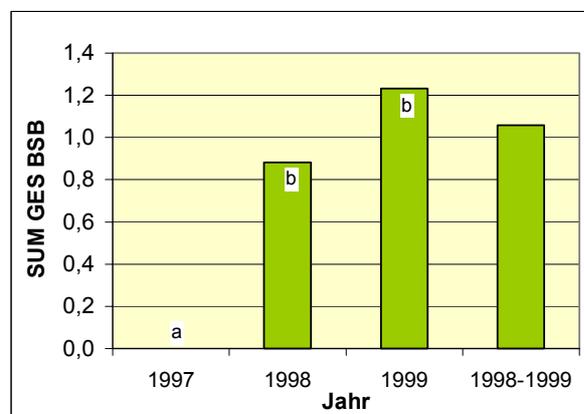


Abb. 67: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit *Erysiphe graminis* in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

3.3.4.2 Einfluss der Bodenbearbeitung

Die Verbreitung des Echten Mehltaus erfolgt in erster Linie windbürtig durch Konidienflug. Deshalb ist mit einer direkten Einwirkung der Bodenbearbeitung auf den Erreger nicht zu rechnen. Lediglich über die Beeinflussung der Vitalität der Pflanzen könnten sich Auswirkungen auf das Epidemiegesehen ergeben. In Abbildung 68 ist ein Befallsverlauf von *E. graminis* im Jahre 1998 aus Futterkamp dargestellt.

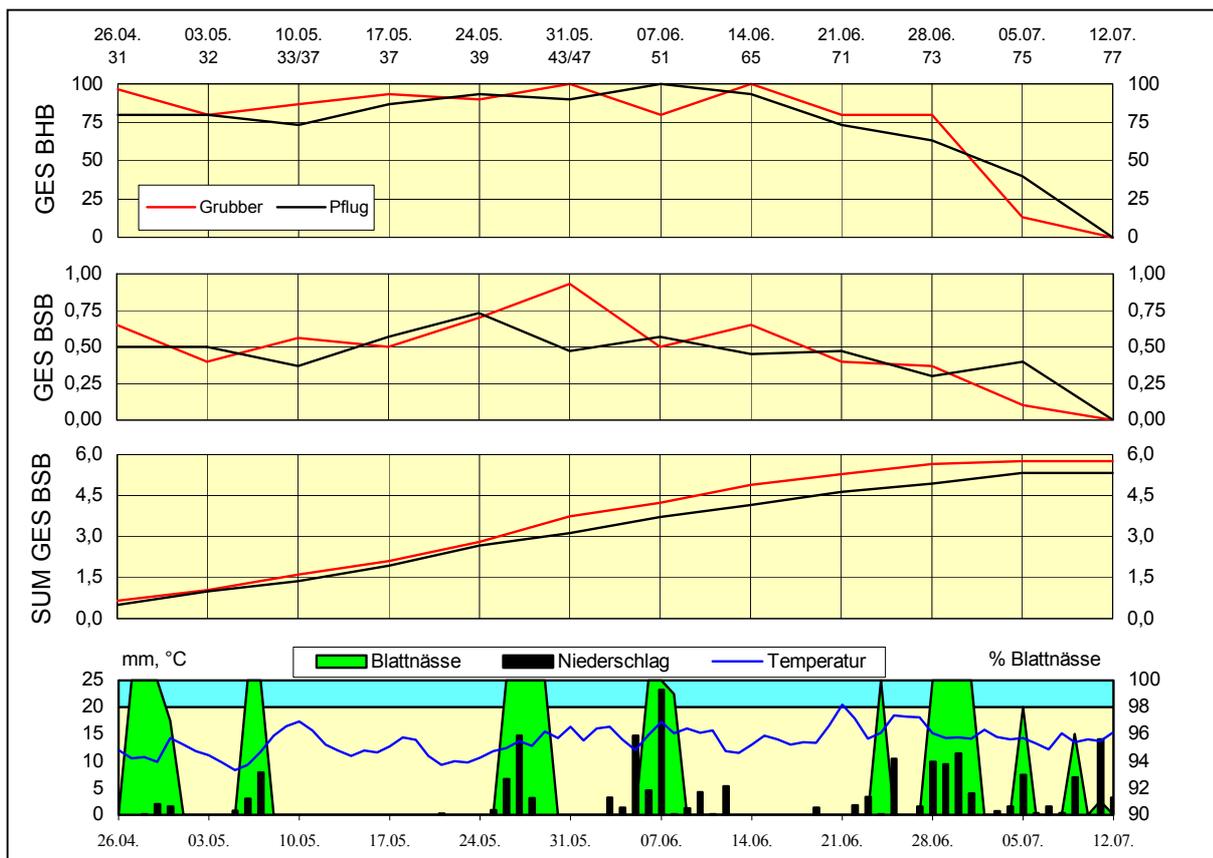


Abb. 68: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befallsverlauf von *Erysiphe graminis* in Futterkamp 1998 (Kontrolle, Spätsaat, 240 kg N/ha).

Bei der Betrachtung der Befallsverläufe zeigt sich kein Unterschied zwischen den Bodenbearbeitungssystemen. Von Woche zu Woche ändern sich die Befallsstärken (GES BSB) und auch die Befallshäufigkeiten (GES BHB), die den aktuellen Befallszustand auf den Pflanzen angeben. Es ist keine einheitliche Förderung des Befalls zu erkennen. Nur die Aufsummierung der Befallswerte (SUM BSB) liefert einen geringen Trend, dass durch das Direktsaatverfahren Grubber der Befall etwas gefördert wird. Diese Momentaufnahme des Jahres 1998 wird unterstützt durch die Analyse der Befallswerte aller Varianten in Futterkamp (Abbildung 69).

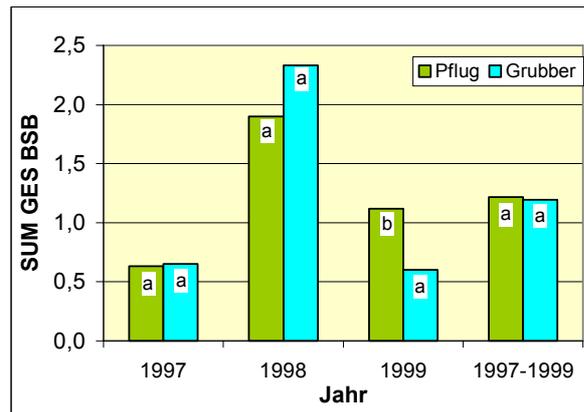


Abb. 69: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit *Erysiphe graminis* in Futterkamp
(Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Im Mittel der drei Versuchsjahre gab es keine unterschiedlichen Auswirkungen der Bodenbearbeitung auf den Befall mit Echtem Mehltau. 1998 überwog der Befall in den Varianten mit Direktsaat, 1999 in den gepflügten Varianten. Am Standort Hohenschulen (Abbildung 70) gab es dagegen in den Jahren mit Mehltaubefall eine eindeutige Förderung des Erregers durch das Direktsaatverfahren Horsch. Im Durchschnitt der beiden Versuchsjahre lag der Befall um 75% höher als in den gepflügten Varianten.

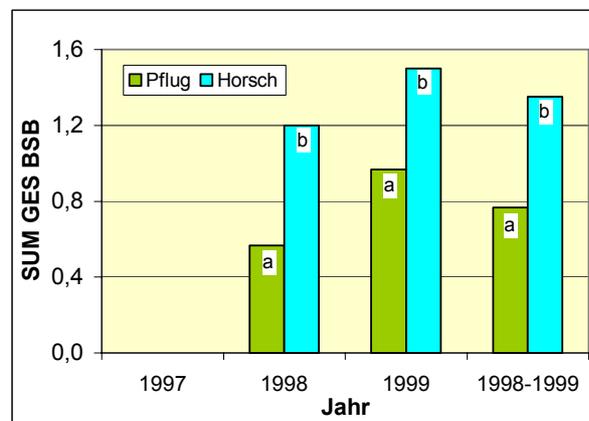


Abb. 70: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit *Erysiphe graminis* in Hohenschulen
(Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

3.3.4.3 Einfluss der Saatzeit

Da der Befall mit Echtem Mehltau in erster Linie aus windbürtigen Quellen im Frühjahr entsteht, ist die Dauer der Exposition der Pflanzen im Herbst kein entscheidender Faktor für

den Befall. Allerdings wird mit dem Saatzeitpunkt die Fitness und Widerstandsfähigkeit der Pflanzen entscheidend beeinflusst. In Abbildung 71 wird der Befallsverlauf des Echten Mehltaus in Abhängigkeit von der Saatzeit dargestellt.

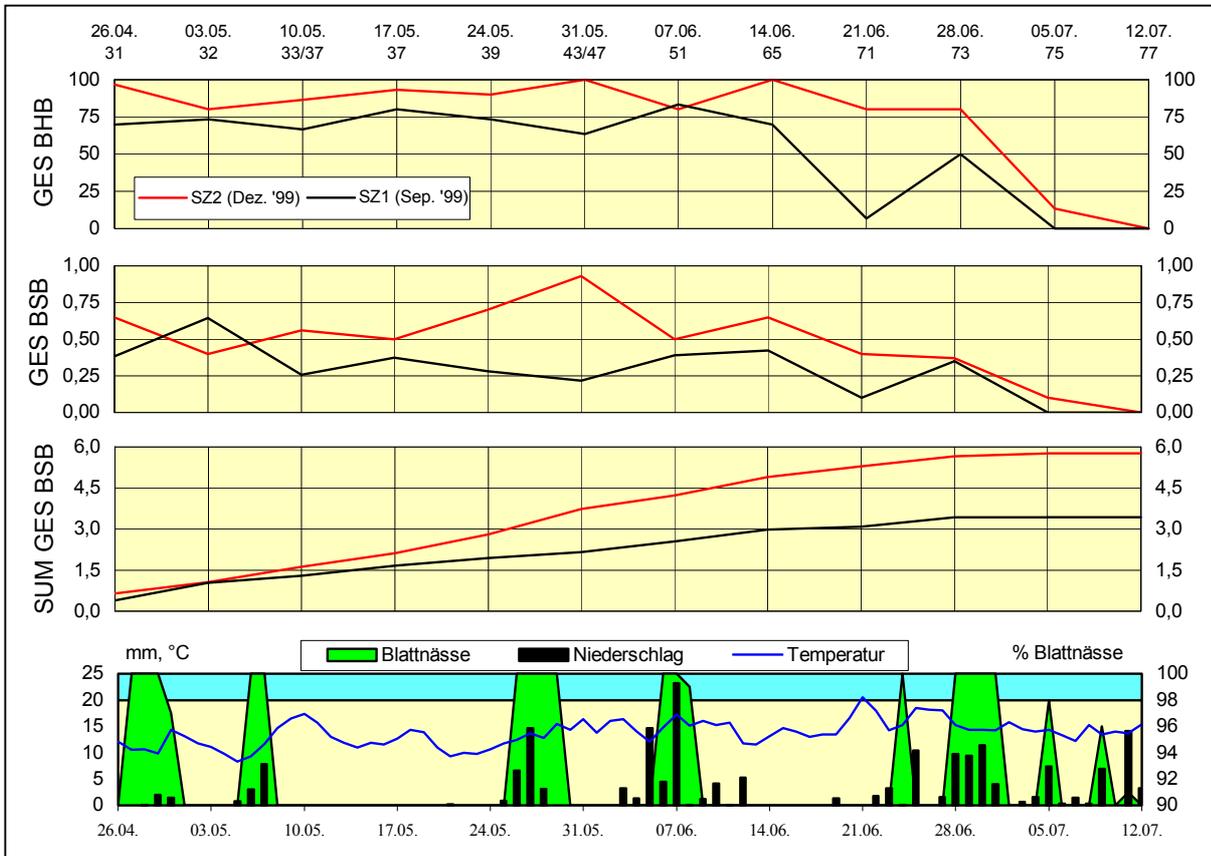


Abb. 71: Einfluss der Saatzeit auf den Befallsverlauf von *Erysiphe graminis* in Futterkamp 1999 (Kontrolle, Grubber, 240 kg N/ha).

Der Befallsverlauf zeigt, dass in der spätgesäten Variante der Befall deutlich höher ist als in der frühgesäten. Auch der Zusammenbruch der Population am Ende der Vegetation erfolgt später, da die Pflanzen der Spätsaat eine verzögerte Seneszenz aufweisen. Betrachtet man den aufsummierten Gesamtbefall, wird der Einfluss noch klarer. Die Spätsaat erreicht im Vergleich zur Frühsaat um 70% höhere Befallswerte.

Der Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit Echem Mehltau wird auch in Abbildung 72 deutlich. Es sind die aufsummierten Daten aus den fungizidunbehandelten Kontrollen in Futterkamp dargestellt. In jedem Versuchsjahr war der Befall in den Spätsaaten wesentlich höher als in den Frühsaaten. Im Durchschnitt der drei Versuchsjahre konnte ein um zweieinhalbfach höherer Befall in der Spätsaat festgestellt werden.

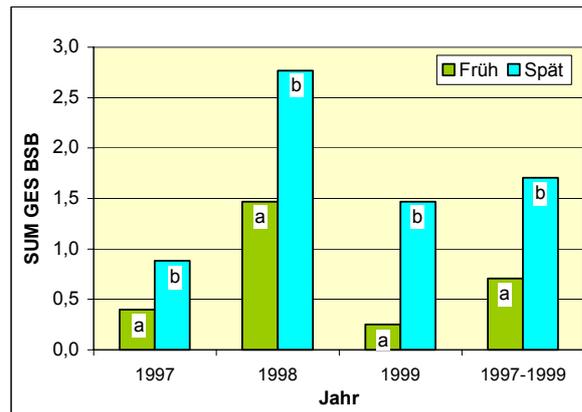


Abb. 72: Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit *Erysiphe graminis* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

3.3.4.4 Einfluss der Stickstoffdüngung

Die Stickstoffdüngung steht in einem sehr engen Zusammenhang mit der Ernährungssituation der Pflanzen und sollte damit auch für den Befall mit obligaten Parasiten wie den Erreger des Echten Mehltaus von großer Bedeutung sein. In Abbildung 73 wird ein typischer Befallsverlauf komplett über alle Blatttage dargestellt. Es wurde wiederum die fungizidunbehandelte, gegrubberte Variante der Spätsaat des Jahres 1998 gewählt, in dem das höchste Befallsniveau erreicht wurde. Bereits vom Beginn der Bonituren an ist in den gedüngten Varianten ein höherer Befall als in den ungedüngten zu verzeichnen. Ohne Stickstoffdüngung wurde die Schadschwelle von 70% GES BHB nie überschritten, die mittlere Düngungsstufe überschreitet diesen Wert dreimal, die maximalgedüngte Variante liegt bis zum Beginn der Kornfüllungsphase permanent oberhalb des Schwellenwertes.

Durch zunehmende Stickstoffdüngung setzt der Befall früher ein und die Epidemie bricht später zusammen. Auf jeder Blatttage ist eine Befallszunahme mit steigender Stickstoffdüngung zu beobachten. Lediglich in der Folge starker Niederschlagsereignisse und bei stark fortgeschrittener Nekrotisierung der befallenen Blätter kommt es zu einer Reduktion der Befallswerte. Während in der ungedüngten Variante fast kein Befall mit dem Echten Mehltau vorhanden ist, erreicht die mäßig gedüngte Variante mittlere und die hochgedüngte Variante relativ zu den anderen hohe Befallswerte. Die aufsummierten Befallsstärken liegen in der Variante N2 ca. viermal, in der Variante N9 ca. zehnmal höher als in der ungedüngten Variante N1.

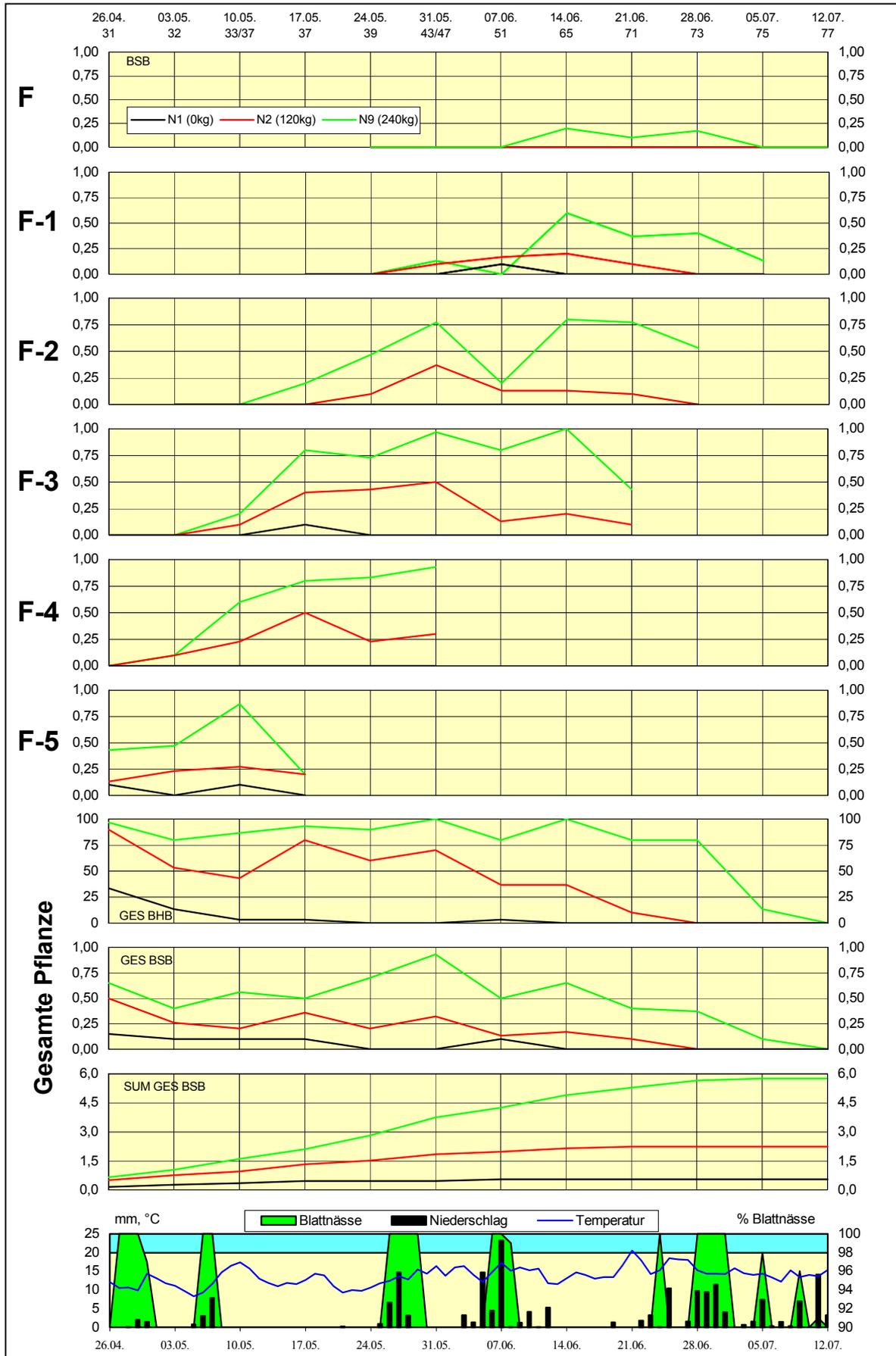


Abb. 73: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befallsverlauf von *Erysiphe graminis* in Futterkamp 1998 (Kontrolle, Grubber, Spätsaat).

Der Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit *E. graminis* wird in Abbildung 74 am Standort Futterkamp als SUM GES BSB der Kontrollvarianten dargestellt. Die bereits oben erkannten Unterschiede zwischen den Düngungsstufen werden auch hier nachvollziehbar. Die ungedüngten Varianten sind nahezu befallsfrei, die mäßig gedüngten Varianten weisen bereits ein deutlich höheres Befallsniveau auf, der stärkste Befallsanstieg ergibt sich jedoch durch die maximal ausgebrachte Stickstoffmenge der Variante N9. Im Durchschnitt der Versuchsjahre führt die Düngung von 120 kg N/ha zu einem fünffach höheren und die Düngung von 240 kg N/ha zu einem zehnfach höheren Befall mit Echtem Mehltau.

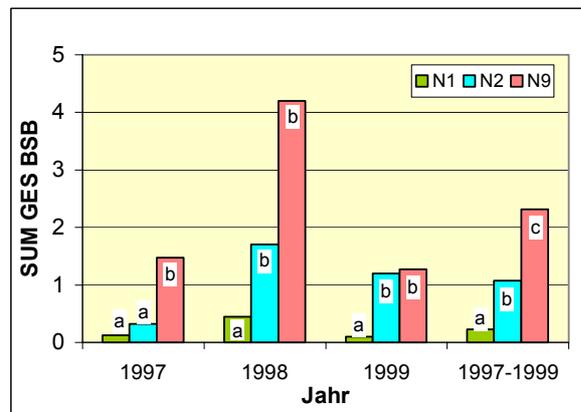


Abb. 74: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit *Erysiphe graminis* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Auch am Standort Hohenschulen (Abbildung 75) lassen sich diese Ergebnisse nachvollziehen. Der Unterschied zwischen den beiden gedüngten Varianten war jedoch noch größer, allerdings war das Befallsniveau insgesamt geringer als in Futterkamp.

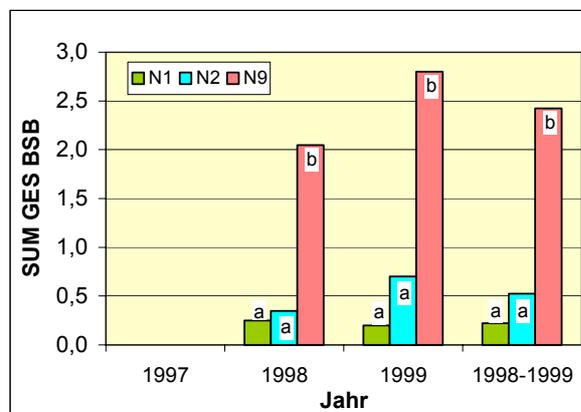


Abb. 75: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit *Erysiphe graminis* in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen unbehandelten Varianten).

3.3.4.5 Einfluss des Fungizideinsatzes

Wenn der Erreger des Echten Mehltaus optimale Bedingungen vorfindet, ist meist nur noch eine chemische Bekämpfung zur Ertragssicherung möglich. Die oben dargelegten Ergebnisse zeigen, dass in den hochgedüngten schleswig-holsteinischen Anbausystemen in anfälligen Sorten mit dem Auftreten des Erregers zu rechnen ist. In Abbildung 76 ist der Befallsverlauf am Standort Futterkamp des Jahres 1998 in Abhängigkeit vom Fungizideinsatz dargestellt. Erneut wurden aufgrund des hohen Befalls die gegrubberten Spätsaaten ausgewählt, um möglichst große Unterschiede zu bekommen.

Bereits zu Beginn der Bonituren wurde zu EC 31 eine Befallshäufigkeit (GES BHB) von fast 100% festgestellt und damit der erste Schwellenwert überschritten (Befall auf F-5 bis F-3). Zu EC 32 erfolgte zusätzlich eine Infektion mit *S. tritici*, so dass eine kombinierte Bekämpfung beider Erreger möglich wurde. Der Fungizideinsatz erfolgte in der dritten Woche zu EC 33. Eine Woche nach der Applikation war bereits die kurative Wirkung auf den Blattetagen F-4 und F-3 zu erkennen, naturgemäß besser in der Variante IPS 1 mit dem Produkt Juwel (kurativ und protektiv) als in der Variante IPS 2 mit der Tankmischung Amistar/Fortress (protektiv). In der zweiten Woche brach die Wirkung in der IPS 1-Variante jedoch bereits ab, deutlich ersichtlich am Verlauf der Befallshäufigkeit GES BHB. Die protektive Leistung der Variante IPS 2 konnte den Befall weiter unterdrücken.

Drei Wochen nach der Applikation wurde aufgrund einer erneuten Infektion mit *S. tritici* der zweite Fungizideinsatz notwendig, der sofort durchgeführt wurde. In der Folgeweche (EC 51) ging auch der Befall in der unbehandelten Kontrolle durch die starken Niederschläge zurück. Erst danach zeigte sich die Wirkung der Applikationen. Beide Fungizid-Varianten vermochten es, den Befall mit Echtem Mehltau auf den oberen Blättern zu kontrollieren, bis die Epidemie in der Milchreifephase zusammenbrach.

Betrachtet man den aufsummierten Befall (SUM GES BSB), wird die Effektivität der Fungizidmaßnahmen deutlich. Nach Durchführung der ersten Applikation bis zum Ende der Bonituren ist insgesamt nur noch ein geringer Befallsanstieg zu verzeichnen. Zwischen den unterschiedlichen IPS-Varianten ist keine Wirkungsdifferenz festzustellen. Der Befall wurde im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle sehr gut bekämpft.

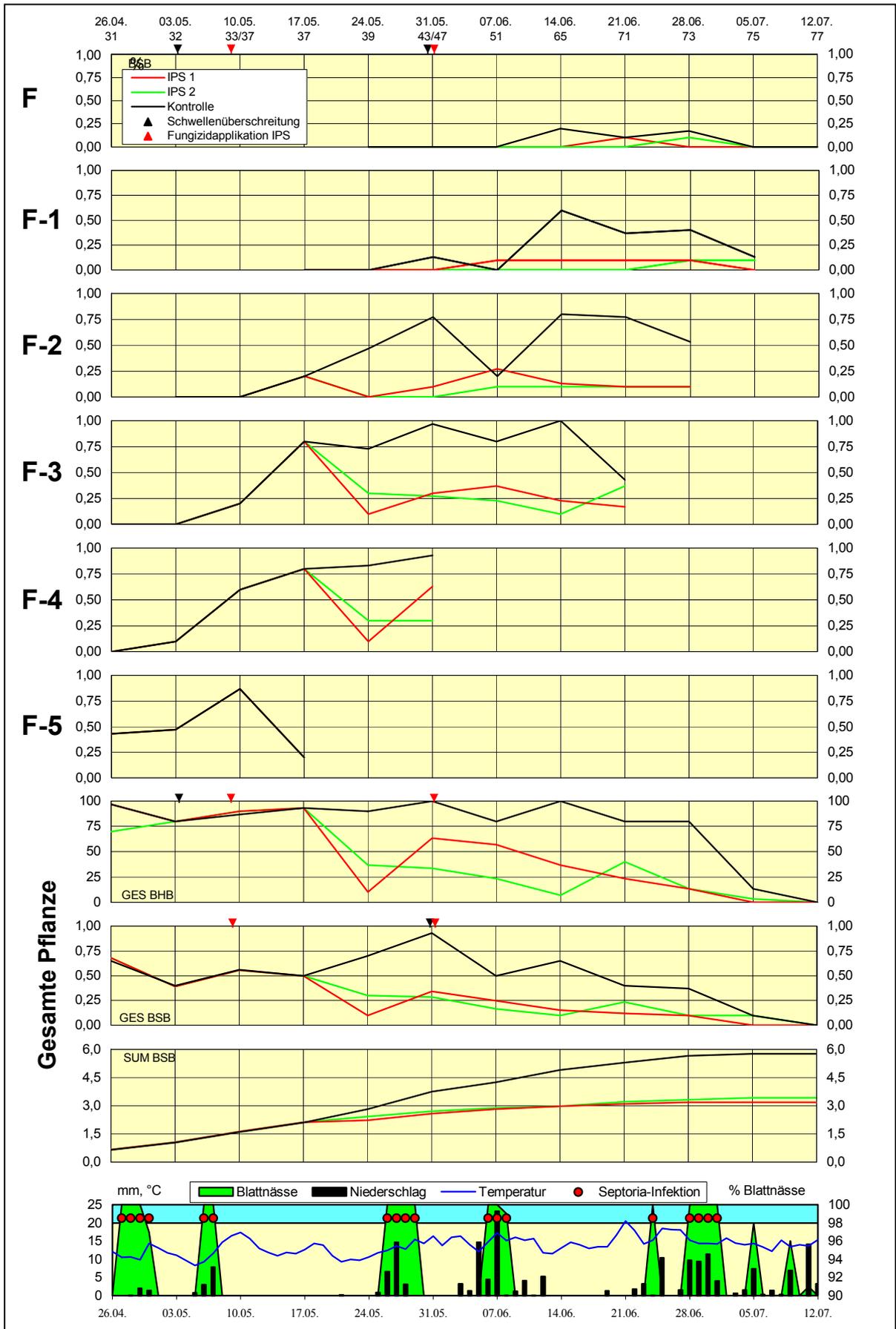


Abb. 76: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befallsverlauf von *Erysiphe graminis* in Futterkamp 1998 (Grubber, Spätsaat, 240 kg N/ha).

In Abbildung 77 wird die Wirkung der Fungizidmaßnahmen über die drei Versuchsjahre am Standort Futterkamp als Summenwerte der Befallsstärke (SUM GES BSB) dargestellt. Es wurden die hochgedüngten Varianten der Spätsaat ausgewählt, da nur bei den dort vorhandenen Befallswerten nennenswerte Wirkungsgrade erzielt werden konnten. Da in die Befallswerte auch die Daten vor dem Fungizideinsatz eingehen, ist in allen Jahren in den fungizidbehandelten Varianten ein Anfangsbefall vorhanden, der nicht bekämpft werden kann. Trotzdem ist eine deutliche Wirkung in den ersten beiden Versuchsjahren zu erkennen. Im Jahr 1999 ist jedoch kaum ein Unterschied zur unbehandelten Kontrolle sichtbar.

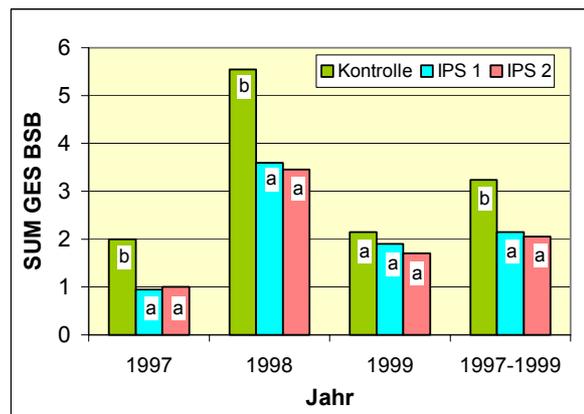


Abb. 77: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit *Erysiphe graminis* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten der Spätsaat mit 240 kg N/ha).

Die Wirkungsgrade der Bekämpfung des Echten Mehltaus am Standort Futterkamp werden in Abbildung 78 untersucht.

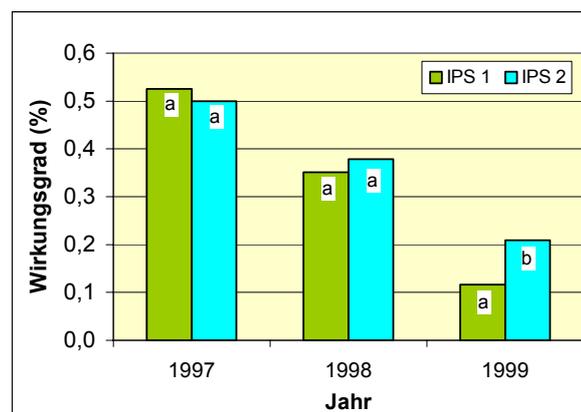


Abb. 78: Wirkungsgrade der Fungizidapplikationen gegen *Erysiphe graminis* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten der Spätsaat mit 240 kg N/ha).

Es zeichnet sich über die Jahre ein klarer Trend ab, dass die Wirksamkeit beider aktiver Wirkstoffe zurückgeht. Der Rückgang erfolgt beim Kresoxim-methyl von 53% über 35% auf 12% und damit in größerem Ausmaß als beim Quinoxifen (von 50% über 38% auf 21%). Von der Potenz der Wirkstoffe her wäre der Wirkungsgrad des Quinoxifen als schwächer einzustufen, da die kurative Aktivität fehlt. Vor diesem Hintergrund ist die sogar schwächere Wirkung des Kresoxim-methyls in den Jahren 1998 und 1999 noch stärker zu bewerten. Diese über die Jahre abnehmenden Wirkungsgrade könnten bereits als Hinweis auf die sich bildenden unempfindlichen Stämme des Echten Mehltaus angesehen werden.

Am Standort Hohenschulen war ein im Vergleich zum Standort Futterkamp geringerer Befallsdruck zu verzeichnen (Abbildung 79). Lediglich in den Jahren 1998 und 1999 wurde Befall bonitiert. Das hier eingesetzte Produkt Jewel konnte den Befall ebenfalls merklich kontrollieren. Allerdings blieb auch in Hohenschulen insbesondere im Jahr 1999 ein relativ hoher Anfangsbefall zurück.

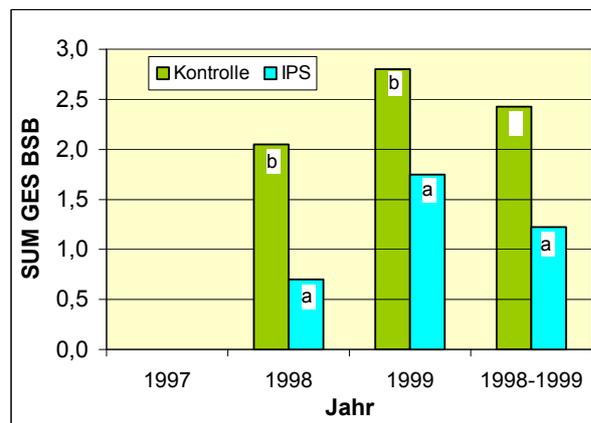


Abb. 79: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit *Erysiphe graminis* in Hohenschulen (Mittelwerte aller Varianten mit 240 kg N/ha).

Betrachtet man die Wirkungsgrade in Hohenschulen, wird auch hier ein Rückgang deutlich (Abbildung 80), wenn auch in geringerem Ausmaß als in Futterkamp. Durch den aufgrund des fehlenden Befalls vermutlich mangelnden Selektionsdruck im Jahr 1997 konnten sich erst durch den Einsatz des Kresoxim-methyl im Jahr 1998 resistente Pathotypen bilden. Der Wirkungsgrad fiel dann mit 66% von einem höheren Niveau als in Futterkamp auf 38% im letzten Versuchsjahr. Dieser Rückgang ist sogar stärker als der Rückgang in Futterkamp vom ersten zum zweiten Versuchsjahr. Grundsätzlich kann für das Produkt Jewel ein offensichtlicher Rückgang der Wirksamkeit nach bereits wenigen Anwendung festgestellt werden. Aber auch der Wirkstoff Quinoxifen scheint bereits einen Teil seiner Wirksamkeit zu verlieren.

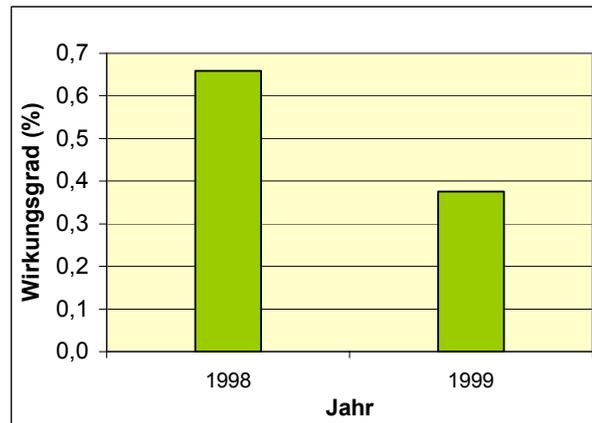


Abb. 80: Wirkungsgrade der Fungizidapplikationen gegen *Erysiphe graminis* in Hohenschulen (Mittelwerte aller Varianten mit 240 kg N/ha).

3.3.5 *P. recondita*

Wie der Echte Mehltau, so gehören auch die Rosterreger *P. recondita* und *P. striiformis* zu den obligat biotrophen Parasiten der Weizenpflanzen. Die klimatischen Bedingungen in Schleswig-Holstein sind eher der Entwicklung des Gelbrostes förderlich, da dieser bereits bei gemäßigten Temperaturen in die exponentielle Phase der Epidemie übergeht, während der Braunrost ein höheres Temperaturoptimum aufweist. Dennoch konnte in den drei Versuchsjahren nur der Erreger des Braunrostes festgestellt werden. Er trat sowohl in Futterkamp als auch in Hohenschulen in jedem Versuchsjahr auf. Dies erklärt sich in erster Linie durch die hohe Anfälligkeit der gewählten Sorte Orestis, die in der Beschreibenden Sortenliste auf der neunstufigen Skala mit 7 eingestuft ist.

Abbildung 81 stellt einen typischen Befallsverlauf des Braunrostes dar. Ausgewählt wurde eine Spätsaat, gegrubbert, mit maximaler Stickstoffdüngung des Jahres 1999, fungizid-unbehandelt. In dieser Variante war der höchste Befall zu verzeichnen. Das auffälligste Merkmal des Befallsverlaufes ist das späte Erstauftreten des Erregers zum Ende des Ährenschiebens Mitte Juni. Es folgte ein verhaltener aber stetiger Befallsanstieg auf den oberen drei Blättern mit einer horizontalen Verbreitung der Krankheit im Bestand. Erst in der Phase der Milchreife Anfang Juli förderten sehr warme Witterungsbedingungen mit Tagesdurchschnittstemperaturen von über 20°C eine starke vertikale Vermehrung des Erregers bis zum Ende der Kornfüllungsphase. Dabei erreicht der Befall auf dem Fahnenblatt 90% des Gesamtbefalls.

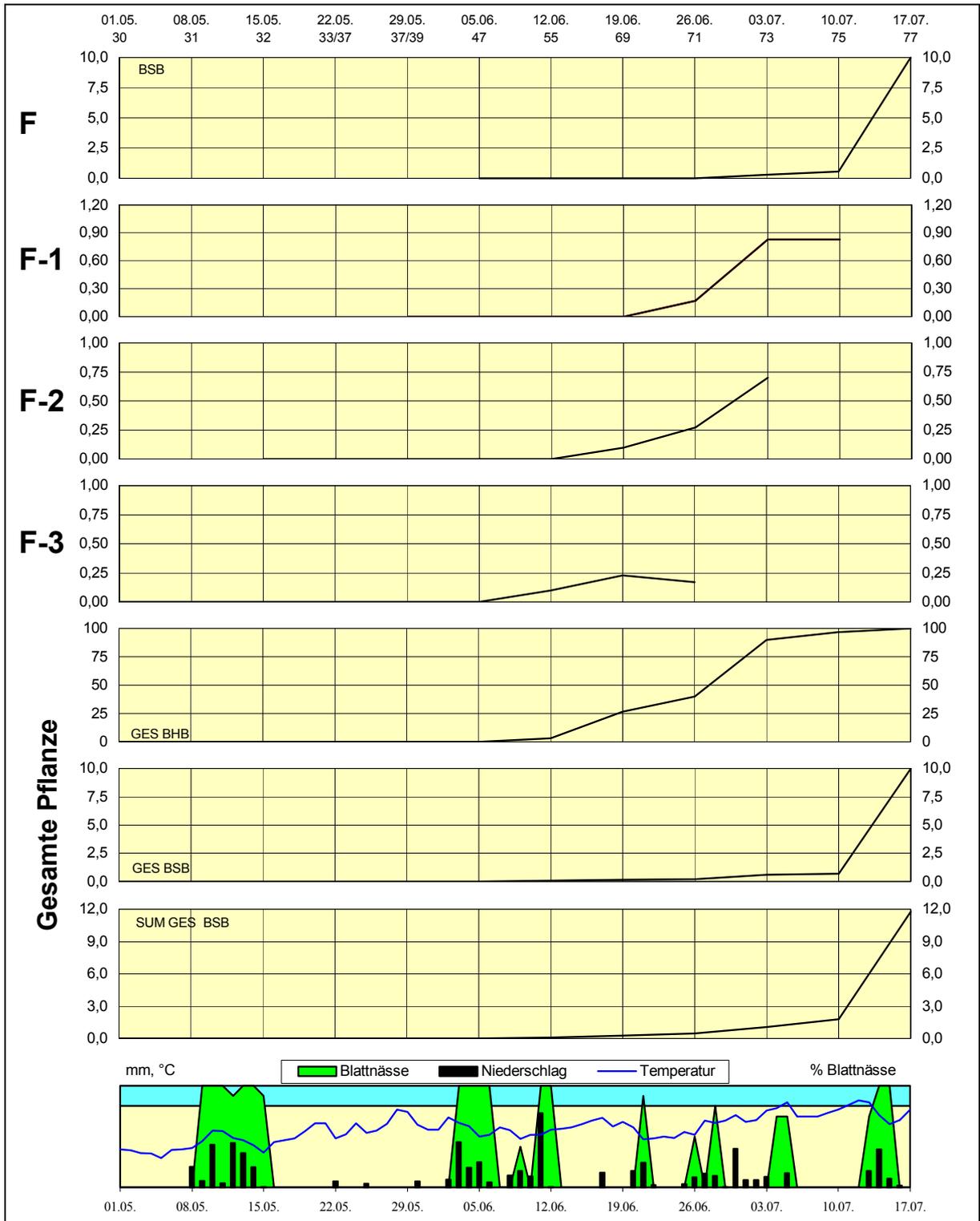


Abb. 81: Befallsverlauf *Puccinia recondita* in Futterkamp 1999 (unbehandelt, Grubber, Spätsaat, 240 kg N/ha).

3.3.5.1 Jahreseffekte

Zwischen den Versuchsjahren gab es am Standort Futterkamp erhebliche Unterschiede im Auftreten des Erregers. 1997 konnte nur ein sehr geringer Befall beobachtet werden, dagegen ergab sich in den beiden Folgejahren ein höherer Befallsdruck. Der aufsummierte Gesamtbefall (SUM GES BSB) der unbehandelten Kontrollen aus Futterkamp wird in Abbildung 82 dargestellt.

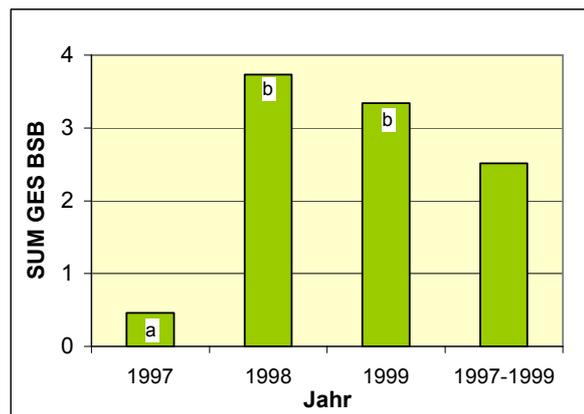


Abb. 82: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit *Puccinia recondita* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Am Standort Hohenschulen war der Erreger in allen Versuchsjahren von untergeordneter Bedeutung. 1997 trat der Braunrost nicht auf, 1998 und 1999 blieb er auf einem sehr niedrigen Befallsniveau (Abbildung 83).

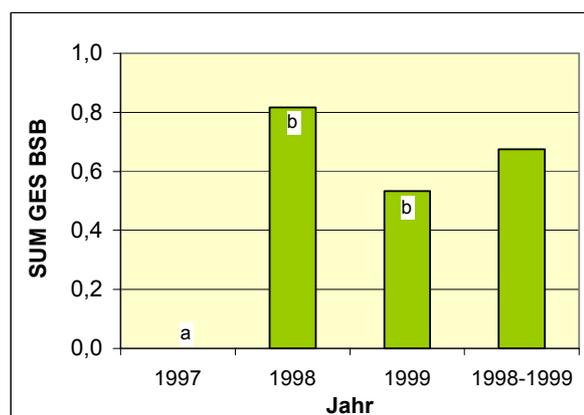


Abb. 83: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit *Puccinia recondita* in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

3.3.5.2 Einfluss der Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung übt am Standort Futterkamp keinen eindeutigen Einfluss auf die Epidemiologie des Braunrost-Erregers aus. In den Versuchsjahren 1997 und 1998 wurde in den gepflügten Varianten ein höherer Befallswert verzeichnet, allerdings mit nur geringen Unterschieden zu den gegrubberten Varianten. Im Jahr 1999 jedoch lag der Befall in den Varianten mit konservierender im Vergleich zur wendenden Bodenbearbeitung mehr als doppelt so hoch (Abbildung 84).

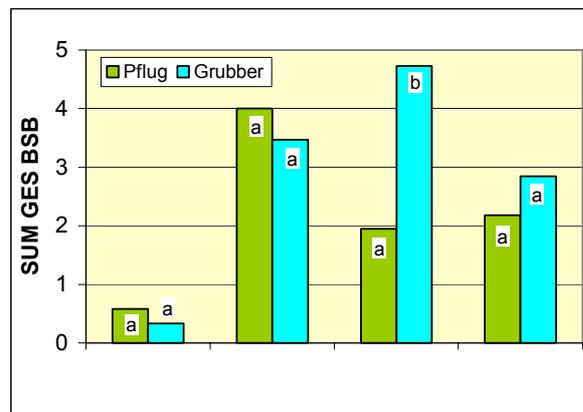


Abb. 84: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit *Puccinia recondita* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Am Standort Hohenschulen ist die Tendenz in beiden Jahren mit Auftreten des Erregers eindeutiger. Die Frässohlendirektsaat nach dem Horsch-Verfahren wirkte sich fördernd auf den Befall mit *P. recondita* aus (Abbildung 85).

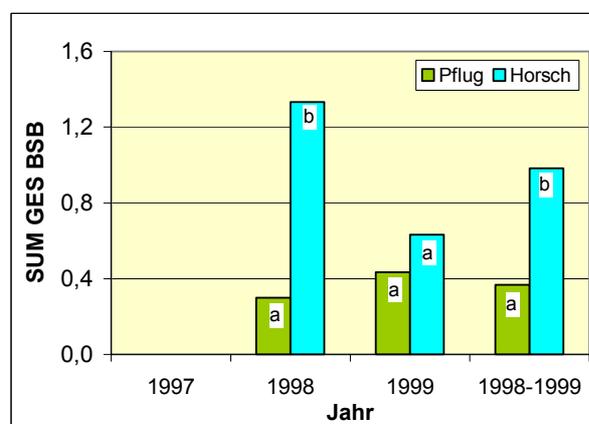


Abb. 85: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit *Puccinia recondita* in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

3.3.5.3 Einfluss der Saatzeit

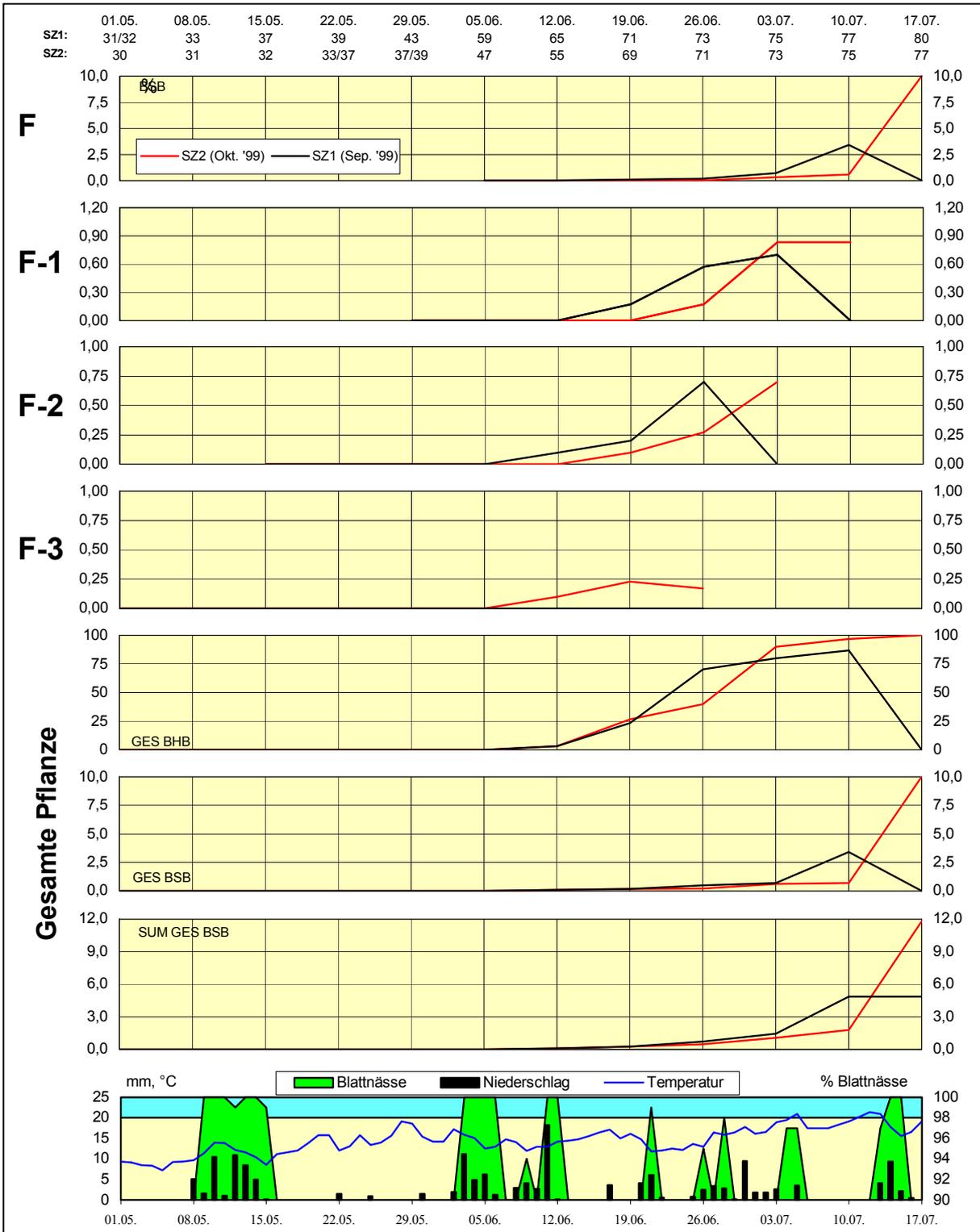


Abb. 86: Einfluss der Saatzeit auf den Befallsverlauf von *Puccinia recondita* in Futterkamp 1999 (unbehandelt, Grubber, 240 kg N/ha).

Die Auswirkungen der verschiedenen Saatzeiten werden am Beispiel Futterkamp 1999 (Grubber, 240 kg N/ha) in Abbildung 86 dargestellt. Der Erstbefall wird in beiden Varianten am 12. Juni festgestellt. In der Fröhsaat erfolgt eine schnelle Ausbreitung auf den oberen drei Blattetagen. In der Spätsaat entwickelt sich der Befall meist um eine Woche verzögert. Durch das frühere Absterben der Blätter in der Fröhsaat bricht die Population hier früher zusammen. Die Spätsaat weist demgegenüber auch in der Phase des stärksten Krankheitsdrucks im Juli noch grüne Blattmasse auf, so dass der Erreger insbesondere das Fahnenblatt noch in hohem Maße befallen kann. Die längere Grünerhaltung der Blätter führt in diesem Versuchsjahr letztlich zu einem stärkeren Befall durch den Braunrost.

Abbildung 87 zeigt den Einfluss der Saatzeiten auf die Entwicklung des Braunrostbefalls über alle Versuchsjahre in Futterkamp. In den Jahren 1997 und 1999 kann der fördernde Einfluss der Spätsaat auf den Erreger bestätigt werden, 1998 jedoch, im Jahr mit dem größten zeitlichen Abstand der Saattermine weist die Fröhsaat den höchsten Befall auf. Da in diesem Versuchsjahr am Ende der Vegetationsphase nicht entsprechend hohe Temperaturen wie in den anderen Jahren erreicht wurden, konnte sich entgegen dem in Abbildung 86 gezeigten Befallsverlauf kein später Befall auf den noch grünen Blättern etablieren. Der frühere Befall in der Fröhsaat hat somit auch den stärksten Gesamtbefall verursacht. Ein grundsätzlich fördernder Effekt, wie er beim Erreger des Echten Mehltaus beobachtet wurde, ergibt sich somit nicht.

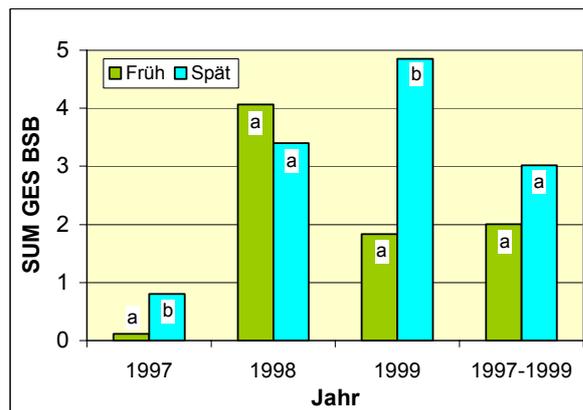


Abb. 87: Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit *Puccinia recondita* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

3.3.5.4 Einfluss der Stickstoffdüngung

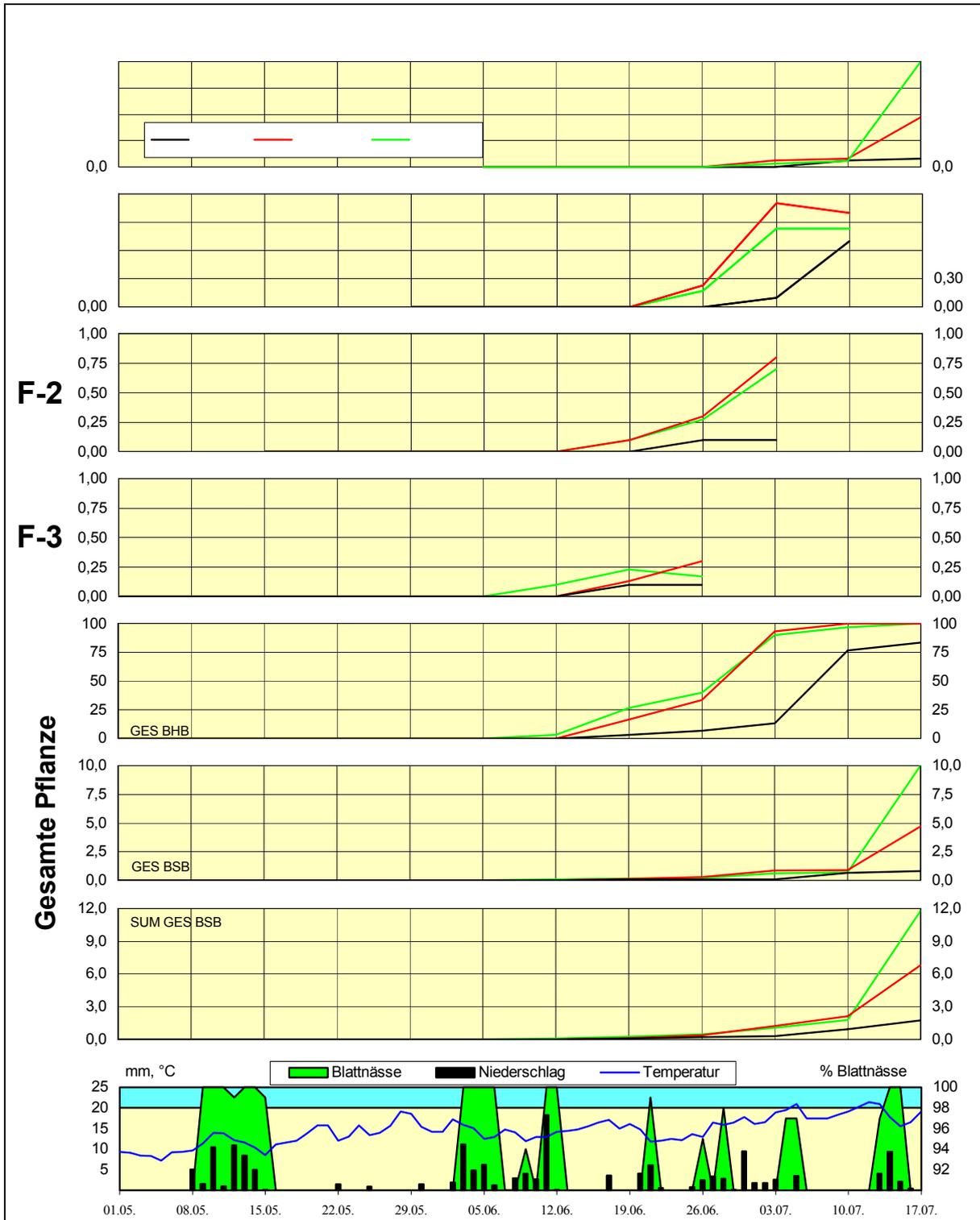


Abb. 88: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befallsverlauf von *Puccinia recondita* in Futterkamp 1999 (unbehandelt, Grubber, Spätsaat).

Abbildung 88 stellt einen typischen Befallsverlauf von *P. recondita* in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung dar. Der Erstbefall konnte für die maximalgedüngte Stickstoffvariante eine Woche früher als in den anderen Varianten bereits am 12. Juni festgestellt werden. In der Folge entwickelte sich der Befall auf den oberen Blättern in den beiden gedüngten Varianten nahezu parallel mit einem etwas geringeren Befall in der mäßig gedüngten Variante. Am 3. Juli war der Bestand zu 100% durchseucht (GES BHB). Lediglich in der ungedüngten Variante waren weniger als 15% der Pflanzen befallen. Der starke Befallsanstieg in der letzten Boniturwoche verdeutlichte nochmals die fördernde Wirkung einer zunehmenden Stickstoffversorgung auf den Erreger des Braunrostes. Während in der ungedüngten Variante kaum zusätzlicher Befall auftrat, wurde in der mäßig gedüngten Variante auf dem Fahnenblatt ein Befall von 5% und in der maximal gedüngten Variante von 10% (BSB) festgestellt.

Die Boniturergebnisse zum Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Braunrostbefall sind in Abbildung 89 wiedergegeben. Die für den Erreger positive Wirkung wird in allen Versuchsjahren deutlich, auch im Jahr 1997 mit einem sehr geringen Befallsniveau. Im Mittel der drei Versuchsjahre führten 120 kg N/ha zu einem mehr als doppelt und 240 kg N/ha zu einem dreimal so hohen Befall mit Braunrost im Vergleich zur ungedüngten Variante.

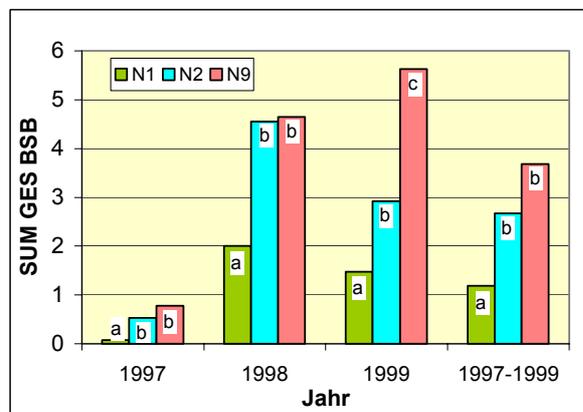


Abb. 89: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit *Puccinia recondita* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

Am Standort Hohenschulen konnten bei niedrigerem Befallsniveau in den beiden Jahren mit Braunrostbefall die gleichen Ergebnisse wie in Futterkamp erzielt werden. Allerdings ist die Befallsdifferenz zwischen den gedüngten Stickstoffvarianten größer, die ungedüngte und die mäßig gedüngte Variante liegen dafür enger zusammen (Abbildung 90).

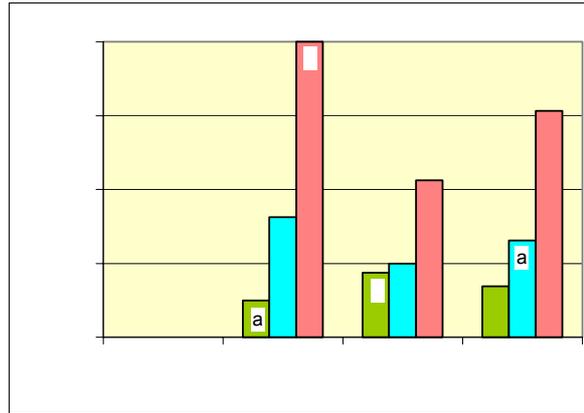


Abb. 90: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit *Puccinia recondita* in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidunbehandelten Varianten).

3.3.5.5 Einfluss des Fungizideinsatzes

In Abbildung 91 wird der Befallsverlauf des Braunrost-Erregers am Beispiel Futterkamp des Jahres 1999 dargestellt. Genutzt wurden die gegrubberten, maximalgedüngten Spätsaatvarianten mit den höchsten Befallswerten. Das erste Erregerauftreten in der Vegetation erfolgte in der unbehandelten Kontrolle in der Mitte des Ährenschiebens auf der Blatttage F-3. Der Befall breitete sich in drei Wochen über den gesamten unbehandelten Bestand aus, bei allerdings noch geringen Befallsstärken. In den IPS-Varianten wurde bereits vor dem Erstauftreten zweimal ein Fungizid zur Kontrolle der *Septoria*-Blattdürre und des Echten Mehltaus eingesetzt. Damit konnten die oberen Blatttagen zunächst befallsfrei gehalten werden. In der Variante IPS 1, in der Jewel zum Einsatz kam, wurde bis zum Ende der Bonituren kein Befall festgestellt. Die Wirkung in der Variante IPS 2, in der Amistar und Fortress appliziert wurden, ließ jedoch zur Milchreife nach, so dass sich ein geringer Endbefall etablieren konnte. Es wurden über 50% der Pflanzen befallen, die Befallsstärke blieb allerdings auf niedrigem Niveau.

Dieser Befallsverlauf verdeutlicht die Gefahr, die der Erreger des Braunrostes in sich birgt. Selbst in der unbehandelten Kontrolle wurde eine Schwellenüberschreitung erst zu EC 71 festgestellt. Zu diesem Zeitpunkt ist zulassungsbedingt kein Einsatz der Fungizide mehr erlaubt. Es bleibt also nur die Möglichkeit, den Erreger protektiv zu bekämpfen. Deshalb wird im Rahmen des IPS-Modells auch die Empfehlung ausgesprochen, bei fehlender Schwellen-

überschreitung zwischen EC 43 und 69 eine protektive Maßnahme zum Schutz der Kornfüllungsphase mit reduzierter Aufwandmenge durchzuführen.

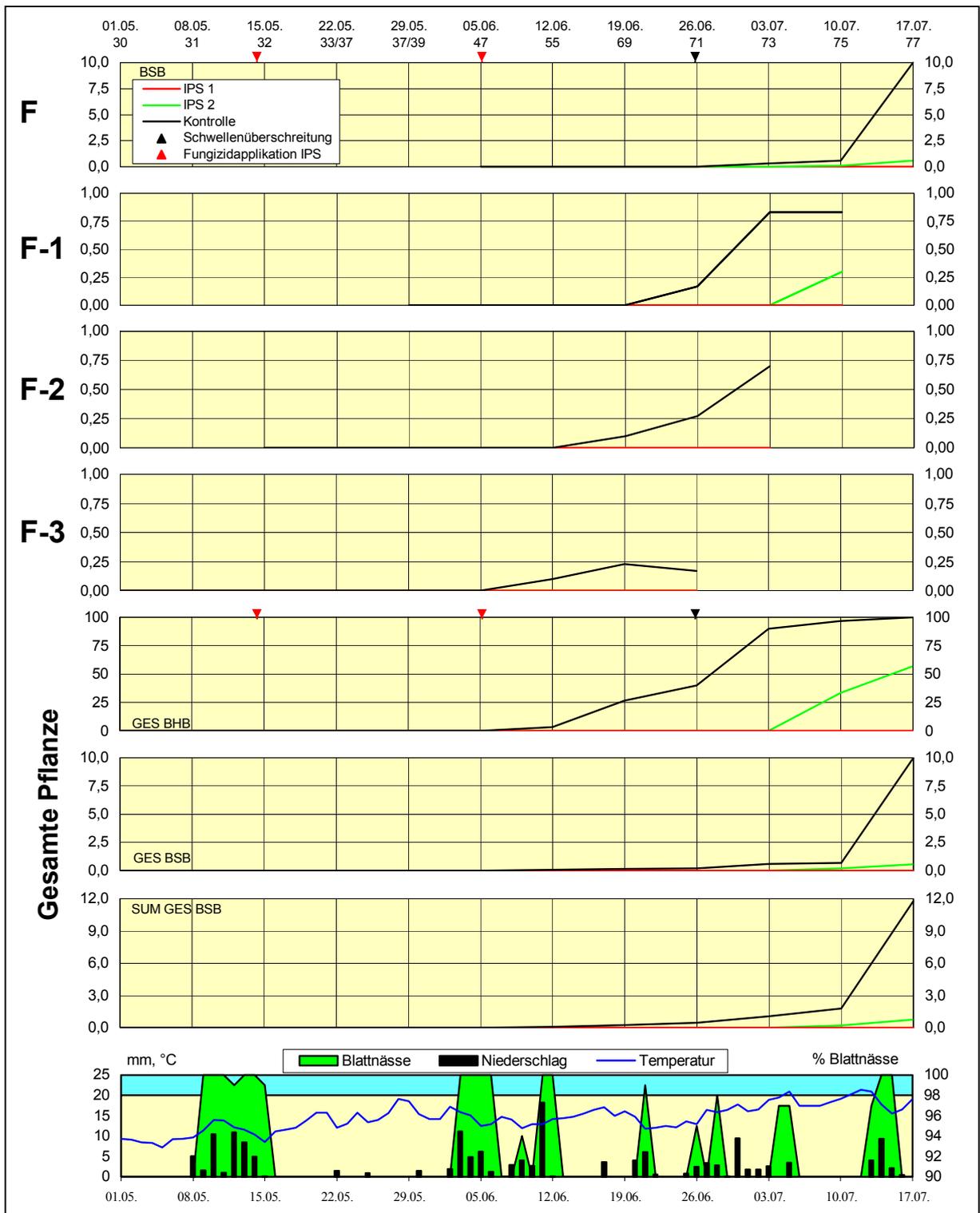


Abb. 91: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befallsverlauf von *Puccinia recondita* in Futterkamp 1999 (Grubber, Spätsaat, 240 kg N/ha).

Abbildung 92 zeigt die Wirkung der Fungizidvarianten auf den Befall mit dem Braunrost-Erreger in Futterkamp. Die Variante IPS 1 hat den Befall in jedem Jahr vollständig kontrolliert und lediglich in der Abreifephase vereinzelt ein Lager mit Uredosporen zugelassen. Damit hat das Produkt Jewel einen Wirkungsgrad von 99% erreicht. Dagegen hat die Variante IPS 2 den Befall zwar deutlich reduziert, es blieb aber ein Restbefall, der sich mit der schwächeren Wirkung des Produktes Amistar auf den Braunrost-Erreger erklärt. Der Wirkungsgrad wurde mit 75% errechnet.

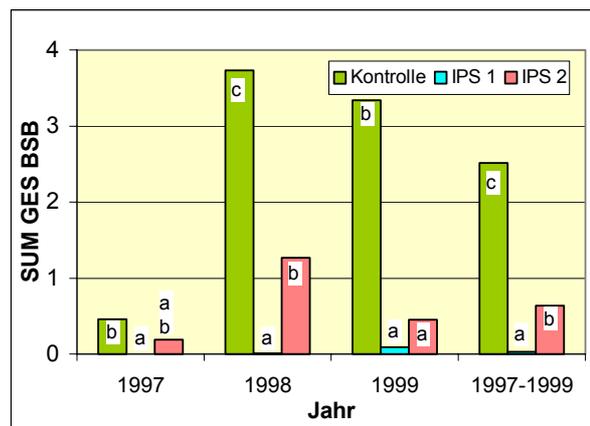


Abb. 92: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit *Puccinia recondita* in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

In Hohenschulen (Abbildung 93) kam in der IPS-Variante nur Jewel zum Einsatz. Auch hier wurde der Erreger des Braunrostes sehr gut kontrolliert. Im Mittel der drei Versuchsjahre wurde ein Wirkungsgrad von 94% erreicht, bei einem allerdings im Vergleich zum Standort Futterkamp sehr niedrigen Befallsniveau.

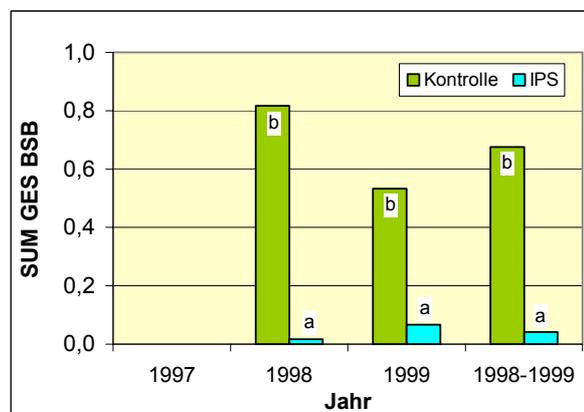


Abb. 93: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit *Puccinia recondita* in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.3.6 Ährenfusarium

Fusariosen erzeugen unter für die Erreger günstigen Bedingungen Mykotoxine in den Ernteprodukten, die für Warmblüter hoch toxisch sind und deshalb aus der Nahrungskette herausgehalten werden sollen. Durch die Züchtung kurzstrohiger, standfester Sorten hat die Belastung des Erntegutes mit Mykotoxinen in den vergangenen Jahren bei entsprechender Witterung stark zugenommen. Dies führte zur gesetzlichen Festsetzung von Grenzwerten für den Mykotoxingehalt im Korn. Deshalb hat die Bekämpfung der Ährenfusariosen besondere Bedeutung gewonnen. Da die zugelassenen Wirkstoffe gar keine oder nur Teilerfolge in der Bekämpfung ermöglichen, muss ein besonderes Augenmerk neben der Sortenwahl auf das Anbausystem gelegt werden. Als entscheidende Faktoren werden hier die Vorfruchtgestaltung, Sortenwahl und Bodenbearbeitung genannt. Durch die dreigliedrige Fruchtfolge steht der Weizen im Versuchsablauf immer nach der Gesundfrucht Raps. Dies erklärt die relativ niedrigen Befallswerte, obwohl die Sorte Orestis als mittelanfällig eingestuft ist.

Da die Infektionen erst in der Blüteperiode stattfinden, tritt der Erreger erst spät in der Kornfüllungsphase auf. Deshalb können im folgenden keine Befallsverläufe gezeigt werden, sondern es werden die Ergebnisse der Abschlussbonitur gezeigt. Zusätzlich zu den bekannten Fungizid-Varianten IPS 1 und IPS 2 wurden bei der Abschlussbonitur auch Daten für die Gesundvariante erhoben, die eine stadienbezogene Dreifachbehandlung mit einer Tankmischung aus den Produkten Amistar und Fortress erhielt. Da am Standort Hohenschulen nur sehr geringer Befall auftrat, werden die Daten nicht präsentiert.

3.3.6.1 Jahreseffekte

Der Einfluss der Versuchsjahre auf den Endbefall der Ähren mit *Fusarium* spp. wird in Abbildung 94 am Standort Futterkamp anhand der Befallsstärken (BSB) der unbehandelten Varianten dargestellt. 1997 konnte an den Ähren nur ein relativ geringer Befall festgestellt werden, 1999 ein mäßiger. Im Versuchsjahr 1998 hingegen war ein höherer Endbefall zu verzeichnen, der bereits auf dem Feld visuell als lachsrote Färbung zahlreicher Ährchen oder als Weißährigkeit zu erkennen war. Die zugehörigen Befallshäufigkeiten (BHB) lagen 1997 bei 9%, 1998 bei 38% und 1999 bei 28%. Diese Grafik verdeutlicht, dass Ährenfusarium ein Problem einzelner Jahre ist.

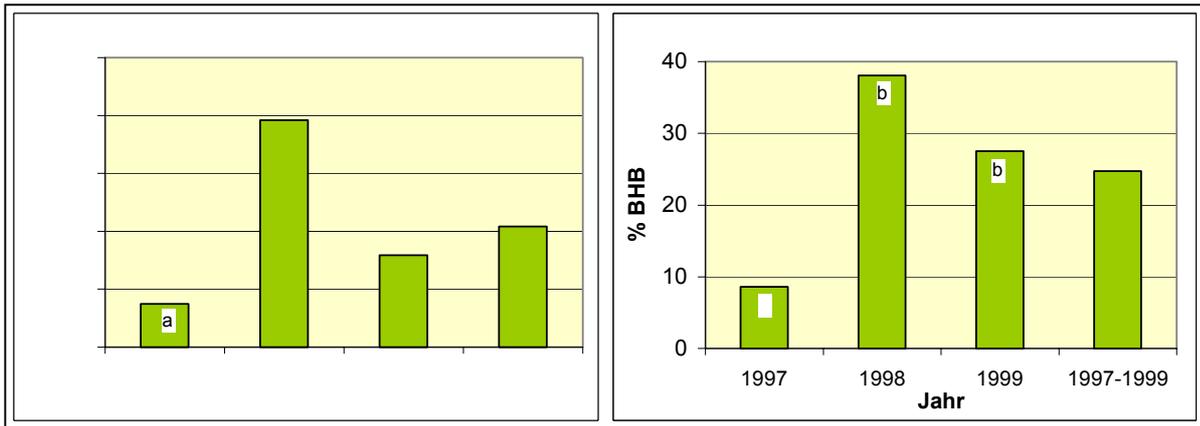


Abb. 94: Einfluss des Versuchsjahres auf den Befall mit Ährenfusariosen in Futterkamp (Mittelwerte aus allen unbehandelten Kontrollen).

3.3.6.2 Einfluss der Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung gilt als ein wichtiger Faktor bei der pflanzenbaulichen Bekämpfung der Fusariosen. Abbildung 95 verdeutlicht den Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Endbefall mit *Fusarium* spp. in den Kontrollvarianten am Standort Futterkamp.

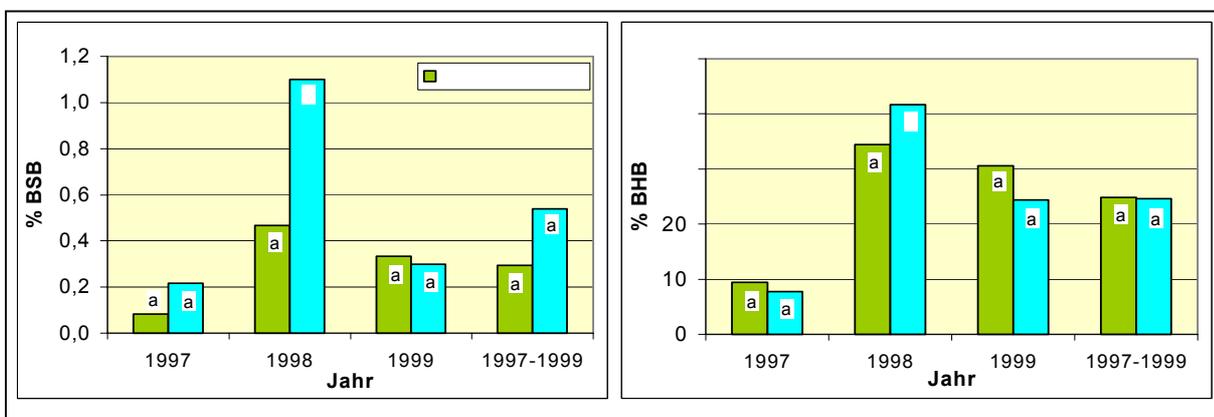


Abb. 95: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall mit Ährenfusariosen in Futterkamp (Mittelwerte aus allen unbehandelten Kontrollen).

Das Versuchsjahr 1998 wird aufgrund des relativ hohen Befalls als Referenzjahr herangezogen. In diesem Jahr zeigt sich eine stark fördernde Wirkung der Direktsaat auf den Fusariumbefall. Die Befallsstärke (BSB) ist mehr als doppelt so hoch. Die Befallshäufigkeit (BHB) reagiert dagegen kaum auf die verschiedenen Bodenbearbeitungssysteme, d.h. die horizontale Durchseuchung des Bestandes wird nicht beeinflusst, jedoch die vertikale, die sich in der Befallsstärke ausdrückt, weist einen insgesamt sehr geringen Befall mit Ährenfusarium

auf. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass selbst in einem relativ risikoarmen Anbausystem durch die Direktsaat der Fusariumbefall gefördert wird.

3.3.6.3 Einfluss der Saatzeit

Die Saatzeit liefert nur im Befallsjahr 1998 Unterschiede im Hinblick auf eine Befallsförderung der Ährenfusariosen. Durch die Spätsaat, die im Jahr 1998 10 Wochen später durchgeführt wurde als die Fröhsaat, wird die Befallsstärke (BSB) in den fungizid-unbehandelten Varianten mehr als halbiert, die Anzahl befallener Pflanzen (BHB) dagegen nicht beeinflusst (Abbildung 96).

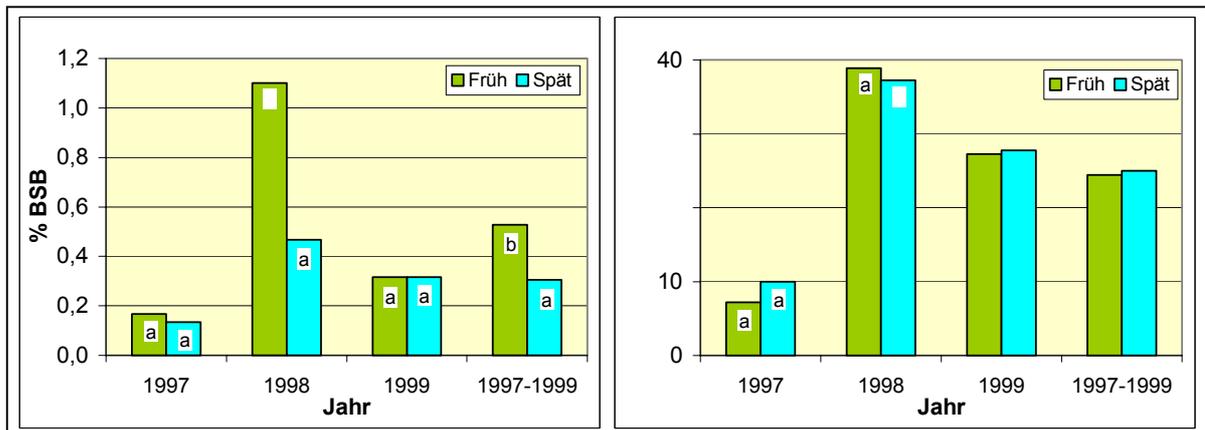


Abb. 96: Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit Ährenfusariosen in Futterkamp (Mittelwerte aus allen unbehandelten Kontrollen).

3.3.6.4 Einfluss der Stickstoffdüngung

Die Auswirkungen einer steigenden Stickstoffdüngung auf den Endbefall mit *Fusarium* spp. wird in Abbildung 96 am Standort Futterkamp dargestellt. Im Jahr 1998 ist ein Zusammenhang zu erkennen. Durch die Zunahme der Stickstoffversorgung wird sowohl die Befallsstärke (BSB) als auch die Befallshäufigkeit (BHB) gefördert, d.h. durch die bessere Stickstoffdüngung der Pflanzen steigt nicht nur die Wahrscheinlichkeit von Ährenfusariosen, sondern auch die Befallsintensität nimmt zu.

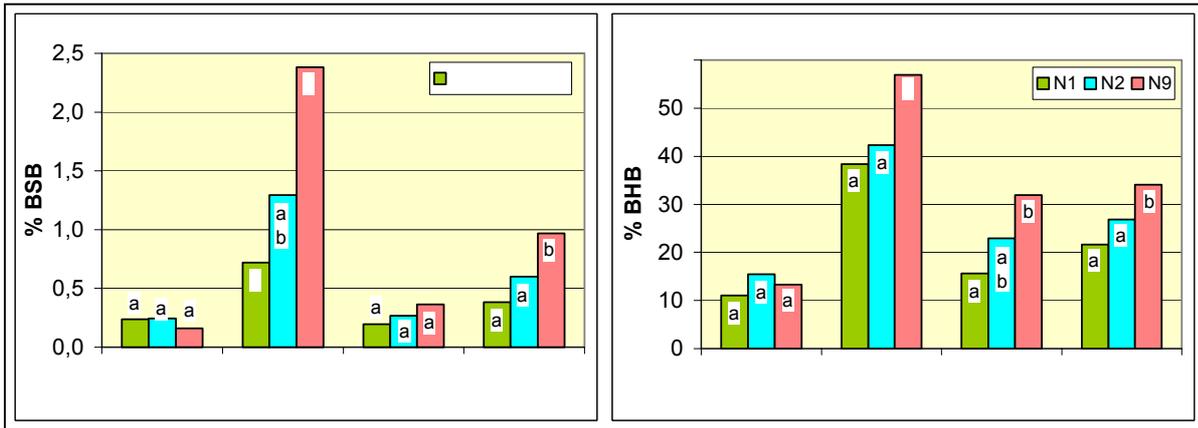


Abb. 97: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit Ährenfusariosen in Futterkamp
(Mittelwerte aus allen unbehandelten Kontrollen).

3.3.6.5 Einfluss des Fungizideinsatzes

Der Einsatz von Fungiziden ist die letzte Möglichkeit, den Befall mit Ährenfusariosen zu reduzieren. Es gibt wenige zugelassene Produkte, deren Wirksamkeit meist jedoch nicht ausreichend ist. Von den im Projekt eingesetzten Produkten ist Jewel für die Bekämpfung von Fusariosen zugelassen. In Abbildung 98 sind die Auswirkungen des Fungizideinsatzes dargestellt. In Jahren mit geringem Befall (1997 und 1999) ist keine Befallsreduktion (BSB) durch den Fungizideinsatz zu erkennen. Im Jahr 1998 mit stärkerem Befall ergibt sich sogar eine Förderung durch die Fungizide. Die Befallszunahme von der unbehandelten Kontrolle über die Variante IPS 2 (zweimalige Anwendung des Strobilurin-Wirkstoffes Azoxystrobin) zur Gesund-Variante (dreimalige Anwendung) legt die Vermutung nahe, dass mit zunehmendem Einsatz eines Strobilurins der Befall mit Ährenfusariosen zunimmt. In diesem Fall weist die Gesund-Variante einen dreifach höheren Befall als die unbehandelte Kontrolle auf. Betrachtet man die Befallshäufigkeiten (BHB), so sind die Unterschiede zwischen den Varianten geringer. In der Tendenz zeigt sich aber auch hier eine positive Korrelation zwischen Fungizideinsatz und Befall. Diese Ergebnisse liefern zwar Hinweise, es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Fungizidapplikationen nicht im optimalen Bekämpfungszeitraum (nach derzeitigem Wissensstand nach Niederschlägen in der Blüteperiode) ausgebracht wurden. Nur im Jahr 1997 erfolgte eine termingerechte Applikation. Bei geringem Befall wurde auch hier kein Bekämpfungserfolg erzielt.

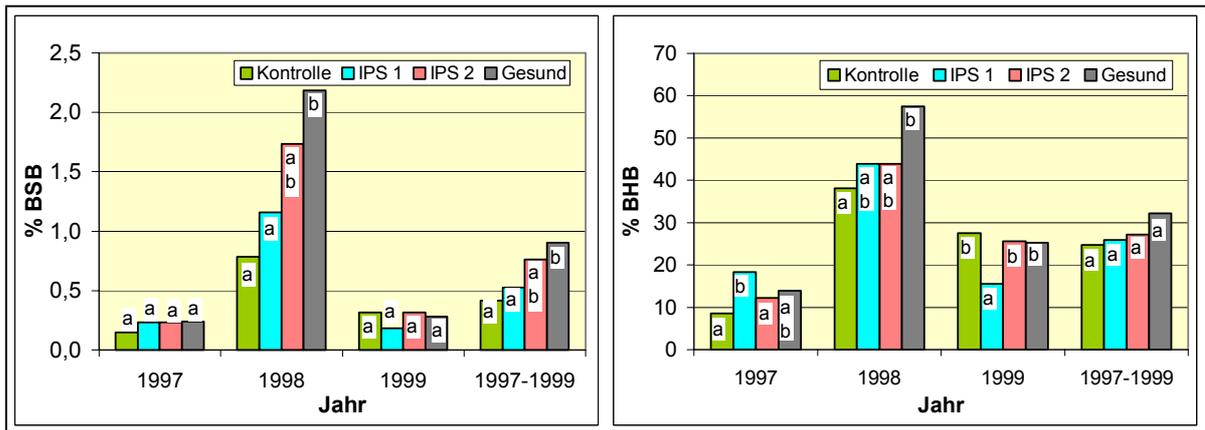


Abb. 98: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Befall mit Ährenfusariosen in Futterkamp
(Mittelwerte aus allen Varianten).

3.3.7 Nekrotisierungsgrad

Die Gesunderhaltung und Verzögerung der Seneszenz der Blätter ist das Ziel aller ackerbaulichen Maßnahmen, da die Blätter durch die Assimilatbereitstellung letztlich für den gewünschten Ertrag sorgen. Bestimmt wird als Maßzahl der Nekrotisierungsgrad, der sich aus der Nekrotisierung des Fahnenblattes und F-1 in der Kornfüllungsphase ergibt. Nekrotisierungsgrad und Kornertrag sind eng negativ korreliert. Der Nekrotisierungsgrad wird direkt durch Blattnekrosen verursachende Schaderreger aber auch durch den Ernährungszustand der Pflanzen beeinflusst. In den fungizidbehandelten Varianten können die Auswirkungen des Anbausystems auf die natürliche Seneszenz ohne den Einfluss von Krankheitserregern beurteilt werden. Im folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Anbausystemfaktoren auf die Nekrotisierung dargestellt.

3.3.7.1 Jahreseffekte

Zwischen den Versuchsjahren zeigen sich deutliche Unterschiede im Hinblick auf den Nekrotisierungsgrad (Abbildung 99). Da dieser nicht zu einem bestimmten Datum, sondern zum exakt gleichen Entwicklungsstadium EC 71 bis EC 77 in jedem Jahr festgestellt wurde, ergibt sich eine direkte Vergleichsmöglichkeit der assimilatorischen Leistung, die witterungs-, krankheits- und anbaubedingt für die Ausbildung des Kornertrages zur Verfügung stand.

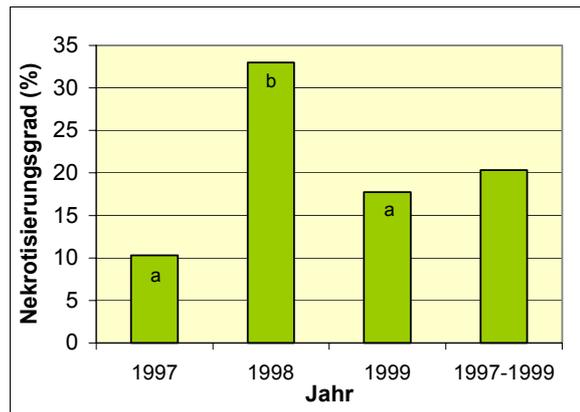


Abb. 99: Einfluss der Versuchsjahre auf den Nekrotisierungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Im Jahr 1997 wurde im Mittel über alle Varianten der niedrigste Nekrotisierungsgrad festgestellt. Die oberen Blätter standen während der Kornfüllungsphase mit fast 90% grüner Blattmasse für die Ertragsbildung zur Verfügung. Im Jahre 1999 stand mit 82% ein etwas geringerer Blattanteil zur Verfügung, so dass mit reduzierten Erträgen gerechnet werden muss. Im Jahr 1998 jedoch wurde der höchste Nekrotisierungsgrad gemessen. Nur 63% grüne Blattmasse konnten für die Kornfüllung genutzt werden. Der hohe Nekrotisierungsgrad im Jahr 1998 steht vor allem mit dem hohen Krankheitsdruck in engem Zusammenhang. Auch am Standort Hohenschulen (Abbildung 100) wurde im Jahr 1998 der höchste Nekrotisierungsgrad verzeichnet, der geringste im Jahr 1999. Im Durchschnitt der drei Versuchsjahre stand in Hohenschulen im Vergleich zum Standort Futterkamp für die Kornfüllung weniger grüne Blattmasse zur Verfügung. Dies lässt darauf schließen, dass aufgrund der Standortfaktoren ein geringeres Ertragspotenzial vorliegt.

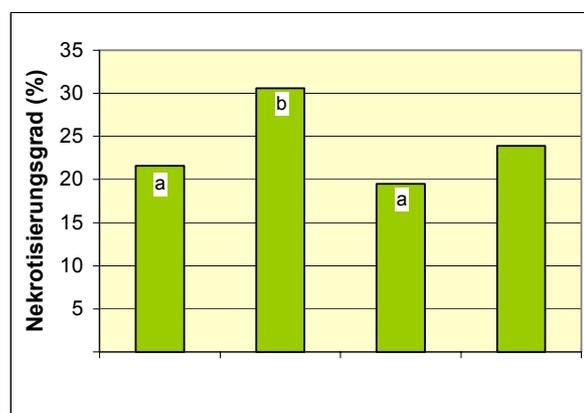


Abb. 100: Einfluss des Versuchsjahres auf den Nekrotisierungsgrad in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.3.7.2 Einfluss der Bodenbearbeitung

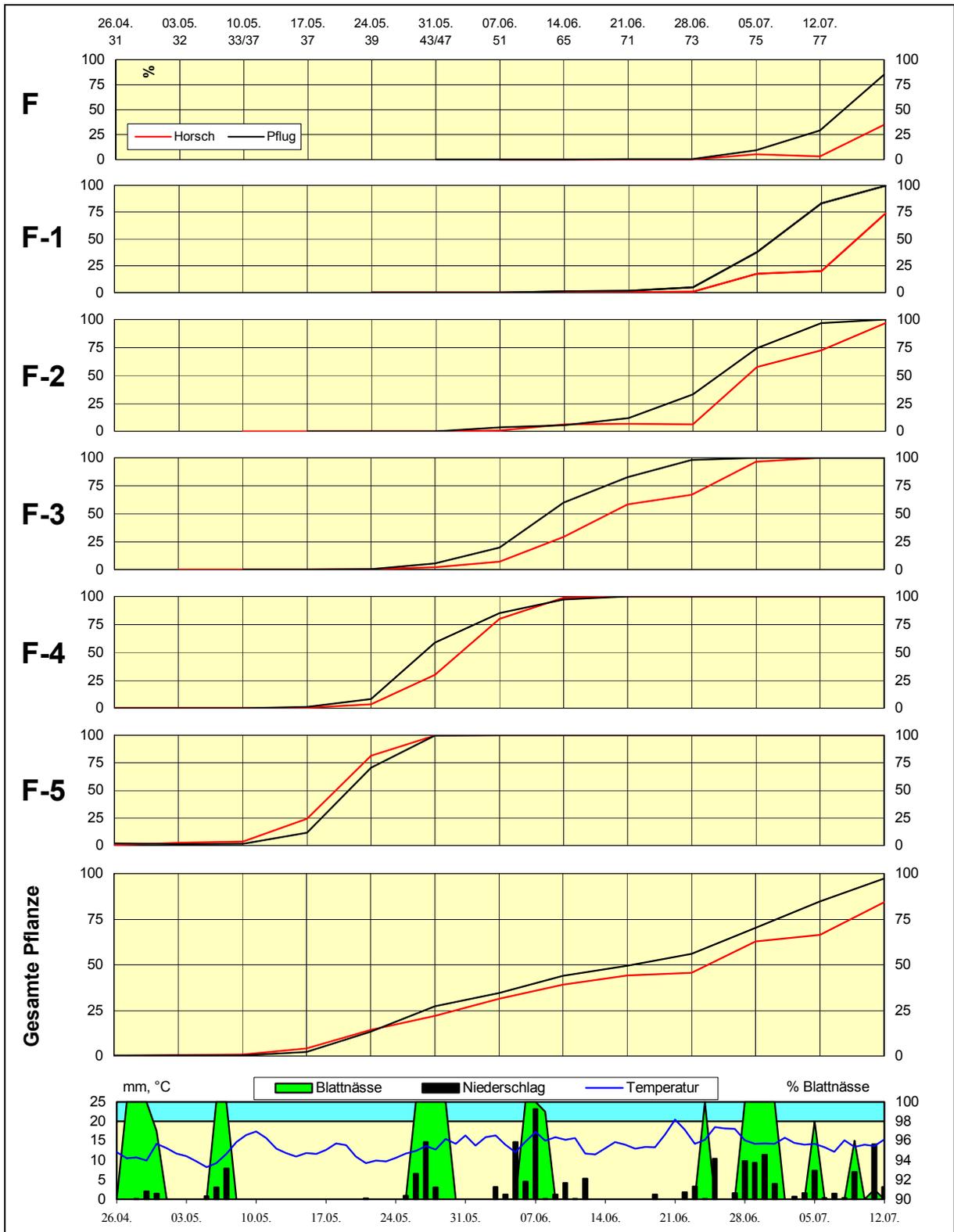


Abb. 101: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Nekrotisierungsverlauf in Hohenschulen 1997

(unbehandelt, 240 kg N/ha).

Die Entwicklung des Nekrotisierungsverlaufes in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung ist in Abbildung 101 anhand von Daten aus Hohenschulen des Jahres 1997 dargestellt. Man kann über den Zeitablauf sehr gut die von den unteren auf die oberen Blätter fortschreitende Seneszenzentwicklung verfolgen. Der Verlauf auf der gesamten Pflanze spiegelt den Anteil der zum jeweiligen Termin nekrotisierten Blattfläche an der gesamten Blattfläche wieder.

Bis auf die Blatttage F-5 zeigen alle Blatttagen der gepflügten Variante eine stärkere Nekrotisierung als die der gegrubberten. Im unteren Blattbereich wird die Seneszenz durch die konservierende Bodenbearbeitung um ca. eine Woche verzögert, im oberen Blattbereich liegt eine Verzögerung von bis zu zwei Wochen vor.

Wie im gezeigten Befallsverlauf sind auch die weiteren Ergebnisse in Hohenschulen zu interpretieren (Abbildung 102). In allen Versuchsjahren wiesen die Varianten mit wendender Bodenbearbeitung einen höheren Nekrotisierungsgrad auf. Im Durchschnitt standen 80% der grünen Blattmasse für die assimilatorische Aktivität zur Verfügung, während nach wendender Bodenbearbeitung nur 72% genutzt werden konnten.

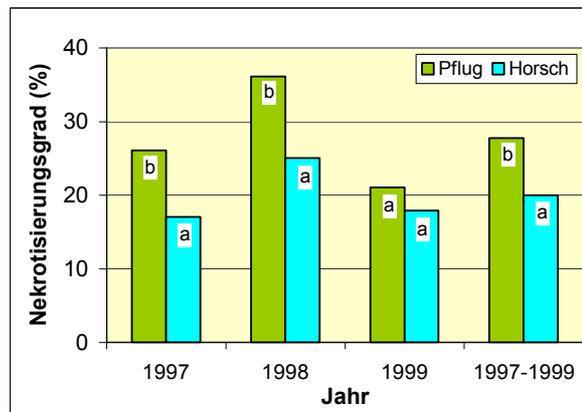


Abb. 102: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Nekrotisierungsgrad in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

Nicht so eindeutig sind dagegen die Ergebnisse am Standort Futterkamp zu erklären. Im Jahr 1997 gibt es keine unterschiedlichen Wirkungen der Bodenbearbeitungssysteme auf den Nekrotisierungsgrad. 1998 nekrotisieren die ertragsessentiellen Blattorgane bei wendender Bodenbearbeitung schneller, 1999 ist die Seneszenz bei konservierender Bodenbearbeitung beschleunigt. Im Mittel der drei Versuchsjahre heben sich die Effekte auf, so dass am Standort Futterkamp die Bodenbearbeitung ohne Einfluss auf den Nekrotisierungsgrad bleibt.

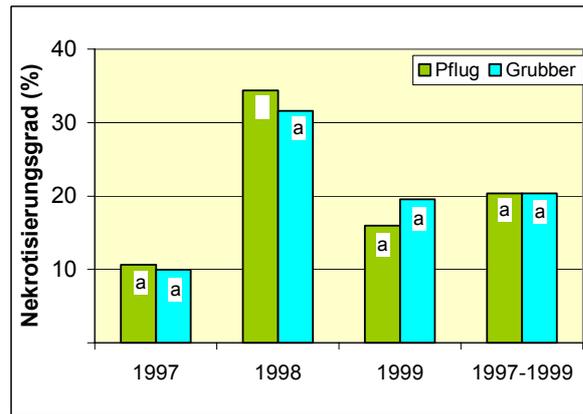


Abb. 103: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Nekrotisierungsgrad in Futterkorn (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.3.7.3 Einfluss der Saatzeit

Durch die verzögerte Entwicklung der spätgesäten Pflanzen dürften sich auch Unterschiede in der Abreife ergeben. Betrachtet man die Entwicklungsstadien (Abbildung 104) zu Beginn der Bonituren, entwickeln sich die Spätsaaten mit ca. zweiwöchiger Verzögerung. Von der zeitlichen Differenz von fünf Wochen zwischen Früh- und Spätsaat wurden also bereits drei Wochen von der Spätsaat eingeholt, vor allem auf Kosten der vegetativen Bestockungsphase. Zum Ende der Bonituren ist der Vorsprung der Frühsaaten auf ca. eine Woche geschrumpft.

Die Nekrotisierung verläuft ähnlich wie die Entwicklungsstadien. Die größten Unterschiede ergeben sich auf den unteren Blattetagen zwischen Ende der Bestockung und Ende der Blüte. Vergleichbare Werte der Frühsaat erreichen die Blattetagen F-5 bis F-3 der Spätsaaten erst ca. drei Wochen später. In der Kornfüllungsphase reduziert sich dieser Abstand auf den oberen drei Blättern auf ca. eine Woche, d.h. in der generativen Phase der Pflanzenentwicklung holen die spät gesäten Pflanzen einen Großteil der Verzögerung wieder auf. Es wird zwar ein geringerer Nekrotisierungsgrad festgestellt, durch die deutlich kürzere Vegetationszeit vor allem in der für den Ertrag entscheidenden generativen Phase wird sich dieser Vorteil jedoch nicht in einen Mehrertrag umsetzen lassen. Insbesondere wenn zum Ende der Vegetationsperiode die Abreife durch Hitze und Trockenheit beschleunigt wird und sich demzufolge nur geringe Unterschiede im Nekrotisierungsgrad ergeben, ist die Spätsaat in der Kornfüllungsphase stark benachteiligt.

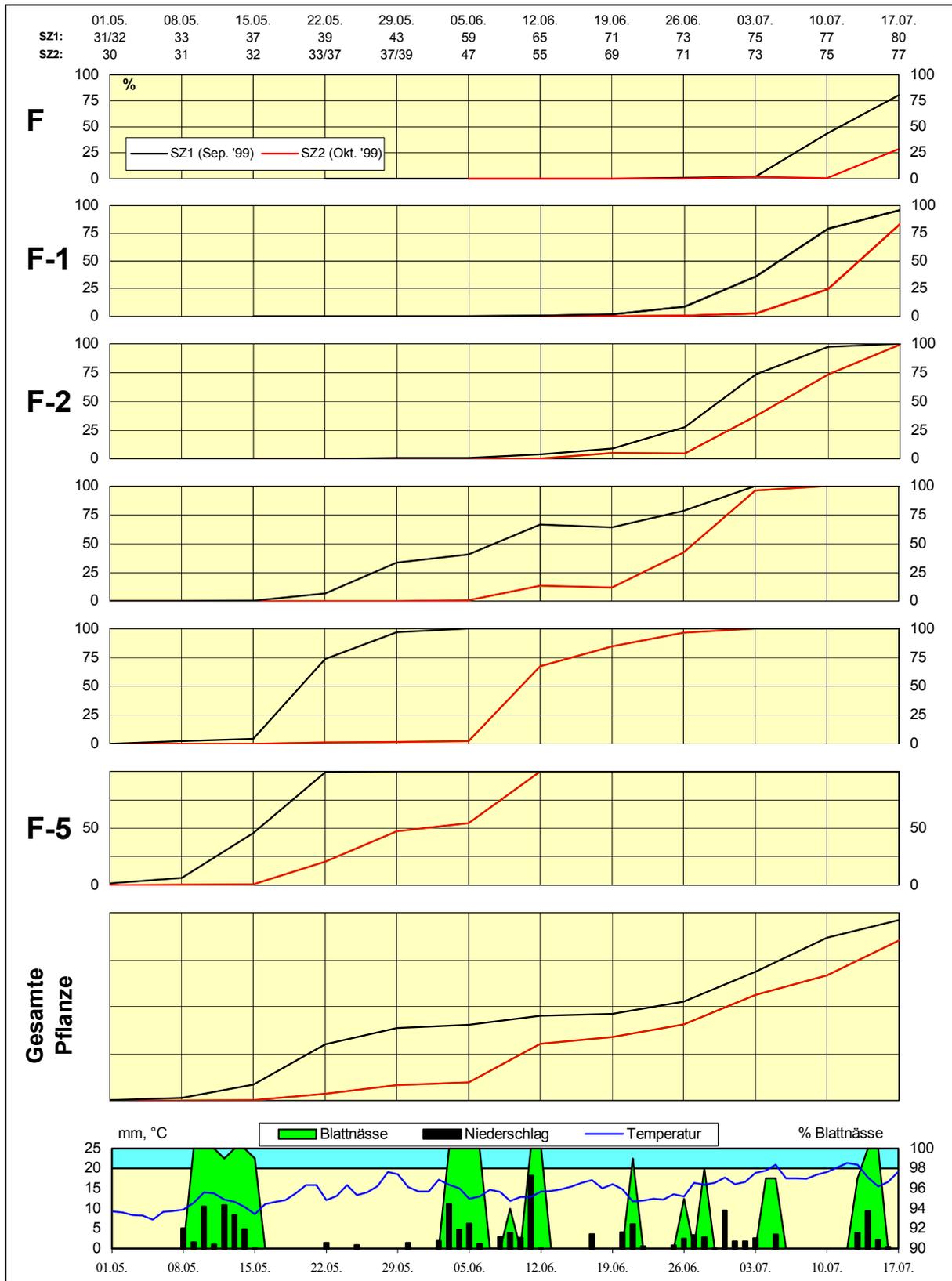


Abb. 104: Einfluss der Saatzeit auf den Nekrotisierungsverlauf in Futterkamp 1999 (unbehandelt, Pflug, 240 kg N/ha).

Der anhand des Befallsverlaufs analysierte Effekt lässt sich auch bei Betrachtung der Mittelwerte in Futterkamp bestätigen. In jedem Versuchsjahr ist der Nekrotisierungsgrad der Spätsaat deutlich niedriger als der der Frühsaat. Im Durchschnitt der drei Versuchsjahre ist der Nekrotisierungsgrad der Frühsaat doppelt so hoch.

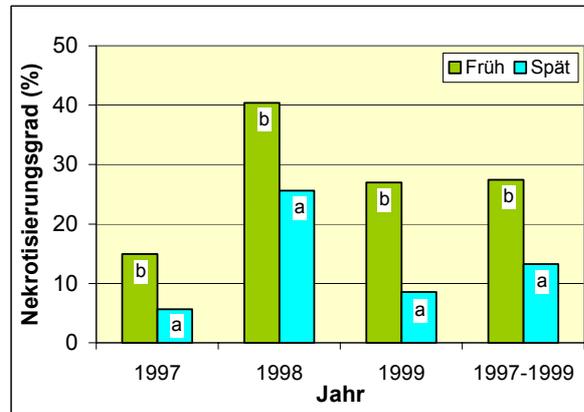


Abb. 105: Einfluss der Saatzeit auf den Nekrotisierungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.3.7.4 Einfluss der Stickstoffdüngung

Der Stickstoff ist von größter Bedeutung für die Ernährung der Pflanze. Die Seneszenzentwicklung des Weizens ist deshalb eng mit dem Ernährungszustand verbunden. In Abbildung 106 ist die Entwicklung der Nekrosen in Abhängigkeit vom Stickstoffangebot in Futterkamp dargestellt. Als Varianten wurden fungizidunbehandelte, gepflügte Frühsaaten gewählt. Auf den unteren Blattetagen ist kein Unterschied infolge der Stickstoffdüngung festzustellen. Obwohl auf den Parzellen der ungedüngten Varianten seit 1993 kein Stickstoff gedüngt wurde, sind mithilfe der Nekrotisierung keine Mangelerscheinungen festzustellen. Eine Differenzierung durch Nekrosen erfolgt erst mit Beginn des Ährenschiebens. Ende Mai ist der Stickstoffvorrat im Boden offensichtlich aufgebraucht, so dass in der unbehandelten Variante stärkere Nekrotisierungswerte dokumentiert werden konnten. Im weiteren Verlauf der Vegetation nahmen die Unterschiede zwischen der ungedüngten und den gedüngten Varianten zu. Insbesondere auf den ertragsessentiellen oberen drei Blattetagen lässt sich dies während der Kornfüllungsphase beobachten. Eine Differenzierung innerhalb der Gruppe der gedüngten Varianten erfolgt nicht. Die Erhöhung der Stickstoffmenge von 120 auf 240 kg N/ha führt in den fungizidunbehandelten Varianten nicht zu mehr photosynthetisch aktiver Blattfläche.

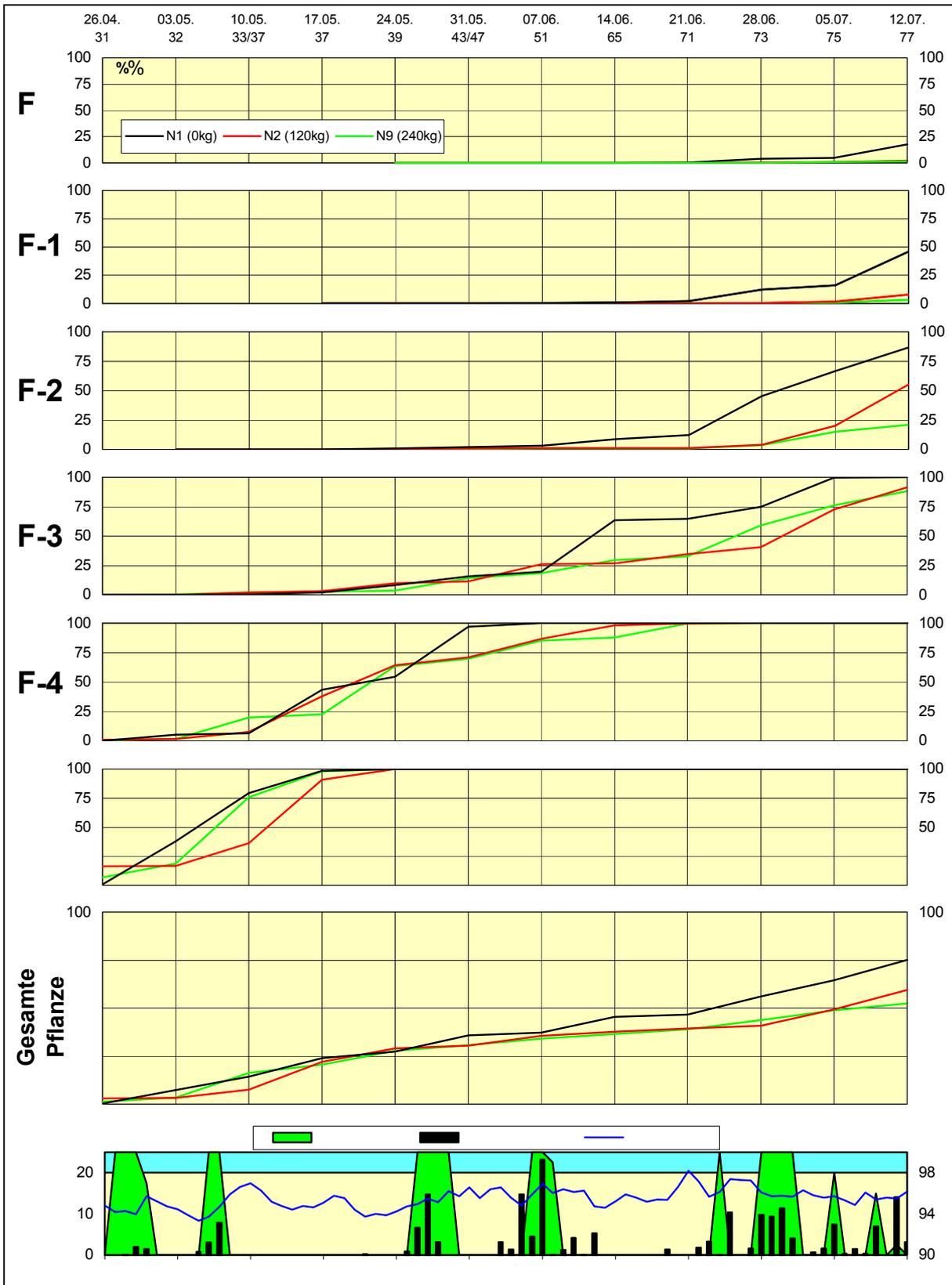


Abb. 106: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Nekrotisierungsverlauf in Futterkamp 1998 (unbehandelt, Pflug, Frühsaat).

Vergleicht man den Einfluss der Stickstoffdüngung am Standort Futterkamp über alle Versuchsjahre und Varianten, wird das oben gezeigte Ergebnis bestätigt (Abbildung 107). In allen Versuchsjahren lässt sich eine Abnahme der Nekrotisierungsgrades auf den beiden oberen Blättern während der Kornfüllungsphase mit steigendem Stickstoffdüngungsniveau beobachten. Ein signifikanter Unterschied ergibt sich auch hier nur zwischen der ungedüngten und den gedüngten Varianten. Die Steigerung der N-Menge von 120 auf 240 kg/ha erhöht die photosynthetisch aktive Blattfläche nur noch in geringem Maße.

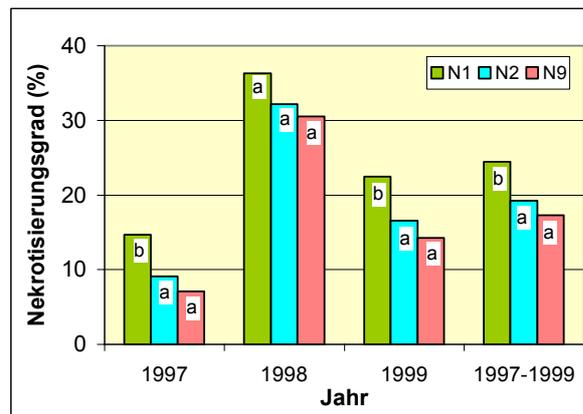


Abb. 107: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Nekrotisierungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Grundsätzlich lassen sich diese Ergebnisse auch am Standort Hohenschulen nachvollziehen. Vergleichend über die drei Versuchsjahre liegen die Nekrotisierungsgrade der beiden gedüngten Varianten auf gleichem Niveau, während die ungedüngte Variante schlechter abschneidet.

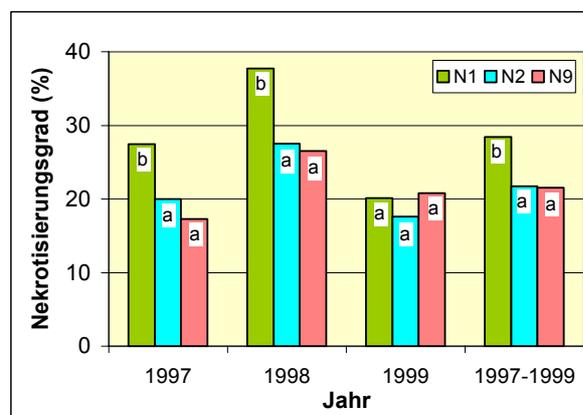


Abb. 108: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Nekrotisierungsgrad in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.3.7.5 Einfluss des Fungizideinsatzes

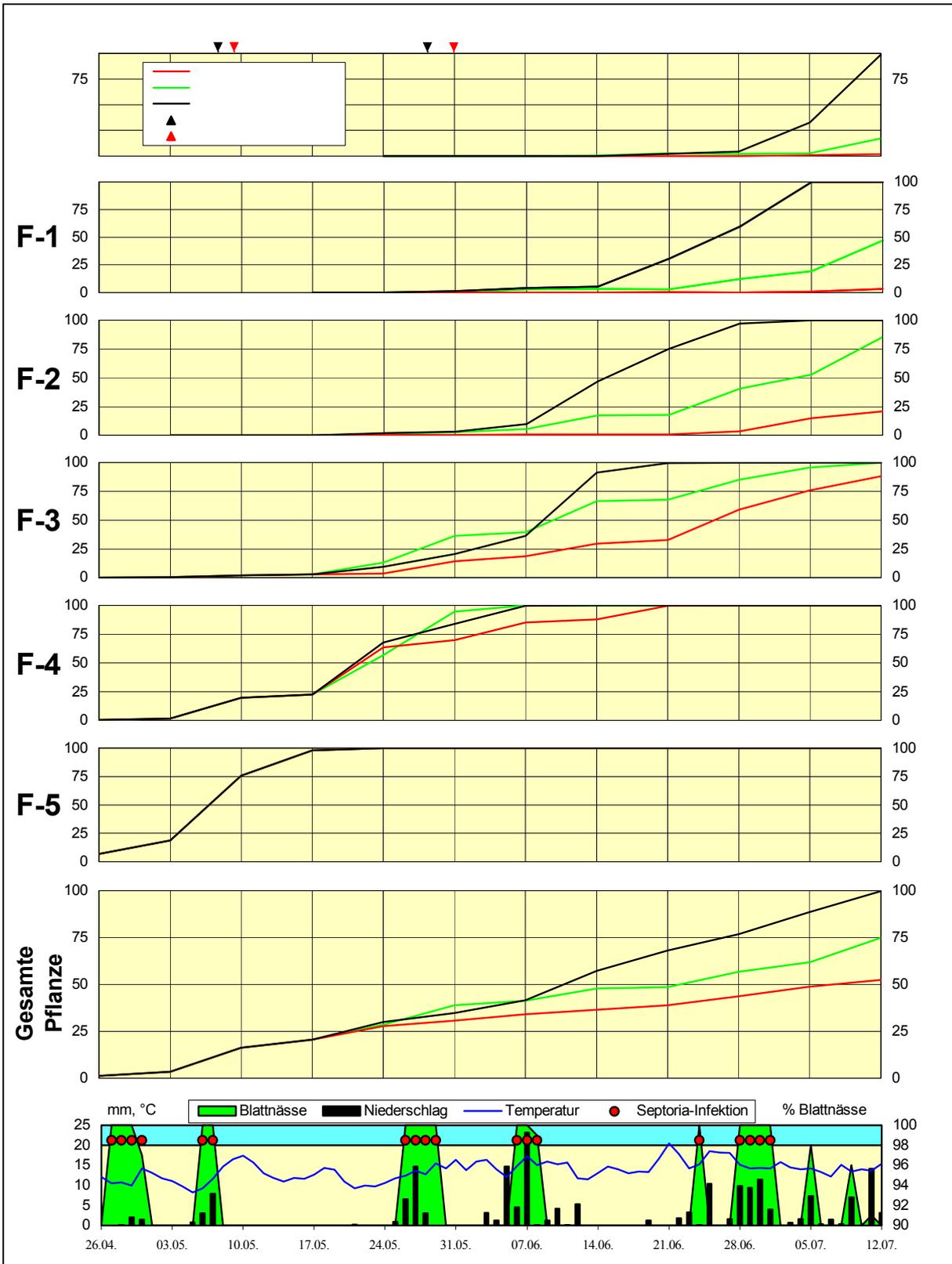


Abb. 109: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Nekrotisierungsverlauf in Futterkamp 1998 (Pflug, Frühsaat).

Ein typischer Nekrotisierungsverlauf in Abhängigkeit vom Fungizideinsatz ist in Abbildung 109 dargestellt. Ausgewählt wurde das Versuchsjahr 1998 in Futterkamp (Pflug, Frühsaat, 240 kg N/ha). Eindeutige Unterschiede zwischen den Varianten treten erstmals zu Beginn des Ährenschiebens, drei Wochen nach dem ersten Fungizideinsatz, auf. Dies überschneidet sich mit den ersten Krankheitssymptomen der *Septoria*-Infektion, die Ursache der Fungizidmaßnahme war. In der Folge wird der Abstand zwischen den fungizidbehandelten und der unbehandelten Variante immer größer, insbesondere auf den ertragsessentiellen drei oberen Blättern. Drei bis vier Wochen nach der zweiten Fungizidapplikation zeigt sich in der unbehandelten Variante auf den oberen Blättern ein nochmals verstärkter Anstieg der Nekrosen infolge starken *Septoria*-Befalls, der in den behandelten Varianten deutlich reduziert verlief.

Auch zwischen den beiden Fungizidvarianten ergeben sich Unterschiede im Schutz der photosynthetisch aktiven Blattfläche. Betrachtet man den Verlauf auf der gesamten Pflanze, wird deutlich, dass die Nekrotisierung der Variante IPS 2 sich erst zur Mitte des Ährenschiebens von der unbehandelten Kontrolle abhebt, später als die Variante IPS 1. Bis zum Ende der Bonituren bleibt der Abstand der beiden Varianten auf gleichem Niveau. Aus diesem Verlauf kann man ablesen, dass die mangelnde Kurativleistung der Variante IPS 2 sich auch negativ auf die photosynthetisch aktive Blattfläche auswirkt, wenn *S. tritici* das Befallsgeschehen dominiert.

Der Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Nekrotisierungsgrad wird in Abbildung 110 über alle Varianten dargelegt. Die Beobachtungen des Befallsverlaufes werden bestätigt.

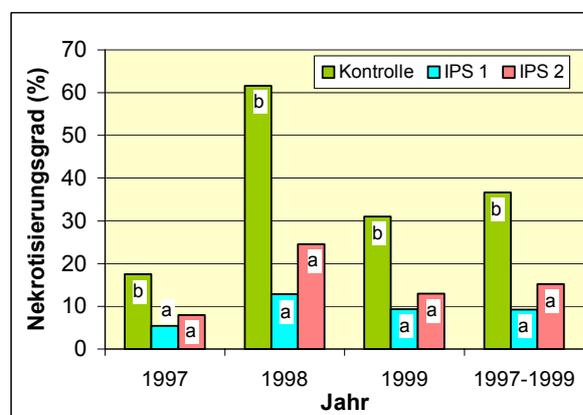


Abb. 110: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Nekrotisierungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Der Nekrotisierungsgrad in den fungizidunbehandelten Kontrollen ist im Vergleich zu den Fungizid-Varianten in allen Versuchsjahren sehr stark erhöht. Aber auch die bessere Leistung der Variante IPS 1 im Vergleich zur Variante IPS 2 ist offensichtlich. Die unbehandelte Kontrolle weist einen viermal so hohen Nekrotisierungsgrad auf wie die Variante IPS 1 und einen zweieinhalbmal so hohen wie die Variante IPS 2.

Auch am Standort Hohenschulen kann der Einsatz des Fungizides der IPS-Variante die Nekrotisierung in großem Umfang reduzieren (Abbildung 111). Im Durchschnitt der Jahre über alle Varianten lag der Nekrotisierungsgrad auch hier in der unbehandelten fast viermal so hoch wie in der behandelten Variante. Neben der Verhinderung der Ausprägung der Befallssymptome und darauf folgender krankheitsbedingter Nekrotisierung kann hier auch der so genannte „Greening-Effekt“ eine Rolle spielen, bei dem es sich um physiologische Zusatzwirkungen der Fungizide handelt, die insbesondere Strobilurin-Wirkstoffe, aber auch Triazole auslösen können.

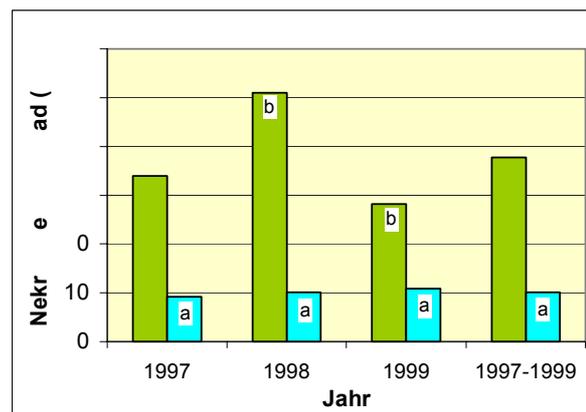


Abb. 111: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Nekrotisierungsgrad in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

Insgesamt lässt sich für den Anbausystemfaktor Fungizideinsatz feststellen, dass dieser im Vergleich zu den anderen untersuchten Faktoren den größten Einfluss auf den Nekrotisierungsgrad hat, gefolgt von der Saatzeit, der Stickstoffdüngung und der Bodenbearbeitung. Somit lassen sich aus diesem Faktor auch die größten Erwartungen für eine positive Beeinflussung der Ertragsparameter ableiten, die im folgenden untersucht werden.

3.4 Ertragsparameter

Während die erhobenen Boniturdaten der einzelnen Schaderreger Auskunft über die Befallsentwicklung unter dem Einfluss der verschiedenen Anbausysteme und des Fungizideinsatzes geben, lässt sich der Erfolg der pflanzenbaulichen Maßnahmen letztendlich nur durch die Ertragsparameter messen. Das wirtschaftliche Ertragsoptimum ist das Ziel. Nicht das Erreichen des maximalen Kornertrages, sondern des maximalen monetären Ertrages steht im Vordergrund, d.h. der monetäre Erlös abzüglich aller in diesem Versuch variierten anbausystembedingten Aufwendungen.

3.4.1 Ertragsstruktur

Die verschiedenen Elemente der Ertragsstruktur sind die Basis für Erkenntnisse, in welcher Form die verschiedenen Anbausystemfaktoren Einfluss auf den Ertrag nehmen. Während die Bodenbearbeitung und die Saatzeit von Beginn der Vegetation an die Entwicklung der Pflanzen beeinflussen, ist dies bei der Stickstoff-Düngung erst zu Vegetationsbeginn im Frühjahr der Fall. Der Fungizideinsatz greift am Schluss in der generativen Phase der Pflanzenentwicklung ein.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zur Ertragsstruktur (Bestandesdichte, Kornzahl pro Ähre, Tausendkorngewicht und Spindelstufenausbildung) eine Fülle von Daten gesammelt. Im folgenden werden nur die interessantesten Ergebnisse präsentiert.

3.4.1.1 Bestandesdichte

Trotz unterschiedlichster Saat- und Witterungsbedingungen lag die Anzahl ährentragender Halme über alle Versuchsjahre auf einem sehr einheitlichen Niveau. In Hohenschulen wurde mit einer Aussaatstärke von 300 Körnern/m² ein über alle Varianten durchschnittlicher Bestand von 398 Ähren/m² erzielt, in Futterkamp (vergleichbare Frühsaat) von 376. Die Art der Bodenbearbeitung übt in Futterkamp (Pflug – Grubber) in keinem Versuchsjahr einen Einfluss auf die Bestandesdichte zur Ernte aus. Dagegen zeichnet sich am Standort

Hohenschulen eine Förderung der Anzahl ährentragender Halme durch die Fräsohlandirekt-
saat ab, die im Mittel der Jahre 9% höher liegt als in gepflügten Varianten (Abbildung 112).

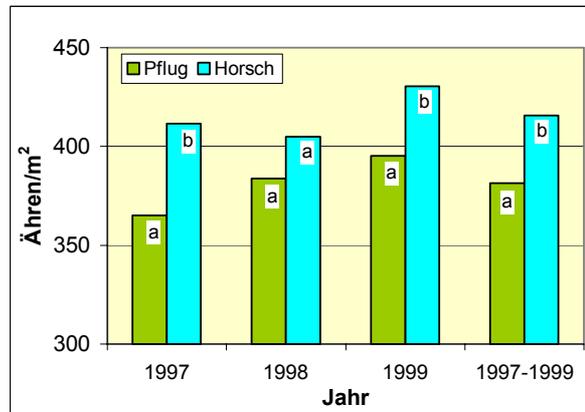


Abb. 112: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Anzahl ährentragender Halme in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die Saatzeit übt in Futterkamp überraschenderweise keinen Einfluss auf die Bestandesdichte aus. Es wurde jeweils eine durchschnittliche Anzahl ährentragender Halme von ca. 380/m² erreicht. Dies ist jedoch nur auf den ersten Blick verwunderlich. Berücksichtigt man die um ein Drittel erhöhte Saatstärke der Spätsaat, zeigt sich, dass es gelungen ist, das geringere Bestockungsvermögen des spät gesäten Weizens zu kompensieren (Abbildung 113). Während die Frühsaat pro gesättem Korn eineinviertel Triebe erzeugt hat, mussten bei der Spätsaat sogar Pflanzenverluste hingenommen werden. Nur aus 96% der ausgesäten Körner entwickelte sich eine Ähre, Seitentriebe wurden nicht gebildet.

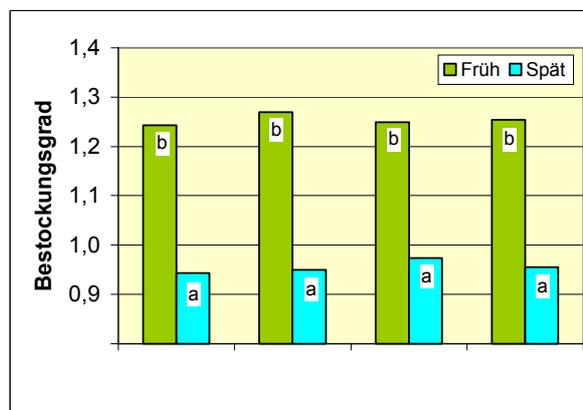


Abb. 113: Einfluss der Saatzeit auf den Bestockungsgrad in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die Stickstoffdüngung hat von allen betrachteten Anbaufaktoren den größten Einfluss auf die Entwicklung der Bestandesdichte. Abbildung 114 zeigt die starke Zunahme der Bestandesdichte durch die gesteigerte Stickstoffversorgung am Standort Futterkamp. Im Durchschnitt aller Versuchsjahre wurde im Vergleich zur ungedüngten Variante durch 120 kg N/ha die Bestandesdichte um 24% erhöht, durch 240 kg N/ha um 33%.

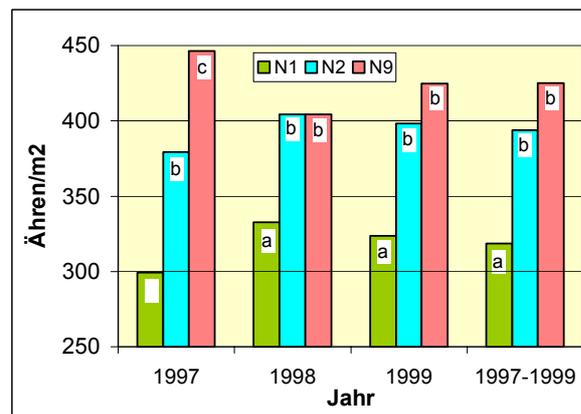


Abb. 114: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Anzahl ährentragender Halme in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die Zunahme fällt zwischen den gedüngten Varianten mit 9% relativ gering aus. In Hohenschulen ist der Unterschied etwas größer (Abbildung 115). Durch 120 kg N/ha wird die Bestandesdichte um 18%, durch 240 kg N/ha um 36% erhöht.

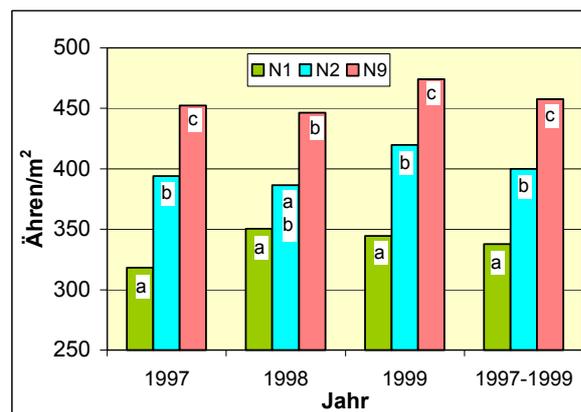


Abb. 115: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Anzahl ährentragender Halme in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in den ungedüngten Varianten nur 10%, durch 120 kg N/ha 32% und durch 240 kg N/ha 47% Bestockungstriebe gebildet werden. Nur die maximale Stickstoffmenge ist in der Lage, eine ausreichende Bestandesdichte sicherzustellen.

Der Fungizideinsatz hat keine entscheidenden Auswirkungen auf die Bestandesdichte. Da der erste Applikationstermin erst Mitte der Schossphase liegt und die Wirkung meist drei bis vier Wochen später während des Ährenschiebens festgestellt wird, ist auch kein Einfluss mehr zu erwarten. Entsprechend variieren die Werte der fungizidbehandelten Varianten sowohl in Futterkamp als auch in Hohenschulen um den Wert der unbehandelten Kontrolle.

3.4.1.2 Spindelstufenausbildung

Bei den Untersuchungen der Spindelstufen wird nach der Anzahl fertiler und steriler Ährchenanlagen unterschieden. Die Anlage und Reduktion der Ährchenanlagen wird bereits in der Bestockungsphase abgeschlossen und wird somit vor allem durch Faktoren beeinflusst, die zu diesem frühen Zeitpunkt ihre Wirkung entfalten können, also vor allem Bodenbearbeitung, Saatzeit und die erste Düngungsmaßnahme.

Am Standort Futterkamp wurden im Mittel der Versuchsjahre pro Ähre ca. 20 Spindelstufen angelegt, in Hohenschulen fast 21. Die Schwankungsbreite zwischen den Versuchsjahren lag ungefähr bei +/- 1 Stufe je Standort. Trotz der vielfältigen Witterungs- und Entwicklungsbedingungen blieb somit das Potenzial über die Jahre sehr konstant.

Die wendende Bodenbearbeitung führte an beiden Standorten im Vergleich zur konservierenden zwar zu einer höheren Anzahl an Spindelstufen, sowohl der fertilen als auch der sterilen, dies blieb jedoch auf einem sehr geringen Niveau.

Eine größere Bedeutung erlangte die Saatzeit in Futterkamp. Ähren des früh gesäten Weizens haben im Durchschnitt eine Spindelstufe (entspricht 5%) mehr ausgebildet als die des spät gesäten. Dies führt jedoch nicht zu einer höheren Anzahl fertiler Spindelstufen, sondern lediglich zu mehr sterilen Spindelstufen, d.h. der frühgesäte Weizen legt mehr Stufen an, die jedoch später reduziert werden. Da in beiden Saatzeitvarianten die gleiche Anzahl ährentragender Halme gebildet worden sind, steht mit der gleichen Anzahl fertiler Spindelstufen bis zu diesem Zeitpunkt der Ertragsstrukturbildung das gleiche Ertragspotenzial zur Verfügung (Abbildung 116).

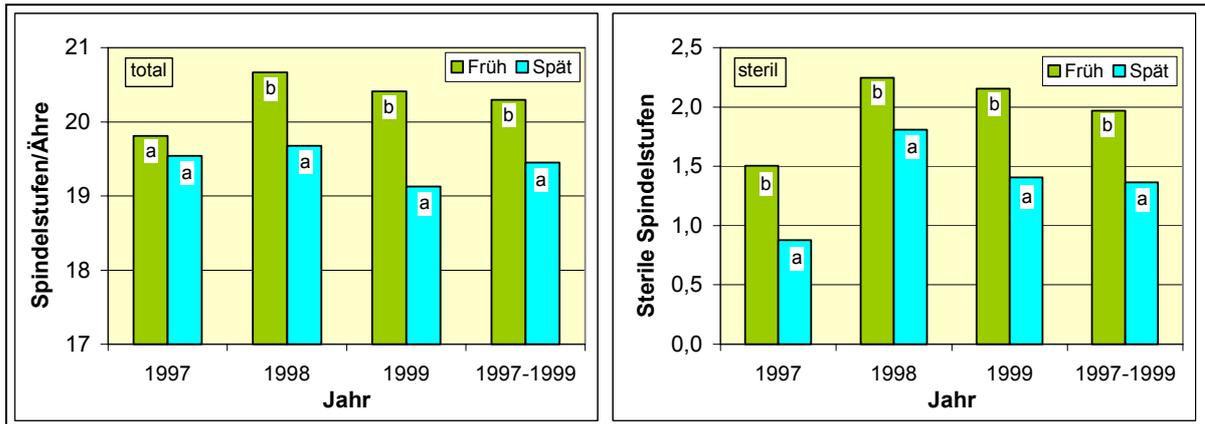


Abb. 116: Einfluss der Saatzeit auf die Anzahl Spindelstufen pro Ähre in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die Stickstoffdüngung übt einen positiven Einfluss auf die Anzahl der Spindelstufen pro Ähre aus. Durch 120 kg N/ha wurde im Durchschnitt der Jahre an beiden Standorten 0,6-0,7, durch 240 kg N/ha 1,0 zusätzliche Spindelstufen erzeugt (Abbildung 117). Diese zusätzlichen Spindelstufen waren zum Großteil fertil, erhöhten also das Ertragspotenzial des Bestandes.

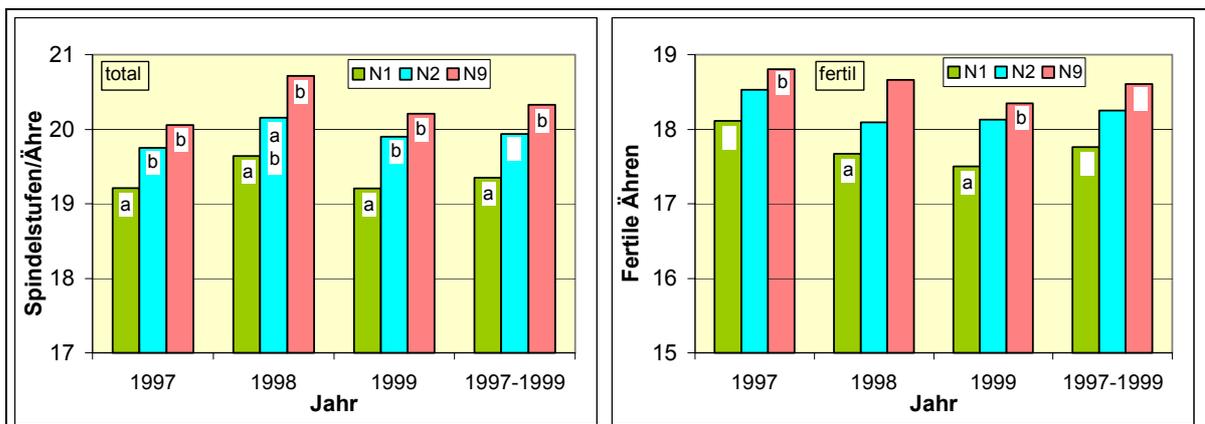


Abb. 117: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Anzahl Spindelstufen pro Ähre in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Der als letztes zu betrachtende Faktor Fungizideinsatz übt keinen Einfluss auf die Anzahl der Spindelstufen aus. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Terminierung der fertilen Spindelstufen noch in der vegetativen Phase der Pflanzenentwicklung stattfindet und deshalb die für die Ertragsbildung entscheidenden Faktoren Düngung und Fungizideinsatz nur geringe Auswirkungen auf die Ährchenanlagen zeigen.

3.4.1.3 Kornzahl pro Ähre

Die Anzahl Körner pro Ähre variierte zwischen den Versuchsjahren am Standort Futterkamp erheblich. Während in den Jahren 1998 und 1999 ca. 40 Körner pro Ähre festgestellt wurden, ergaben die Untersuchungen für das erste Versuchsjahr 1997 mit 53 Körnern pro Ähre eine Erhöhung um ein Drittel. Im Durchschnitt der drei Versuchsjahre wurden ca. 45 Körner pro Ähre gezählt. Am Standort Hohenschulen war die Streuung zwischen den Versuchsjahren geringer. Im Durchschnitt wurden ca. 42 Körner mit einem Wertebereich von 37 bis 47 ermittelt.

Für die Bodenbearbeitung kann ein deutlicher Effekt auf die Kornzahl pro Ähre nachgewiesen werden, der sich vor allem am Standort Hohenschulen sichern lässt. Die wendende Bodenbearbeitung führt im Vergleich zur Fräsohlandirektsaat zu einer um durchschnittlich 25% erhöhten Anzahl (Abbildung 118). Dieser Unterschied bleibt in allen Jahren auf dem gleichen Niveau. Die Grubberdirektsaat am Standort Futterkamp ist der Pflugsaat zwar etwas unterlegen, jedoch ist der Unterschied mit durchschnittlich 5% vergleichsweise gering.

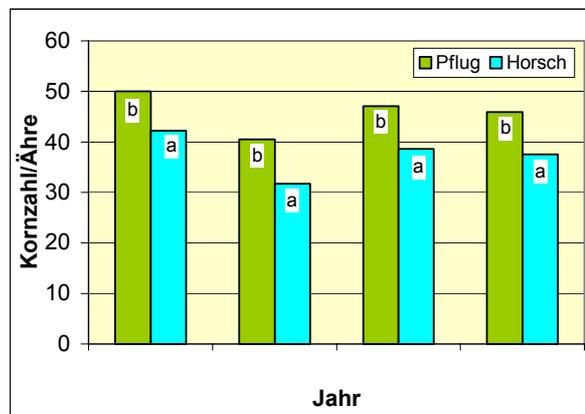


Abb. 118: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Anzahl der Körner pro Ähre in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

In Abbildung 119 wird der Einfluss der Saatzeit auf die Anzahl der Körner pro Ähre dargestellt. Es fällt auf, dass lediglich im Jahr 1999 ein deutlicher Unterschied zwischen der Früh- und der Spätsaat am Standort Futterkamp zu verzeichnen war. In diesem Versuchsjahr betrug der zeitliche Abstand zwischen den Saatterminen 10 Wochen im Gegensatz zu fünf Wochen in den ersten beiden Versuchsjahren. Nur durch eine extreme Spätsaat kann die Anzahl Körner pro Ähre reduziert werden, in diesem Fall von 44 Körnern in der Frühsaat auf 37 in der Spätsaat.

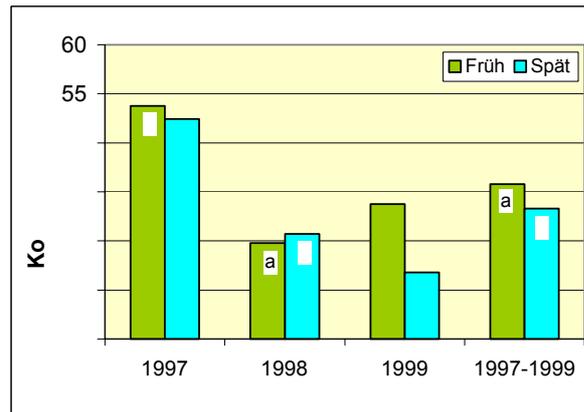


Abb. 119: Einfluss der Saatzeit auf die Anzahl Körner pro Ähre in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die Anlage und Reduktion der Blüten, aus denen später die einzelnen Körner hervorgehen, erfolgt zu Beginn der Schossphase, d.h. in der Entwicklung der Ertragsorgane etwas später als die Terminierung der Ährchenanlagen. In der Schossphase sind bereits Auswirkungen der Stickstoffdüngung auf das Pflanzenwachstum festzustellen. Ein Einfluss auf die Bildung und vor allem die Reduktion der Blüten kann also erwartet werden. Abbildung 120 bestätigt diese Aussage für den Standort Futterkamp. Durch die Düngung mit Stickstoff wird die Reduktion der Blütenanlagen deutlich vermindert. Die ungedüngten Varianten bringen im Durchschnitt 39 Körner pro Ähre zur Ausprägung, während in den gedüngten Varianten ca. 20% mehr Körner gebildet werden. Die Steigerung der Stickstoffmenge von 120 auf 240 kg N/ha führt jedoch nicht zu weiter steigenden Kornzahlen pro Ähre, sondern im Durchschnitt der Versuchsjahre nehmen die Werte tendenziell wieder ab.

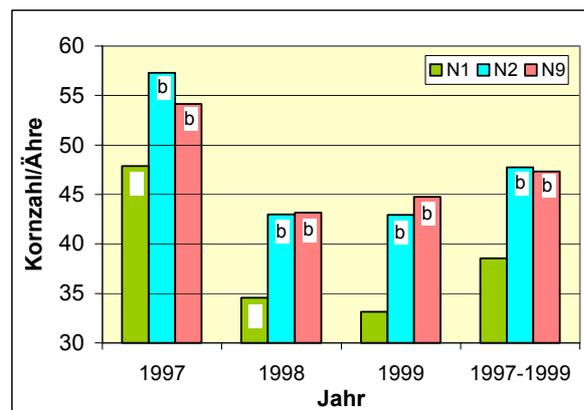


Abb. 120: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Anzahl Körner pro Ähre in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Dies kann für den Standort Hohenschulen in noch stärkerem Ausmaß bestätigt werden (Abbildung 121). In den Varianten mit 120 kg N/ha werden in jedem Jahr die höchsten Kornzahlen erreicht, ca. 45% mehr als in den ungedüngten Varianten. Die Gabe von 240 kg N/ha führt nur noch zu ca. 25% höheren Kornzahlen pro Ähre.

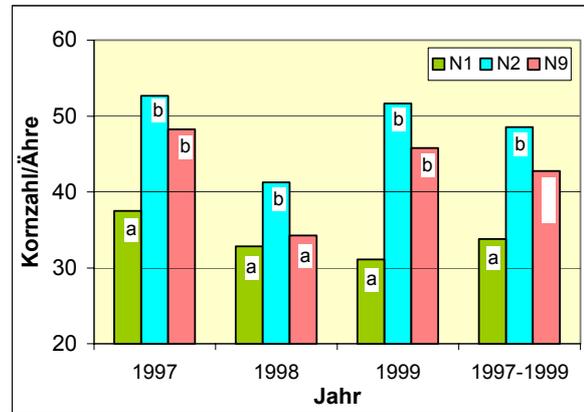


Abb. 121: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Anzahl Körner pro Ähre in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

Fungizide haben durch ihren späten Einsatz meist ab Mitte der Schossphase keinen Einfluss auf die Anzahl der Körner, da zum Eintritt der Wirkung die Terminierung der Blütenzahl bereits abgeschlossen ist. Im Durchschnitt der Versuchsjahre lagen die Kornzahlen pro Ähre in allen Fungizidvarianten auf einem Niveau, in Futterkamp bei ca. 44, in Hohenschulen bei 41 Körnern.

3.4.1.4 Tausendkorngewicht

Auch das Tausendkorngewicht unterliegt einem starken Einfluss der Versuchsjahre. Am Standort Futterkamp gab es einen Schwankungsbereich von fast 20% (TKG von 40 bis 47 g), in Hohenschulen von 9%. Das durchschnittliche TKG lag in Futterkamp mit 42,6 g 11% höher als in Hohenschulen mit 38,4 g.

Das Bodenbearbeitungssystem hat gegenteilige Auswirkungen auf das TKG im Vergleich zu den Kornzahlen pro Ähre. Am Standort Futterkamp ist ein geringfügig höheres TKG in den Varianten mit Minimalbodenbearbeitung festgestellt worden. Am Standort Hohenschulen wird dieser Effekt etwas größer. Durch die Frässohlendirektsaat wird das TKG um ca. 5%

erhöht (Abbildung 122). Die durch die konservierende Bodenbearbeitung reduzierte Kornzahl pro Ähre kann so zum Teil wieder kompensiert werden.

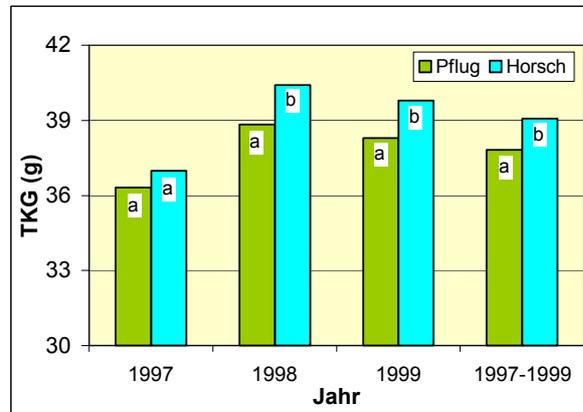


Abb. 122: Einfluss der Bodenbearbeitung auf das TKG in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die Saatzeit zeigt keine deutlichen Auswirkungen auf das TKG (Abbildung 123). In Versuchsjahren mit dem geplanten Saatzeitunterschied von fünf Wochen ist das TKG durch die Spätsaat etwas reduziert (ca. 4%). Lediglich im Jahr 1999, in dem die Spätsaat 10 Wochen später erfolgte als die Frühsaat, wurde das TKG um ca. 7% erhöht. Dies steht offensichtlich in einem engem Zusammenhang mit der nur in diesem Versuchsjahr durch die Spätsaat stark reduzierten Kornzahl pro Ähre und hat einen kompensatorischen Effekt.

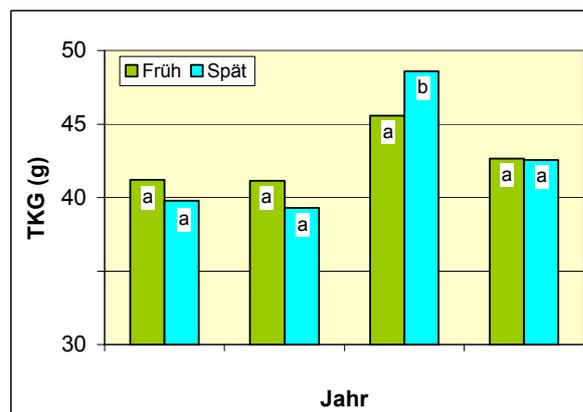


Abb. 123: Einfluss der Saatzeit auf das TKG in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

Der Einfluss der Stickstoffdüngung auf das TKG wird in Abbildung 124 gezeigt. Auffällig ist das parallele Verhalten des TKG zur Anzahl Körner pro Ähre. An beiden Standorten wird das höchste TKG in der mit 120 kg N/ha mäßig gedüngten Variante erreicht. Es liegt 6-7% höher als in der ungedüngten Variante. Die maximalgedüngten Varianten führen lediglich zu einem

um 1-3% höheren TKG. Der erwartete große fördernde Einfluss der Düngung auf das TKG konnte also nicht nachgewiesen werden. Im Gegenteil führt eine übermäßige Düngung sogar wieder zu einem Rückgang des TKG.

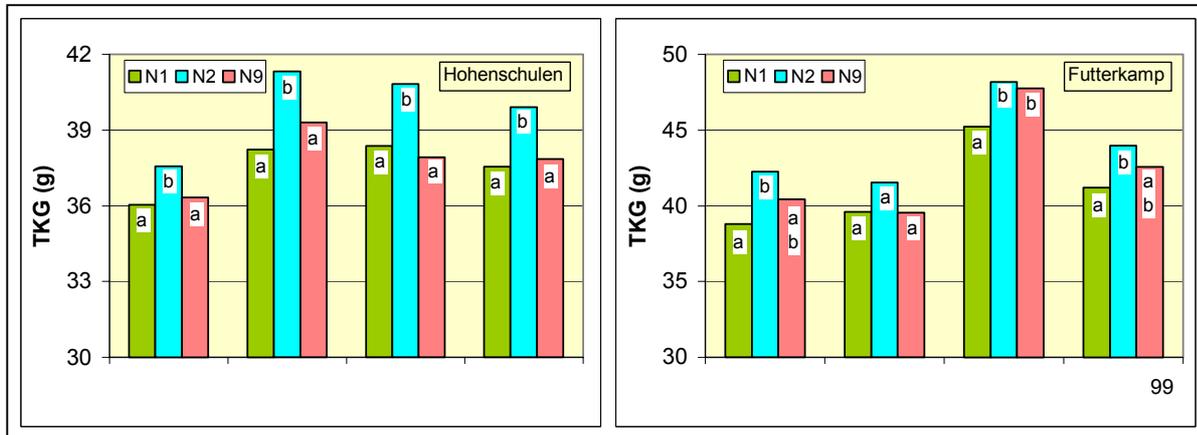


Abb. 124: Einfluss der Stickstoffdüngung auf das TKG (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die entscheidende Wirkung der eingesetzten Fungizide entfaltet sich mit Beginn des Ährenschiebens. Die besondere Bedeutung liegt in der Gesunderhaltung der obersten Blätter während der Kornfüllungsphase. Entsprechend wird auch aus Abbildung 125 deutlich, dass in Futterkamp der Fungizideinsatz von allen betrachteten Faktoren den größten Einfluss auf das TKG ausübt.

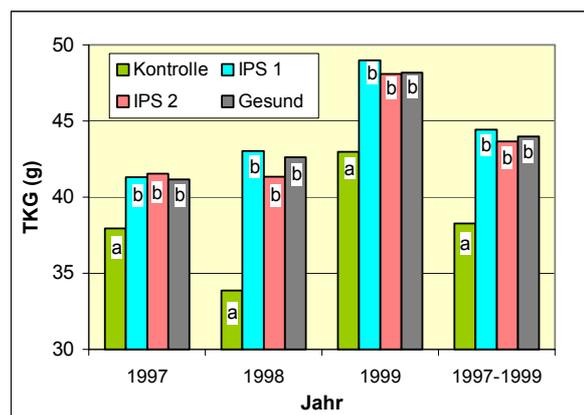


Abb. 125: Einfluss des Fungizideinsatzes auf das TKG in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Im Durchschnitt der drei Versuchsjahre führte der Einsatz der Fungizide zu einem um 14 bis 16% erhöhtem TKG, wobei der Unterschied zwischen den Fungizidvarianten relativ gering ist. Die größte Zunahme des TKG durch den Fungizideinsatz wurde im Jahr 1998 mit durchschnittlich 25% im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle erzielt. In diesem Jahr wurde

auch der größte Krankheitsdruck auf dem oberen Blattapparat in Futterkamp festgestellt (vgl. Abbildungen 41, 63, 77, 92). In den Jahren mit geringerem Befallsdruck führte der Fungizideinsatz aufgrund der geringeren Schadpotenzials nur zu einer Erhöhung des TKG um 9 bzw. 13%.

Auch am Standort Hohenschulen ist ein enger Zusammenhang zwischen dem TKG und dem Befallsdruck festzustellen (Abbildung 126, vgl. Abbildung 42). Im Jahr 1999 mit dem geringsten Krankheitsbefall wurde durch den Fungizideinsatz das TKG um 13% erhöht, in den Jahren 1997 und 1998 mit stärkerem Befall um 19 bzw. 20%. Die Spritzfolge der Gesundvariante erhöhte das TKG im Vergleich zur IPS-Variante nochmals geringfügig, aber in jedem Jahr einheitlich, um 1,5%.

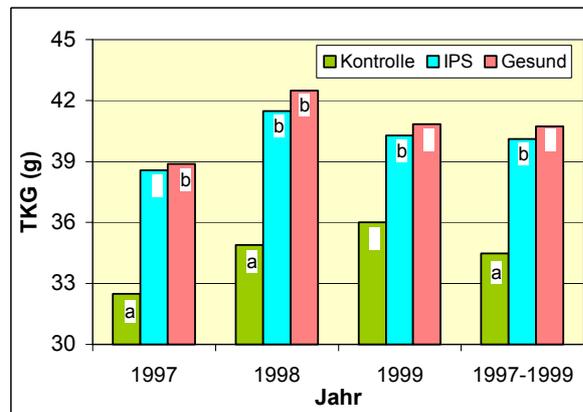


Abb. 126: Einfluss des Fungizideinsatzes auf das TKG in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.4.1.5 Kornertrag

Der erzielte Kornertrag setzt sich aus den im Kapitel 3.4.1 erwähnten Komponenten zusammen. Es wird ersichtlich, dass die einzelnen Anbausystemfaktoren unterschiedliche Einflüsse auf die Komponenten der Ertragsstruktur ausüben. Da die einzelnen Anbausystemfaktoren und die dazugehörigen Intensitäten nicht nur positive sondern z. T. auch negative Auswirkungen haben, muss für den höchsten Ertrag die optimale Kombination der Anbausystemfaktoren mit den jeweils zugehörigen optimalen Intensitäten ermittelt werden. Der Versuchsaufbau der vorliegenden Arbeit ermöglicht die Untersuchung der wichtigsten Anbausystemfaktoren, die jeweils über mehrere Intensitätsstufen variiert wurden.

Berücksichtigt werden muss allerdings, dass für die Wirtschaftlichkeit nicht nur der absolute Kornertrag entscheidend ist, sondern auch der Aufwand, mit dem dieser erreicht wurde. Dieser Punkt wird in Kapitel 3.4.4 untersucht, so dass im folgenden das Augenmerk auf das Erreichen des maximalen Ertrages gelegt wird.

An beiden Versuchsstandorten konnten starke Schwankungen zwischen den Versuchsjahren festgestellt werden (Abbildung 127). Auffällig ist der Ertragseinbruch des Jahres 1998, der allerdings aufgrund der extremen Witterungsverhältnisse von Ende Mai bis Ende Juli erklärt werden kann. Lang anhaltende Regenfälle und starkes Lager während der Kornfüllungs- und Abreifephase sowie ein starker Krankheitsdruck beeinträchtigten die Ertragsbildung negativ. Aus der Abbildung wird aber auch deutlich, dass der Standort Futterkamp ein höheres Ertragspotenzial aufweist. Der Durchschnittsertrag, gemittelt über alle Varianten und Jahre, lag bei 72 dt/ha, während in Hohenschulen nur 64 dt/ha realisiert werden konnten.

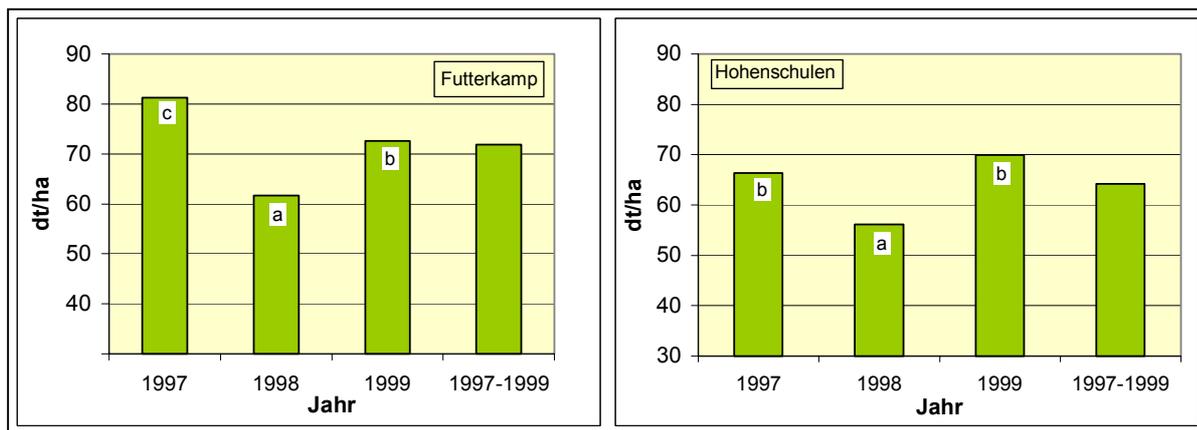


Abb. 127: Einfluss des Versuchsjahres auf den Kornertrag (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die Bodenbearbeitung übt an beiden Standorten einen klaren, wenn auch ungesicherten, Einfluss auf den Kornertrag aus (Abbildung 128). In Futterkamp wird der Kornertrag durch die Minimalbodenbearbeitung um durchschnittlich 3,1 dt/ha reduziert, in Hohenschulen sogar um 4,1 dt/ha. Dabei schwankten die Mehrerträge durch die wendende Bodenbearbeitung in Futterkamp zwischen 1,0 und 4,5 dt/ha, in Hohenschulen zwischen 0 und 7,9 dt/ha. Lediglich im Jahr 1997 konnte am Standort Hohenschulen zwischen den beiden Bodenbearbeitungsvarianten kein Unterschied festgestellt werden.

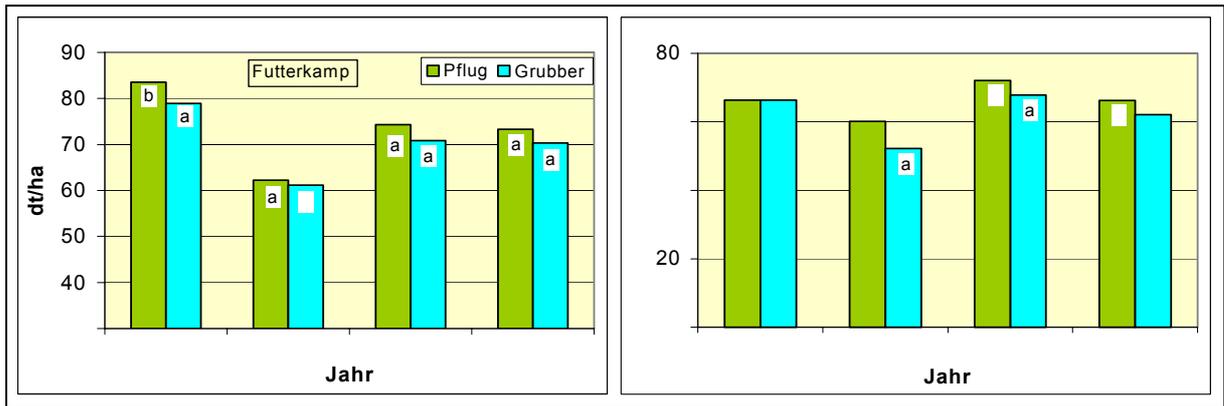


Abb. 128: Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Kornertrag (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die Auswertung der Ertragsdaten in Abhängigkeit von der Saatzeit kommt zu einem überraschenden Ergebnis (Abbildung 129). Die Ertragsreduktion durch den deutlich späteren Saattermin betrug im Durchschnitt der Jahre nur 3,5 dt/ha. Im Jahr 1998 mit den bereits erwähnten schwierigen Witterungsbedingungen wurde in den Frühsaatvarianten lediglich 0,6 dt/ha mehr geerntet, 1997 3,9 dt/ha. Selbst im Jahr 1999, in dem die Aussaat der Spätsaatvarianten erst im Dezember erfolgte, wurde nur ein Mehrertrag von 5,9 dt/ha erzielt. Vergleicht man die Ertragsstrukturen beider Varianten, fällt auf, dass durch die Spätsaat nur die Kornzahl pro Ähre reduziert wurde, welche somit für den Ertragsrückgang verantwortlich ist. Alle anderen Komponenten inklusive der Bestandesdichte waren vergleichbar mit der Frühsaat. Allein durch die Erhöhung der Saatstärke konnte das Gros der Nachteile des späten Saattermins mit der verkürzten Vegetationszeit ausgeglichen werden. Außerdem konnte die Spätsaat den Vorteil des weitaus niedrigeren Pathogendrucks aufweisen, wodurch der Ertragsrückgang zusätzlich vermindert werden konnte.

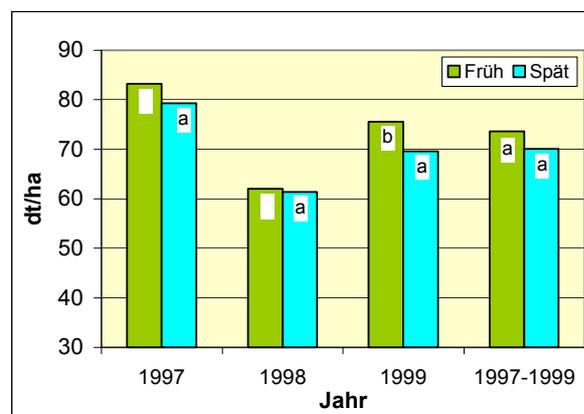


Abb. 129: Einfluss der Saatzeit auf den Kornertrag in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Durch den Einsatz der Stickstoffdüngung wird der größte Einfluss auf den Ertrag erreicht. Im Durchschnitt aller Versuchsjahre wird durch den Einsatz von Stickstoff der Ertrag am Standort Futterkamp um 68% im Vergleich zu den ungedüngten Varianten erhöht (Abbildung 130). Der stärkste Ertragszuwachs erfolgt durch die Stufe N2 mit 120 kg N/ha. Der Ertrag wurde von 49 auf 81 dt/ha um 64% erhöht. Durch die weitere Steigerung auf die Stufe N9 mit 240 kg/ha betrug die Steigerung nur noch 4 dt/ha. Negativ beeinflusst wurde die Variante N9 durch das Jahr 1998, in dem durch die starken Niederschläge vor allem diese hochgedüngte Variante starkes Lager mit den entsprechend negativen Auswirkungen auf den Ertrag aufwies.

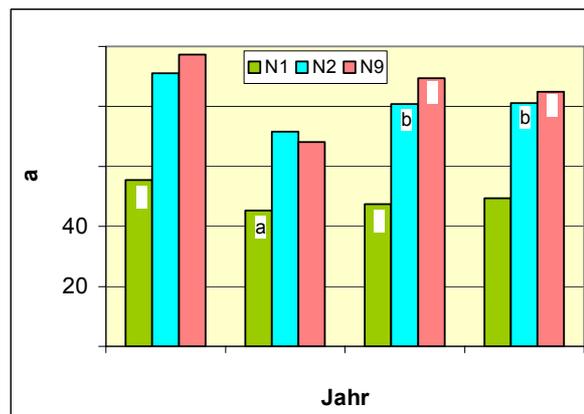


Abb. 130: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kornertrag in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Berücksichtigt man das Jahr 1998 nicht und lässt auch die fungizidunbehandelten Kontrollen außer Acht (Abbildung 131), die aufgrund des fehlenden Assimilationsapparates den angebotenen Stickstoff in der Kornfüllungsphase nicht vollständig in Ertrag umsetzen können, und betrachtet nur die behandelten Varianten, erzielt die mäßig gedüngte Variante N2 einen Mehrertrag von 70% (+36 dt/ha) und die maximal gedüngte Variante von 88% (+46 dt/ha), d.h. unter normalen Witterungsbedingungen in fungizidbehandelten Beständen führt die Steigerung der Stickstoffmenge von 120 auf 240 kg/ha zu einem zusätzlichen Mehrertrag von 18% (10 dt/ha).

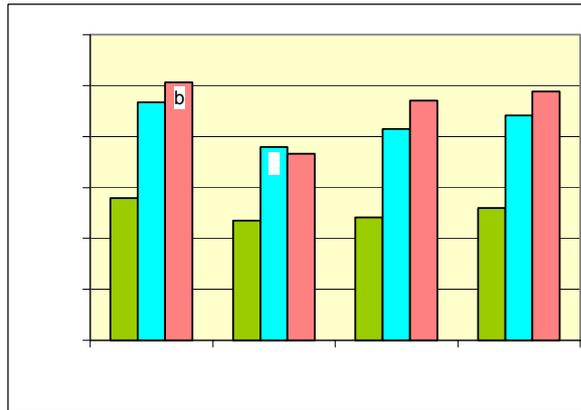


Abb. 131: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kornertrag in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidbehandelten Varianten).

Am Standort Hohenschulen zeigt sich ein ähnliches Bild wie in Futterkamp (Abbildung 132). Durch den Einsatz der Stickstoffdüngung konnte der Ertrag allerdings noch stärker, im Durchschnitt aller Stickstoffvarianten und Jahre um 77% (Futterkamp 68%) im Vergleich zu den ungedüngten Varianten erhöht werden. Die Erträge unterlagen jedoch starken Schwankungen durch die Jahreseffekte. Während im Jahr 1999 der Ertrag durch die Düngung mehr als verdoppelt werden konnte (110%), wurde 1997 nur eine Steigerung um 81% und 1998 um 42% erreicht. Der Ertrag der mäßig gedüngten Variante N2 lag im Durchschnitt der Jahre 35 dt/ha über dem der ungedüngten Variante N1. Der Mehrertrag der maximalgedüngten Variante N9 konnte dagegen nur einen Mehrertrag von 31 dt/ha erzielen.

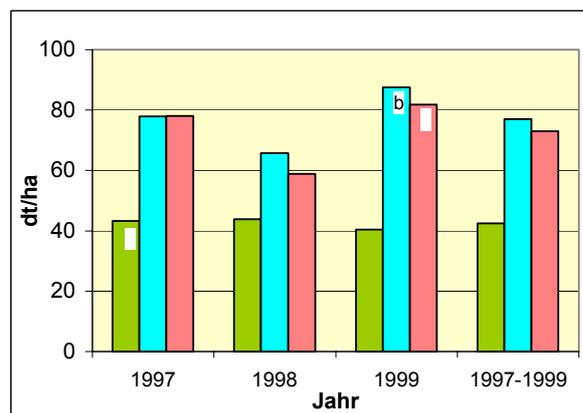


Abb. 132: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kornertrag in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

Betrachtet man wie in Futterkamp nur die fungizidbehandelten Varianten und vernachlässigt auch das Extremjahr 1998, wird der Unterschied zwischen den gedüngten Varianten zwar kleiner, trotzdem bleibt ein wenn auch sehr geringer Vorteil für die mäßig gedüngte Variante (Abbildung 133). Die Ursache liegt vermutlich in dem oben bereits angesprochenen

insgesamt niedrigeren Ertragspotenzial des Standortes Hohenschulen, so dass der bei einer Düngung von 240 kg N/ha zur Verfügung stehende Stickstoff nicht ausgenutzt werden kann und sogar negative Effekte auf die einzelnen Komponenten der Ertragsstruktur ausübt.

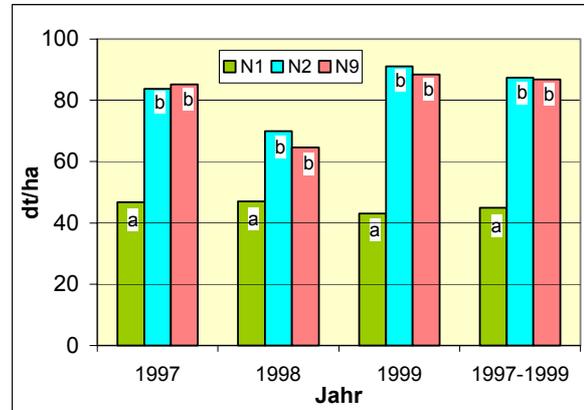


Abb. 133: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kornertrag in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen fungizidbehandelten Varianten).

Die Ergebnisse beider Standorte belegen jedoch deutlich, dass sich eine hohe Düngungsintensität nur lohnt, wenn auch ein entsprechend gesunder Pflanzenbestand zur Umsetzung des vorhandenen standortabhängigen Ertragspotenzials zur Verfügung steht. Aber auch direkte Einflüsse des Fungizideinsatzes auf die Ertragsbildung lassen sich darstellen. In Abbildung 134 wird deutlich, dass der Einsatz der Fungizide in Futterkamp im Vergleich zu der unbehandelten Variante zu klaren Mehrerträgen führt. Der Durchschnittsertrag wurde um 18% von 63 auf 75 dt/ha erhöht.

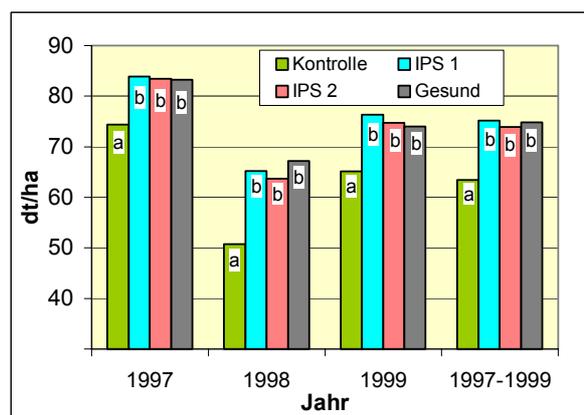


Abb. 134: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Kornertrag in Futterkamp (Mittelwerte aus allen fungizidbehandelten Varianten).

Die verschiedenen Fungizidvarianten lagen in einem engen Bereich von 1,3 dt/ha zusammen, unterschieden sich also nicht wesentlich voneinander. Die sowohl kurativ als auch protektiv

wirksame Variante IPS 1 realisierte mit zwei Behandlungen den höchsten Ertrag, gefolgt von der dreifach behandelten Gesund-Variante und der nur protektiv wirksamen Variante IPS 2. Der höchste Ertrag im Mittel der drei Versuchsjahre wurde in Futterkamp mit 96 dt/ha in der Variante Pflug, Frühsaat, IPS 1, 240 kg N/ha erzielt.

Am Standort Hohenschulen wurde ohne den Einsatz von Fungiziden nur ein Ertrag von 55 dt/ha erreicht, also 8 dt/ha weniger als in Futterkamp (Abbildung 135). Die Fungizidmaßnahmen erhöhten den Ertrag jedoch um durchschnittlich 28% (14 dt/ha) auf 69 dt/ha und waren somit noch effektiver als in Futterkamp. Zwischen den Fungizidvarianten konnte in Hohenschulen ein größerer Unterschied festgestellt werden. Die Gesund-Variante realisierte durch den höheren Aufwand der Dreifachapplikationen einen um 3 dt/ha höheren Ertrag als die IPS-Variante. Der höchste Ertrag im Mittel der drei Versuchsjahre wurde in Hohenschulen mit 85 dt/ha in der Variante Pflug, 120 kg N/ha, Gesund erzielt und lag damit um 11 dt/ha niedriger als die Variante mit dem höchsten Ertrag in Futterkamp.

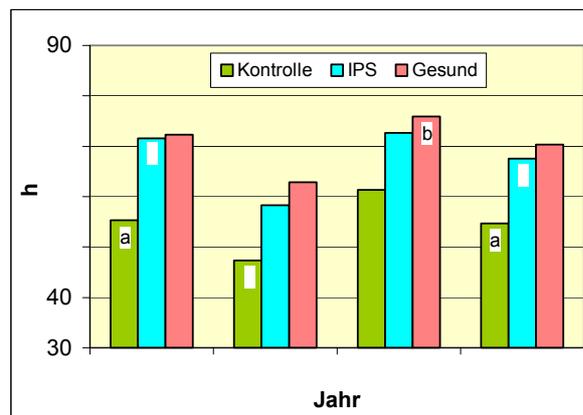


Abb. 135: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Kornertrag in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.4.2 Korninhaltsstoffe

Neben der Höhe des Kornertrages ist auch die Qualität des Korns ein entscheidender Parameter für den wirtschaftlichen Erfolg. Eine besondere Bedeutung besitzt der Proteingehalt, nach dem die Partien in Qualitätsgruppen eingestuft werden. Für hohe Qualitäten werden entsprechend Aufgelder gezahlt. Neben dem Proteingehalt werden im folgenden auch

die Gehalte an einigen Makronährstoffen genauer ermittelt. Diese Untersuchungen fanden aus finanziellen Gründen nur für Proben des Standortes Futterkamp statt.

3.4.2.1 Rohproteingehalt

Der Rohproteingehalt im Korn berechnet sich aus dem Gesamt-Stickstoffgehalt, der analytisch bestimmt wird, multipliziert mit dem Faktor 6,25. Die Sorte Orestis ist als B-Weizen eingestuft und muss für eine entsprechende Vermarktung einen Mindestgehalt von 11,5% Rohprotein aufweisen.

Der Rohproteingehalt unterliegt größeren Schwankungen innerhalb der drei Versuchsjahre. Im Jahr 1997 konnte im Durchschnitt aller Varianten noch ein Gehalt von 11% erreicht werden, in den übrigen Jahren lag er knapp unter 10%.

Die Bodenbearbeitung übt keinen Einfluss auf den Rohproteingehalt aus. Die Pflugvarianten wiesen einen Gehalt von 10,3% auf, die Varianten mit Minimalbodenbearbeitung von 10,1%.

Größere Auswirkungen der Saatzeit konnten nur im Jahr 1999 mit 10 Wochen Unterschied zwischen den Saatterminen festgestellt werden. Der Rohproteingehalt lag in den Varianten der Spätsaat um 0,7% (absolut) höher. In den übrigen Jahren gab es keine wesentlichen Unterschiede.

Die Stickstoffdüngung hat mit Abstand von allen Anbausystemfaktoren den größten Einfluss auf den Rohproteingehalt im Korn. Abbildung 136 zeigt den enormen Zuwachs, der durch die steigenden Stickstoffgaben erzielt wurde. Die ungedüngten Varianten konnten lediglich einen Gehalt von 8,1% realisieren. Damit konnte keine marktfähige Ware produziert werden. Durch die Gabe von 120 kg N/ha wurde der Rohproteingehalt um ein Viertel auf 10% erhöht, aber auch hierbei handelt es sich nicht um Backqualitäten, so dass bei der Vermarktung hohe Preisabschläge in Kauf genommen werden müssen. Erst durch eine Düngung mit 240 kg/ha Stickstoff konnten die Ansprüche an Backweizen der Stufe B erfüllt werden. Der Gehalt wurde um mehr als die Hälfte erhöht auf durchschnittlich 12,5%. Nur die Weizenpartien aus den hochgedüngten Varianten wären in allen Jahren als Backweizen und damit zu guten Preisen zu vermarkten gewesen. Nicht eine Variante mit einer Düngung von 120 kg N/ha

konnte in einem der drei Versuchsjahre den geforderten Rohproteingehalt von 11,5% im Korn liefern.

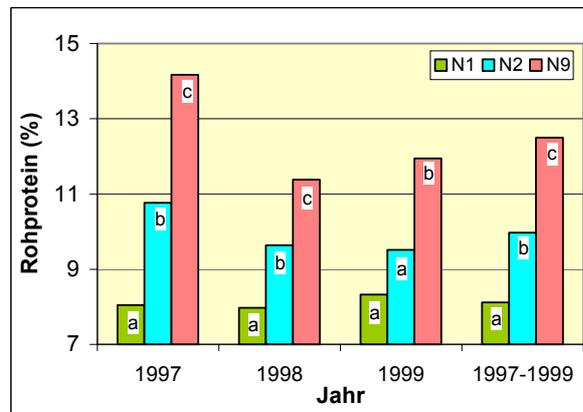


Abb. 136: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Rohproteingehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Der Fungizideinsatz hat einen, wenn auch geringfügig, negativen Einfluss auf den Rohproteingehalt im Korn (Abbildung 137). Er wurde im Durchschnitt der drei Jahre von 10,5% in der fungizidunbehandelten Kontrolle auf 10,2-10,0% in den Fungizidvarianten reduziert.

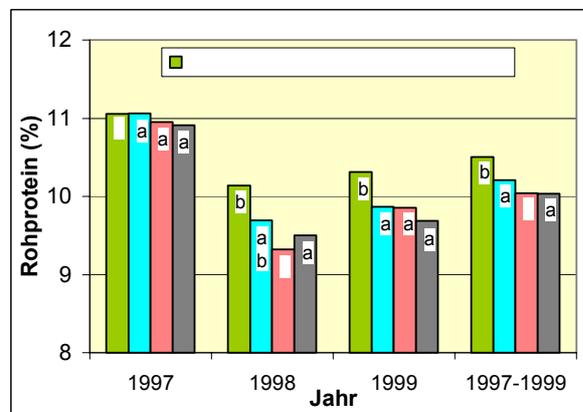


Abb. 137: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Rohproteingehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Dies dürfte in erster Linie dem Verdünnungseffekt zuzuschreiben sein, da in den fungizidbehandelten Varianten bei gleichem Stickstoffangebot ein höherer Kornertrag erzielt wurde als in den unbehandelten Kontrollen. Die höchsten fungizidbedingten Mehrerträge wurden in den Jahren 1998 und 1999 erzielt. Entsprechend ist in diesen Jahren der Rückgang des Rohproteingehaltes am größten. Der Fungizideinsatz führte jedoch im Mittel der drei

Versuchsjahre in keinem Fall dazu, dass bei maximaler Stickstoffversorgung der Rohproteingehalt von 11,5% unterschritten wurde.

3.4.2.2 Phosphorgehalt

Der durchschnittliche Phosphorgehalt betrug in den Versuchen 0,31%. Die Werte variierten zwischen 0,28% im Jahr 1999 und 0,33% im Jahr 1998. Damit übt der Faktor Versuchsjahr mit einer Schwankungsbreite von 18% den größten Einfluss aller betrachteten Faktoren auf den Phosphorgehalt aus.

Die Art der Bodenbearbeitung als auch die Saatzeit bleiben ohne Auswirkungen auf den Phosphorgehalt.

Größere Bedeutung erlangt die Stickstoffdüngung (Abbildung 138). Die Zunahme der Stickstoffmenge führt gleichzeitig tendenziell zu einem höheren Phosphorgehalt im Korn. Der größte Effekt ergab sich im Jahr 1997, in dem der Gehalt um 10% bzw. 11% (relativ) durch 120 kg N/ha bzw. 240 kg N/ha gesteigert werden konnte. Im Durchschnitt der drei Versuchsjahre wurde der Phosphorgehalt um 4-5% durch die Stickstoffdüngung erhöht.

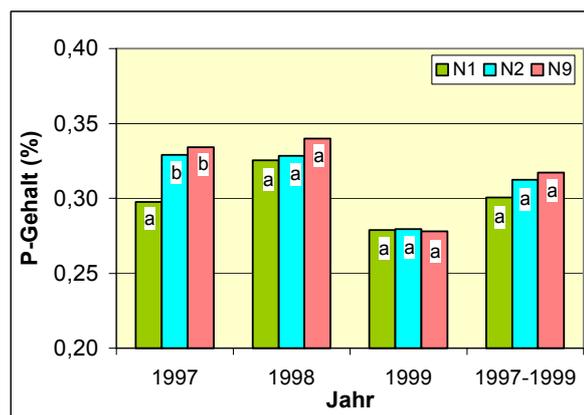


Abb. 138: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Phosphorgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Auch durch den Fungizideinsatz wird der Phosphorgehalt im Korn beeinflusst. In den Jahren 1998 und 1999 wird der Phosphorgehalt durch die Ausbringung der Fungizide um durchschnittlich 8% reduziert (Abbildung 139). Hierbei kann es sich um einen Verdünnungseffekt durch die höheren Kornerträge in den fungizidbehandelten Varianten

handeln. Die Fungizidvarianten unterscheiden sich nicht untereinander. Im Jahr 1997 ist keine klare Reaktion des Phosphorgehaltes auf den Fungizideinsatz festzustellen.

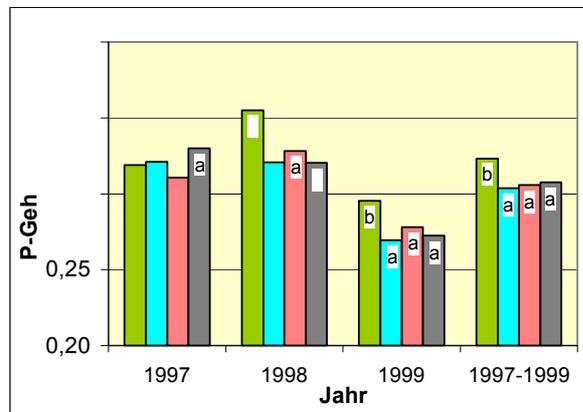


Abb. 139: Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Phosphorgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.4.2.3 Kaliumgehalt

Der Gehalt an Kalium im Korn reagiert sehr stark auf die unterschiedlichen Versuchsjahre. Der Schwankungsbereich liegt zwischen 0,37% und 0,57% mit einem Durchschnittswert von 0,44% und einer Varianz von 54%. Sowohl die Bodenbearbeitung als auch die Saatzeit bleiben ohne Einfluss.

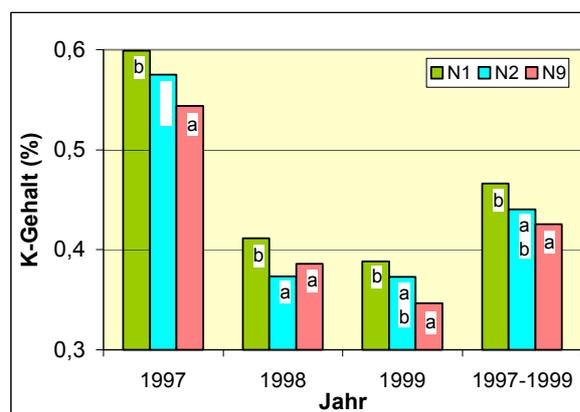


Abb. 140: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kaliumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Im Gegensatz zum Phosphorgehalt wird der Kaliumgehalt durch eine steigende Stickstoffdüngung reduziert (Abbildung 140). Während die ungedüngte Variante einen Gehalt

von 0,47% aufweist, reduziert sich der Wert durch Düngung von 120 kg N/ha auf 0,44% und durch Düngung von 240 kg N/ha auf 0,42%. Auch in den Einzeljahren ist dieser Trend nachzuweisen. Hier kann ebenfalls der Verdünnungseffekt eine Rolle spielen.

Auch durch den Fungizideinsatz wird der Kaliumgehalt reduziert (Abbildung 141). Zwischen den Fungizidvarianten zeigen sich keine Unterschiede. Im Durchschnitt führt der Einsatz der Fungizide jedoch im Vergleich zur Kontrolle zu einer Abnahme des Kaliumgehaltes im Korn von 5%.

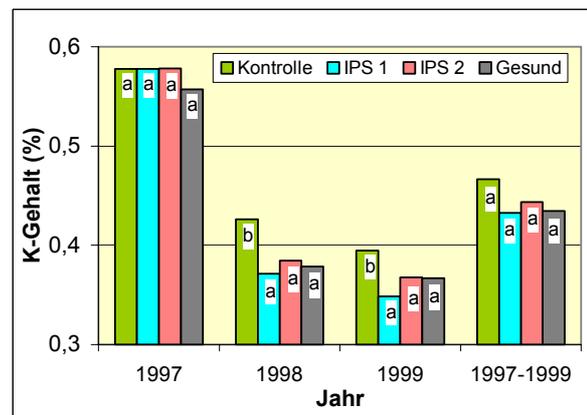


Abb. 141 Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Kaliumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.4.2.4 Magnesiumgehalt

Der Magnesiumgehalt im Korn liegt in den drei Versuchsjahren auf einem sehr konstanten Niveau zwischen 0,143% und 0,148%. Die Bodenbearbeitung übt keinen Einfluss auf den Gehalt aus. Die Saatzeit zeigt nur im Jahr 1999 mit zehnwöchiger Differenz Auswirkungen. Der Gehalt im spät gesäten Weizen liegt mit 0,151% deutlich höher als der im frühgesäten Weizen (0,134%).

Die Stickstoffdüngung führt in allen Versuchsjahren zu einem klaren Anstieg des Magnesiumgehaltes im Korn (Abbildung 142). Durch die Düngung von 120 kg N/ha wird der Gehalt um 4% (relativ), durch Düngung von 240 kg N/ha sogar um 12% erhöht. Dieser überproportionale Anstieg mit steigender N-Düngung zeigt sich in jedem Versuchsjahr.

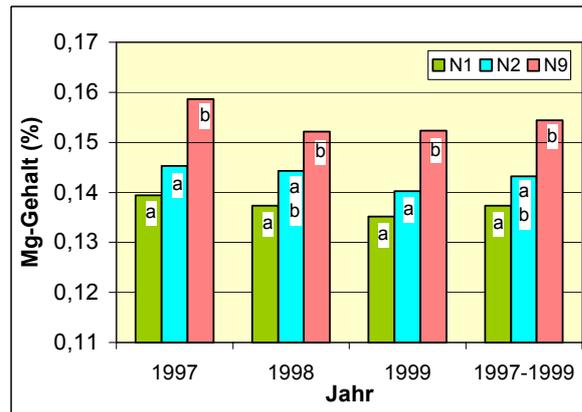


Abb. 142 Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Magnesiumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Der Fungizideinsatz führt im Mittel der drei Versuchsjahre zu einem Rückgang des Magnesiumgehaltes im Korn im Vergleich zu den fungizidunbehandelten Varianten (Abbildung 143). Der Gehalt wurde um durchschnittlich 7% (relativ) reduziert. Der Verdünnungseffekt dürfte auch hier eine Rolle spielen. Zwischen den Fungizidvarianten traten nur im Jahr 1999 größere Unterschiede auf. Über die Jahre betrachtet ist die Art des Fungizideinsatzes jedoch ohne Bedeutung.

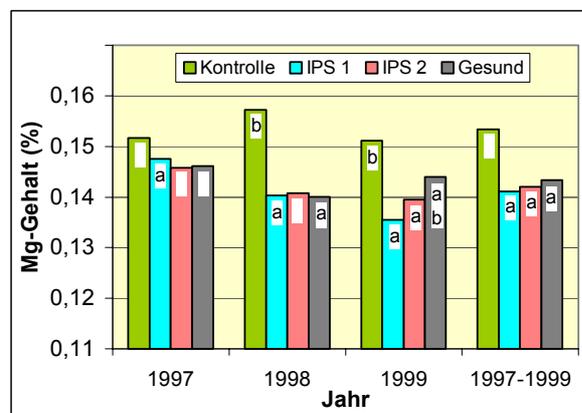


Abb. 143 Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Magnesiumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.4.2.5 Calciumgehalt

Der Calciumgehalt im Korn lag im Mittel der Versuchsjahre bei 334 ppm. Der Schwankungsbereich lag zwischen 285 und 355 ppm und betrug damit 25%. Im Jahr mit dem niedrigsten Ertrag wurde auch der niedrigste Calciumgehalt festgestellt.

Die konservierende Bodenbearbeitung führt zu einem um 6% reduzierten Calciumgehalt im Korn im Vergleich zur wendenden Bodenbearbeitung. Ebenso vermindert die Spätsaat den Gehalt um 6% im Vergleich zur Frühsaat.

Die Stickstoffdüngung übt einen klar fördernden Einfluss auf den Calciumgehalt im Korn aus. Abbildung 144 zeigt deutlich, dass in allen drei Versuchsjahren mit zunehmender Stickstoffdüngung auch der Calciumgehalt im Korn deutlich ansteigt. Lediglich die Variante N2 mit 120 kg N/ha des Jahres 1999 führt nicht zu einem Anstieg des Gehaltes. Insgesamt führt die Düngung mit 120 kg N/ha zu einer Steigerung des Calciumgehaltes im Korn um 4% und mit 240 kg N/ha um 13%.

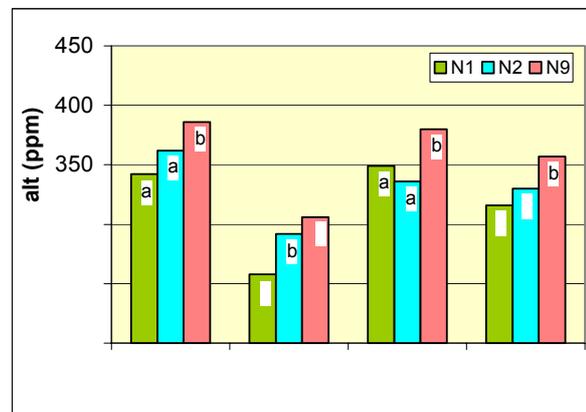


Abb. 144 Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Calciumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Der Einfluss der Fungizidmaßnahmen auf den Calciumgehalt im Korn ist nicht eindeutig (Abbildung 145). Es lässt sich grundsätzlich feststellen, dass der Einsatz der Fungizide zu einem reduzierten Gehalt führt, im Durchschnitt um 6%. Zwischen den Varianten bestehen jedoch große Unterschiede. So wird der Gehalt durch die Variante IPS 2 am stärksten reduziert, zwischen 10 und 23%, gefolgt von der Gesundvariante (8 bis 17%). Die Variante IPS 1 hat den geringsten negativen Einfluss auf den Calciumgehalt (4 bis 10%).

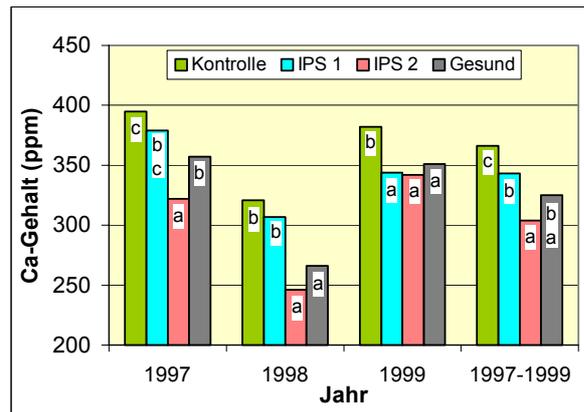


Abb. 145 Einfluss des Fungizideinsatzes auf den Calciumgehalt im Korn in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.4.3 Monetäre Bewertung

Die Rentabilität der verschiedenen Anbausystemfaktoren ist das entscheidende Kriterium für die Bewertung. Als Ausgangsgröße wird der monetäre Erlös betrachtet. Hierbei handelt es sich um den feuchtebereinigten Kornertrag, multipliziert mit dem jeweiligen im Versuchsjahr zu erzielenden Verkaufspreis (Tabelle 9). Anhand des Proteingehaltes wurde eine Einstufung in die Qualitätsstufe Brotweizen bzw. Futterweizen vorgenommen und entsprechend in die Berechnung mit einbezogen. Als Basis wurden die im Februar nach der Ernte durch die ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle, Bonn) veröffentlichten Preise genutzt.

Tab. 9: Weizenpreise 1997-1999 (EUR/dt, ohne MwSt.).

Jahr	Brotweizen (B)	Futterweizen (C)
1997	12,27	11,76
1998	12,02	10,99
1999	12,78	12,27

Vom monetären Erlös werden die Kosten aller variierten Anbausystemfaktoren abgezogen, um den bereinigten monetären Ertrag zu erhalten. Die in Tabelle 10a-d dargestellten Kosten wurden jeweils für die Faktoren Bodenbearbeitung, Saatzeit mit unterschiedlicher Saatstärke, Düngung und Pflanzenschutz angesetzt, wobei die erstgenannten Faktoren in jedem Jahr die gleichen Kosten verursachten, der Fungizideinsatz jedoch variierte und deshalb jährlich angepasst werden musste (Ausnahme war die nach festen Entwicklungsstadien behandelte Gesundvariante).

Tab. 10a: Kosten der Bodenbearbeitung (EUR/ha).

Wendend 1xGrubber, 1xPflug	Konservierend 2xGrubber	Differenz
12,78+63,40	12,78+12,78	50,62

Tab. 10b: Kosten der Saatzeit/Saatstärke (EUR/ha).

Frühsaat (300Körner/m ²)	Spätsaat (400Körner/m ²)	Differenz
53,69	71,58	-17,89

Tab. 10c: Kosten der Stickstoffdüngung inkl. Überfahrten (EUR/ha).

N1 (0 kg N/ha)	N2 (120 kg N/ha)	N3 (240 kg N/ha)
0	105,33	169,75

Tab. 10d: Kosten des Fungizideinsatzes inkl. Überfahrten (EUR/ha).

Jahr	Kontrolle	IPS (1)*		IPS 2**		Gesund
		Frühsaat	Spätsaat	Frühsaat	Spätsaat	
1997	0	81,81	81,81	127,82	127,82	213,21
1998	0	109,93	109,93	152,36	152,36	223,43
1999	0	96,12	109,93	142,19	152,36	213,21
Ø	0	96,12	100,72	140,61	144,18	216,79

*IPS (1): In Futterkamp IPS 1, in Hohenschulen IPS

**IPS 2: nur in Futterkamp

3.4.3.1 Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung beeinflusst die Rentabilität in Futterkamp nur in geringem Maße. In den Versuchsjahren mit normaler Witterung führte der Einsatz des Pfluges zu einem um 8 EUR/ha (1997) bzw. 2 EUR/ha (1999) erhöhten Deckungsbeitrag. Lediglich im Jahr 1998 mit schwierigen Witterungsbedingungen konnte die Grubbersaat einen um 31,70 EUR/ha erhöhten Deckungsbeitrag erzielen, so dass im Mittel der drei Versuchsjahre die konservierende Bodenbearbeitung einen Vorteil von 7 EUR/ha erzielt hat.

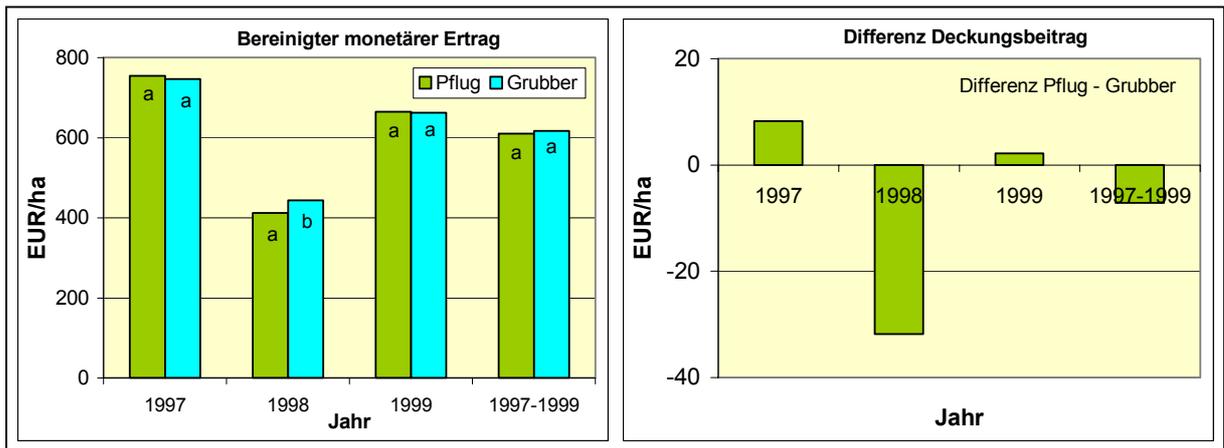


Abb. 146 Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Am Standort Hohenschulen zeigt sich ein anderes Bild. Die Unterschiede zwischen der Pflug- und der Horschsaat sind wesentlich größer. Im Jahr 1997 erlangt die Direktsaat einen Vorteil von ca. 51 EUR/ha, in den übrigen Jahren die Pflugsaat mit durchschnittlich 51 EUR/ha, so dass gemittelt über alle Versuchsjahre die wendende Bodenbearbeitung in Hohenschulen einen um 17 EUR/ha erhöhten Deckungsbeitrag aufweist.

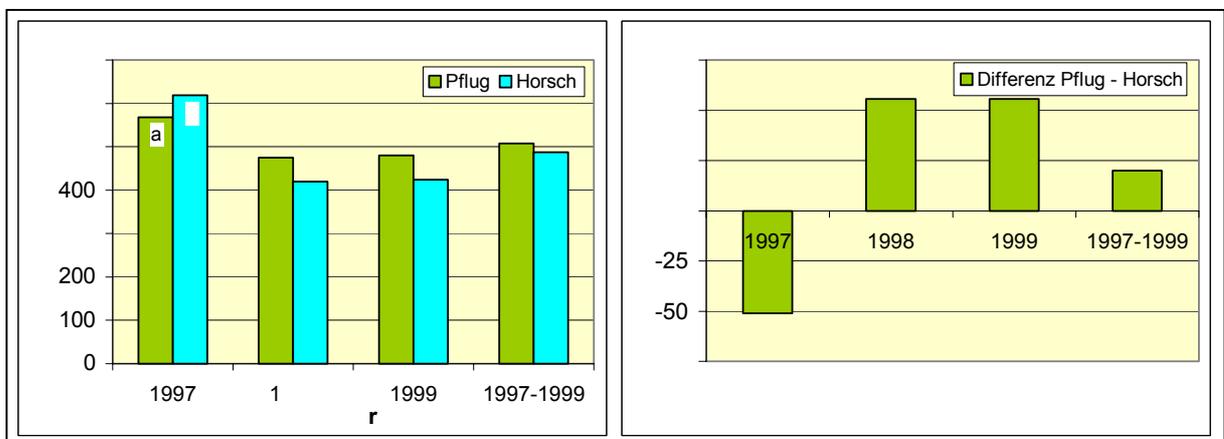


Abb. 147 Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

Fasst man die Ergebnisse beider Standorte zusammen, lässt sich feststellen, dass in der Mehrzahl der Jahre die wendende Bodenbearbeitung durch den Pflug zu einem höheren Deckungsbeitrag führt. Der geringere Ertrag der Direktsaatverfahren kann durch die niedrigeren Kosten nicht kompensiert werden. Die Unterschiede sind jedoch zu vernachlässigen. Gemittelt über beide Standorte liegt ein Vorteil von 5 EUR/ha zugunsten der Pflugsaat vor.

3.4.3.2 Saatzeit

In allen Versuchsjahren konnte die Frühsaat einen deutlich höheren Deckungsbeitrag erzielen als die Spätsaat (Abbildung 148). Der geringste Unterschied wurde mit 39 EUR/ha im Jahr 1998 erzielt, der höchste mit 103 EUR/ha im Jahr 1999 mit der größten zeitlichen Differenz zwischen den Terminen. Im Durchschnitt lag der Vorteil bei 69 EUR/ha zugunsten der Frühsaat. Beachtet man die um 18 EUR/ha höheren Kosten der Spätsaat durch die erhöhte Saatmenge, zeigt sich, dass die Spätsaat keine großen Nachteile gegenüber der Frühsaat aufweist, selbst bei extremen Saatzeitunterschieden wie im Jahr 1999.

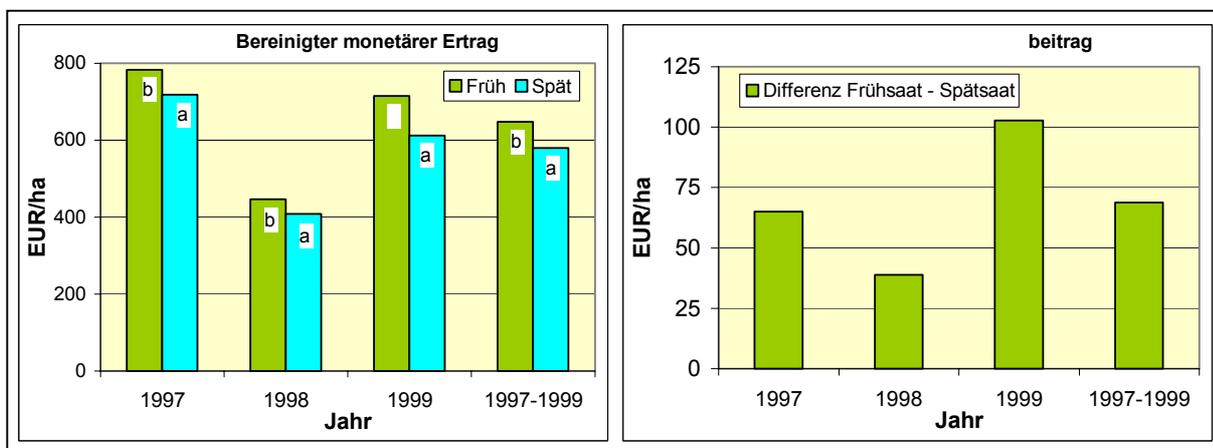


Abb. 148 Einfluss der Saatzeit auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.4.3.3 Stickstoffdüngung

Abbildung 149 verdeutlicht die Bedeutung der Stickstoffdüngung für die Rentabilität des Weizenanbaus. Am Standort Futterkamp wird durch die Gabe von 120 kg N/ha eine Steigerung des Deckungsbeitrages um 305 EUR/ha erreicht, die Erhöhung auf 240 kg N/ha führt zu einer weiteren Steigerung auf 331 EUR/ha. Der Deckungsbeitrag der maximalgedüngten Varianten mit 240 kg N/ha wird vor allem durch das starke Lager im Jahr 1998, in dem der Ertrag hinter dem der mäßig gedüngten Varianten zurückblieb, negativ beeinflusst. Dies zeigt auch die Gefahr der hohen Düngungsintensität, die mit reduzierter Halmstabilität einhergehen kann. Trotzdem war im Mittel der Jahre der hohe Aufwand für die Düngung an diesem Standort rentabel.

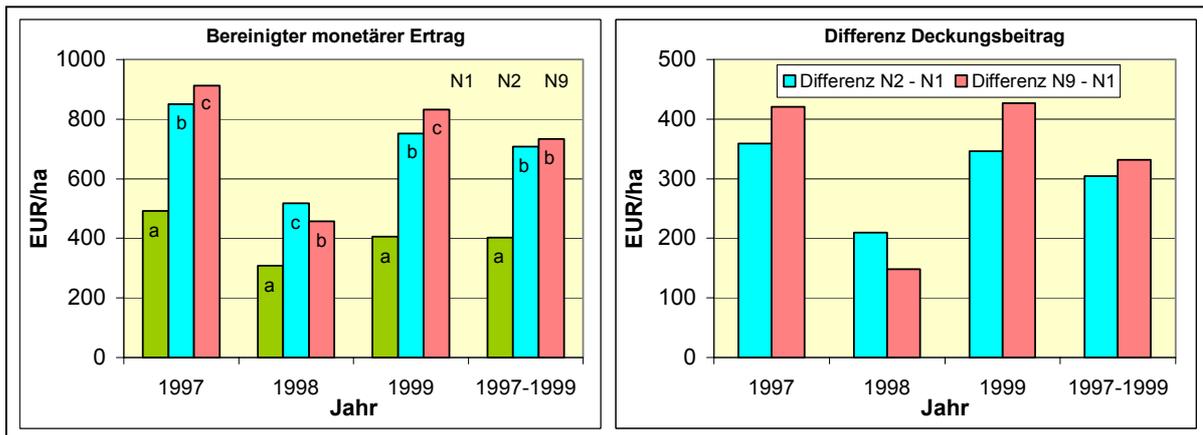


Abb. 149 Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Am Standort Hohenschulen ergibt sich dagegen ein ganz anderes Bild. In keinem Versuchsjahr konnten die maximalgedüngten Stickstoffvarianten den Deckungsbeitrag erreichen, den die mäßig gedüngten Varianten realisieren konnten. 120 kg N/ha konnten den Deckungsbeitrag im Durchschnitt um 244 EUR/ha erhöhen, 240 kg N/ha um lediglich 120 EUR/ha. Der hohe Aufwand für die Düngung war an diesem Standort nicht rentabel, da schon die Kornerträge geringer waren als in den mäßig gedüngten Varianten. Die zusätzlichen Kosten für die höhere Düngermenge haben die relative Vorzüglichkeit der 120 kg N/ha weiter erhöht.

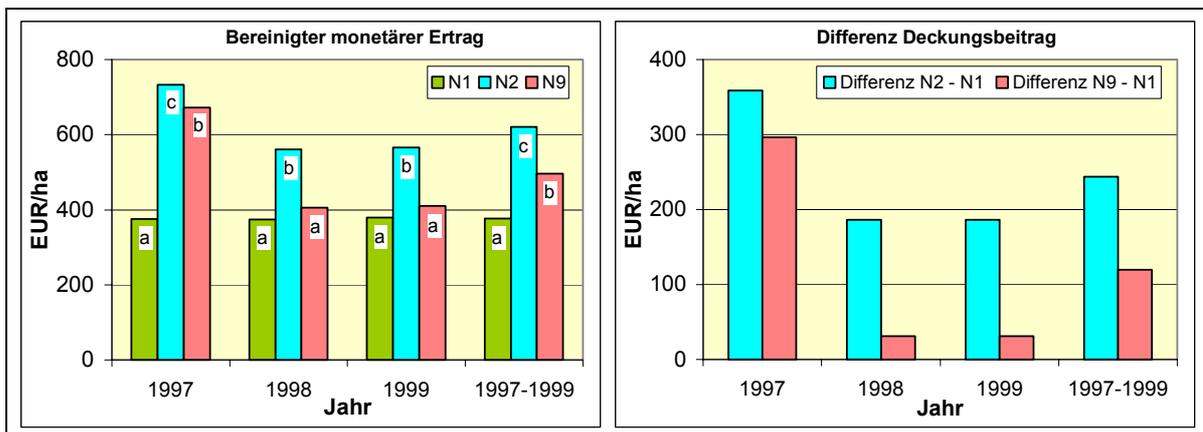


Abb. 150 Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die unterschiedlichen Ergebnisse der Versuche in Futterkamp und Hohenschulen zeigen, dass die optimale Düngermenge für jeden Standort angepasst werden muss. Böden mit geringerer Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit können ein hohes Stickstoffangebot nicht in Mehrertrag umsetzen, die Ertragsentwicklung kann sogar negativ beeinflusst werden.

3.4.3.4 Fungizideinsatz

Die Strategie hat einen entscheidenden Einfluss auf die Rentabilität des Fungizideinsatzes. In Abbildung 151 zeigt sich eine klare Überlegenheit des IPS-Modells (IPS 1). Es ist die einzige Variante, die einen Mehrerlös erzeugt, der höher ist als die zusätzlich verursachten Kosten. Im Durchschnitt konnte der Deckungsbeitrag durch den Fungizideinsatz der Variante IPS 1 um 54 EUR/ha erhöht werden. Die Variante IPS 2 konnte zwar einen ähnlichen Ertrag realisieren, die Kosten für die eingesetzten Fungizide haben jedoch zu einer negativen Deckungsbeitragsentwicklung geführt, im Durchschnitt von -9 EUR/ha. Noch unvorteilhafter wirkt sich jedoch der Fungizideinsatz in der Gesundvariante aus, der sich nur streng an Stadien orientiert. Die dreimalige Behandlung mit hohen Aufwandsmengen hat den Ertrag im Vergleich zur Variante IPS 1 nicht erhöht, die Kosten jedoch mehr als verdoppelt. Der Deckungsbeitrag reduzierte sich durch die Applikationen um durchschnittlich 74 EUR/ha. Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass nur ein gezielter Fungizideinsatz, der sich am Befallsgeschehen orientiert, rentabel sein kann. Von zusätzlicher Bedeutung ist außerdem die Auswahl der Präparate, die entsprechend des herrschenden Befalls wirksam, aber auch kostengünstig sein müssen.

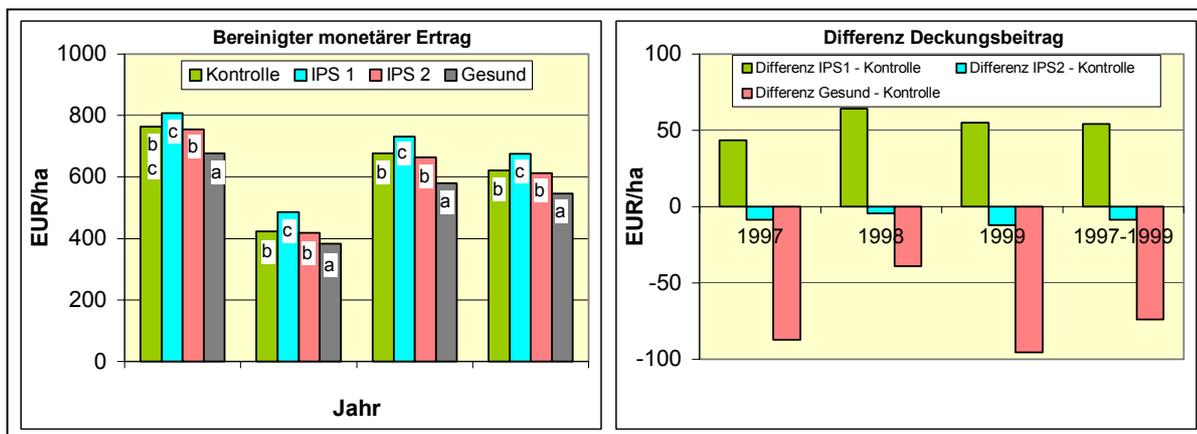


Abb. 151 Einfluss des Fungizideinsatzes auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Futterkamp (Mittelwerte aus allen Varianten).

Die Rentabilität des Fungizideinsatzes war in Hohenschulen höher als in Futterkamp. Der Fungizideinsatz in der IPS-Variante führte zu einem Anstieg des Deckungsbeitrages um 70 EUR/ha (Abbildung 152) statt um 54 EUR/ha. Noch größer wird der Unterschied, wenn man die Gesundvarianten vergleicht. Während in Futterkamp ein Verlust von 74 EUR/ha realisiert wurde, betrug dieser in Hohenschulen nur 5 EUR/ha. Aber auch an diesem Standort ist nur der Fungizideinsatz nach dem IPS-Modell rentabel.

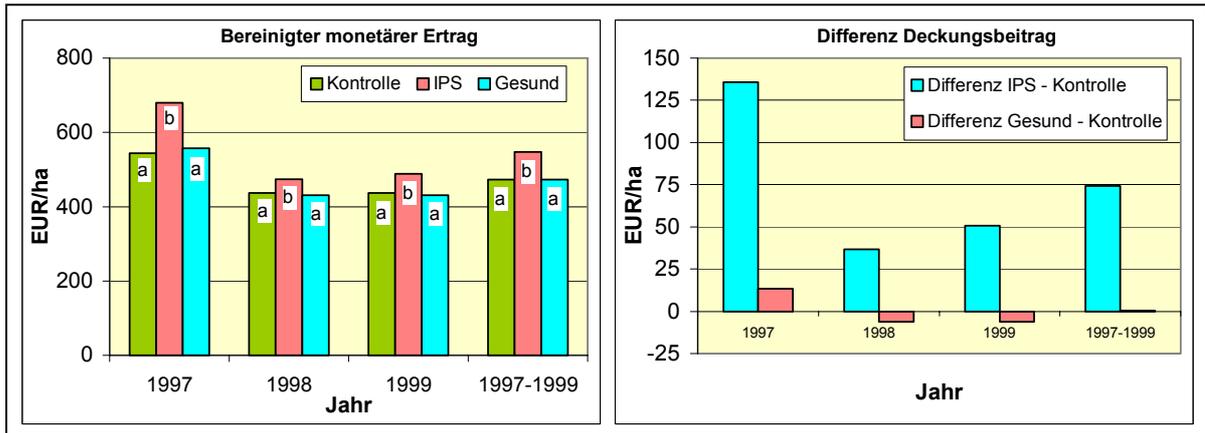


Abb. 152 Einfluss des Fungizideinsatzes auf die Rentabilität der Weizenproduktion in Hohenschulen (Mittelwerte aus allen Varianten).

3.4.3.5 Gesamtanbausystem

In den vorangegangenen Kapiteln zur monetären Bewertung wurden die jeweiligen Anbausystemfaktoren nur für sich allein stehend betrachtet. Im folgenden werden alle Varianten miteinander verglichen, um herauszufinden, welches Gesamtanbausystem ökonomisch am erfolgreichsten war und den höchsten Deckungsbeitrag liefert. Abbildung 153 zeigt die bereinigten monetären Erträge aller Einzelvarianten aus Hohenschulen.

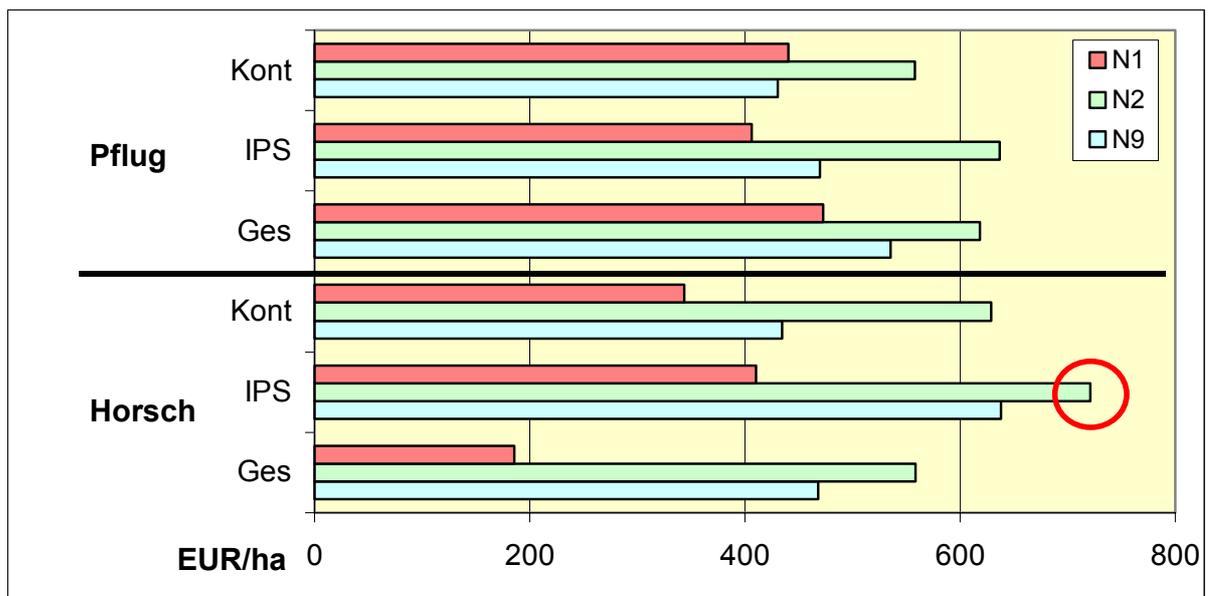


Abb. 153: Bereinigte monetäre Erträge aller Varianten in Hohenschulen (Mittelwerte aller Versuchsjahre).

Das erfolgreichste Anbausystem in Hohenschulen bestand aus der Frässohlendirektsaat, kombiniert mit einer Stickstoffdüngung von 120 kg N/ha und dem Fungizideinsatz nach dem IPS-Modell. Die am wenigsten erfolgreiche Variante war Frässohlendirektsaat, ungedüngt, Gesund. Die Differenz im Deckungsbeitrag zwischen diesen beiden Varianten betrug 535 EUR/ha.

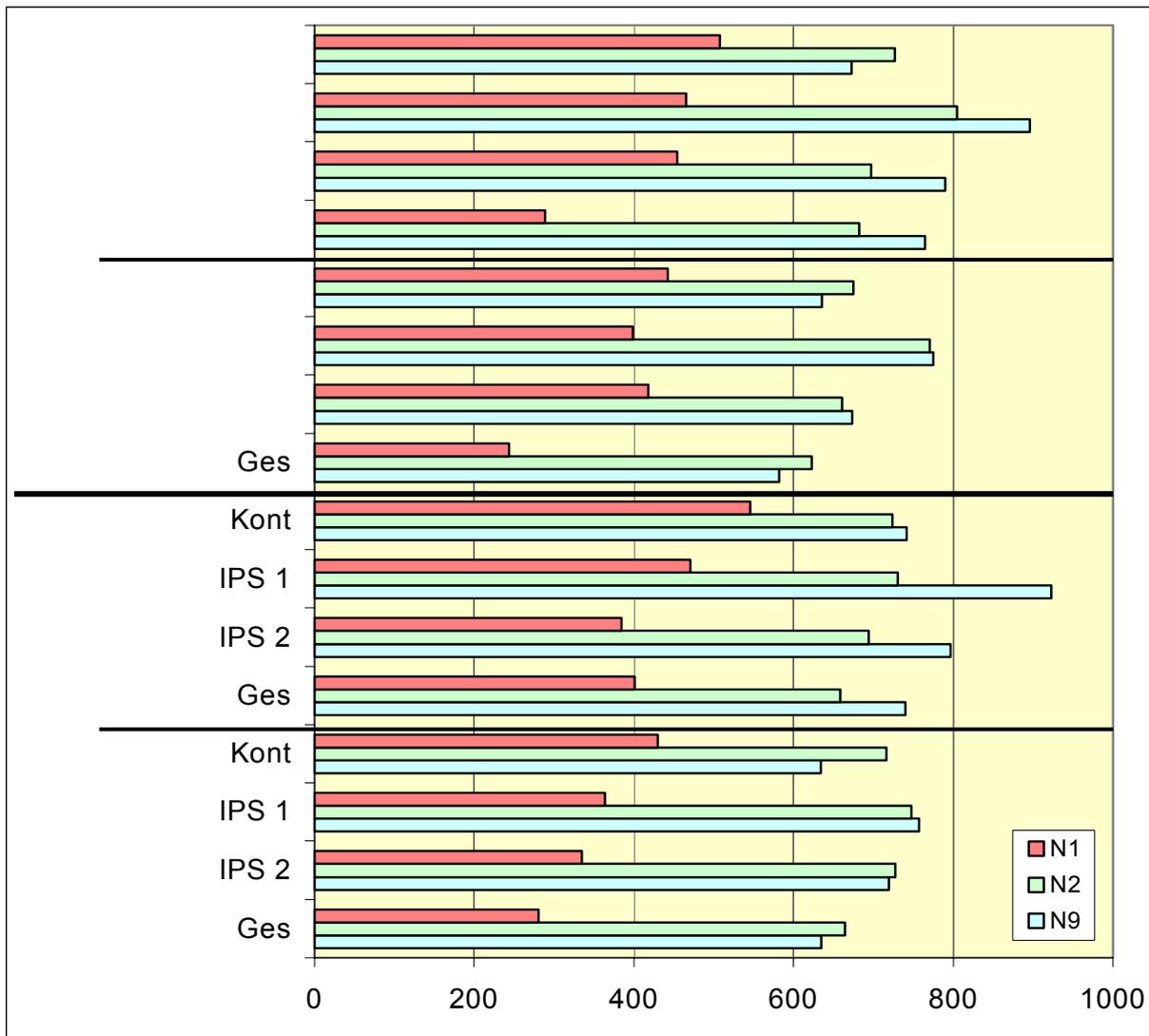


Abb. 154: Bereinigte monetäre Erträge aller Varianten in Futterkamp (Mittelwerte aller Versuchsjahre).

Am Standort Futterkamp war eine vergleichbare Variante am rentabelsten. Es handelt sich um die Gruberdrillsaat, früh gedrillt, Fungizideinsatz nach dem IPS-Modell (IPS 1). Allerdings war hier der Einsatz von 240 kg N/ha notwendig. Die gleiche Variante der Pflugsaat erzielte einen um 26 EUR/ha reduzierten Deckungsbeitrag. Die am wenigsten rentable Variante (Pflug, Spätsaat, ungedüngt, Gesund) erzielte einen um 679 EUR/ha niedrigeren Deckungsbeitrag.

4 DISKUSSION

In den Jahren 1996 bis 1999 wurden an zwei Standorten des östlichen Hügellandes in Schleswig-Holstein die Auswirkungen variierender Produktionssysteme auf die pilzlichen Krankheitserreger untersucht. Die Auswirkungen der Anbausystemfaktoren Bodenbearbeitung, Saatzeit, Stickstoffdüngung und Fungizideinsatz gingen in die Untersuchungen ein. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit lag das Augenmerk auf der Weizenkultur, welche in einer dreigliedrigen Fruchtfolge zusammen mit Wintergerste und Winterraps angebaut wurde. Die Parameter Krankheitsbefall, die Ertragskomponenten und Korninhaltsstoffe wurden dabei erfasst. Ziel der Untersuchungen war die Entwicklung eines Anbausystems, das unter den gegebenen Bedingungen zum wirtschaftlichen Optimum führt.

4.1 Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitungsverfahren üben ihren Einfluss bereits mit Beginn der Keimung aus und damit über die gesamte Vegetationsperiode. Die **Bestandesdichte** (ährentragende Halme) wurde in Hohenschulen durch die Frässohlendirektsaat nach dem Horschverfahren (HORSCH 1994) signifikant um durchschnittlich 9% gefördert. Dies lässt auf bessere Entwicklungsbedingungen als in den gepflügten Varianten schließen. Die Grubberdrillsaat in Futterkamp wies dagegen keinen positiven Einfluss auf die Bestandesdichte auf. Dies verdeutlicht den Hauptunterschied zwischen der Grubber- und der Frässohlendirektsaat. Letztere schafft ein besseres Saatbett, während bei der Grubberdrillsaat die verbleibenden Strohreste zu Problemen bei der Aussaat führen können.

Die Weizenpflanzen waren in den Varianten mit dem Direktsaatverfahren um 3-4 cm kürzer. HEDKE (1999) stellte zudem noch fest, dass die Blattflächen signifikant kleiner waren. Trotzdem ging in diesen Varianten, besonders ausgeprägt in Futterkamp mit der Grubberdrillsaat, in Jahren mit ungünstigem Witterungsverlauf ein größerer Anteil der Pflanzen ins Lager. Dies führte zu starken Ernteerschwernissen.

Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die **Krankheitserreger** wird durch die Beseitigung der Pflanzenreste nach der Ernte geprägt. Während die wendende Bodenbearbeitung des Pfluges nur sehr geringe Strohmenge auf der Oberfläche belässt, wird bei den

konservierenden Direktsaatverfahren die organische Substanz nur flach eingearbeitet und ein großer Teil verbleibt auf der Oberfläche. Diese Tatsache ist insbesondere aus ackerhygienischer Sicht negativ zu beurteilen, da die Strohreste auch potentiell Inokulummaterial enthalten, denn eine Vielzahl der pilzlichen Schaderreger überdauert auf den Pflanzenresten. Von besonderer Bedeutung ist dies bei Getreidemonokulturen, die im Rahmen dieses Projektes nicht untersucht wurden. Vor allem der Erreger der DTR-Blattdürre, *D. tritici-repentis*, der allerdings an keinem der beiden Standorte nachgewiesen wurde, und Ährenfusariosen sind in diesem Zusammenhang als zunehmende Problemkrankheiten durch mangelnde Ackerhygiene zu bewerten.

Die **Septoria-Blattdürre**, verursacht durch den Erreger *S. tritici*, war unter den gemäßigten Klimabedingungen Schleswig-Holsteins die wichtigste Krankheit. Sie wird trotz der durch die Minimalbodenbearbeitung verbleibenden hohen Strohmenngen nicht gefördert sondern sogar in ihrem Ausmaß reduziert. Dieser Effekt wird am Standort Hohenschulen mit der Frässohlendirektsaat besonders deutlich. Zwar ist der Ausgangsbefall mit *S. tritici* zu EC 32 in den gepflügten Varianten noch niedriger, der Endbefall auf den ertragsessentiellen drei oberen Blättern ist jedoch in den Horsch-Varianten in jedem Jahr signifikant geringer, durchschnittlich um 50%. Am Standort Futterkamp mit der Grubberdrillsaat sind die Unterschiede nicht signifikant, tendenziell weist jedoch auch hier die Direktsaatvariante einen leicht reduzierten Befall auf. Diese Ergebnisse sind überraschend, da nach VERREET et al. (1990) der Erreger die wirtsfreie Zeit auf Strohresten im sexuellen Stadium (*M. graminicola*) überdauert. Die Primärinfektion erfolgt jedoch durch die windbürtigen Ascosporen, so dass der Zuflug von benachbarten Schlägen die Situation des Ausgangsinokulums im Bestand überlagert (SCOTT et al. 1988, SHAW & ROYLE 1989, VERREET et al. 1990) und die wendende Bodenbearbeitung als ackerhygienische Maßnahme nur Erfolg hat, wenn sie überregional durchgeführt wird. SHAW & ROYLE (1993) erklären den stärkeren Befall der Pflugsaaen mit der besseren Vorwinterentwicklung und der Möglichkeit des Erregers, bereits auf der Pflanze zu überwintern anstatt auf Stoppelresten, auf denen langsam die Infektionsfähigkeit verloren geht (KING et al. 1983). Auch HEDKE (1999) konnte in ihrer Arbeit bestätigen, dass das Verfahren der Horschsaat den Befall mit *S. tritici* deutlich verminderte, während die Grubberdrillsaat nur geringe Effekte verursachte.

Auch der **Halmbrucherreger** *P. herpotrichoides* überdauert auf den Stoppelresten, so dass die Ackerhygiene einen Einfluss auf das Befallsgeschehen haben sollte. Die ermittelten Unterschiede variierten jedoch zwischen den Versuchsjahren und Direktsaatverfahren. Der

Ausgangsbefall mit der Halmbruchkrankheit wurde durch die Grubberdrillsaat reduziert, durch die Horschsaat vermehrt. Im Laufe der Vegetation näherten sich die Befallswerte der Varianten einander an, so dass der Endbefall in Futterkamp in beiden Varianten ein vergleichbares Niveau erreichte. In Hohenschulen war die Variante der Horschsaat sogar etwas geringer befallen als die Pflugsaat. Da in den einzelnen Versuchsjahren zum Teil gegenteilige Tendenzen festgestellt wurden, kann allerdings keine klare Aussage bezüglich der Auswirkung der Bodenbearbeitungssysteme getroffen werden. Die Hauptursache dürfte in der dreigliedrigen Fruchtfolge liegen, so dass kaum Weizenstrohreste mit der neuen Weizensaat in Kontakt kommen konnten. KREUZ & ENGELHARDT (1992) haben in einem Fruchtfolgeversuch allerdings ermittelt, dass die Vorfrucht ohne entscheidenden Einfluss auf den Befall bleibt, auch eine Halmvorfrucht führte nicht zu stärkerem Befall. Dagegen führte die reduzierte Bodenbearbeitung zu einem deutlichen Befallsanstieg des Halmbrucherregers. Diese Ergebnisse können in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden. Auch GROLL & LUZI (1991) stellten einen großen Einfluss der Fruchtfolge auf die Befallsentwicklung fest. Die allgemeinen Auswirkungen von Strohrefesten, also im betrachteten Versuch auch die der Rapsstrohrefeste, bestehen in erhöhter Konkurrenz durch Mikroorganismen, die das Stroh zersetzen sowie in verringerten Sporulationsraten bei höheren Strohdichten (PREW et al. 1995). Dies könnte die im Vergleich zur Pflugdrillsaat reduzierten Endbefallswerte der Direktsaaten erklären. Die negativen Auswirkungen der Direktsaaten kommen nach BACHTHALER et al. (1975), STEINBRENNER et al. (1984), DIERCKS et al. (1980), KÄSBOHRER (1986) und KÄSBOHRER et al. (1988) erst bei Weizenmonokultur zum Tragen. In einer mehrgliedrigen Fruchtfolge sind also keine negativen Auswirkungen der Direktsaat auf den bodenbürtigen Erreger *P. herpotrichoides* zu befürchten, sondern die nichtwendende Bodenbearbeitung zu nichtanfälligen Kulturen kann zu einer starken Reduktion des bodenbürtigen Inokulums führen (RADEMACHER 1954, MAENHOUT 1975 und 1977, PUHL 1986).

Der Erreger des **Echten Mehltaus**, *E. graminis*, wird vor allem windbürtig verbreitet. Deshalb ist ein direkter Einfluss der Bodenbearbeitung nicht zu erwarten. Trotzdem wurde am Standort Hohenschulen festgestellt, dass der Befall mit Echtem Mehltau in den Varianten mit der Frässohlendirektsaat im Vergleich zur Pflugsaat um durchschnittlich 75% stärker war, einheitlich in den Versuchsjahren, in denen der Erreger aufgetreten ist. Dagegen hatte die Grubberdrillsaat in Futterkamp keinen fördernden Einfluss auf die Befallswerte. Die beiden konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren unterscheiden sich hinsichtlich der nach der

Saat auf der Oberfläche liegenden Strohmenge. Dies ist in erster Linie bei Monokulturen von Bedeutung, aber auch grundsätzlich beeinflusst die organische Substanz an der Oberfläche die mikroklimatischen Gegebenheiten. Nach DITSCH & GROVE (1991) fördern Erntereste die Infektionsbedingungen nahe der Oberfläche durch ein kühles und feuchtes Mikroklima. Dies könnte den höheren Befall der Horschsaaten erklären, die einen höheren Besatz mit Strohresten aufwiesen als die Grubbersaaten. Ein weiterer Unterschied besteht in der Bestandesdichte. Die höhere Bestockungsneigung der Pflanzen der Frässohlendirektsaat (s. o.) führte entsprechend zu dichteren Beständen als in der Grubber- und Pflugdrillsaat. Dieses für den Erreger günstigere Mikroklima mit höherer Feuchtigkeit in dichteren Beständen führt nach FRIEDRICH & BOYLE (1993) zu stärkeren Epidemien. Die von FRIEDRICH (1995) angeführten negativen Auswirkungen dichter Bestände auf den Wasserhaushalt mit folglich verzögerten Befallsentwicklungen durch Wasserstress in den Pflanzen konnten in den drei Versuchsjahren nicht bestätigt werden.

Der Erreger des **Braunrostes**, *P. recondita*, besaß in allen Versuchsjahren nur eine untergeordnete Bedeutung. Er trat erst sehr spät in der Vegetation auf und besaß so ein nur geringes Schadpotenzial, wenn auch höhere Befallswerte als beim Echten Mehltau erreicht wurden. Das grundsätzliche Auftreten dieses Wärme liebenden Pathogens (ROSSI et al. 1996) in Schleswig-Holstein ist ungewöhnlich, insbesondere, wenn man berücksichtigt, dass der Erreger des Gelbrostes, *P. striiformis*, in den drei Versuchsjahren nicht aufgetreten ist, obwohl er an das feuchte und kühle Klima Norddeutschlands sehr gut angepasst ist (McGREGOR & MANNERS 1985, HOFFMANN & SCHMUTTERER 1999, HEITEFUß et al. 2000). Die gewählte Sorte Orestis weist allerdings eine sehr hohe Anfälligkeit für den Braunrost auf (BUNDESSORTENAMT 1996), so dass offensichtlich die mangelnde Krankheitstoleranz die Bedeutung der Umwelteinflüsse überlagert.

Die ermittelten Ergebnisse waren denen des Echten Mehltaus vergleichbar. In Hohenschulen wurde der Befall durch die Horschdrillsaat gefördert, in Futterkamp kann dies tendenziell bestätigt werden, der Effekt war je nach Versuchsjahr jedoch unterschiedlich. Diese Ergebnisse werden auch von HEDKE (1999) bestätigt. MORGADO-ARROYO & URZUA-SORIA (1995) stellten in ihren Untersuchungen dagegen fest, dass sich der Erreger sowohl unter konservierender als auch unter wendender Bodenbearbeitung gleichförmig entwickelte. Die beobachtete Förderung des Braunrostbefalls durch das Direktsaatverfahren lässt sich wie die Förderung des Mehltaubefalls erklären.

Die Bodenbearbeitung gilt aufgrund mangelnder chemischer Bekämpfungsmaßnahmen als wichtigste Methode zur Verringerung des Befalls mit **Ährenfusarium** und damit der toxischen Belastung der Ernteprodukte. Je stärker die Intensität der Bodenbearbeitung reduziert wird, desto höher liegen die Mykotoxingehalte (BECK & LEPSCHY 2000, KREYE et al. 2000, OLDENBURG & BRUNOTTE 2002). Alle Autoren kamen jedoch ebenfalls zu dem Ergebnis, dass nur bei Vorhandensein einer Risikovorfrucht (Mais, Hafer, Weizen) die Bodenbearbeitung von Bedeutung ist. In der vorliegenden Arbeit wurden nur geringe Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen deutlich, was sich aufgrund der gesunden Vorfrucht Winterraps erklärt. Die Befallshäufigkeit lag in zwei von drei Versuchsjahren in den Varianten mit konservierender Bodenbearbeitung sogar auf einem geringeren Niveau als bei wendender Bearbeitung. Auch BRÄUTIGAM & TEBRÜGGE (1994) zeigten auf, dass bei langjähriger reduzierter Bodenbearbeitung (mehr als 10 Jahre) der Befall mit *Fusarium* im Vergleich zum Pflug reduziert wurde. Sie erklärten dies mit der deutlich erhöhten Aktivität antagonistischer Mikroorganismen. Im Jahr 1998 wurde in Futterkamp allerdings in den gegrubberten Varianten ein mehr als doppelt so hoher Befall mit Ährenfusarium im Vergleich zu den Pflugvarianten beobachtet. Dies scheint jedoch eher in einem engen Zusammenhang mit dem Lager zu stehen, das im gleichen Jahr in den Grubbervarianten auftrat, denn auch NICHOLSON et al. (2003) konnten bestätigen, dass Körner aus Partien mit Lagerauftreten stärker mit dem *Fusarium*-Leit toxin Deoxynivalenol belastet waren als Körner aus Partien, die zur Ernte standen. Nach ihren Angaben war das Lager der dominierende Einflussfaktor, wichtiger als alle anderen Maßnahmen.

Die Bodenbearbeitung übt einen geringen Einfluss auf die **Ertragsbildung** aus. An beiden Standorten wurde durch die wendende Bodenbearbeitung ein Mehrertrag von 3-4 dt/ha festgestellt. Dies ist insbesondere am Standort Hohenschulen unerwartet, da der Nekrotisierungsgrad während der Kornfüllungsphase in den Horsch-Varianten deutlich geringer war. In Futterkamp führte die Grubberdrillsaat nicht zu einer verlangsamten Abreife. Diese Effekte konnte auch HEDKE (1999) für beide Standorte bestätigen. Sie deutet vergleichbare oder bessere Nekrotisierungsgrade der konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren als Hinweis für ein gegenüber den Pflugvarianten reduziertes Pathogengeschehen. Dies kann nach den oben dargestellten Ergebnissen für den Gesamterregerkomplex bestätigt werden. Trotzdem konnte sich dies nicht in Mehrertrag umsetzen.

Die **Rentabilität der Weizenproduktion** wurde an beiden Standorten durch die Bodenbearbeitung nicht entscheidend beeinflusst. Der geringe Mehrertrag der Varianten mit

wendender Bodenbearbeitung wurde durch die höheren Kosten der Pflugsaat kompensiert. Allerdings konnte in der Mehrzahl der Versuchsjahre eine monetäre Überlegenheit der wendenden Bodenbearbeitung festgestellt werden. Damit kann die relative Vorzüglichkeit der Minimalbodenbearbeitung, die HEDKE (1999) feststellte, nicht bestätigt werden. Auch nach einer langfristig über neun Jahre durchgeführten Minimalbodenbearbeitung mit dem Horsch-System in Hohenschulen lieferte die Pflugdrillsaat zumindest eine höhere Ertragssicherheit und einen um durchschnittlich 17 EUR/ha höheren Deckungsbeitrag.

4.2 Saatzeit

Die Saatzeit konnte aus versuchstechnischen Gründen nur am Standort Futterkamp variiert werden. Um das verminderte Bestockungsvermögen der Spätsaat auszugleichen, wurde wie in der landwirtschaftlichen Praxis die Saatstärke um ein Drittel erhöht, so dass durch beide Saatzeiten eine identische Ährenzahl erzeugt wurde. Die **Pflanzenlängen** der Spätsaat waren deutlich vermindert und wiesen somit auch geringeres **Lager** auf. Diese Beobachtung konnte auch von ANDERSEN & OLSEN (1992) und HEDKE (1999) bestätigt werden. HEDKE (1999) wies zusätzlich noch kleinere Blattflächen der Spätsaaten nach.

Die Saatzeit spielt eine große Rolle bei der Besiedlung der Pflanzen mit **Schadpathogenen**. Durch die späte Etablierung des Bestandes sind die Pflanzen allen Erregern im Herbst über einen kürzeren Zeitraum ausgesetzt, dies zudem unter ungünstigen Witterungsbedingungen. Insbesondere fakultative Erreger, deren Epidemieentwicklung im Frühjahr von der Besiedlung der Einzelpflanze ausgeht, werden stark beeinflusst. Bei obligaten Parasiten ist der Ausgangsbefall im Frühjahr von untergeordneter Bedeutung.

Spät gesäeter Weizen kann nur in einer kurzen Periode zum Ende des Jahres durch Ascosporen von *M. graminicola*, der Hauptfruchtform der **Septoria-Blattdürre**, infiziert werden (MURRAY et al. 1990). Diese Primärfektion findet dann unter ungünstigen Witterungsbedingungen statt, zudem sind die Pflanzen noch klein. Dies führt zu einer stark reduzierten Befallsentwicklung (SHAW & DOYLE 1993, BASTIAANS & DAAMEN 1994, PETERS et al. 1996, COVARELLI & SANTORI 2000). Der im Rahmen dieser Arbeit festgestellte Ausgangsbefall mit *S. tritici* im Frühjahr war im früh gesäten Weizen ca. viermal höher als im spät gesäten. Im Jahr 1999 war die Spätsaat sogar ohne sichtbaren Befall mit dem Erreger.

Der Endbefall auf dem oberen Blattapparat, verursacht durch Sekundärinfektionen, war dann noch ca. 2,5mal höher als in der Spätsaat. Diese Ergebnisse konnten auch HEDKE (1999) und WITTRÖCK (2001) bestätigen. Dies bedeutet aber auch, dass sich der Befall des spät gesäten Weizens relativ stärker entwickelt als im früh gesäten Weizen. LOVELL et al. (1997) erklären dies mit kleineren Pflanzen und entsprechend geringeren Blattabständen, die auch in den eigenen Untersuchungen festgestellt werden konnten. Bestätigt wird dies Ergebnis von CEYNOWA et al. (1993). Sie kamen zu der Erkenntnis, dass auch bei geringem Ausgangsbefall im Frühjahr eine Epidemie in Schleswig-Holstein entstehen wird. Dennoch ist die Spätsaat neben der Sortenwahl die einzige Möglichkeit, den Befallsdruck ohne den Einsatz von Fungiziden zu reduzieren.

Die Saatzeit übt auch auf den Halmgrundbefall einen entscheidenden Einfluss aus. Es wurde vor allem der Erreger des Halmbruchs, *P. herpotrichoides*, nachgewiesen, mit der dominierenden Varietät *aciformis*. Der Halmbruch dieser Varietät wurde auch bei KLINK (1997) und WITTRÖCK (2001) als dominierende Fußkrankheit erkannt. Die Befallsstärke (AUDPC) in den Frühsaaten lag im Mittel der Versuchsjahre viermal so hoch wie in den Spätsaaten. Dabei bildete sich in den Spätsaaten vor allem Befall aus, der erst nach der Blüte auftrat. Frühbefall war kaum zu verzeichnen. Auch HEDKE (1999) konnte diese Ergebnisse bestätigen. HANUS & OESAU (1980) erklären den geringeren Befall der Spätsaaten durch eine begrenzte Expositionszeit der Wirtspflanze gegenüber dem Pathogen. Dies führt zu einem geringeren Ausmaß der Herbstinfektionen, so dass der Erreger nicht in der Pflanze etabliert ist. Deshalb kann vor allem Spätbefall festgestellt werden.

Der obligat biotrophe Erreger des Echten Mehltaus, *E. graminis*, verbreitet sich windbürtig. Eine Etablierung des Erregers im Herbst ist für eine Epidemie im Frühjahr nicht notwendig, da durch Zuflug und eine schnelle Generationsfolge der Bestand auch im Frühjahr schnell durchseucht werden kann. Deshalb ist der von vielen Autoren festgestellte stärkere Befall der Frühsaaten im Herbst (BARTELS 1980, HANUS & BOSSE 1985, KLUGE 1990, VERREET 1995) ohne Bedeutung für die Epidemie im Frühjahr. Der von diesen Autoren angegebene stärkere Befall der Frühsaat im Frühjahr kann nach den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden. Vielmehr wurde ein im Durchschnitt 2,5mal so hoher Befall in der Spätsaat ermittelt. Zu gleichen Ergebnissen kamen HEDKE (1999) und WITTRÖCK (2001). Der stärkere Befall der Spätsaaten wird mit dem physiologisch aktiveren jungen Gewebe erklärt und der besseren Stickstoffversorgung der Einzelpflanze, der bei geringerer Biomasse ein gleiches Stickstoffangebot zur Verfügung steht wie den Frühsaaten. Ein

weiterer Faktor ist die zunehmende Altersresistenz der Frühsaaten, die sich bei den Spätsaaten verzögert entwickelt. HEDKE (1999) erklärt die Unterschiede vieler Ergebnisse mit der Kleinstparzellenstruktur. Möglicherweise besteht eine zu starke Beeinflussung durch benachbarte Parzellen. Sie erwartet deshalb für einen großen, einheitlich spät gedrillten Praxisschlag relativ geringere Befallswerte. WITTROCK (2001) konnte durch Erhebungen auf großen Praxisschlägen jedoch nachweisen, dass auch auf diesen ausnahmslos sehr hohe Befallswerte auftraten, vergleichend zu normal gesäten Schlägen. Selbst an Standorten der schleswig-holsteinischen Westküste, die per se eigentlich als mehltaufrei zu bezeichnen sind, konnten nach Spätsaaten hohe Befallswerte verzeichnet werden.

Tendenziell konnte auch für den Erreger des **Braunrostes, *P. recondita***, eine Förderung des Befalls durch spätere Saattermine festgestellt werden. Die epidemiologische Entwicklung verläuft jedoch anders als beim Erreger des Echten Mehltaus. Erste sichtbare Infektionen werden meist erst zur Blüte festgestellt. Die explosionsartige Vermehrung im Bestand erfolgt häufig erst Mitte Juli, wenn die hohen Temperatursprüche des Erregers erfüllt werden (ROSSI et al. 1996). Zu diesem Zeitpunkt ist der Blattapparat des frühgesäten Weizens schon relativ stark nekrotisiert, während der der Spätsaaten noch einen hohen Anteil grüner Blattmasse aufweist, der infiziert werden kann. NAVI et al. (1989) bestätigen das Zusammenreffen von optimalen Umweltbedingungen und Pflanzenentwicklung bei Spätsaaten. Auch SKORDA & EFTHIMIADIS (1988) konnten für empfindliche Weizensorten ähnliche Ergebnisse nachweisen, während sie für *P. striiformis* gegenteilige Ergebnisse erhielten. SALAZAR-HUERTA et al. (1993) zeigten anhand eines Versuches mit gestaffelten Saatzeiten, dass mit zunehmend späterer Saatzeit der Befall mit *P. recondita* weiter anstieg und die krankheitsbedingten Ertragseinbußen zunahmen.

Ein Einfluss der Saatzeit auf den Befall mit **Ährenfusarium** kann nicht direkt hergestellt werden. Nach JOFFE (1986) ist der Befall an Sämlingen unbedeutend. Er erreicht nur bei extremen Frühsaaten und warmer Witterung ein höheres Ausmaß. Die Hauptinfektion erfolgt zur Blüte über Sporenflug. In den Versuchen lagen die Befallswerte auch bei extremem Zeitunterschied zwischen den Aussatterminen auf gleichem Niveau. Lediglich im Jahr 1998 wies die Weizenfrühsaat höhere Werte auf, was jedoch in erster Linie auf das in diesen Varianten deutlich erhöhte Lager zurückzuführen ist (siehe Kap. 4.1), was auch WITTROCK (2001) bestätigen konnte. Die Auswirkungen der Saatzeit sind vergleichbar mit der unterschiedlichen Reifezeit der einzelnen Sorten. Da offensichtlich der Zeitpunkt der Weizenblüte für eine Infektion mit *Fusarium* spp. entscheidend ist, ist das Übereinstimmen

des Blühzeitpunktes mit der optimalen Witterung eher zufällig und Befallsunterschiede lassen sich dann aus dem Witterungsgeschehen zur jeweiligen Blüte erklären. BEKESI & JAKAB-KONDOR (1996) konnten für eine Reihe von Sorten zeigen, dass spätreife eher höheren Befall aufweisen als frühreife, da sie zu Zeiten der Blüte mit größerer Wahrscheinlichkeit höheren Temperaturen ausgesetzt sind, die eine Infektion fördern. Diese Erkenntnis kann vielleicht auf Spätsaaten übertragen werden.

Trotz der z. T. großen Saatzeitunterschiede ist die Auswirkung auf die **Ertragsbildung** überraschend relativ gering geblieben. Die Erhöhung der Aussaatstärke konnte das fehlende Bestockungsvermögen ausreichend kompensieren, lediglich die Kornzahl pro Ähre wurde bei den Spätsaaten reduziert und kann somit für den durchschnittlichen Ertragsrückgang von 3,5 dt/ha verantwortlich gemacht werden. HEDKE (1999) konnte für den Standort Futterkamp größere und signifikante Mehrerträge für die Frühsaat ermitteln, dies kann jedoch im nur einmaligen Fungizideinsatz in den Spätsaaten im Vergleich zum zweimaligen in den Frühsaaten begründet liegen. ZIMMERMANN & STRASS (1989) konnten ebenfalls für 13 verschiedene Sorten nur geringe Ertragsunterschiede von 0-5 dt/ha über drei Versuchsjahre nachweisen. BEESE & SCHWABE (1985) zeigten jedoch an einer Reihe von Sorten, dass die Ertragsreaktion auf eine späte Saatzeit stark von der jeweiligen Sorte abhängig ist. Die im Versuch angebaute Sorte Orestis scheint relativ gut für späte Saattermine geeignet zu sein.

Die **Rentabilität des Weizenanbaus** wird durch die Spätsaat nicht entscheidend vermindert. Zu dem im Durchschnitt um 51 EUR/ha geringeren Erlös müssen noch die Kosten von ca. 18 EUR/ha für die erhöhte Saatgutmenge addiert werden, so dass sich ein Nachteil im Deckungsbeitrag von 69 EUR/ha ergibt. Selbst im Jahr mit der Dezembersaat belief sich der monetäre Nachteil auf lediglich 103 EUR/ha. HEDKE (1999) konnte in ihren Versuchen dagegen Vorteile von bis zu 19 dt/ha bzw. 444 EUR/ha für die Frühsaat darstellen.

4.3 Stickstoffdüngung

Der Stickstoff nimmt in der Ernährung der Pflanzen eine Sonderstellung ein, da er zum großen Teil nicht aus Mineralen stammt, sondern in organischer Form vorliegt (FINCK 1982). Nach MENGEL (1991) können nur ca. 20-30% des organischen Stickstoffs durch Bodenorganismen mineralisiert werden. Eine Düngung auf Vorrat ist aufgrund der toxischen

Wirkung zu hoher Gehalte in der Bodenlösung nicht möglich und wäre aufgrund hoher Verluste ökologisch auch nicht vertretbar. Um eine permanent fließende N-Versorgung sicherzustellen, ist deshalb eine Unterteilung in mehrere Gaben im Frühjahr notwendig. Stickstoffmangel wirkt sich direkt auf das Wachstum der Pflanzen aus, da die Eiweißbildung von diesem Baustein entscheidend abhängt. MAKINO et al. (1984) konnten nachweisen, dass bei Stickstoffmangel die CO₂-Assimilation gehemmt wird. Stickstoffmangel führt nach BERGMANN (1988) schnell zu einer Verminderung der Wachstumsrate (Zwergwuchs), reduziert die vegetative und beschleunigt die regenerative Entwicklungsphase. Der Stickstoff ist also für den Ackerbau der wichtigste Mineraldünger.

In den Versuchen wurde der mineralische Stickstoff in drei Stufen von 0, 120 und 240 kg N/ha untersucht. Die Ausbringung erfolgte hierbei in jeweils drei gleichen Teilgaben von 40 bzw. 80 kg N/ha, um eine möglichst gleichförmige Versorgung der Pflanzen zu gewährleisten.

Durch die Stickstoffdüngung wurde die Bestockung und damit die **Bestandesdichte** am stärksten von allen betrachteten Faktoren beeinflusst. Durch die mittlere Düngungsintensität konnte die Anzahl ährentragender Halme um ca. 21%, durch die maximale um ca. 33% erhöht werden. Aber auch die **Pflanzenlänge** und die **Lagerneigung** wurden signifikant erhöht. HEDKE (1999) kam zu ähnlichen Ergebnissen, jedoch blieb in ihren Versuchen die Steigerung von 120 auf 240 kg N/ha meist ohne signifikante Auswirkungen.

Durch die mineralische Stickstoffdüngung wird die Weizenpflanze nach VERREET (1995) in vielerlei Hinsicht beeinflusst, die für den Befall durch **Schadpathogene** von Bedeutung sind: Ernährungszustand, Biomassebildung und Seneszenzentwicklung. Die einzelnen Schaderreger reagieren durch ihre jeweiligen Ansprüche unterschiedlich auf die Stickstoffdüngung. Grundsätzlich kann man zwischen obligat und fakultativ biotrophen Pathogenen unterscheiden. Obligate Parasiten werden in ihrer Entwicklung direkt durch den Ernährungszustand und die Seneszenz beeinflusst, während die fakultativen Pathogene indirekt vor allem auf verändertes Mikroklima und einen veränderten Pflanzenhabitus reagieren.

In den vorliegenden Untersuchungen konnte kein klarer Einfluss der Stickstoffdüngung auf die **Septoria-Blattdürre** festgestellt werden. Durch die Düngung von 120 kg N/ha konnte der Befall im Vergleich zur ungedüngten Variante signifikant gesteigert werden, eine weitere

Steigerung auf 240 kg N/ha blieb am Standort Futterkamp ohne Auswirkung, am Standort Hohenschulen war der Befall sogar rückläufig. Durch beide Düngungsstufen wurde der Befall jedoch erhöht. HEDKE (1999) konnte über die Versuchsjahre keinen Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit *S. tritici* nachweisen, zeigte in Einzeljahren durch die Düngung auch abnehmende Pyknidienzahlen, was VERREET (1995) bestätigen konnte. In der Literatur lassen sich weitere Hinweise für sinkende Befallsstärken durch Stickstoffdüngung (TOMPKINS et al. 1993) finden, die Mehrzahl der Autoren weist jedoch einen steigenden Befall nach (JORDAN 1988, HOWARD et al. 1994, LEITCH & JENKINS 1995, BEN-MOHAMED et al. 2000, SIMON et al. 2003). LOVELL et al. (1997) erklären eine stärkere *S. tritici*-Epidemie mit verkürzten Latenzzeiten bei hoher Stickstoffversorgung des Gewebes, weisen andererseits aber auch darauf hin, dass durch ein hohes N-Angebot dichter gewachsene Bestände die Ausbreitung des Inokulums durch Regentropfen vermindern können. In dichten Beständen hält sich nach TOMPKINS et al. (1993) die Blattnässe über einen längeren Zeitraum, so dass die Infektion gefördert wird. HEDKE (1999) vermutet, dass je nach Bedeutung der einzelnen, dargestellten Faktoren in den jeweiligen Versuchen ein Faktor dominiert und so der fördernde oder hemmende Effekt der Stickstoffdüngung zur Ausprägung kommt. Nach Abwägung aller Ergebnisse und vor allem der eigenen Untersuchungen lässt sich abschließend folgern, dass der Düngung mit mineralischem Stickstoff bis zu einem gewissen Maß wohl eher eine fördernde Wirkung auf die *Septoria*-Blattdürre zugeschrieben werden kann, zumindest unter den Klimabedingungen der Norddeutschen Tiefebene.

Durch gesteigerte Intensitäten der Stickstoffdüngung konnte kein eindeutiger Effekt auf den Befall mit dem Erreger der **Halmbruchkrankheit** festgestellt werden. Zusätzlich wurden an beiden Versuchsstandorten unterschiedliche Ergebnisse erzielt. In Futterkamp lag im Mittel der Jahre der Ausgangsbefall auf den Blattscheiden zu EC 32 unabhängig vom Stickstoffangebot auf einem Niveau, während in Hohenschulen die mittlere Düngungsintensität den höchsten Ausgangsbefall aufwies. Diese Relation zwischen den Düngungsstufen blieb in Hohenschulen auch in der Periode des Stängelbefalls von EC 37-77 bestehen. Die un- und maximalgedüngten Varianten unterschieden sich in der Befallsstärke nicht, die mittlere Stickstoffstufe wies einen signifikant höheren Befall auf. In Futterkamp dagegen konnte im Mittel der Versuchsjahre eine Steigerung des Befalls durch zunehmende N-Düngung erzielt werden, allerdings war die Befallszunahme durch die Steigerung der N-Menge von 120 auf 240 kg N/ha nur noch gering. Die grundsätzliche Steigerung des Halmbruchbefalls durch

erhöhte Stickstoffdüngung wird meist in der Literatur bestätigt (GROLL & LUZI 1991, BÜSCHBELL & HOFFMANN 1992, DONLI 1997, HEDKE 1999). HOFFMANN & SCHMUTTERER (1999) erklären die stärkere Anfälligkeit durch eine erhöhte Prädisposition der Pflanzen aufgrund der Bildung dünnwandiger, großer Zellen zum einen und durch ein günstigeres Mikroklima zum anderen. Der in der vorliegenden Arbeit gefundene Rückgang des Befalls bei Düngung über die mittlere N-Stufe hinaus wird auch von COLBACH & SAUR (1998) bestätigt. In ihrer Untersuchung gehen sie davon aus, dass die verstärkte Bestockung durch die erhöhte N-Düngung wiederum zu einem Rückgang der Befallshäufigkeiten führt. Da nach HOFFMANN & SCHMUTTERER (1999) der Erreger auf Strohresten überdauert, könnte das durch die Stickstoffdüngung eingeengte C/N-Verhältnis außerdem zu einem schnelleren Abbau der Strohreste führen und damit dem Erreger die Überlebensgrundlage entziehen. HÖFLICH et al. (1977) und THIELE & THIELE (1991) konnten keinen Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Befall mit dem Halmbruchererreger nachweisen. Dies mag darin begründet liegen, dass sich die fördernden (gesteigerte Anfälligkeit, Mikroklima) und hemmenden Faktoren (stärkere Bestockung, schnellerer Abbau der Strohreste) gegenseitig kompensieren, so dass für den jeweiligen Standort insbesondere die örtlichen Gegebenheiten von entscheidender Bedeutung für die Auswirkung einer steigenden N-Düngung sind. So scheinen am Standort Futterkamp die fördernden Faktoren zu überwiegen, während am Standort Hohenschulen mit Überschreitung eines bestimmten N-Niveaus die hemmenden Faktoren für einen Rückgang des Befalls mit dem Halmbruchererreger sorgen.

Die Stickstoffversorgung der Pflanze spielt für die Ernährung des obligaten Parasiten *E. graminis* eine entscheidende Rolle. In den vorliegenden Untersuchungen wurde in den ungedüngten Varianten nur ein sehr geringer Befall festgestellt. Einige Blattetagen blieben völlig befallsfrei. Die Düngung mit 120 kg N/ha führte bereits zu einem starken Befallsanstieg, der durch die Verdopplung der N-Menge jedoch nochmals überproportional zunahm. Bereits bei einer verhaltenen Düngung konnten BÜSCHBELL & HOFFMANN (1992) bei gleichzeitigem Erstauftreten des Erregers einen starken Befallsanstieg feststellen. VERREET (1995) erklärt dies neben der einzelpflanzlichen Ernährungssituation durch die im Zusammenhang mit der veränderten Bestandesentwicklung verbesserten mikroklimatischen Bedingungen für den Erreger des Echten Mehltaus. Außerdem führt die Stickstoffdüngung zu größeren Blättern (HEDKE 1999) und einer verzögerten Seneszenz der Weizenblätter (VERREET 1995), so dass das Nahrungsangebot für den obligaten Parasiten länger zur Verfügung steht. Zahlreiche Autoren bestätigen diese Auswirkungen der Stickstoffdüngung

(SPRINGER & HEITEFUß 1985, BOSSE 1987, BÜSCHBELL 1990, ODÖRFER & POMMER 1997, SANDER & HEITEFUß 1998).

Für den Erreger des **Braunrostes**, *P. recondita*, können die Ergebnisse sinngemäß übertragen werden, da es sich auch hier um einen obligaten Parasiten handelt. Das Auftreten erfolgte bei maximaler Stickstoffdüngung eine Woche früher als ohne Düngung. Die Entwicklung erfolgte dann in den gedüngten Varianten parallel. Entscheidende Unterschiede ergaben sich erst gegen Ende der Kornfüllungsphase, in der die Maximalvariante deutlich höhere Befallswerte aufwies. Dies erklärt sich aus den schon oben erwähnten hohen Temperaturansprüchen des Erregers, die erst in der Phase der Kornfüllung erfüllt sind. Diverse Autoren haben die fördernde Auswirkung der Stickstoffdüngung auf den Befall mit Braunrost bestätigt (NAZIM et al. 1982, SEKERKOVA 1991, JORDAN 1992, HOWARD et al. 1994, SINHA 1998, DABKEVICIUS et al. 2000).

Der Befall mit **Ährenfusarium** zeigt in Jahren mit stärkerem Befallsauftreten eine deutliche Reaktion auf eine Düngung mit Stickstoff. Mit zunehmender Stickstoffintensität nahm sowohl die Zahl infizierter Pflanzen als auch die Befallsstärke zu. Die Unterschiede zwischen den ungedüngten und den maximalgedüngten Varianten waren dabei signifikant. Diese Beziehung konnten auch TUSA et al. (1981), BATEMAN & COSKUN (1995), OLDENBURG & BRUNOTTE (2002), YI et al. (2001), YI et al. (2002) feststellen. LEMMENS et al. (2004) untersuchten verschiedene organische und mineralische N-Dünger und kamen zu dem Ergebnis, dass unabhängig von der Form des Düngers bis zu einer Menge von 80 kg N/ha der Befall mit Ährenfusarium gefördert wird. Darüber hinausgehende Mengen haben keinen weiteren Einfluss mehr. TEICH et al. (1987) konnten nachweisen, dass der fördernde Effekt einer Stickstoffdüngung je nach Sorte mehr oder weniger stark ausgeprägt ist. FAUZI & PAULITZ (1994) dagegen konnten aus ihren Untersuchungen dagegen keinen Einfluss einer Stickstoffdüngung auf den Befall der Ähren mit *Fusarium* spp. ableiten. Auch andere Autoren bestätigen, dass hohe N-Gaben den Befall fördern (HOFFMANN & SCHMUTTERER 1999, OBST & PAUL 1993). LEMMENS et al. (2004) kommen jedoch zu dem Schluss, dass die Reduktion der Stickstoffmenge für die praktische Landwirtschaft keine sinnvolle Maßnahme zur Verhinderung der Belastung der Ähren mit *Fusarium* spp. darstellt. Da jedoch vor allem (physiologisches) Lager und daraus resultierender Lichtmangel im Lager ein entscheidender Faktor bei der Entwicklung des Befalls nach der Infektion ist (WITTROCK 2001), muss eine überzogene Stickstoffversorgung vermieden werden und für eine ausreichende Standfestigkeit der Halme Sorge getragen werden.

Die Stickstoffdüngung ist für den Landwirt das wichtigste Instrument für die **Ertragsbildung**. Aus den Versuchen ließ sich deutlich ableiten, dass nur gesunde Weizenbestände in der Lage sind, den angebotenen Stickstoff auch in Ertrag umzusetzen. In Futterkamp konnte der Ertrag durch 120 kg N/ha um 70% und durch 240 kg N/ha um 88% gesteigert werden. Allerdings führte die maximal gedüngte Variante im Jahr 1998 durch starkes Lager wiederum zu einem Ertragsrückgang. Dies zeigt, dass sehr hohe Intensitäten auch ein gewisses Risiko bergen. Am Standort Hohenschulen wurde dagegen der Höchstertrag in allen Versuchsjahren durch die mittlere N-Stufe erreicht. Die weitere Steigerung der Stickstoffmenge führte zu einem Ertragsrückgang, ohne dass Lager festgestellt wurde. Zu z. T. vergleichbaren Ergebnissen kamen auch DENNERT & FISCHBECK (1991) und HEDKE (1999). Die Steigerung des Ertrages beruht auf einer höheren Anzahl Ähren mit mehr fertilen Spindelstufen. Das Maximum der Kornzahl pro Ähre und des TKG wird bei 120 kg N/ha erreicht. Der Rückgang dieser beiden Parameter der Ertragsstruktur kann am Standort Hohenschulen durch die höhere Anzahl ährentragender Halme nicht kompensiert werden, so dass bei weiter steigender Intensität der N-Düngung die Ertragsentwicklung rückläufig war. BRANCOURT-HULMEL et al. (2003) haben eine negative Korrelation zwischen der Anzahl Körner/m² und dem TKG festgestellt. Um diesem negativen Trend entgegenzuwirken, empfehlen sie die Züchtung von Low-Input-Sorten, die gerade im extensiveren Landbau den Stickstoff besser verwerten und die Körner ausreichend füllen können.

Da am Standort Futterkamp auch bei weiter steigender Intensität noch Mehrerträge erzielt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass das Ertragspotenzial in Futterkamp höher zu bewerten ist als in Hohenschulen und damit auch das N-Angebot besser ausgenutzt wird. Hiermit wird auch deutlich, dass die Höhe der optimalen Stickstoffversorgung immer auf die örtlichen Gegebenheiten abgestimmt werden muss.

Zusätzlich zum Einfluss auf den absoluten Kornertrag wird durch die Stickstoffdüngung aber auch der Rohproteingehalt im Korn gesteuert. Die Untersuchungsergebnisse aus Futterkamp belegen klar, dass nur durch den Einsatz der maximalen Düngungsintensität ein ausreichender Proteingehalt im Korn von über 11,5% sichergestellt werden konnte, der für eine Vermarktung als Backweizen notwendig ist. Ungedüngter Weizen erreichte Proteingehalte von ca. 8%, die Düngung von 120 kg N/ha erhöhte den Gehalt auf 10%. Auch wenn durch die maximale Düngungsintensität von 240 kg N/ha nur noch ein geringer oder gar negativer Ertragszuwachs zu erzielen war, so ist eine Düngung von deutlich über 120 kg N/ha doch notwendig, um marktfähige Ware zu produzieren. Auch WANG et al. (2003) konnten

feststellen, dass sehr intensiver Einsatz von Stickstoff zwar zu einem Rückgang der Kornerträge führt, jedoch den Proteingehalt erhöht.

Die Stickstoffdüngung hat einen entscheidenden Einfluss auf die **Rentabilität des Weizenanbaus**. Bereinigt man die monetären Mehrerlöse um den Kostenfaktor der Düngung, konnte in Futterkamp der Deckungsbeitrag um 307 EUR/ha durch die mäßige N-Düngung und um 332 EUR/ha durch die Düngung von 240 kg N/ha gesteigert werden. Der Deckungsbeitrag in der Maximalvariante wurde im Jahr 1998 negativ durch starkes Lager beeinflusst. Ohne Lager konnte der Deckungsbeitrag durch Anhebung der Düngung von 120 auf 240 kg N/ha um über 51 EUR/ha erhöht werden. Am Standort Hohenschulen dagegen wurde durch die mäßige N-Düngung ein Zuwachs im Deckungsbeitrag von 244 EUR/ha erzielt. Eine weitere Steigerung der N-Menge führte aufgrund zurückgehender Erträge und steigender Kosten lediglich zu einer Erhöhung des Deckungsbeitrages von 120 EUR/ha. Hier wird ebenfalls deutlich, dass die Produktionsfaktoren an den Standort angepasst werden müssen. Die Ermittlung der Rentabilität hängt sehr eng mit den gewählten Faktorpreisen und den Preisen für das Erntegut zusammen. Da sich die Relationen ständig verschieben, können sich zu anderen Zeitpunkten andere relative Vorzughkeiten ergeben. Da durch eine Verdopplung der Stickstoffdüngung nur noch eine geringere Deckungsbeitragserhöhung realisiert wurde, kann sich bei leicht sinkenden Weizen- oder steigenden Stickstoffpreisen das Optimum für die Düngung auf ein deutlich niedriges Niveau absenken. Niedrigere Proteingehalte im Korn führen jedoch auch zu sinkenden Erlösen, so dass auch dies im komplexen Anbausystem berücksichtigt werden muss. Trotzdem ist der Stickstoff von allen betrachteten Anbausystemfaktoren derjenige mit dem größten Einfluss auf die Rentabilität des Anbausystems.

4.4 Fungizideinsatz

Der Fungizideinsatz blieb nicht wie die anderen Anbausystemfaktoren über die Jahre unverändert, sondern wurde in Abhängigkeit vom eingesetzten Schadschwellenmodell variabel eingesetzt. Ein entscheidender Faktor für den Fungizideinsatz war hierbei nicht so sehr das Pathogengeschehen in Abhängigkeit vom jeweiligen Anbausystem, sondern die übergeordnete Witterung. Zwar lagen je nach Anbausystem andere Erregerkomplexe vor, da

jedoch breitwirksame Fungizidkombinationen eingesetzt wurden, gab es eher Unterschiede zwischen den Versuchsjahren als zwischen den Systemen.

Als Fungizidvarianten standen folgende Varianten zur Verfügung: Eine unbehandelte Kontrolle, in der die maximale Schadwirkung der Pathogene sichtbar wird. Nur in dieser Variante können die Auswirkungen der Anbausysteme auf die Schaderreger unbeeinflusst untersucht werden. Als Variante mit maximalem Input wurde die Gesundvariante genutzt, die annähernd schaderregerfrei gehalten wurde und den maximal erzielbaren Ertrag aufzeigt. Die Differenz dieser beiden Varianten ergibt das Schadpotenzial der pilzlichen Schaderreger. Zusätzlich wurden Varianten nach dem IPS-Modell Weizen behandelt (VERREET 1992). Die Behandlungen richten sich nach dem Befallsgeschehen im Bestand und wurden durchgeführt, wenn Schwellenüberschreitungen auftraten, so dass mit dem Eintreten eines wirtschaftlichen Schadens gerechnet werden muss. Durch den Fungizideinsatz nach dem Schwellenkonzept sollte mit einem reduzierten Wirkstoffaufwand möglichst ein Ertrag auf dem Niveau der Gesundvariante realisiert werden, was durch den gezielten Einsatz der Fungizide in der sensiblen Phase der Epidemie der Schaderreger erreicht werden kann. Dies führt zum Unterbinden des Aufbaus der Population.

Durch die Auswahl eines bestimmten Anbausystems können einzelne Pathogene in ihrer Schadwirkung zwar eingedämmt werden, jedoch blieb ein ausreichendes Schadpotenzial der wichtigsten **Schaderreger** vorhanden. Notwendigkeit und Häufigkeit des Fungizideinsatzes veränderten sich auch in den Erhebungen von HEDKE (1999) in Abhängigkeit vom Anbausystem nicht. In den vorliegenden Untersuchungen wurde lediglich eine Verschiebung der Terminierung von Applikationen beobachtet, die durch das spätere Erreichen des relevanten Entwicklungsstadiums EC 32 des Weizens in den Spätsaaten verursacht wurden. Der Einsatz von Fungiziden bleibt deshalb im konventionellen Ackerbau das entscheidende Instrument, um Krankheiten wirksam zu bekämpfen. Durch den Einsatz der Fungizide werden positive und negative Auswirkungen der verschiedenen Anbausysteme auf die Schaderreger nivelliert. Unterschiede ergeben sich jedoch im Bereich der durch die Fungizidmaßnahmen realisierbaren Mehrerträge im jeweiligen Anbausystem.

Der Erreger der **Septoria-Blattdürre** war in allen Versuchsjahren, an beiden Standorten und in allen Anbausystemen das Schadpathogen, das für die Überschreitung der Schadensschwellen und damit für den Einsatz der Fungizide verantwortlich war. Dies unterstreicht die Bedeutung der Krankheit in Schleswig-Holstein. Zu einer vergleichbaren

Einschätzung kamen auch KLINK (1997) mit Fallstudien von 1993-1996 und WITTRÖCK (2001), der in seinen Untersuchungen nachweisen konnte, dass überregional in Schleswig-Holstein in den Jahren 1996-2000 in verschiedenen Sorten 88% der Fungizidapplikationen durch den Befall mit *S. tritici* notwendig wurden. In seinen und in den hier vorgestellten Untersuchungen war in allen Fällen ein ausreichender Ausgangsbefall auf der Blattoberfläche F-6 im Stadium EC 32 vorhanden. CEYNOWA et al. (1993) kam zu den gleichen Ergebnissen. Durch den Einsatz der Fungizide entsprechend des IPS-Modells konnte der Erreger auf den ertragsessentiellen oberen drei Blattoberflächen sehr gut kontrolliert werden. Es zeigten sich jedoch Unterschiede in der Wirksamkeit der gewählten Fungizide. Während durch das sowohl kurativ als auch protektiv wirksame Fungizid Jewel (Wirkstoffe Epoxiconazol und Kresoxim-methyl) ein Wirkungsgrad gegen den Blattoberflächenerreger von 96% erreicht wurde, konnte die in erster Linie protektive Wirkstoffkombination aus Amistar (Wirkstoff Azoxystrobin) und Fortress (Wirkstoff Quinoxifen) nur 73% des Befalls kontrollieren. Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass für die optimale Umsetzung des Schwellenmodells ein kurativer Wirkstoff notwendig ist, da *S. tritici* immer nach einer erfolgten Infektion bekämpft wird. Durch die Kombination eines Triazols mit einem Strobilurin wird vor allem die protektive Wirkungsdauer gestärkt, aber auch die kurative Aktivität gesteigert (HOLLOMON et al. 2003). Die Autoren empfehlen dies gleichzeitig als Resistenzmanagement, um die Wirksamkeit der Triazole (Sterol-Biosynthese-Inhibitoren - DMI's) zu erhalten.

Die Kombination der Triazole mit Strobilurinen hat seit dem Jahr 2002 an Bedeutung gewonnen. Nachdem in diesem Jahr erstmals ein Isolat mit qualitativer Resistenz gegen Strobilurine in Schleswig-Holstein entdeckt wurde (FELSENSTEIN & JASER 2002), erfolgte im Jahr 2003 eine starke Ausdehnung der Resistenz in Norddeutschland. In Schleswig-Holstein waren 71% der untersuchten Isolate resistent gegenüber Wirkstoffen aus der Gruppe der Strobilurine (FELSENSTEIN & JASER 2003). Sie empfehlen zur Erhaltung der Wirksamkeit der Strobilurine ebenfalls eine Kombination mit leistungsstarken Triazolfungiziden. Dass der Einsatz von Schadschwellen auch bei der Gefahr von Resistenzbildungen weiterhin sinnvoll ist, erklären TISCHNER et al. (2004) mit dem grundlegenden Prinzip der Bekämpfungsschwellen, die eingreifen, bevor ein Schaden entsteht, nämlich bevor die Pilze in die Massenvermehrung übergehen. „Ein Umdenken zu prophylaktischen Behandlungen ist nicht erforderlich.“ Damit gehen sie deutlich in Opposition zu DÖLGER & BOSSE (2004a, 2004b), die das Schwellenkonzept aufgrund der Resistenzentwicklung in Frage stellen und fordern, bereits den Ausgangsbefall zu verhindern.

Nach allen im Rahmen dieser Arbeit erzielten Untersuchungen ist dies jedoch unmöglich, es sei denn, man beginnt bereits im Herbst, *Septoria*-Infektionen zu bekämpfen. Dies ist jedoch ein wirtschaftlich und ökologisch nicht vertretbares Vorgehen. Und auch Fungizidmaßnahmen im zeitigen Frühjahr deutlich vor EC 32 könnten vermutlich den Ausgangsbefall etwas vermindern, jedoch bleibt das verbleibende Schadpotenzial des Erregers ausreichend, um die oberen Blätter zu zerstören, so dass trotzdem weitere Behandlungen notwendig sind. Diese Ergebnisse lassen sich mit dem geringen Befall in den Spätsaaten begründen. Der geringe Ausgangsbefall hat trotzdem zu einer Epidemie geführt, die den Einsatz weiterer Maßnahmen gerechtfertigt hat. Aus diesen Gründen muss dem frühzeitigen Einsatz von Fungiziden widersprochen werden, weil die Epidemie dadurch nicht nachhaltig verhindert werden kann und dies zu einem noch häufigeren Einsatz der Wirkstoffe führt und somit den Selektionsdruck weiter erhöht (KRÖCHER 2004).

Der **Halmbrucherreger** *P. herpotrichoides* wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht in das Schwellenkonzept einbezogen, da eine wirksame Bekämpfung durch die zur Verfügung stehenden Mittel nicht gewährleistet werden kann (KLINK 1997, WITTROCK 2001). WITTROCK (2001) konnte zudem belegen, dass der Halmbruchbefall auf den Blattscheiden zum Zeitpunkt der Bekämpfung (EC 32-37) nicht mit dem Endbefall im Zusammenhang steht. Deshalb wird auch bei der Umsetzung des IPS-Modells Schleswig-Holstein durch die amtliche Beratung seit dem Jahr 2001 auf eine direkte Bekämpfung des Halmbruchs verzichtet (PIENING et al. 2001).

Eine deutliche Reduktion des Halmbruchbefalls konnte lediglich durch eine späte Aussaat des Winterweizens erzielt werden. Durch die eingesetzten Fungizide wurden nur Nebenwirkungen auf den Erreger festgestellt. Dabei führte der Einsatz von Jewel zu einer durchschnittlichen Reduktion der Befallsstärke um 20% in Futterkamp und 24% in Hohenschulen. Dies entspricht den Ergebnissen von WITTROCK (2001), der einen Wirkungsgrad von 23% in seinen Versuchen aufzeigen konnte. Der Einsatz der Wirkstoffkombination Amistar/Fortress hatte dagegen keinen Einfluss auf den Halmbruchbefall.

Der **Echte Mehltau**, verursacht durch den Erreger *E. graminis*, ist wesentlich stärker als die *Septoria*-Blattdürre von einer Resistenzproblematik betroffen. Die Ende der 70er Jahre eingeführten Wirkstoffe aus der Gruppe der Triazole (DMI's) führten seit den 80er Jahren zu einer quantitativen Anpassung des Weizenmehltaus (KÖLLER & SCHEINPFLUG 1987).

Gegen Morpholine, seit Beginn der 80er Jahre auf dem Markt, erfolgte ebenfalls eine quantitative Anpassung der Erreger, jedoch langsamer als bei Triazolen, da Morpholine an verschiedenen Orten der Sterol-Biosynthese eingreifen (FELSENSTEIN & JASER 2000). Bereits im Jahr 1998 konnten Isolate gefunden werden, die eine Resistenz vom qualitativen Typ gegenüber Strobilurinen aufwiesen (FELSENSTEIN & JASER 2000). Im Jahr 2001 trat erstmals eine Resistenz des Weizenmehltaus gegenüber Quinoxifen aus der Gruppe der Chinoline auf (BERNHARD et al. 2002). Auch gegen den Wirkstoff Cyprodinil aus der Gruppe der Anilinopyrimidine entwickelt sich seit dem Jahr 2002 eine Sensitivitätsanpassung (FELSENSTEIN & JASER 2002). Diese Übersicht macht deutlich, dass zur Zeit kein Wirkstoff zur Bekämpfung des Echten Mehltaus auf dem Markt ist, der eine uneingeschränkte Wirksamkeit aufweist. Aus diesem Grunde ist ein aktives Resistenzmanagement notwendig, das auch neue Wirkstoffe einbezieht, die kurz vor der Einführung stehen, da auch diese durch das dem Erreger innewohnende Resistenzpotenzial gefährdet sind.

Der Echte Mehltau wird durch die hohe Anbauintensität (s. o.) gefördert, so dass er in den Varianten mit höchster Stickstoffdüngung in Futterkamp immer vorhanden war, in Varianten mit geringer Intensität zumindest unterschwellig. Der Erreger führte neben *S. tritici* als einzigem weiteren Pathogen zu Schwellenüberschreitungen und wurde durch den Einsatz der breitwirksamen Wirkstoffkombinationen gemeinsam mit dem Blattdürreerreger bekämpft. Die Wirkungsgrade der Fungizidmaßnahmen nahmen in den drei Versuchsjahren stetig ab. Während 1997 durch den Einsatz von Jewel noch befriedigende Ergebnisse erzielt werden konnten, war 1999 aus oben genannten Gründen kaum noch eine Wirkung feststellbar. Die Kombination aus Amistar und Fortress, die aufgrund der fehlenden heilenden Wirkung gegenüber *E. graminis* 1998 noch im Nachteil war, erreichte in den Folgejahren zunehmend bessere Wirkungsgrade als Jewel. Jedoch ließ auch hier insgesamt die Wirksamkeit nach, vermutlich verursacht durch die mangelnde Wirkung des Strobilurinpartners, so dass nur noch die Protektivleistung des Quinoxifen zur Wirkung kam. Auch in Hohenschulen konnte der abnehmende Wirkungsgrad des Fungizids Jewel beobachtet werden, jedoch um ein Jahr verzögert, da aufgrund des fehlenden Befalls im Jahr 1998 kein Selektionsdruck herrschte. Der Rückgang war dann jedoch stärker als in Futterkamp, so dass man davon ausgehen kann, dass die Wirksamkeit durch den Zuflug resistenter Isolate von außen eine schnellere Anpassung des Echten Mehltaus nach sich zog als unter isolierter Entwicklung.

Der Erreger des **Braunrostes**, *P. recondita*, tritt in der Vegetation meist so spät auf, so dass er nur durch die protektive Leistung der vorher durchgeführten Fungizidmaßnahmen bekämpft

werden kann, da zu diesem späten Zeitpunkt meist kein Fungizideinsatz mehr möglich ist. Dies ist auch der Grund, warum nach dem Schwellenkonzept auch bei fehlender Schwellenüberschreitung zwischen EC 43 und 69 eine protektive Abschlussbehandlung empfohlen wird. Der Braunrost wurde durch die Behandlung nach dem Schwellenmodell gut bekämpft. Jedoch zeigten sich deutliche Unterschiede in der Wirksamkeit der Produkte. Während in den mit Jewel behandelten Varianten kaum Pusteln nachgewiesen werden konnten, ließ die protektive Wirkung der Kombination von Amistar und Fortress, die allerdings allein auf dem Wirkstoff Azoxystrobin beruht, zum Ende der Kornfüllungsphase nach. Während Jewel einen Wirkungsgrad von 99% erreichte, konnte Amistar lediglich 75% des Befalls kontrollieren. Die Wirksamkeit der Braunrostbekämpfung nach dem Schwellenmodell konnten auch HEGER et al. (2002) bestätigen. Eine Resistenzbildung des Erregers gegen zugelassene Fungizide konnte bis zum heutigen Zeitpunkt nicht nachgewiesen werden (FELSENSTEIN & JASER 2003).

Für die Bekämpfung von **Fusariosen** stehen keine Schwellenwerte zur Verfügung, da die Biologie der Erreger noch nicht ausreichend bekannt ist und keine potenten Fungizide mit einer Wirksamkeit von über 50% zur Verfügung stehen (SCHMIDT & NITZSCHE 2004). In erster Linie stehen deshalb die oben angeführten ackerbaulichen Maßnahmen im Vordergrund (Vorfrucht, Sortenwahl, verhaltene Stickstoffdüngung, Lagervermeidung). Aber auch der Pflanzenschutz gehört in ein Präventionsprogramm zur integrierten Bekämpfung der Fusariumpilze (RODEMANN & BARTELS 2004). Denn im Februar 2004 wurde ein gesetzlicher Grenzwert für die Belastung mit Deoxynivalenol (0,5 ppm DON) für Speisegetreide und Verarbeitungsprodukte eingeführt (TISCHNER 2004). Und auch Wirkungsgrade von nur 50% können in Zukunft entscheidend sein, um den Grenzwert einhalten zu können.

In der vorliegenden Arbeit wurde nur eine visuelle Ährenbonitur vorgenommen, eine Untersuchung auf Mykotoxine im Erntegut unterblieb aus Kostengründen. Es besteht jedoch eine Korrelation zwischen visuellem Befall und DON-Gehalt zur Ernte (MESTERHAZY et al. 2003). Allerdings kann sich bei nicht sachgerechter Lagerung (zu feucht und warm) der Gehalt noch erhöhen (LACEY et al. 1999, MASTEL 2001), was dann im Verlauf noch zu stark steigenden Werten führen kann. Der Einsatz der Fungizide, der durch die Überschreitung der Schadensschwelle anderer Pathogene ausgelöst worden ist, konnte den Befall nicht vermindern. Die eingesetzten Wirkstoffe zeigten keine Wirksamkeit gegen Ährenfusariosen. Da es sich jedoch auch nicht um für diese Indikation zugelassene Produkte

handelte und die Anwendungstermine nicht mit dem als optimal geltenden Termin zur Blüte übereinstimmten, konnte auch nicht mit Bekämpfungserfolgen gerechnet werden. Bemerkenswert ist jedoch die Tatsache, dass durch den Einsatz der Fungizide die Befallsstärken im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle steigen. Insbesondere der Einsatz des Wirkstoffes Azoxystrobin führt zu steigenden Werten, je häufiger der Einsatz erfolgte (Zweifachbehandlung in der IPS-Variante, Dreifachbehandlung in der Gesundvariante). Dagegen führt der Einsatz von Jewel zu einem vergleichsweise geringen Anstieg der Befallsstärke. MESTERHAZY et al. (2003) konnten in ihren Untersuchungen ebenfalls steigende DON-Gehalte nach dem Einsatz von Azoxystrobin feststellen. Nach NICHOLSON et al. (2003) besitzt Azoxystrobin eine sehr gute Wirksamkeit gegen *Fusarium nivale*. In Versuchen, in denen *F. nivale* eine größere Bedeutung bei der Besiedlung der Ähren erlangte, führte die Bekämpfung dieses Erregers durch Azoxystrobin zu einem höheren Gehalt an Mykotoxinen, die durch andere *Fusarium*-Arten gebildet werden. In diesem Fall wirkt sich die Ausschaltung eines Erregers, der keine Toxine bildet, fördernd auf die anderen Erreger aus. Auch MAGAN et al. (2002) wiesen in Azoxystrobin-behandelten Weizenproben teilweise höhere Toxingehalte nach als in den unbehandelten Kontrollen. Grundsätzlich kann man der Aussage sicherlich zustimmen, dass Erreger, die durch eine Fungizidmaßnahme nicht bekämpft werden können, nach dem Ausschalten anderer Erreger mehr Platz für die eigene Entwicklung vorfinden. Im Fall der toxinbildenden Fusariosen scheint dies entscheidend zu sein.

Der Fungizideinsatz führt zu deutlich steigenden **Erträgen**. Diese beruhen fast ausschließlich auf einer Erhöhung des TKG, da sowohl die Anzahl ährentragender Halme als auch die Körner pro Ähre zum Zeitpunkt des Wirksamwerdens der Behandlungen bereits terminiert sind. Zwischen den Fungizidvarianten gab es keine signifikanten Ertragsunterschiede. In Futterkamp konnte mit den gezielten Bekämpfungsmaßnahmen nach dem IPS-Modell ein Ertrag auf dem Niveau der Gesundvariante erreicht werden, in Hohenschulen lag der Ertrag geringfügig niedriger. Vergleichbare Ergebnisse konnten auch VERREET (1995), KLINK (1997) und WITTRÖCK (2001) erzielen. Der Rohproteingehalt war aufgrund des Verdünnungseffektes im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle zwar geringfügig reduziert, jedoch wurde dadurch die Qualitätsanforderung an Brotweizen nicht unterschritten. Dies hat auf die **Rentabilität des Weizenanbaus** entscheidende Auswirkungen. Bereinigt man die fungizidbedingten Mehrerlöse um die Kosten für den Fungizideinsatz (Produktpreise und Ausbringungskosten), so zeigt sich, dass nur in den IPS-Varianten mit dem Produkt Jewel ein positiver Anstieg des Deckungsbeitrages zu verzeichnen ist. Dieser betrug in Futterkamp

54 EUR/ha und in Hohenschulen 70 EUR/ha. Die Gesundvariante führte in Futterkamp zu einem Verlust von 74 EUR/ha, in Hohenschulen von 5 EUR/ha. Die hohen Kosten der Gesundvariante haben nicht zu einem entsprechenden Mehrertrag geführt, der diese aufgefangen hat. So ist nur der Einsatz von Fungiziden nach dem Schwellenkonzept nachhaltig rentabel.

4.5 Bewertung des Gesamtsystems

In der vorangegangenen Diskussion wurden die Anbausystemfaktoren für sich allein betrachtet. Ziel der vorliegenden Arbeit war jedoch die Entwicklung eines komplexen Anbausystems, in dem es Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Faktoren gibt. Entscheidend für den betrieblichen Erfolg ist das Erzielen eines maximalen Deckungsbeitrages. Dieser wurde in Hohenschulen eindeutig durch die Variante Frässohlendirektsaat bei mittlerer Düngungsintensität und Fungizideinsatz nach dem IPS-Modell Weizen realisiert. In Futterkamp lieferte die Variante Grubberdrillsaat zum frühen Termin mit maximaler Düngungsintensität und Fungizideinsatz nach dem IPS-Modell den höchsten Deckungsbeitrag, die gepflügte Variante liegt nur geringfügig unterhalb. Weitere Varianten folgen mit größerem Abstand. Insgesamt stellt sich bei der Bewertung des Gesamtanbausystems heraus, dass die konservierende Bodenbearbeitung die größte Vorzüglichkeit besitzt, in Futterkamp als Grubberdrillsaat im Zusammenhang mit der höchsten Stickstoffintensität, in Hohenschulen als Frässohlendirektsaat mit mittlerer Stickstoffintensität. Der integrierte Pflanzenschutz liefert in jedem Fall die höchste Rentabilität des Fungizideinsatzes. Aus den unterschiedlichen Ergebnissen an verschiedenen Standorten wird aber auch deutlich, dass das Optimum einzelner Versuche nicht allgemeingültig ist, sondern für jeden Standort mit seinen spezifischen Bedingungen (Boden und Klima) herausgefunden werden muss. Außerdem sollte berücksichtigt werden, dass die optimale spezielle Intensität von den aktuellen Faktor- und Produktpreisen abhängt. Und zukünftig wird auch den wertbestimmenden Inhaltsstoffen, insbesondere den Toxingehalten, mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden müssen. Dies kann dazu führen, dass andere Anbausysteme vorzüglicher werden. Im Falle von *Fusarium*-Toxinen wären dies vor allem gesündere Fruchtfolgen und weniger anfällige Sorten sowie eine verhaltene Stickstoffdüngung. Das optimale Anbausystem muss also immer den herrschenden aktuellen politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen angepasst werden und bedarf einer andauernden Überprüfung.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 192, „Optimierung pflanzenbaulicher Produktionssysteme im Hinblick auf Leistung und ökologische Effekte“, an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in den Jahren 1996 bis 1999 an zwei Standorten des ostholsteinischen Hügellandes durchgeführt. Sie baut auf dreijährigen Untersuchungen zum Thema „Auswirkungen von Anbausystemen auf pilzliche Krankheitserreger im Winterweizen und resultierende Konsequenzen für den Integrierten Pflanzenschutz“ auf. Im Mittelpunkt der Erhebungen standen die Einflüsse der Anbausystemfaktoren Bodenbearbeitung (wendend, konservierend), Saatzeit (früh, spät), Stickstoffdüngung (0, 120, 240 kg/ha) und Fungizideinsatz (unbehandelt, IPS, Gesund) auf die Pathogene.

Die Epidemieentwicklung der einzelnen Schaderreger in Abhängigkeit vom Anbausystem wurde durch Exaktbonituren wöchentlich erfasst, beginnend mit dem Ende der Bestockung und endend zur Teigreife. Die ermittelten Kornerträge und -qualitäten dienten als Grundlage zur Bestimmung und Bewertung der ökonomischen Leistungsfähigkeit der verschiedenen Anbausystemfaktoren.

Die *Septoria*-Blattdürre war in allen untersuchten Varianten der dominierende Erreger. Zusätzlich trat ein nennenswerter Befall durch die Erreger des Halmbruchs, Echten Mehltaus, Braunrostes und von Ährenfusariosen auf, so dass aus den dreijährigen Feldversuchen folgende Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen den genannten Erregern und Anbausystemfaktoren gewonnen werden konnten:

1. Die konservierende Bodenbearbeitung führte zu einem reduzierten Befall mit *Septoria tritici* und *Pseudocercospora herpotrichoides*. *Erysiphe graminis* und *Puccinia recondita* wurden dagegen gefördert. Im Rahmen der vorliegenden dreigliedrigen Fruchtfolge mit Winterraps als direkter Vorfrucht wiesen die Weizenpflanzen der gepflügten Varianten einen höheren Befall mit Ährenfusariosen auf. Trotz insgesamt stärkeren Pathogenauftritts lagen der Kornertrag und der Deckungsbeitrag nach wendender Bodenbearbeitung höher als nach konservierender.
2. Die Spätsaat führte zu einem deutlich verminderten Befall mit fakultativen Parasiten. Frühsaaten erreichten zweieinhalbfach höhere Befallsstärken mit *S. tritici* und vierfach höhere mit *P. herpotrichoides*. Die gegenteilige Beobachtung erfolgte für obligate

Schaderreger. Insbesondere *E. graminis*, aber auch *P. recondita* entwickelten sich auf spät gesätem Weizen stärker. Eine Auswirkung der Saatzeit auf Ährenfusariosen wurde nicht festgestellt. Durch eine um ein Drittel erhöhte Saatstärke konnte das verminderte Bestockungspotenzial der Spätsaat ausgeglichen werden. Lediglich eine geringere Kornzahl pro Ähre war die Ursache für einen etwas niedrigeren Kornertrag und Deckungsbeitrag.

3. Sowohl *S. tritici* als auch *P. herpotrichoides* zeigten keine klare Reaktion auf eine gesteigerte Stickstoffdüngung. In der Tendenz konnte jedoch eine Förderung beider Erreger belegt werden. Die obligaten Erreger *E. graminis* und *P. recondita* reagierten dagegen mit einer Vervielfachung der Befallswerte auf die erhöhte Stickstoffzufuhr. Auch Ährenfusariosen wurden durch eine überzogene Stickstoffversorgung gefördert. Die Wirkung ergab sich jedoch indirekt durch Lagerbildung, welche zu hohen Befallswerten führte.

Die Ertragswirkung der N-Düngung ist vom Standort abhängig. Während in Futterkamp auch durch die maximale Intensität von 240 kg N/ha noch eine Ertragszunahme realisiert werden konnte, wurde der maximale Ertrag in Hohenschulen durch den Einsatz der mittleren Stufe von 120 kg N/ha erreicht. Eine weitere Steigerung der Stickstoffgaben verminderte den Kornertrag wieder. Entsprechend war in Futterkamp der Einsatz von 240 kg N/ha noch rentabel, während in Hohenschulen bereits 120 kg N/ha das wirtschaftliche Optimum darstellten. Allerdings lag der Rohproteingehalt des Weizens bei einer Zufuhr von 120 kg N/ha mit 10% nicht in dem für Backweizen geforderten Bereich.

4. Der Fungizideinsatz war das wichtigste Instrument zur Beeinflussung der Epidemieentwicklung der Schaderreger. Da *S. tritici* für alle Schwellenüberschreitungen verantwortlich war und die genutzte Schadschwelle in erster Linie von der Witterung abhängt, ergaben sich keine wesentlichen durch die Anbausysteme verursachten Unterschiede im Fungizideinsatz nach dem IPS-Modell Weizen. In den Varianten der Spätsaat wurden jedoch die Erstapplikationen durch den Entwicklungsrückstand teilweise etwas später durchgeführt. *S. tritici* und die obligaten Schaderreger konnten durch den Fungizideinsatz nach dem Schwellenmodell mit hohen Wirkungsgraden bekämpft werden. Dabei zeigte sich deutlich die Notwendigkeit, kurativ wirksame Produkte zu verwenden, da eine rein protektiv ausgerichtete Variante nicht in der Lage war, den Befall mit *S. tritici* nach einer erfolgten Infektion ausreichend zu bekämpfen.

Ein Fungizideinsatz zur Kontrolle von *P. herpotrichoides* erfolgte nicht. Es konnten jedoch Nebenwirkungen der eingesetzten Fungizide beobachtet werden, so dass es in keinem Fall zu parasitärem Lager oder Weißährigkeit kam. Schadschwellen zur Bekämpfung der Ährenfusariosen und ausreichend wirksame Fungizide standen nicht zur Verfügung. Die eingesetzten Strobilurin-Kombinationen führten zu erhöhten Befallswerten. Mit steigender Anzahl von Applikationen stiegen auch die Befallsstärken.

Der Fungizideinsatz konnte durch die Erhöhung des Tausendkorngewichtes die negativen Auswirkungen der Schaderreger verhindern und den Kornertrag sichern. Der hohe Ertrag der Gesundvariante wurde annähernd auch durch den gezielten Einsatz der Fungizide nach dem IPS-Modell Weizen realisiert, dies jedoch mit deutlich reduzierten Wirkstoffmengen. Dieser geringere Fungizidaufwand hat nicht nur ökologisch sondern auch ökonomisch große Vorteile, denn nur der Fungizideinsatz nach dem IPS-Modell war rentabel, während der stadienorientierte Fungizideinsatz der Gesundvariante sogar den Deckungsbeitrag negativ beeinflusste.

5. Die optimale Kombination der untersuchten Anbausystemfaktoren ist stark abhängig vom jeweiligen Standort und den aktuellen ökonomischen Gegebenheiten. In Hohenschulen erzielte das System der Frässohlendirektsaat mit mittlerer Düngungsintensität mit Abstand den höchsten Deckungsbeitrag, während in Futterkamp die maximale Düngungsintensität rentabel war, bei nur unwesentlichen Unterschieden zwischen den Bodenbearbeitungssystemen. Der Fungizideinsatz nach dem IPS-Modell Weizen lieferte in jedem getesteten System den höchsten Deckungsbeitrag.

6 SUMMARY

The investigations described in this Ph.D. thesis were performed between 1996 and 1999 at the Christian-Albrechts-University of Kiel, Germany, in the scope of the Sonderforschungsbereich 192, “Optimization of crop production systems according to performance and ecological effects”, at two locations in the State of Schleswig-Holstein region Ostholsteinisches Hügelland. They were based on three-year data from the Ph.D. thesis of K. Hedke, “Effect of crop production systems on fungal pathogens of winter wheat and conclusions for Integrated Pest Management”. The investigations described here were focused on the effects of soil cultivation (plough, minimum tillage), sowing time (early, late), nitrogen fertilization (0, 120, or 240 kg N/ha), and fungicide application (untreated, IPM, and healthy variant) on fungal pathogens of winter wheat.

The effect of crop production systems on the epidemiology of different fungal wheat pathogens was assessed weekly from the end of tillering until wax-ripe stage. The determined yield quantity and quality parameters were used to describe the economic performance of the different crop production factors tested.

Septoria tritici, the wheat leaf blight pathogen, was the major disease found in all experimental plots. Infections with *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Erysiphe graminis*, *Puccinia recondita* and *Fusarium* spp. were of secondary importance. In summary, the following conclusions on the interactions between the above-mentioned fungal wheat pathogens and crop production factors can be drawn:

1. Conservative soil cultivation reduced incidence and severity of *S. tritici*, whereas incidence and severity of *E. graminis* and *P. recondita* increased. In the rotations with winter oilseed rape as preceding crop, the plough variants were more affected by infections with *Fusarium* head blight. In spite of increased disease incidence in the plough plots, yield and economic revenues were higher than in minimum tillage plots.
2. Late sowing caused a markedly reduced incidence of facultative pathogens. Early sowing increased disease severity of *S. tritici* by a factor of 2.5 and *P. herpotrichoides* by a factor of 4. The opposite was true for the obligate pathogens. *E. graminis* and *P. recondita* which affected late-sown wheat more severely. Sowing time did not have any effect on *Fusarium* head blight. The reduced tillering potential of late-sown wheat could be

compensated by a seed rate increased by one third. An insignificant lower yield and economic revenue was caused by a lower number of grains per ear.

3. The occurrence of *S. tritici* as well as *P. herpotrichoides* was not affected by an increased nitrogen fertilization but development of both pathogens tended to be more rapid in these variants. The obligate pathogens *E. graminis* and *P. recondita* responded with multiple disease incidences and severities to an increased nitrogen supply. *Fusarium* head blight development was also promoted by an increased nitrogen fertilization but the effect was rather due to lodging.

The yield effect of nitrogen fertilization was shown to be site-specific. Whereas at the Futterkamp site the maximum variant of 240 kg N/ha caused a further yield increase, the maximum yield was achieved at Hohenschulen with the medium 120 kg N/ha fertilizer variant. A further increase diminished yield. Consistently, 240 kg N/ha were profitable at Futterkamp, whereas the economic optimum was achieved at Hohenschulen with 120 kg N/ha. Nevertheless, the wheat raw protein of the 120 kg N/ha variant reached only ten percent, which is below the baking quality limit.

4. Fungicide applications were the primary instrument of pathogen control. As *S. tritici* was responsible for all IPM threshold value transgressions and the thresholds are weather-dependent, no marked differences in fungicide applications according to the IPM wheat model resulted from the crop production system. The first fungicide application in the late-sown variant was, dependent on the delayed plant development, in several cases also delayed. *S. tritici* and the obligate pathogens were efficiently controlled by fungicide applications according to the threshold-based IPM wheat model. The necessity to apply curatively acting fungicides was evident, as only protectant acting fungicides did not provide sufficient control of *S. tritici*.

Specific fungicide treatments against *P. herpotrichoides* infections were not applied, however, it was noticeable that fungicidal side-effects prevented the development of parasitic lodging and white ears. *Fusarium* head blight threshold values and efficient fungicides were not available at that time. On the contrary, increasing numbers of strobilurin-containing fungicide applications increased head blight incidence and severity.

The fungicide-related increase of the thousand-grain weight compensated the negative pathogen effects on yield. The maximum yield of the healthy variant was almost achieved by the specifically directed fungicide application of the IPM wheat model with markedly reduced fungicide quantities. This has not only ecologic but also economic advantages as only the IPM fungicide variants were profitable, whereas the stage-oriented fungicide applications of the healthy variant negatively affected the economic revenue.

5. The optimum combination of the crop production factors examined strongly depends on the experimental site and on the specific economic situation. In Hohenschulen, the reduced tillage system according to Horsch with medium-range fertilization achieved the highest economic revenue, whereas in Futterkamp the maximum fertilization variant was most profitable, with only slight differences between soil cultivation systems. Fungicide applications according to the IPM wheat model achieved the highest economic benefit in every combination tested.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- Anderson, A., Olsen, C. C.** (1992): Såtid, såmængde og kvælstofgødskning i forskellige sorter af vinterhvede. Tidsskrift for Planteavl **96**, 441-451.
- Bachthaler, G., Diercks, R., Behringer, P.** (1975): Entwicklung und Auswirkungen parasitärer Fruchtfolgeschäden unter den Stressbedingungen langjähriger Getreiderotationen. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **27**, 100-108.
- Bartels, G.** (1980): Integrierte Bekämpfungsmaßnahmen gegen Blatt- und Ährenkrankheiten im Getreide. Bericht über die Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter in Gumpenstein, 183.
- Bastiaans, L., Daamen, R. A.** (1994): The role of crop husbandry practices in wheat production for disease control. Brighton Crop Protection Conferences, Pests and Diseases 1994, 1169-1174.
- Bateman, G. L., Coskun, H.** (1995): Populations of *Fusarium* spp. in soil growing continuous winter wheat, and effects of long-term application of fertilizers and of straw incorporation. Mycological Research **99**, 1391-1394.
- Beck, R.; Lepschy, J.** (2000): Ergebnisse aus dem *Fusarium*-Monitoring 1989-1999 - Einfluss der produktionstechnischen Faktoren Fruchtfolge und Bodenbearbeitung. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau **4**, 39-47.
- Beese, G., Schwabe, L.** (1985): Zur Reaktion der Winterweizensorten auf unterschiedliche Saatzeit. Tagungsbericht, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik **237**, 111-119.
- Bekesi, P., Jakab-Kondor, M.** (1996): Oszibuza-fajtak magatartása néhány fusarium fajjal szemben. Növényvédelem **32**, 401-405.

- Ben Mohamed, L., Rouaissi, M., Sebei, A., Hamza, S., Harrabi, M.** (2000): Effet du génotype, de la date de semis, de la fertilisation azotée et potassique et des fongicides sur le développement de *Septoria tritici*. In: Royo, C. (Hrsg.), Nachit, M. M. (Hrsg.), Di Fonzo, N. (Hrsg.), Araus, J. L. (Hrsg.): L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne: Nouveaux défis. Zaragoza, Spain, 12-14 April, 2000. Options Méditerranéennes, Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens **40**, 349-356.
- Bernhard, U., Homa, U., Felsenstein, F. G.** (2002): Entwicklung und Verbreitung der Quinoxifenresistenz des Weizenmehltaus in Deutschland in den Jahren 2001 und 2002. 53. Deutsche Pflanzenschutztagung in Bonn. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft **390**, 359-360.
- Bergmann, W.** (1988): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Bosse, W.** (1987): Ausprägung von Ertragsmerkmalen mehrerer Weizensorten und Veränderungen der Befalls-Verlust-Äquivalente durch Mehлтаubefall in Abhängigkeit von Saatzeit, Saatstärke, N-Düngung und Befallsgrad. Diss. Universität Kiel.
- Brancourt-Hulmel, M., Doussinault, G., Lecomte, C., Bérard, P., Le Buanec, B., Trottet, M.** (2003): Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. Crop Science **43**, 37-45.
- Bräutigam, V., Tebrügge, F.** (1994): Wirkung langjährig pflugloser Bodenbearbeitungssysteme auf *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton, *Fusarium* spp. und *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier. Mededelingen van de Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent **59**, 1009-1015.
- Bundessortenamt** (1996): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen (großkörnig), Hackfrüchte (außer Kartoffeln) 1996. Landbuch Verlagsgesellschaft mbH, Hannover.

- Büschbell, T.** (1990): Phytopathologische Grundlagen des integrierten Pflanzenschutzes gegen Pilzkrankheiten in Weizenanbausystemen. Diss. Technische Universität München.
- Büschbell, T., Hoffmann, G. M.** (1992): Die Effekte unterschiedlicher N-Versorgung auf die epidemiologische Entwicklung von Krankheitserregern in Winterweizen und deren Bekämpfung. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **99**, 381-403.
- Ceynowa, J., Lindenberg, H., Piening, G.** (1993): Epidemiologie und infektionsbezogene Bekämpfung der Blattdürre (*Septoria tritici*) an Winterweizen. Gesunde Pflanzen **45**, 155-162.
- Colbach, N., Saur, L.** (1998): Influence of crop management on eyespot development and infection cycles of winter wheat. European Journal of Plant Pathology **104**, 37-48.
- Covarelli, L., Santori, A.** (2000): Influenza dell'epoca di semina e di trattamenti fungicidi sul mal del piede e sulla septoriosi del frumento tenero (*Triticum aestivum* L.) in condizioni di monosuccessione prolungata. Risultati preliminari. Atti delle Giornate Fitopatologiche, Perugia, 16-20-aprile, 253-258.
- Dabkevicius, Z., Lazauskas, S., Keblikas, D., Mitt, S.** (2000): Severity of fungal diseases in spring wheat in relation to diverse nitrogen fertilisation. In: Metspalu, L. (Hrsg.) Proceedings of the International Conference: Development of environmentally friendly plant protection in the Baltic Region, Tartu, Estonia, September 28-29, 2000. Transactions of the Estonian Agricultural University, Agronomy **209**, 23-25.
- Dennert, J., Fischbeck, G.** (1991): Mit dünnen Saaten zu dickeren Gewinnen. DLG-Mitteilungen **106**, 38-41.
- Deutscher Wetterdienst** (1999): Wetterdaten von 1961 - 1990 aus Schleswig-Holstein. Pers. Mitteilung.
- Diercks, R., Bachthaler, G., Pommer, G.** (1980): Langjährige Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolge- und Anbausysteme auf Ertrag und Schaderregerbefall

von Wintergerste und Sommergerste. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau **149**, 454-471.

Ditsch, D. C., Grove, J. H. (1991): Influence of tillage on plant populations, disease incidence, and grain yield of two soft red winter wheat cultivars. Journal of Production Agriculture **4**, 360-365.

Dölger, D., Bosse, W. (2004a): Resistenzen besser managen. DLG-Mitteilungen **119**, 122-123.

Dölger, D., Bosse, W. (2004b): Früh genug spritzen! DLG-Mitteilungen **119**, 292.

Donli, P. O. (1997): Effect of NPK fertiliser combinations on the incidence and severity of eyespot. Cereal Research Communications **25**, 211-218.

Fauzi, M. T., Paulitz, T. D. (1994): The effect of plant growth regulators and nitrogen on *Fusarium* head blight of the spring wheat cultivar Max. Plant Disease **78**, 289-292.

Felsenstein, F. G., Jaser, B. (2000): Situationsbericht 2000. Wirksamkeit der vertikalen (qualitativen) Mehltaresistenz bei Weizen und Gerste und Wirkstoffempfindlichkeit von pilzlichen Getreidepathogenen. EpiLogic GmbH Agrarbiol. Forschung und Beratung, Freising-Weihenstephan.

Felsenstein, F. G., Jaser, B. (2002): Situationsbericht 2002. Wirksamkeit der vertikalen (qualitativen) Mehltaresistenz bei Weizen und Gerste und Wirkstoffempfindlichkeit von pilzlichen Getreidepathogenen. EpiLogic GmbH Agrarbiol. Forschung und Beratung, Freising-Weihenstephan.

Felsenstein, F. G., Jaser, B. (2003): Situationsbericht 2003. Wirksamkeit der vertikalen (qualitativen) Mehltaresistenz bei Weizen und Gerste und Wirkstoffempfindlichkeit von pilzlichen Getreidepathogenen. EpiLogic GmbH Agrarbiol. Forschung und Beratung, Freising-Weihenstephan.

Finck, A. (1982): Pflanzenernährung in Stichworten. 4., verbesserte Auflage. Verlag Ferdinand Hirt, Kiel.

- Friedrich, S.** (1995): Berechnung der Inkubationszeit des Echten Mehltaus unter Freilandbedingungen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **102**, 348-353.
- Friedrich, S., Boyle, C.** (1993): Wirkung unterschiedlicher Luftfeuchten auf die Produktion und Keimung von Konidien von *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* in vitro. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **100**, 180-188.
- Groll, U., Luzzi, K.** (1991): Untersuchungen zum Einfluss acker- und pflanzenbaulicher Faktoren auf den Halmbruchbefall an Wintergetreide. Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz **27**, 459-470.
- Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Meier, U., Schnock-Fricke, U., Weber, E., Witzemberger, A.** (1992): Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen – Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **44**, 265-270.
- Hanus, H., Bosse, W.** (1985): Pflanzenschutz und Anbautechnik. Pflanzenschutzpraxis **21**, 5-8.
- Hanus, K., Oesau, A.** (1980): Experimentelle Untersuchungen zur Bekämpfung von *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton nach epidemiologischen Gesichtspunkten. Gesunde Pflanzen **32**, 60-64.
- Hedke, K.** (1999): Auswirkungen von Anbausystemen auf pilzliche Krankheitserreger im Winterweizen und resultierende Konsequenzen für den integrierten Pflanzenschutz. Diss. Universität Kiel.
- Heger, M., Oerke, E. C., Verreet, J.-A., Dehne, H.-W.** (2002): Evaluation of the IPM Wheat Model in the Rhineland 2001. 54th International Symposium on Crop Protection, Part I, Gent, 7 May, 2002. Mededelingen van de Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent **67**, 189-195.

- Heitefuß, R., König, K., Obst, A., Reschke, M.** (2000): Pflanzenkrankheiten und Schädlinge im Ackerbau. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Verlagsunion Agrar, Frankfurt am Main.
- Hoffmann, G. M., Schmutterer, H.** (1999): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. 2., erweiterte und ergänzte Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Höflich, G., Steinbrenner, K., Roth, R.** (1977): Wirkung verschiedener Maßnahmen der organischen und mineralischen Düngung, der Bodenbearbeitung und der Beregnung auf den Befall des Getreides mit Fußkrankheiten. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau **21**, 733-747.
- Hollomon, D., Cooke, L., Locke, T.** (2002): Maintaining the effectiveness of DMI fungicides in cereal disease control strategies. HGCA Project Report **275**, 24 Seiten.
- Horsch, D.** (1994): Reduzierte Bodenbearbeitung, angepasste Saatechnik und Unkrautbekämpfung nach System HORSCH. In: Diercks, R., Heitefuss, R. (HRSRG): Integrierter Landbau: Systeme umweltbewusster Pflanzenproduktion. BLV-Verlagsgesellschaft, München, 273-281.
- Howard, D. D., Chambers, A. Y., Logan, J.** (1994): Nitrogen and fungicide effects on yield components and disease severity in wheat. Journal of Production Agriculture **7**, 448-454.
- Jordan, V. W. L.** (1992): Nitrogen and fungicide interactions in breadmaking wheat. HGCA Project Report **54**, 66 Seiten.
- Jordan, V. W. L., Hunter, T., Fielding, E. C.** (1988): Interactions of fungicides with nitrogen and plant growth regulators for cost-effective control of wheat diseases. Brighton Crop Protection Conference. Pests and Diseases **3**, 873-880.
- Joffe, A. Z.** (1986): *Fusarium* species: their biology and toxicology. Wiley & Sons, New York.

- Käsbohrer, M.** (1986): Epidemiologie und Ertragsrelevanz von Fuß-, Blatt- und Ährenkrankheiten in verschiedenen Weizenanbausystemen. Diss. Technische Universität München.
- Käsbohrer, M., Hoffmann, G. M., Fischbeck, G.** (1988): Zur Entwicklung der Halmbruchkrankheit (Erreger: *Pseudocercospora herpotrichoides*) in vergleichbaren Weizenanbausystemen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **95**, 611-629.
- King, J. E., Cook, R. J., Melville, S. C.** (1983): A review of *Septoria* diseases of wheat and barley. Annals of Applied Biology **103**, 345-373.
- 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). Diss. Universität Kiel.
- Kluge, E.** (1990): Einfluss acker- und pflanzenbaulicher Faktoren auf die Entwicklung des Mehlaus an Winterweizen. Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz **26**, 541-550.
- Köller, W., Scheinpflug, H.** (1987): Fungal resistance to sterol biosynthesis inhibitors: A new challenge. Plant Disease **71**, 1066-1074.
- Kreuz, E., Engelhardt, K.** (1992): Wirkungen pflugloser Bodenbearbeitung in Verbindung mit Knaulgras-Zwischenfrucht in Dreifelder-Fruchtfolgen auf den Befall von Winterweizen und Wintergerste durch *Pseudocercospora herpotrichoides* Fron. (Deighton). Archives of Phytopathology and Plant Protection **28**, 43-50.
- Kreye, H., Garbe, V., Bartels, G., Hoppe, H.H.** (2000): Intensität der Grundbodenbearbeitung und Schaderregerauftreten in einer Zuckerrüben-Weizen-Weizen-Fruchtfolge. Zuckerindustrie **125**, 957-961.
- Kröcher, C. v.** (2004): Resistenzen vorbeugen. DLG-Mitteilungen **119**, 120-121.

- Lacey, J., Bateman, G. L., Mirocha, C. J.** (1999): Effects of infection time and moisture on development of ear blight and deoxynivalenol production by *Fusarium* spp. in wheat. *Annals of Applied Biology* **134**, 277-283.
- Leitch, M. H., Jenkins, P. D.** (1995): Influence of nitrogen on the development of *Septoria* epidemics in winter wheat. *Journal of Agricultural Science* **124**, 361-368.
- Lemmens, M., Haim, K., Lew, H., Ruckenbauer, P.** (2004): The effect of nitrogen fertilization on *Fusarium* head blight development and deoxynivalenol contamination in wheat. *Journal of Phytopathology* **152**, 1-8.
- Lovell, D. J., Parker, S. R., Hunter, T., Royle, D. J., Coker, R. R.** (1997): Influence of crop growth and structure on the risk of epidemics by *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) in winter wheat. *Plant Pathology* **46**, 126-138.
- Maenhout, C. A. A. A.** (1975): Eyespot in winter wheat of crop rotation and tillage, and the prediction of incidence. *EPPO Bulletin* **5**, 407-411.
- Maenhout, C. A. A. A.** (1977): Relation between amount of inoculum and incidence of eyespot in winter wheat and practical consequences. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* **42**, 987-996.
- Magan, N., Hope, R., Colleate, A., Baxter, E. S.** (2002): Relationship between growth and mycotoxin production by *Fusarium* species, biocides and environment. In: Logrieco, A., Bailey, J. A., Corazza, L., Cooke, B. M. (Hrsg.): *Mycotoxins in Plant in Plant Disease: Under the Aegis of COST Action 835 "Agriculturally Important Toxigenic Fungi 1998 - 2003"*, EU Project. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Niederlande..
- Makino, A., Mae, T., Ohira, K.** (1984): Effect of nitrogen, phosphorus or potassium on the photosynthetic rate and ribulose 1,5-biphosphate carboxylase content in rice leaves during expansion. *Soil Science and Plant Nutrition* **30**, 63-70.
- Mastel, K.** (2001): Ährenfusarium: Befallssituation und Einflussmöglichkeiten. *Mühle und Mischfutter* **138**, 775-777.

- Mauler-Machnik, A., Nass, P.** (1990): Einfache Methode zur Frühdiagnose von *Pseudocercospora herpotrichoides* mit dem Bayer Getreide-Diagnose-System nach Verreet/Hoffmann. *Gesunde Pflanze* **42**, 130-132.
- McGregor, A. J., Manners, J. G.** (1985): The effect of temperature and light intensity on growth and sporulation of *Puccinia striiformis* on wheat. *Plant Pathology* **34**, 263-271.
- Mengel, K.** (1991): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 7., überarbeitete Auflage. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Mesterhazy, A., Bartok, T., Lamper, C.** (2003): Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium*, and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of *Fusarium* head blight. *Plant Disease* **87**, 1107-1115.
- Morgado-Arroyo, F., Urzua-Soria, F.** (1995): Incidencia de enfermedades foliares y maleza en trigo (*Triticum sativum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) en dos sistemas de labranza en el estado de Hidalgo. *Revista Chapingo. Serie Proteccion Vegetal* **2**, 77-81.
- Murray, G. M., Martin, R. H., Cullis, B. R.** (1990): Relationship of the severity of *Septoria tritici* blotch of wheat to sowing time, rainfall at heading and average susceptibility of wheat cultivars in the area. *Australian Journal of Agricultural Research* **41**, 307-315.
- Navi, S. S., Nargund, V. B., Kulkarni, S., Hegde, R. K.** (1989): Date of sowing in relation to incidence of leaf rust of wheat. *Current Research* **18**, 23-24.
- Nazim, M., El-Shanawani, M. Z., Attia, M. F., Saler, M. A.** (1982): Effect of nitrogen fertilization on slow-rusting resistance in the wheat cultivar Giza 155 to leaf rust. *Minufiya Journal of Agricultural Research* **5**, 97-113.
- Nicholson, P., Turner, J.A., Jenkinson, P., Jennings, P., Stonehouse, J., Nuttall, M., Dring, D., Weston, G., Thomsett, M.** (2003): Maximising control with fungicides of *Fusarium* ear blight (FEB) in order to reduce toxin contamination of wheat. HGCA Project Report **297**, 85 Seiten.

- Nirenberg, H. I.** (1976): Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung in der *Fusarium*-Sektion *Liseola*. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft **169**, 1-117.
- Nirenberg, H. I.** (1981): Differenzierung der Erreger der Halmbruchkrankheit. I. Morphologie. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **88**, 241-248.
- Nirenberg, H. I.** (1984): Differenzierung der Erreger der Halmbruchkrankheit. II. Physiologische Reaktionen in Kultur. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **91**, 225-235.
- Nirenberg, H. I.** (1985): Differenzierung der Erreger der Halmbruchkrankheit. III. Vorkommen an Winterweizen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **92**, 464-476.
- Obst, A., Paul, H.** (1993): Krankheiten und Schädlinge des Getreides. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer.
- Odörfer, A., Pommer, G.** (1997): Zusammenhänge zwischen Anbauintensität und Befall mit Weizenkrankheiten. Contributions to the 4th Scientific Meeting on Ecological Agriculture, held on 3-4 March 1997, at Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau **4**, 302-307.
- Oldenburg, E., Brunotte, J.** (2002): Mykotoxine: Ein spezifisches Problem bei pflugloser Bodenbearbeitung? Getreide-Magazin **3**, 148-149.
- Peters, B. A., Loughman, R., Prinzie, D. P.** (1996): Leaf development in relation to infection by *Stagonospora nodorum* and *Septoria tritici* in wheat. Australian Journal of Agricultural Research **47**, 1168-1179.
- Piening, G., Gleser, H.-J., Keuffel, T.** (2001): Versuchsbericht 2001 – Ackerbau. Pflanzenschutzdienst des Landes Schleswig-Holstein.
- Prew, R. D., Ashby, J. E., Bacon, E. T. G., Christian, D. G., Gutteridge, R. J., Jenkyn, J. F., Powell, W., Todd, A. D.** (1995): Effects of incorporating or burning straw, and of

different cultivation systems, on winter wheat grown on two soil types, 1985-91. *Journal of Agricultural Science* **124**, 173-194.

Puhl, T. (1986): Halmbruch durch Fruchtfolge oder Fungizide bekämpfen? DLG-Mitteilungen **101**, 248-251.

Rademacher, B. (1954): Krankheiten und Schädlinge in Acker- und Feldgemüsebau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Rodemann, B., Bartels, G. (2004): Fusariumbefall – Schadbild und Ausbreitung. *Mais* **32**, 4-7.

Rossi, V., Racca, P., Pancaldi, D., Alberti, I. (1996): Appearance of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* on winter wheat: a simulation model. EPPO conference on forecasting in plant protection, Potsdam, Germany, 1995. EPPO Bulletin **26**, 555-566.

Salazar-Huerta, F. J., Figueroa-Lopez, P., Singh, R. P. (1993) : Estimacion de perdidas potenciales por roya de la hoja (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm.) en trigo en el sur de Sonora. *Revista Mexicana de Fitopatologia* **11**, 41-46.

Sander, J. F., Heitefuss, R. (1998): Susceptibility to *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* and phenolic acid content of wheat as influenced by different levels of nitrogen fertilization. *Journal of Phytopathology* **146**, 495-507.

Schmidt, W., Nitzsche, O. (2004): Fusariumrisiko in Maisfruchtfolgen senken. *Mais* **32**, 8-11.

Scott, P. R., Sanderson, F. R., Benedikt, R. W. (1988): Occurrence of *Mycosphaerella graminicola*, teleomorph of *Septoria tritici*, on wheat debris in the UK. *Plant Pathology* **37**, 285-290.

Sekerkova, M. (1991): Effect of nitrogenous nutrition on the occurrence of diseases in winter wheat. *Vedecke Prace Vyskumneho Ustavu Rastlinnej Vyroby v Piestanoch*. Obilniny, Strukoviny, Krmoviny **24**, 229-238.

- Shaw, M. W., Royle, D. J.** (1989): Airborne inoculum as a major source of *Septoria tritici* (*Mycosphaerella graminicola*) infections in winter wheat crops in the UK. *Plant Pathology* **38**, 35-43.
- Shaw, M. W., Royle, D. J.** (1993): Factors determining the severity of epidemics of *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) on winter wheat in the UK. *Plant Pathology* **42**, 882-899.
- Simon, M. R., Cordo, C. A., Perello, A. E., Struik, P. C.** (2003): Influence of nitrogen supply on the susceptibility of wheat to *Septoria tritici*. *Journal of Phytopathology* **151**, 283-289.
- Sinha, A. P.** (1998): Effect of potash and nitrogenous fertilizers on brown rust of wheat. *Indian Phytopathology* **51**, 100-101.
- Skorda, E. A., Efthimiadis, P. G.** (1988): Effect of rusts on wheat in relation to seeding date. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* **53**, 405-415.
- Springer, B., Heitefuß, R.** (1985): Optimierung von Stickstoffdüngung und Pflanzenschutz im Winterweizen. *DLG-Mitteilungen* **100**, 252-256.
- Steinbrenner, K., Höflich, G., Sachs, B.** (1984): Einfluß des Getreideanteils in der Fruchtfolge auf Ertrag und Befall des Getreides durch *Pseudocercospora herpotrichoides* und *Gaeumannomyces graminis* sowie auf den Besatz des Bodens mit *Heterodera avenae*, dargestellt an den Ergebnissen des Internationalen Fruchtfolgeversuchs Dewitz. *Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* **28**, 553-559.
- Teich, A. H., Sampson, D. R., Shugar, L., Smid, A., Curnoe, W. E., Kennema, C.** (1987): Yield, quality and disease response of soft white winter wheat cultivars to nitrogen fertilization in Ontario, Canada. *Cereal Research Communications* **15**, 265-272.
- Thiele, A., Thiele, M.** (1991): Einsatz von Beregnung und Stickstoffdüngung bei Resistenzprüfungen von Winterweizen gegenüber *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton. *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz* **27**, 387-394.

- Tischner, H.** (2004): Grenzwerte: Jetzt wird's ernst. DLG-Mitteilungen **119**, 294-295.
- Tischner, H., Kröcher, C. v., Kakau, J., Gleser, H.-J.** (2004): Schadschwellen sind weiter sinnvoll. DLG-Mitteilungen **119**, 290.
- Tompkins, D. K., Fowler, D. B., Wright, A. T.** (1993) Influence of agronomic practices on canopy microclimate and *Septoria* development in no-till winter wheat produced in the Parkland region of Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Science **73**, 331-344.
- Tusa, C., Munteanu, I., Capetti, E., Pirvu, T., Bunescu, S., Sin, G., Nicolae, H., Tianu, A., Caea, D., Romascanu, O., Stoica, V.** (1981): Aspects of the *Fusarium* attacks on wheat in Romania. Probleme de Protectia Plantelor **9**, 15-31.
- Verreet, J.-A.** (1985): Grundlagen der Schadenswirkung des Blatt- und Ährenbefalls durch *Septoria nodorum* (Berk.) Berk. bei Weizen. Diss. Technische Universität München.
- Verreet, J.-A.** (1992): Angewandte Grundlagen des Integrierten Pflanzenschutzes im Weizenanbausystem. Habil. Technische Universität München.
- Verreet, J.-A.** (1995): Grundlagen des Integrierten Pflanzenschutzes – Das IPS-Modell Weizen. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **48**.
- Verreet, J.-A., Habermeyer, H.** (1995): Angewandte Grundlagen des Integrierten Pflanzenschutzes in Weizenanbausystemen – IPS-Modell Bayern. PR GmbH Werbeagentur und Verlag, Aachen.
- Verreet, J.-A., Hoffmann, G. M., Amberger, A.** (1987): Auswirkungen der Infektion durch *Septoria nodorum* in verschiedenen Entwicklungsstadien des Weizens auf die Produktionsleistung. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **94**, 283-300.
- Verreet, J.-A., Hoffmann, G. M., Portner, J.** (1990): Nachweis des Teleomorph *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter (Anamorph: *Septoria tritici* Rob. Apud Desm.) in der Bundesrepublik Deutschland. Journal of Phytopathology **130**, 105-113.

- Verreet, J.-A., Klink, H., Hoffmann, G. M.** (2000): Regional monitoring for disease prediction and optimization of plant protection measure: The IPM Wheat Modell. *Plant Disease* **84**, 816-826.
- Wang, Y. F., Jiang, D., Yu, Z. W., Cao, W. X.** (2003): Effects of nitrogen rates on grain yield and protein content of wheat and its physiological basis. *Scientia Agricultura Sinica* **36**, 513-520.
- Wittrock, A. F.** (2001): Das Integrierte Pflanzenschutzsystem (IPS-Modell Weizen) im praktischen Betrieb Schleswig-Holsteins – Implementierung und Validierung. Diss. Universität Kiel.
- Yi, C., Kaul, H. P., Kübler, E., Schwadorf, K., Aufhammer, W.** (2001): Head blight (*Fusarium graminearum*) and deoxynivalenol concentration in winter wheat as affected by pre-crop, soil tillage and nitrogen fertilization. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **108**, 217-230.
- Yi, Cuilin, Kaul, H. P., Kübler, E., Aufhammer, W.** (2002): Populations of *Fusarium graminearum* on crop residues as affected by incorporation depth, nitrogen and fungicide application. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **109**, 252-263.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., Konzak, C. F.** (1974): A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Research* **14**, 415-421 and *Eucarpia Bulletin* **7**, 49-52.
- Zimmermann, G., Strass, F.** (1989): Einfluß der Saatzeit auf Ertrags- und Qualitätseigenschaften neuerer Winterweizensorten. *Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch* **66**, 493-499.

DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. J.-A. Verreet danke ich für die Überlassung des Themas, dass ich selbständig unter seiner ständigen Begleitung ausgestalten konnte.

Für die Übernahme des Koreferates sei Prof. Dr. H. Kage gedankt.

Herrn Prof. Dr. Hanus danke ich für die im Rahmen des SFB 192 gewährte Unterstützung.

Der Firma Dow AgroSciences GmbH, München, namentlich Herrn Dr. Ullrich Homa, gebührt mein Dank für die finanzielle Ausstattung des Projektes.

Herrn Dr. habil. Jens Aumann sei für seinen Gewaltakt beim Korrekturlesen gedankt, aber auch allen anderen Lektoren zolle ich meinen Dank für das Durcharbeiten dieser Arbeit.

Die praktischen Arbeiten fanden im Zusammenwirken mit dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel und der Versuchsstation Futterkamp der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein statt. Für die meist klaglos durchgeführten, projektbedingten Extraarbeiten, die oft in Phasen mit ausgesprochenen Arbeitsspitzen fielen, bedanke ich mich bei den Herren Seehusen und Ströh sowie Mitarbeitern. Einen Extradank möchte ich Herrn Prahl aussprechen, der in seinem Unruhestand immer hilfsbereit und kreativ zur Seite stand sowie Herrn Peters, dem Verpächter der Versuchsfläche Futterkamper Mühle.

Bei allen Phytopathologen bedanke ich mich für die sehr fruchtbare und angenehme Arbeitsatmosphäre, besonders Herrn Dr. agr. sc. Hans-Peter Söchting, Landwirt und Unkrautforscher, sei für seine Freundschaft und unermüdliche Hilfsbereitschaft gedankt.

Den zahlreichen studentischen Hilfskräfte, namentlich Bärbel, Lutz, Torben, Olli und Jörg, danke ich für ihre an Selbstaufgabe grenzende tatkräftige Unterstützung, die auch vor verregneten Feldarbeitstagen an Samstagen keinen Halt machte. Ohne sie wären die umfangreichen Datenerhebungen und Feldarbeiten nicht möglich und überhaupt zu ertragen gewesen.

Meinen Eltern danke ich für die Ermöglichung und Unterstützung meiner universitären Laufbahn.

Meinem Sohn Claas und meinem Gatten Arndt danke ich für ihre Liebe, Geduld und ihr Verständnis in entbehrungsreichen Zeiten.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Alke Wittrock, geb. Evers.
Geburtsdatum: 23.01.1970.
Geburtsort: Kiel.
Wohnort: 23769 Fehmarn, Ostermarkelsdorf.
Familienstand: Verheiratet, ein Kind.
Staatsangehörigkeit: Deutsch.

Schulbildung

1976 - 1980 Grundschole in Lütjenburg.
1980 - 1989 Gymnasium in Lütjenburg.

Hochschulstudium

WS 1989 – SS 1990 Biologie und Deutsch an der Pädagogischen Hochschule Kiel.
WS 1990 – WS 1995/96 Studium der Agrarwissenschaften an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Fachrichtung Landschaftsentwicklung.

Promotionsstudium

1996 – 1999 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Phytopathologie der CAU Kiel, Abteilung Mykologie, Prof. Dr. J.-A. Verreet.

Seit 2002 Bewirtschaftung eines Marktfruchtbetriebes.